

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan seluruh rangkaian penelitian eksperimental yang telah dilaksanakan, mulai dari fabrikasi material komposit hibrid serat karbon (*carbon fiber*) dan serat alam serabut kelapa dengan matriks *epoxy* menggunakan metode *hand lay-up*, pengukuran dimensi spesimen, pengujian tarik (*tensile test*) dan pengujian tekuk (*bending test*) sesuai standar yang berlaku, hingga analisis data secara kuantitatif dan kualitatif terhadap rangkaian spesimen uji, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

#### **5.1 Kekuatan Lentur Material Komposit Carbon Fiber dan Serabut Kelapa**

Secara keseluruhan, hasil pengujian *bending* pada spesimen S1 hingga S7 menunjukkan bahwa spesimen S1 memiliki kinerja paling baik dalam hal kekuatan tekuk (*flexural strength*) dengan nilai maksimum sebesar 543,28 MPa, sedangkan spesimen S5 dan S7 lebih unggul pada aspek kekakuan struktur (*modulus elastisitas*). Tren data tersebut menunjukkan bahwa tingginya kekuatan lentur tidak selalu berbanding lurus secara linier dengan kekakuan material, yang dipengaruhi oleh karakteristik mikrostruktur hasil proses fabrikasi. Hal ini ditandai oleh susunan serat penguat yang lebih rapat, padat, dan homogen pada spesimen tertentu, yang mampu meningkatkan kekakuan dalam menahan deformasi awal, namun di sisi lain menghasilkan material yang lebih getas (*brittle*) sehingga membatasi kemampuannya dalam menahan peningkatan beban tekuk hingga terjadi kegagalan total.

#### **5.2 Kekuatan Tarik Material Komposit Carbon Fiber dan Serabut Kelapa**

Secara keseluruhan, hasil pengujian tarik (*tensile test*) pada spesimen T1 hingga T7 menunjukkan bahwa spesimen T5 memiliki kinerja terbaik dalam menahan beban tarik aksial maksimum dengan nilai 32,21 MPa, sedangkan spesimen T2 unggul dalam hal kekakuan struktur dengan modulus elastisitas tertinggi mencapai 0,91 GPa. Tren data tersebut menunjukkan bahwa kekuatan tarik yang tinggi tidak selalu berbanding lurus secara linear dengan kekakuan material, yang dipengaruhi oleh karakteristik mikrostruktur hasil proses fabrikasi. Hal ini terlihat dari susunan serat penguat yang lebih rapat, padat, dan homogen pada spesimen tertentu, yang dapat meningkatkan kekakuan dalam menahan deformasi awal, namun sekaligus membuat material menjadi lebih getas (*brittle*) sehingga membatasi kemampuannya dalam mencapai beban tarik maksimum secara optimal.

#### **5.3 Sintesis Hasil Pengujian Mekanik Komposit Carbon Fiber Serabut Kelapa**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa performa komposit pada pengujian lentur lebih dominan dibandingkan pada pengujian tarik. Kondisi ini mengindikasikan bahwa material memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menerima, mendistribusikan, dan menahan beban lentur tanpa mengalami kegagalan struktur secara cepat. Karakteristik tersebut menjadi keunggulan yang relevan untuk aplikasi lambung perahu nelayan karena struktur lambung dalam operasinya lebih banyak menerima pembebanan lentur akibat gelombang, arus, getaran, dan distribusi muatan selama pelayaran.

#### 5.4 Komparasi dengan Material Komposit Lambung Kapal

Secara keseluruhan, hasil analisis komparatif menunjukkan bahwa komposit hibrida Carbon Fiber + Serabut Kelapa dengan matriks epoxy pada penelitian ini memiliki keunggulan signifikan pada performa mekanis lentur, dengan nilai tegangan lentur maksimum mencapai 284,21 MPa yang melampaui hasil studi sebelumnya, yang diduga dipengaruhi oleh optimalisasi metode fabrikasi. Namun demikian, material ini menunjukkan nilai kekuatan tarik yang lebih rendah, yaitu 11,61 MPa, yang dipengaruhi oleh variasi orientasi anyaman serta karakteristik mikrostruktur serat alam. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi serat sintetis dan alami mampu meningkatkan performa material dibandingkan komposit berbasis serat alam tunggal, sekaligus memberikan kontribusi dalam mengurangi sifat getas (*brittle*) pada serat karbon murni melalui kemampuan serabut kelapa dalam menyerap energi benturan (*impact energy*).

Dengan demikian, material hibrida ini dinilai berpotensi besar sebagai alternatif material lambung perahu nelayan karena menawarkan keseimbangan antara efisiensi biaya dan ketahanan mekanis operasional. Meski demikian, kelemahan pada kekuatan tarik masih dapat diatasi melalui penguatan lokal (*local reinforcement*) pada area kritis seperti titik penambatan atau sambungan mesin. Selain itu, disarankan penerapan pada skala industri galangan kapal dengan teknik laminasi presisi untuk mengurangi terbentuknya *void* mikro serta penggunaan pelapisan gelcoat eksternal guna melindungi serat alam dari potensi penyerapan air laut (*moisture absorption*).

#### 5.4 Rekomendasi dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian, spesimen S1 direkomendasikan sebagai konfigurasi terbaik untuk memperoleh kekuatan lentur (*flexural strength*) maksimum, sedangkan spesimen T5 direkomendasikan untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan tarik aksial (*tensile strength*) tertinggi pada material komposit hibrida Carbon Fiber dan serabut kelapa. Sementara itu, kelompok spesimen dengan tingkat kekakuan tinggi seperti S5, S7, dan T2 dapat diprioritaskan untuk bagian struktur lambung yang memerlukan ketahanan terhadap deformasi awal yang besar. Kombinasi karakteristik ini memberikan opsi desain yang lebih efisien dan adaptif dalam meningkatkan performa kekuatan per satuan massa material pada lambung perahu nelayan.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan penggunaan metode fabrikasi yang lebih terkontrol seperti *vacuum infusion* atau *resin transfer molding* (RTM) guna mengurangi potensi *micro voids* serta meningkatkan homogenitas ikatan antarmuka (*interfacial bonding*) pada struktur mikro komposit. Selain itu, pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan melalui optimasi variasi orientasi sudut anyaman serat alam serta perlakuan kimia pada serabut kelapa, seperti alkalisasi, untuk meningkatkan kekuatan tarik secara lebih signifikan.

Pengujian lanjutan pada kondisi lingkungan laut nyata juga sangat diperlukan, mencakup ketahanan terhadap penyerapan air laut (*moisture absorption*), paparan sinar UV, perubahan suhu, serta uji impak (*impact test*) setelah pelapisan gelcoat. Hal ini penting untuk memperkuat validitas kelayakan dan daya tahan komposit hibrida tersebut sebagai material alternatif lambung perahu yang sesuai untuk kondisi operasional di perairan Indonesia.