

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian, dan analisis data yang telah dilakukan mengenai kekuatan mekanis komposit hibrid (Kevlar, Karbon, dan Kaca) dengan variasi posisi serat untuk aplikasi zona lambung kapal, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi urutan posisi serat (*stacking sequence*) terbukti berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit. Spesimen dengan penempatan serat karbon pada lapisan terluar cenderung menunjukkan nilai tegangan tarik (*tensile strength*) yang lebih tinggi dibandingkan dengan penempatan serat kaca di lapisan luar.
2. Variasi 1 menghasilkan nilai kekuatan tarik terendah dengan rata-rata sebesar $\pm 53,66$ MPa, yang disebabkan oleh dominasi lapisan *fiberglass* serta penempatan serat karbon di bagian tengah laminasi, sehingga kemampuan pada laminasi dalam menahan tegangan maksimum belum optimal.

Variasi 2 menghasilkan peningkatan performa mekanis dengan nilai kekuatan tarik rata-rata $\pm 73,33$ MPa, yang dipengaruhi oleh susunan lapisan yang lebih seimbang serta kontribusi serat kevlar dalam meningkatkan kemampuan material menahan deformasi plastis sebelum mengalami kegagalan.

Variasi 3 menghasilkan performa terbaik dengan nilai *ultimate tensile strength* tertinggi sebesar $\pm 82,33$ MPa, penempatan serat karbon pada lapisan luar laminasi memberikan kemampuan yang lebih efektif dalam menahan beban tarik maksimum.

3. Penambahan serat kevlar dalam struktur laminasi hibrid membantu meningkatkan ketangguhan material. Hal ini disebabkan oleh sifat kevlar yang lebih lentur dibandingkan serat lainnya, sehingga mampu menahan deformasi sebelum kegagalan.
4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik komposit hibrid yang teliti berada dalam rentang yang direkomendasikan oleh *Rules* BKI

(*Rules for Non Metallic Materials Part 1*, Edisi 2014), sehingga komposit ini berpotensi digunakan sebagai material alternatif pada struktur lambung kapal *fiberglass*.

5. Berdasarkan *Rules BKI* (*Rules for Non Metallic Materials Part 1*, Edisi 2014) nilai kuat tarik (*tensile strength*) minimum material komposit dihitung menggunakan persamaan $R_z = 1078\Phi^2 - 510\Phi + 102$ dengan Φ ditetapkan 0,2 adalah sebesar $1078(0,2)^2 - 510(0,2) + 102 = 43,12$ N/mm², sedangkan untuk kekuatan maksimum ditetapkan sebesar 100 MPa. Berdasarkan *Rules BKI*, sehingga material komposit penelitian ini dapat digunakan untuk lambung kapal *fiberglass*.
6. Penggunaan material komposit hibrid (kombinasi serat) terbukti dapat menyeimbangkan antara faktor kekuatan (karbon), ketangguhan (kevlar), dan ekonomis (kaca), dibandingkan dengan menggunakan satu jenis serat saja. Namun, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena hanya melakukan pengujian tarik statik dengan arah serat 0°, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi pembebanan kompleks pada struktur lambung kapal.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa variasi urutan posisi serat pada komposit *fiberglass* berpengaruh signifikan terhadap nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit hibrid. Penempatan serat karbon pada lapisan terluar terbukti menghasilkan nilai kekuatan tarik tertinggi, sedangkan dominasi lapisan *fiberglass* dengan serat karbon di bagian tengah menghasilkan kekuatan tarik terendah. Konfigurasi laminasi hibrid yang mengombinasikan serat karbon, kevlar, dan kaca menunjukkan peningkatan performa mekanis yang optimal, di mana serat karbon berperan dalam meningkatkan kekuatan dan kekakuan, serat kevlar meningkatkan ketangguhan serta kemampuan penyerapan energi benturan, dan serat kaca memberikan keseimbangan struktural serta efisiensi biaya.

Seluruh variasi laminasi yang diuji telah memenuhi persyaratan kekuatan tarik berdasarkan *Rules BKI* (*Rules for Non Metallic Materials Part 1*, Edisi 2014), dengan nilai kekuatan tarik berada di atas batas minimum 43,12 MPa dan di bawah batas maksimum 100 MPa, sehingga material komposit hasil penelitian ini

dinyatakan dapat digunakan sebagai material alternatif yang kuat, ringan, dan aman untuk aplikasi lambung kapal *fiberglass*.

5.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian lebih lanjut dan penyempurnaan di masa mendatang, penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Disarankan untuk penelitian selanjutnya untuk melakukan pengujian tambahan seperti uji penyerapan air (*water absorption*) atau uji korosi pada air laut untuk mengetahui daya tahan material komposit ini dalam jangka panjang di lingkungan perairan.
2. Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi variasi sudut orientasi serat (misalnya $\pm 45^\circ$) selain variasi posisi urutan serat, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kekuatan geser (*shear strength*) pada lambung kapal.
3. Penggunaan metode *Vacuum Infusion* sangat disarankan untuk penelitian berikutnya agar mendapatkan rasio serat dan resin yang lebih presisi serta meminimalisir adanya rongga udara (*void*) yang dapat menurunkan kekuatan mekanis.
4. Disarankan dilakukan perbandingan antara hasil pengujian eksperimental dengan simulasi numerik berbasis *Finite Element Analysis* (FEA) untuk memvalidasi distribusi tegangan pada struktur lambung secara lebih detail.