
PERBANDINGAN KEKUATAN LAMINASI PADA KAPAL FIBERGLASS

Ahmad Zakariya¹, Yulia Ayu Nastiti², Imam Nur Rokhim³.

Program Studi Teknik Konstruksi Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera 101 GKB, Gresik 61121, Indonesia

E-mail : zakihiden10@gmail.com

ABSTRAK

Industri maritim semakin banyak menggunakan kapal berbahan fiberglass sebagai alternatif yang ringan dan kuat dibandingkan kapal tradisional berbahan kayu. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kekuatan laminasi pada kapal fiberglass dengan menguji berbagai susunan serat dan metode laminasi. Penelitian ini menggunakan tiga variasi sampel laminasi: Variasi 1 CSM-WR-CSM-WR-CSM, Variasi 2 WR-CSM-WR-CSM-WR, dan Variasi 3 CSM-CSM-CSM-WR-WR dengan perbedaan jenis serat dan teknik laminasi. Metode pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Rockwell HRC, prinsipnya adalah menekan penetrator ke material uji dengan beban tertentu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kombinasi serat setipe kemudian dilaminasi dengan serat berbeda, yakni dengan CSM-CSM-CSM-WR-WR, menghasilkan kekerasan tertinggi sebesar 84,3 HRC. Kombinasi ini menunjukkan bahwa penyusunan material setipe sebelum dilaminasi adalah metode yang lebih baik. Hal ini disebabkan oleh perbedaan material antara CSM dan WR, di mana WR merupakan lapisan berupa kain, sementara CSM berupa serat. Ketika CSM bertemu dengan CSM, terjadi bonding yang lebih kuat, yang pada akhirnya meningkatkan kekerasan dan kekuatan material. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa pemilihan susunan serat yang baik dan teknik laminasi yang tepat dapat secara signifikan meningkatkan kekuatan dan daya tahan kapal fiberglass. Penelitian ini memberikan wawasan baru bagi industri maritim dalam meningkatkan kualitas dan keandalan kapal fiberglass.

Kata kunci : FRP, Kekuatan Material, Laminasi Serat.

ABSTRACT

The maritime industry is increasingly using fiberglass boats as a lightweight and strong alternative to traditional wooden boats. This study aims to compare the strength of laminates on fiberglass boats by testing various fiber arrangements and lamination methods. This study used three variations of laminate samples: Variation 1 CSM-WR-CSM-WR-CSM, Variation 2 WR-CSM-WR-CSM-WR, and Variation 3 CSM-CSM-CSM-WR-WR with different fiber types and lamination techniques. The hardness testing method was carried out using the Rockwell HRC method, the principle of which is to press the penetrator into the test material with a certain load. The test results showed that the combination of the same type of fiber then laminated with different fibers, namely with CSM-CSM-CSM-WR-WR, produced the highest hardness of 84.3 HRC. This combination shows that the arrangement of the same type of material before lamination is a better method. This is due to the difference in material between CSM and WR, where WR is a layer in the form of fabric, while CSM is in the form of fiber. When CSM meets CSM, a stronger bonding occurs, which ultimately increases the hardness and strength of the material. The conclusion of this study is that the selection of good fiber arrangement and proper lamination technique can significantly improve the strength and durability of fiberglass boats. This study provides new insights for the maritime industry in improving the quality and reliability of fiberglass boats.

Keywords: FRP, Material Strength, Fiber Lamination.

Jejak Artikel

Upload artikel : 3 Oktober 2024

Revisi : 27 Oktober 2024

Publish : 30 November 2024

1. PENDAHULUAN

Industri maritim telah mengalami perkembangan pesat dalam penggunaan kapal berbahan fiber sebagai alternatif yang ringan dan kuat dibandingkan dengan kapal tradisional berbahan kayu. Seiring dengan perkembangan teknologi perkapalan, muncul beberapa material baru seperti baja, komposit, dan fiberglass. Saat ini, banyak ditemukan kapal penangkap ikan dengan konstruksi yang terbuat dari material komposit. Jenis komposit yang dimaksud adalah FRP (Fiberglass-reinforced plastic). Hal ini menandakan bahwa jenis material ini sudah mulai merambah dunia perkapalan.[1]. Fiberglass merupakan salah satu material yang mulai diminati karena dalam proses pembuatan kapal fiberglass memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi dibandingkan kapal kayu untuk kapal kecil. Keunggulan memilih material fiberglass adalah tidak ada celah antar kayu yang memungkinkan air masuk ke dalam lambung kapal. Selain itu, material fiberglass tidak menyusut seiring bertambahnya usia.[1].

Di balik keunggulan ini, proses laminasi menjadi faktor kunci dalam menentukan kekuatan dan keawetan kapal fiber. Konstruksi lambung kapal fiberglass merupakan hal yang sangat penting untuk dikaji dan dikembangkan guna menstandarisasi kapal-kapal fiberglass yang beroperasi di wilayah kepulauan Indonesia, sehingga kapal-kapal fiberglass memiliki standar mutu yang dapat menjamin keselamatan kapal di laut.[2]. Proses laminasi, yang melibatkan penyatuan lapisan serat fiber dengan resin epoxy, memainkan peran penting dalam menentukan kualitas dan performa kapal fiber. Namun, tantangan utama dalam proses laminasi adalah menemukan kombinasi material yang optimal untuk mencapai kekuatan maksimum dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti kepadatan, kekuatan tarik, dan ketahanan terhadap korosi. Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kekuatan laminasi pada kapal fiber dengan membuat dan menguji tiga variabel sampel laminasi yang berbeda. Variabel-variabel ini mencakup perbedaan dalam jenis serat fiber, dan teknik laminasi yang digunakan. Pemahaman yang mendalam tentang bagaimana variasi dalam proses laminasi mempengaruhi kekuatan kapal fiber sangat penting bagi industri maritim. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru tentang pemilihan material dan teknik laminasi yang optimal, serta

berpotensi untuk meningkatkan performa dan daya tahan kapal fiber di masa depan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh susunan laminasi terhadap kekuatan material fiberglass, serta menentukan jenis variasi susunan serat yang paling optimal untuk diterapkan dalam pembuatan kapal berbahan fiber. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan tentang peningkatan daya tahan kapal, khususnya dalam konteks kondisi laut di Indonesia. Penelitian ini dibatasi dengan tidak memperhitungkan biaya pembuatan material, di mana seluruh sampel akan diproduksi dalam kondisi temperatur dan lokasi yang sama. Uji kekerasan yang digunakan terbatas pada uji Rockwell Tipe Cone, dan hanya mempertimbangkan variasi susunan serat yang berbeda. Setiap sampel akan dibuat dengan lima lapisan serat Matt dan Woven Roving (WR) untuk memastikan konsistensi hasil. Hasil penelitian diharapkan memberikan pemahaman mendalam mengenai pengaruh laminasi terhadap kekuatan fiberglass dan aplikasinya dalam industri perkapalan.

2. METODE

Dalam praktikum ini, saya menggunakan dua jenis material utama untuk laminasi, yaitu Chopped Strand Mat (CSM) dengan berat 450 g/m² dan Woven Roving (WR) dengan berat 600 g/m². Kedua material ini dipilih untuk membentuk sampel laminasi dengan orientasi serat unidirectional, berukuran 10x10 cm. Proses pembuatan dilakukan menggunakan metode Hand Lay-Up, di mana lapisan material disusun secara manual satu per satu. Tiga variasi sampel laminasi dengan susunan lima lapis antara CSM dan WR dirancang untuk menguji pengaruh kombinasi dan urutan lapisan terhadap kekuatan dan karakteristik akhir struktur komposit. Penelitian ini dilaksanakan di Gresik, Jawa Timur, dengan lokasi pengujian di area teduh yang memiliki suhu stabil sekitar 30°C. Pemilihan lokasi ini dilakukan untuk menghindari fluktuasi suhu dan paparan sinar matahari langsung, yang dapat mempengaruhi hasil uji kekerasan material. Area tersebut dilengkapi dengan fasilitas pengujian yang memadai, serta akses mudah ke peralatan yang dibutuhkan selama penelitian.

Metode Hand Lay-Up memungkinkan kontrol penuh atas penempatan dan orientasi serat pada setiap lapisan, sehingga laminasi yang

dihasilkan memiliki distribusi serat yang optimal sesuai dengan tujuan penelitian. Hasil dari praktikum ini akan dianalisis lebih lanjut untuk mengevaluasi efektivitas setiap variasi dalam meningkatkan kekuatan dan stabilitas struktur laminasi fiberglass. Tiga variasi susunan serat yang diuji dalam penelitian ini adalah: Variasi 1 (Sampel A) dengan susunan CSM-WR-CSM-WR-CSM, Variasi 2 (Sampel B) dengan susunan WR-CSM-WR-CSM-WR, dan Variasi 3 (Sampel C) dengan susunan CSM-CSM-CSM-WR-WR.

Bahan dan Alat

Dalam proses ini, bahan utama yang digunakan terdiri dari beberapa material penting yang berperan dalam pembentukan laminasi fiberglass. Pertama, Chopped Strand Mat (CSM) 450 g/m², merupakan serat kaca pendek yang disusun secara acak, sehingga memberikan karakteristik distribusi serat yang lebih merata. CSM berfungsi sebagai dasar yang membantu dalam penyebaran beban secara lebih seragam pada struktur komposit, serta memberikan fleksibilitas yang baik dalam proses penyesuaian bentuk laminasi. Selanjutnya, Woven Roving (WR) 600 g/m² digunakan sebagai lapisan serat kaca panjang yang ditenun menjadi lembaran. Berbeda dengan CSM, WR memberikan kekuatan tarik yang lebih tinggi karena serat-seratnya yang terstruktur secara sejajar, menciptakan lapisan dengan karakteristik yang lebih kaku dan kuat. Kombinasi antara CSM dan WR dalam proses laminasi membantu menciptakan struktur komposit yang optimal, di mana fleksibilitas CSM dan kekuatan WR saling melengkapi.

Sebagai perekat utama untuk menggabungkan serat-serat ini, digunakan resin poliester sebanyak 1 kg. Resin ini berfungsi untuk menyatukan lapisan-lapisan serat dan memberikan kekuatan tambahan pada komposit setelah proses pengeringan. Untuk mempercepat reaksi kimia selama proses pengeringan, ditambahkan 20 gram katalis, yang berfungsi untuk mempercepat proses penguapan resin, sehingga laminasi dapat mengeras dan mencapai kekuatan optimal dalam waktu yang lebih singkat. Kombinasi bahan-bahan ini dirancang untuk menciptakan laminasi fiberglass yang kuat, tahan lama, dan sesuai dengan standar kualitas yang dibutuhkan dalam industri perkapalan. Alat-alat yang digunakan dalam proses ini meliputi penggaris sepanjang 30 cm untuk memastikan pengukuran

serat yang presisi, serta pisau cutter dan gunting yang berfungsi memotong material seperti serat kaca dengan tepat dan sesuai ukuran yang dibutuhkan. Kuas dan Roll digunakan untuk mengoleskan resin secara merata ke permukaan serat, memastikan setiap lapisan terlapis dengan baik. Sebagai alas kerja, digunakan lembaran triplek untuk menjaga kebersihan dan stabilitas selama proses laminasi. Selain itu, berbagai alat bantu lain seperti botol takar dan gelas plastik digunakan untuk mencampur resin dengan katalis dalam takaran yang tepat guna memastikan proses pengeringan berjalan dengan optimal.



Gambar 1. Serat CSM 450 dan Woven Roving 600



Gambar 2. Resin Polimer 1 Kg dan Katalis 20 Gr

Cara pembuatan sampel

Langkah-langkah pembuatan sampel diawali dengan persiapan tempat kerja yang harus bersih dan memiliki ventilasi yang baik. Triplek diletakkan pada permukaan datar sebagai alas kerja. Selanjutnya, fiberglass diukur dan dipotong menggunakan penggaris 30 cm, dengan CSM dan

WR masing-masing diukur 15x15 cm. Setelah ditandai, material dipotong menggunakan pisau cutter atau gunting sesuai dengan tanda, dengan total 8 potongan CSM dan 7 potongan WR sesuai dengan variasi susunan yang direncanakan. Tahap berikutnya adalah mempersiapkan resin dan katalis, di mana resin diukur menggunakan botol bayi dengan takaran 100 mL dan dituang ke dalam gelas plastik. Katalis ditambahkan dengan perbandingan 1:100, yaitu 20 tetes atau sekitar 1 mL, kemudian campuran resin dan katalis diaduk hingga merata menggunakan sedotan.

Proses penyusunan lapisan fiberglass dimulai dengan mengoleskan sedikit minyak goreng ke triplek agar sampel tidak menempel permanen. Lapisan pertama CSM diletakkan di atas triplek dan diolesi resin dengan kuas, lalu diratakan menggunakan roll untuk menghilangkan gelembung udara. Setiap lapisan dibiarkan mengering selama 1 jam sebelum menambahkan lapisan berikutnya, misalnya WR untuk lapisan kedua. Proses ini diulang hingga lima lapisan tersusun dan semua sampel terlapisi resin sesuai variasi yang direncanakan, seperti CSM-WR-CSM-WR-CSM. Setelah semua lapisan selesai, dilakukan proses pengeringan akhir dengan membiarkan sampel mengering di tempat yang bersih dan rata selama 24 jam, memastikan tidak ada gangguan selama pengeringan. Setelah resin mengeras, dilakukan pemotongan dan penyesuaian dengan menandai tepi sampel menggunakan penggaris agar ukurannya menjadi 10x10 cm. Sampel kemudian dipotong menggunakan gerinda dan diperiksa untuk memastikan tidak ada bagian yang lepas atau tidak merata.



Gambar 3. Pengolesan resin pada serat

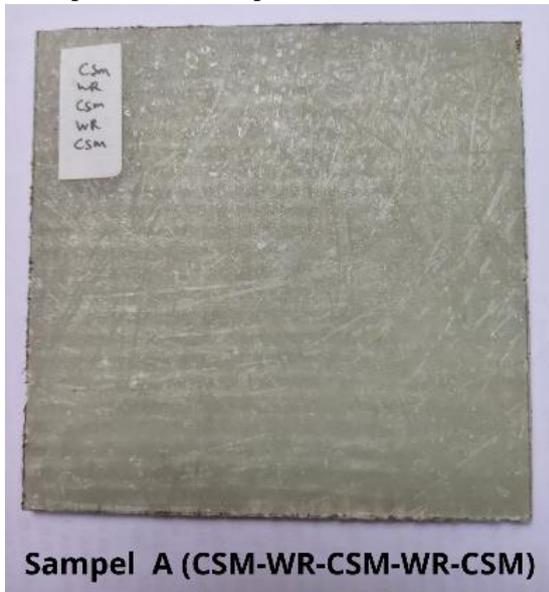


Gambar 4. Resin diratakan menggunakan roll



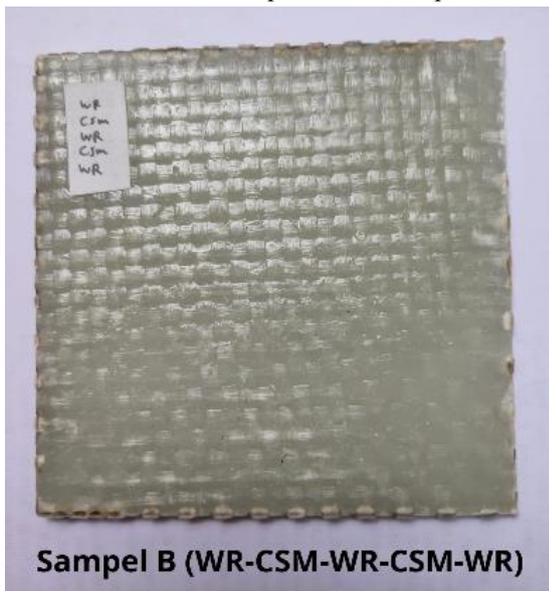
Gambar 5. Proses pengeringan Sampel

Hasil pembuatan sampel



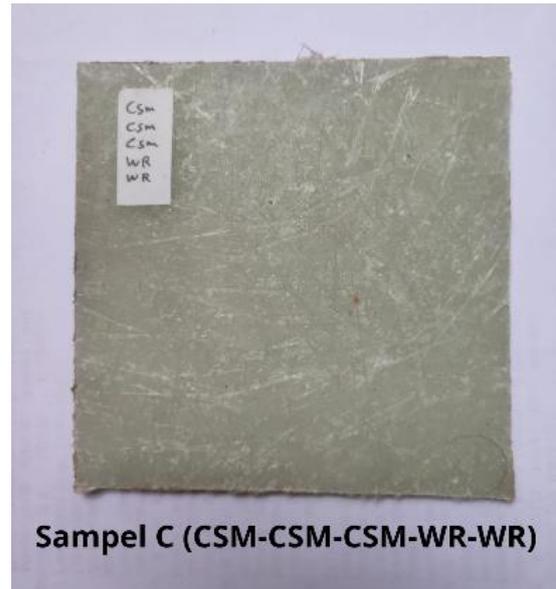
Sampel A (CSM-WR-CSM-WR-CSM)

Gambar 6. Hasil pembuatan sampel A



Sampel B (WR-CSM-WR-CSM-WR)

Gambar 7. Hasil pembuatan sampel B



Sampel C (CSM-CSM-CSM-WR-WR)

Gambar 8. Hasil pembuatan sampel C

Metode Pengujian Kekerasan

Metode Rockwell HRC diterapkan dalam penelitian ini sebagai teknik untuk mengukur kekerasan material. Setiap sampel diuji di tiga titik berbeda untuk mendapatkan rata-rata kekerasan. Prinsip dasar dari metode pengujian ini melibatkan penekanan sebuah penetrator ke dalam material yang diuji menggunakan beban tertentu, di mana kedalaman indentasi yang dihasilkan kemudian diukur. Kekerasan material ditentukan berdasarkan selisih kedalaman indentasi yang dihasilkan oleh beban mayor dan minor yang diterapkan. Untuk pengujian kekerasan Rockwell C, digunakan penetrator berbentuk kerucut intan (Spericoconical Diamond) yang memiliki sudut puncak kerucut sebesar 120 derajat. Dalam proses pengujian, kedalaman penetrasi (t) yang dihasilkan oleh penetrator akan diukur secara akurat. Sebelum melakukan pengujian utama, penetrator intan ditekan terlebih dahulu ke permukaan material uji dengan beban pendahuluan sebesar 10 kg. Langkah ini bertujuan untuk mengatasi potensi ketidakrataan pada permukaan material yang dapat disebabkan oleh faktor-faktor seperti kotoran atau ketidakrataan fisik. Setelah beban pendahuluan diterapkan, beban ditingkatkan menjadi 150 kg untuk mencapai kedalaman penetrasi maksimum yang diinginkan. Kedalaman penetrasi tetap (t), yang diukur dalam milimeter (mm), akan digunakan sebagai ukuran kekerasan material. Pengukuran kedalaman penetrasi ini dinyatakan dengan satuan $e = t$ dalam 0,002 mm. Dengan menggunakan rumus yang telah

ditetapkan, nilai kekerasan Rockwell HRC dapat dihitung dengan rumus: $HRC = 100 - t/0,002$.

Untuk melaksanakan pengujian kekerasan material, berbagai peralatan dan bahan yang tepat digunakan. Mesin uji Rockwell berfungsi sebagai alat utama, dilengkapi dengan perangkat uji kekerasan Rockwell yang memastikan akurasi hasil. Benda uji, atau sampel material, dipilih secara cermat untuk memenuhi kriteria penelitian. Selain itu, alat pemotret digunakan untuk mendokumentasikan proses dan hasil pengujian, sementara alat tulis disediakan untuk mencatat data dan observasi penting. Penggunaan peralatan ini bertujuan untuk memperoleh informasi yang akurat mengenai karakteristik kekerasan material yang diuji.

Cara Pengujian Kekerasan

Proses pengujian kekerasan Rockwell dimulai dengan menempatkan landasan benda uji dengan hati-hati pada kedudukan mesin. Benda uji kemudian diletakkan dengan benar di atas landasan, dan roda tangan diputar sedikit agar benda uji tetap stabil selama pengujian. Setelah itu, spesimen yang akan diuji diposisikan dengan hati-hati di atas landasan, memastikan bahwa spesimen berada dalam posisi yang stabil dan tidak bergeser.

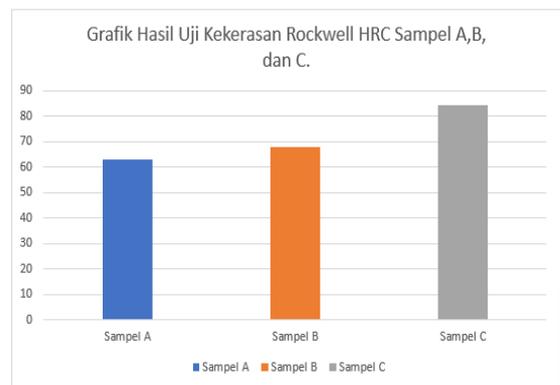
Langkah berikutnya adalah mengatur mesin uji Rockwell untuk menerapkan beban minor sebesar 10 Kgf sebagai langkah awal. Penting untuk memastikan bahwa mesin telah dikalibrasi dengan benar untuk menjaga akurasi hasil pengujian. Penetrator kemudian diturunkan perlahan hingga menyentuh permukaan spesimen. Proses ini dilakukan dengan hati-hati agar tidak merusak spesimen. Setelah kontak awal dibuat, beban minor diterapkan untuk menstabilkan penetrator pada spesimen sebelum beban utama diberikan. Tunggu beberapa detik hingga penetrator berada dalam posisi yang stabil di permukaan spesimen. Setelah stabil, hasil pengujian akan ditampilkan pada layar digital mesin, yang menunjukkan angka kekerasan Rockwell sebagai indikasi kekerasan material. Nilai kekerasan ini harus dicatat dengan cermat untuk keperluan dokumentasi dan analisis lebih lanjut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil uji kekerasan Rockwell HRC

Spesimen	Titik 1 (HRC)	Titik 2 (HRC)	Titik 3 (HRC)	Rata-rata (HRC)
Spesimen 1 CSM-WR- CSM-WR-CSM	77	66	46	63
Spesimen 2 WR-CSM-WR- CSM-WR	68	56	80	68
Spesimen 3 CSM-CSM- CSM-WR-WR	85	70	98	84,3

Hasil uji kekerasan lapisan yang diselang-seling secara keseluruhan menghasilkan kekerasan yang lebih rendah dibandingkan jika material yang sama dijadikan lapisan yang berurutan baru disatukan. Hasil menunjukkan bahwa sampel C yang memiliki susunan Material CSM-CSM-CSM-WR-WR menunjukkan kekerasan tertinggi dengan nilai 84,3 HRC, sementara lapisan yang disusun secara selang seling antara CSM-WR memiliki kekerasan terendah dengan 63 HRC. Variasi kekerasan terlihat pada kombinasi material sampel A,B,dan C. Dimana Material sampel C dengan susunan CSM-CSM-CSM-WR-WR menunjukkan potensi sebagai pilihan untuk laminasi fiber yang lebih kuat dan tahan lama.



Gambar 9. Table hasil uji kekerasan

Grafik di atas menunjukkan hasil uji kekerasan Rockwell HRC pada tiga sampel laminasi, yaitu Sampel A, B, dan C. Berdasarkan hasil pengujian, terlihat bahwa Sampel C memiliki nilai kekerasan tertinggi dibandingkan dengan Sampel A dan B. Sampel C mencapai kekerasan sebesar 84,3 HRC, menunjukkan bahwa susunan laminasi yang digunakan pada Sampel C lebih kuat dan tahan terhadap tekanan dibandingkan dengan dua sampel lainnya. Susunan laminasi pada Sampel C menggunakan kombinasi serat CSM-CSM-CSM-

WR-WR Kombinasi ini menghasilkan kekerasan tertinggi, menunjukkan bahwa penyusunan material setipe sebelum dilaminasi adalah metode yang lebih baik. Hal ini disebabkan oleh perbedaan material antara CSM dan WR, di mana WR adalah lapisan berupa kain yang berfungsi sebagai lapisan luar, sedangkan CSM merupakan serat yang lebih halus yang berfungsi sebagai penguat. Ketika CSM bertemu dengan CSM pada lapisan yang sama, terjadi proses bonding yang lebih kuat, yang pada akhirnya meningkatkan kekerasan dan kekuatan material.

Sebaliknya, Sampel A dan B, yang menggunakan susunan serat yang berbeda, menunjukkan nilai kekerasan yang lebih rendah. Khususnya, Sampel B yang memiliki susunan selang-seling antara CSM dan WR menunjukkan kekerasan terendah. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi laminasi seperti pada Sampel C, di mana WR diposisikan secara strategis di akhir lapisan setelah CSM, memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan kekuatan dan ketahanan material. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa susunan serat yang tepat, seperti yang digunakan pada Sampel C, sangat berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan laminasi pada material fiberglass.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa laminasi yang disusun secara selang-seling, yaitu menggabungkan material berbeda secara bergantian, menghasilkan kekerasan yang lebih rendah dibandingkan dengan metode laminasi yang menyusun material setipe terlebih dahulu sebelum digabungkan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan sifat material yang mempengaruhi interaksi antar lapisan, di mana laminasi dengan material yang berbeda memiliki bonding atau ikatan antar lapisan yang kurang kuat. Sebaliknya, kombinasi laminasi material setipe seperti CSM-CSM-CSM-WR-WR terbukti menghasilkan kekerasan tertinggi, dengan nilai 84,3 HRC. Hasil ini mengindikasikan bahwa menyusun lapisan material yang sejenis sebelum dilaminasi merupakan metode yang lebih efektif dalam meningkatkan kekerasan. Perbedaan karakteristik material antara CSM (Chopped Strand Mat) dan WR (Woven Roving) juga berperan penting. WR berbentuk kain yang tersusun lebih rapi, sedangkan CSM terdiri dari serat-serat acak.

Saat lapisan CSM bertemu dengan CSM, ikatan (bonding) yang terbentuk lebih kuat dibandingkan ketika CSM bertemu WR, yang menyebabkan kekerasan laminasi lebih tinggi. Dengan demikian, penelitian ini menekankan pentingnya memperhatikan penyusunan lapisan material dalam proses laminasi untuk mendapatkan kekerasan yang optimal, terutama dalam aplikasi yang membutuhkan ketahanan tinggi seperti pada material fiberglass untuk kapal.

Saran

Pengujian ini sebaiknya mencakup uji durability atau ketahanan jangka panjang dari laminasi, seperti pengujian ketahanan terhadap lingkungan laut yang korosif, beban siklik (pembebanan berulang), dan uji kelelahan material. Selain itu, disarankan untuk melengkapi uji kekerasan (hardness test) dengan metode pengujian lain, seperti uji tarik (tensile test) dan uji lentur (flexural test), untuk mendapatkan pemahaman yang lebih komprehensif tentang kekuatan material. Analisis mendalam terhadap mekanisme kegagalan laminasi, termasuk pemeriksaan mikroskopis pada area yang mengalami kegagalan, juga penting untuk memahami penyebab utama kegagalan dan cara pencegahannya. Variasi kondisi pengujian, seperti suhu yang berbeda atau kondisi lembab, perlu dicoba untuk mengevaluasi pengaruh lingkungan terhadap kekuatan laminasi. Simulasi dengan metode elemen hingga (Finite Element Analysis/FEA) dapat digunakan untuk memprediksi perilaku laminasi di bawah berbagai kondisi beban, sehingga hasil eksperimen dapat divalidasi dengan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. C. Ariesta, M. S. Arif, and H. P. Puspitasari, "Comparison of Economical Analysis of Wood And Fiberglass Vessels In Randuboto Village, Gresik Regency, East Java," *Econ. Soc. Fish. Mar.*, vol. 006, no. 01, pp. 73–82, 2018, doi: 10.21776/ub.ecsofim.2018.006.01.07.
- [2] B. Ma, "MENGUNAKAN MATERIAL MULTIAXIAL A Strength Analysis of Fiberglass Ship 's Hull Lamination using Multiaxial Material," 2013.
- [3] M. M. Ahmad, "Analisis Ekonomis Pada Pengadaan Kapal Ikan Untuk Nelayan Di Wilayah Perairan Banyu Urip Ujung

- Pangkah Gresik,” *Develop*, vol. 4, no. 1, pp. 20–32, 2020, doi: 10.25139/dev.v4i1.2173.
- [4] M. Z. Ali, A. Chotib, and M. Basuki, “ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBUATAN KAPAL NELAYAN FIBERGLASS UKURAN 3GT DI CV . ERA FIBERBOAT DENGAN METODE LAMINASI,” vol. 4, no. 1, pp. 58–68, 2023, doi: 10.47841/semnasadpi.v4i1.97.
- [5] K. Clear, N. F. Sebagai, and P. Las, “Analisa kekuatan tarik dan tekuk pada sambungan pipa baja dengan menggunakan kanpe clear NF sebagai pengganti las,” vol. 5, no. 4, pp. 716–725, 2017.
- [6] T. Mesin, J. T. Mesin, and F. Teknik, “KEKUATAN TARIK MATERIAL FIBER CARBON SERAT BERBASIS MATRIKS EPOXY,” 2019.
- [7] T. J. et al James W, Elston D, “Laporan Kerja Praktek PT.Putra Muslim Perkasa,” *Andrew’s Dis. Ski. Clin. Dermatology.*, no. 43, 20AD.
- [8] F. Kapal *et al.*, “Fabrikasi Kapal Fiberglass Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Kapal Kayu Untuk Meningkatkan Produktifitas Nelayan Di Perairan Bengkalis 1),” vol. 14, no. 2, pp. 53–57, 2017.
- [9] M. M. Alfath, S. R. Wahyu Pribadi, and S. Soejitno, “Studi Peningkatan Kemampuan Galangan Kapal di Jawa Timur untuk Mendukung Program Pengadaan Kapal Penangkap Ikan Nasional oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 2–7, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.20895.
- [10] D. Afrianto, Muharnis, and Razali, “Proses pembuatan kapal frp berkapasitas 14 m bagi nelayan di Kabupaten Bengkalis,” *Inovtek*, vol. 4, no. 1, pp. 48–57, 2014, [Online]. Available: <http://ejournal.polbeng.ac.id/index.php/IP/article/view/98/91>
- [11] K. S. Bengkalis, “Pengaruh variasi susunan serat terhadap kekuatan material fiberglass pada kapal perikanan produksi galangan kapal karya sakti bengkalis,” pp. 1–11.
- [12] U. Tarik and D. Kekerasan, “Makalah Material Teknik,” no. 1107114332, 2019, [Online]. Available: https://www.academia.edu/35616307/MAK_ALAH_MATERIAL_TEKNIK
- [13] P. Rani *et al.*, “Laporan praktikum material teknik uji kekerasan vickers dan rockwell,” *Range Manag. Agrofor.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–15, 2020, doi: 10.1016/j.fcr.2017.06.020.