

ANALISA *IMPACT* DAN *BENDING* BALOK LAMINASI BATANG KELAPA DAN BAMBU DURI SEBAGAI MATERIAL KONSTRUKSI LUNAS KAPAL KAYU

Firza Ikramullah¹, Ferri Safriwardy*², Suryadi³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Bukit Indah,
Lhokseumawe, 24352, Indonesia

e-mail: *¹firzaid17@gmail.com, [*²ferri@unimal.ac.id](mailto:²ferri@unimal.ac.id)

Abstrak

Penggunaan material utama konstruksi kapal dibangun dari material kayu yang mengakibatkan biaya operasional dalam pembuatannya menjadi mahal dan tidak ramah untuk lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kekuatan beban kejut dan kekuatan bending dari balok laminasi batang kelapa dan bambu duri. Metode yang dilakukan adalah pengujian eksperimental dengan pengujian impact dan pengujian bending. Penelitian ini memiliki 3 model variasi lapisan, yaitu 3, 5, dan 7 dengan bentuk susunan lapisan batu bata (carvel). Pengujian balok laminasi mengacu pada ASTM D6110-10 untuk uji impact dan ASTM D143 untuk uji bending. Balok laminasi yang akan di uji memiliki kadar air di bawah 18% sesuai dengan ketentuan BKI. Balok laminasi dengan pengujian impact variasi 3 lapisan mempunyai energi yang diserap sebesar 23,408 J dan harga impact sebesar 0,144 J/mm². Laminasi variasi 5 lapisan memiliki nilai energi yang diserap sebesar 35,511 J dan harga impact sebesar 0,219 J/mm². Variasi 7 lapisan memiliki energi yang diserap sebesar 40,166 J dan harga impact sebesar 0,248 J/mm². Hasil pengujian bending pada balok laminasi dengan variasi 3 lapisan mempunyai kekuatan bending pada sebesar 14,37 MPa. Laminasi variasi 5 lapisan memiliki nilai kekuatan sebesar 28,56 MPa dan variasi 7 lapisan memiliki nilai kekuatan yang sebesar 38,32 MPa. Hasil pengujian impact dan bending untuk balok laminasi batang kelapa dan bambu duri tergolong dalam Kelas Kuat IV-V menurut Badan Klasifikasi Indonesia, sehingga menyebabkan balok laminasi tersebut tidak direkomendasikan sebagai alternatif pengganti kayu solid untuk lunas kapal.

Kata kunci: batang kelapa, bambu duri, laminasi, uji impact dan uji bending

Abstract

The use of the main ship construction material is built from wood material which results in operational costs in its manufacture being expensive and not friendly to the environment. The purpose of this study is to determine the comparison of shock load strength and bending strength of coconut stem laminated beams and bamboo thorns. The method used is experimental testing with impact testing and bending testing. This research has 3 models of layer variations, namely 3, 5, and 7 with the form of a brick layer arrangement (carvel). Laminated beam testing refers to ASTM D6110-10 for impact tests and ASTM D143 for bending tests. The laminated beams to be tested have a moisture content below 18% in accordance with BKI provisions. Laminated beams with 3-layer variation impact testing have an absorbed energy of 23.408 J and an impact price of 0.144 J / mm². The 5-layer variation laminate has an absorbed energy value of 35.511 J and an impact price of 0.219 J / mm². The 7-layer variation has an absorbed energy of 40.166 J and an impact price of 0.248 J / mm². The results of

bending tests on laminated beams with a variation of 3 layers have a bending strength of 14.37 MPa. The 5-layer variation laminate has a strength value of 28.56 MPa and the 7-layer variation has a strength value of 38.32 MPa. The results of the impact and bending tests for coconut and bamboo thorn laminated beams belong to Strength Class IV-V according to the Indonesian Classification Board, causing the laminated beams not to be recommended as an alternative to solid wood for ship keels.

Keywords—coconut stalk, bamboo thorn, laminate, impact test and bending test.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang tersusun dari beribu pulau-pulau, ini disebabkan dari luas wilayah Indonesia yang mencapai $\pm 1,905$ juta km². hal ini membuat Indonesia kaya akan potensi sumber daya laut yang berlimpah yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu mata pencaharian dan sumber penghasilan utama masyarakat Indonesia. Saat ini penggunaan material utama konstruksi kapal dibangun dari material baja dan kayu yang mengakibatkan biaya operasional dalam pembuatannya menjadi mahal dan tidak ramah untuk lingkungan. Kebutuhan kayu sangat besar dan sangat berdampak pada ketersediaan kayu yang semakin berkurang setiap tahunnya akibat eksploitasi hutan yang dilakukan secara besar-besaran. Seiring berjalannya waktu ketersediaan kayu untuk pembuatan kapal mulai sulit untuk didapatkan, maka dibutuhkan inovasi-inovasi terbaru di dalam dunia pembuatan kapal supaya sektor perairan dalam negeri dapat lebih berkembang pesat lagi. Salah satu kebutuhan material kayu yang sulit didapatkan adalah untuk lunas kapal, yg mana lunas kapal membutuhkan kayu yang kuat dan solid untuk konstruksinya, dan semakin besar kapal yang di buat maka ukuran kayu yang dibutuhkan untuk lunas juga semakin besar.

Lunas kapal kayu merupakan tulangan punggung memanjang pada bagian bawah kapal, di mana bagian gading-gading dan kulit di tumpu oleh lunas. Lunas ini memiliki kelebihan untuk memperkuat gading-gading kiri dan kanan yang pada akhirnya di tumpu oleh lunas. Ukuran lunas ditentukan oleh ukuran besar kapal dan konstruksinya (Hutauruk dkk., 2017). Lunas kapal kayu biasanya dibuat dari satu kayu utuh tanpa sambungan agar kekuatan dan kekakuan balok kayu lebih kokoh, tetapi untuk mendapatkan satu balok kayu yang utuh dan berdimensi besar semakin sulit diperoleh. Kebiasaannya lunas kapal ini dibuat dari bermacam jenis kayu seperti kayu laban, kayu bungur, kayu bedaru, dan lain-lain, tetapi sekarang ini semakin sulit untuk mendapatkan jenis kayu ini dalam ukuran balok kayu besar, akibat hal ini menghambat pengrajin kapal kayu dalam pembuatan kapal kayu.

Salah satu terobosan yang ditempuh untuk menemukan material baru dan murah yaitu dengan melakukan metode yang disebut laminasi. Metode laminasi sangat memungkinkan untuk menggantikan material kayu, hal ini disebabkan metode laminasi memiliki kekuatan yang lebih baik dan mudah di dapat dengan harga yang relatif lebih murah dibanding material kayu.

Laminasi adalah suatu proses menyatukan dua atau lebih material yang berbeda atau identik menjadi satu struktur yang kokoh, dengan menggunakan perekat. Hasil dari proses laminasi ini yaitu suatu lapisan/susunan yang terdiri dari bahan-bahan yang telah digabungkan, dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan, daya tahan, penampilan, atau karakteristik dari material tersebut.

Proses laminasi melibatkan beberapa material yang memiliki karakteristik fisik dan kimia yang berbeda. Beberapa material yang sering digunakan dalam proses laminasi ini yaitu berupa kertas, plastik, logam, kayu, dan serat-serat. Laminasi sendiri dapat dikerjakan dalam berbagai bentuk, mulai dari lembaran tipis, sampai dengan bentuk yang lebih kompleks, seperti panel. Tetapi metode laminasi ini masih jarang digunakan pada kapal, yang menyebabkan perlunya pengujian yang lebih terhadap material tersebut. Dalam penelitian ini, ada dua material yang diteliti atau diuji, yaitu batang kelapa dan bambu duri.

Pohon kelapa (*cocos nucifera*) adalah tanaman perkebunan yang banyak tersebar di wilayah tropis. Pohon kelapa yang telah ditebang akan menjadi limbah yang merugikan bagi perkebunan tersebut karena akan menjadi sarang bagi perkembangbiakan kumbang badak (*oryctes rhinoceros*) yang termasuk hama utama perkebunan kelapa di sekitarnya. Namun karena ketersediaan kayu yang semakin terbatas, batang kelapa mulai banyak dimanfaatkan sebagai pengganti kayu sehingga pembuangan limbah dapat dikurangi (Handayani, 2016).

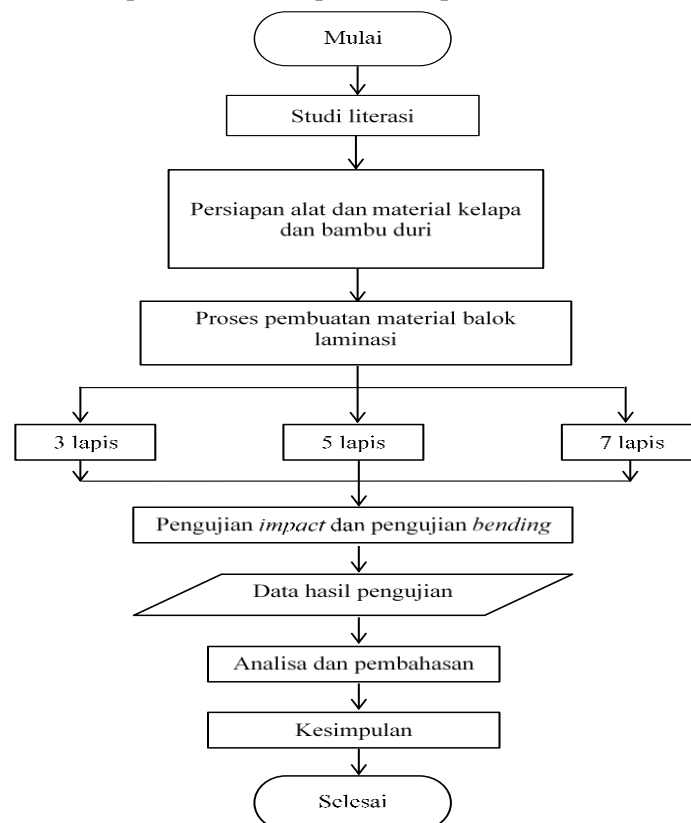
Bambu duri (*bambusa blumeana*) adalah tumbuhan yang biasa hidup di daerah tropis. Bambu duri memiliki diameter batang berkisar \pm 8-15 cm dengan karakteristik padat, tebal, ruas pendek dan berlubang kecil, serta terdapat duri-duri kecil pada bagian rantingnya. Umumnya, bambu jenis ini sering dimanfaatkan masyarakat untuk peralatan pertanian, bahan konstruksi jembatan lokal, dan lain-lain.

Dengan demikian, untuk mengetahui bagaimana kekuatan yang dimiliki dari batang kelapa dan bambu duri maka dilakukan dengan menggunakan dua metode pengujian, yaitu metode pengujian *impact* dan metode pengujian *bending*, hal ini bertujuan dilakukan agar diketahui bagaimana kemampuan material laminasi tersebut setelah mengalami pengujian.

Berangkat dari hal tersebut, maka dibutuhkan solusi agar ada material yang dapat menggantikan material yang sulit didapat tersebut. Penelitian ini sendiri adalah untuk mengetahui perbandingan dan ukuran kekuatan yang dihasilkan dari material laminasi setelah dilakukan pengujian *impact* dan pengujian *bending*, karena untuk menjadi material lunas kapal yang kuat membutuhkan ketahanan material yang sangat baik dan kuat, sehingga dapat menggantikan kayu solid yang mulai susah untuk didapatkan.

2. METODE PENELITIAN

Adapun alur penelitian dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *flowchart*

Variabel dalam penelitian ini menggunakan variabel tetap dan variabel bebas. Model variasi lapisan yang diuji yaitu 3 lapisan, 5 lapisan, dan 7 lapisan, dengan bentuk susunan variasi bata (carvel).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembahasan

3.1.1 Material dasar spesimen uji

Material dasar untuk pembuatan spesimen laminasi adalah batang kelapa dan bambu duri yang direkat dengan menggunakan lem *crossbond X4*. Perbedaan spesimen uji terdapat pada variasi yang dipakai yaitu variasi 3 lapisan, 5 lapisan, dan 7 lapisan. Untuk spesimen uji keseluruhan berjumlah 42 spesimen yang terbagi atas 2 pengujian yaitu pengujian *impact* berjumlah 21 spesimen, dan pengujian *bending* berjumlah 21 spesimen. Pembuatan balok laminasi dimulai dari pemotongan batang kelapa dan bambu duri berbentuk bilah-bilah kecil yang kemudian disambungkan dengan menggunakan perekat *crossbond X4* dan dilanjutkan dengan proses pengempaan sampai kering.

Proses awal pembuatan spesimen dimulai dengan melakukan pengeringan batang kelapa dan bambu duri secara alami dengan menggunakan sinar matahari dan kemudian setelah kering dihitung kadar air di dalamnya dengan menggunakan alat *moisture meter*. Kadar air yang terkandung dalam batang kelapa yang telah dikeringkan sebesar 9,2%, dan kadar air dalam bambu duri yang telah dikeringkan sebesar 12,8%. Hasil dari alat *moisture meter* untuk kadar air batang kelapa dan bambu duri dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kadar air batang kelapa dan bambu duri

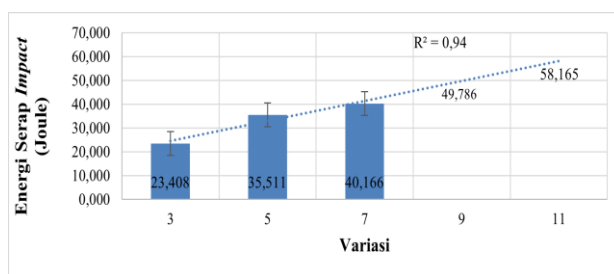
Kadar air ini sendiri digunakan sebagai acuan dari lamanya pengeringan, dan juga kadar air sangat berpengaruh akan waktu perekatan lapisan balok laminasi, hal ini terjadi karena kadar air yang tinggi akan menghambat ikatan dari proses perekatan antar lapisan. Ikatan perekat yang baik terjadi pada tingkat kadar air yang rendah dan perbedaan kadar air antara lapisan tidak boleh melebihi dari standar yang telah ditentukan, hal ini dikarenakan untuk menghindari terjadinya penyusutan yang menyebabkan kerusakan pada sambungan balok laminasi.

Proses pengeleman dan penyusunan serat dilakukan dengan mengikuti arah panjang kayu. Bentuk susunan lapisan pada balok laminasi penelitian ini adalah sambungan bentuk *carvel* yang mana tujuannya adalah untuk melihat efek patahan seperti apa yang akan terjadi ketika pengujian dan apakah patahan yang terjadi karena efek perekatan atau patah disebabkan pada material. Arah laminasi akan sangat berpengaruh terhadap kekuatan dan karakteristik yang dihasilkan dari suatu benda.

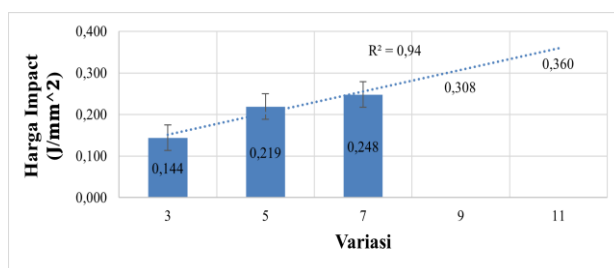
3.1.2 Pengujian *impact*

Pada pengujian *impact* ini spesimen variasi 3 lapisan memiliki ketebalan 4,2 mm per setiap lapisan, untuk spesimen variasi 5 lapisan masing-masing ketebalannya 2,5 mm per setiap lapisan, dan spesimen dengan variasi 7 lapisan ketebalan 1,8 mm per setiap lapisan. Pengaruh perbedaan nilai pengujian *impact* dapat disebabkan oleh jumlah lapisan setiap spesimen balok laminasi. Berdasarkan hasil

pengujian *impact*, diperoleh grafik data pengujian *impact* yang dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Grafik energi serap *impact*



Gambar 5. Grafik harga *impact*

Data yang didapatkan dari hasil perhitungan diatas pada pengujian *impact* dengan metode *charpy* dengan ukuran spesimen 12,70 mm × 12,70 mm × 124,5 mm dan proses pembuatan takik pada spesimen yang berfungsi untuk memudahkan proses patahan yang terjadi, bentuk takik yang dibuat adalah dengan kedalaman 2 mm. sudut awal hantaman (α) yang digunakan adalah 160°, dan sudut akhir hantaman (β) pada spesimen didapatkan nilai yang berbeda-beda.

Model pengujian memiliki 3 variasi spesimen yang berbeda-beda, variasi spesimen menyebabkan perbedaan nilai pengujian *impact* antar masing-masing variasi spesimen. Dalam pengujian *impact*, hasil yang dipaparkan hanya berupa nilai rata-rata keseluruhan dari masing-masing variasi spesimen. Maka, nilai energi yang diserap variasi spesimen 3 lapisan adalah 23,408 J, dan nilai harga *impact* sebesar 0,144 J/mm². Spesimen variasi 5 lapisan memiliki nilai energi yang diserap sebesar 35,511 J, dan nilai harga *impact* sebesar 0,219 J/mm². Model variasi spesimen 7 lapisan didapatkan nilai energi yang diserap sebesar 40,166 J, dan nilai harga *impact* sebesar 0,248 J/mm².

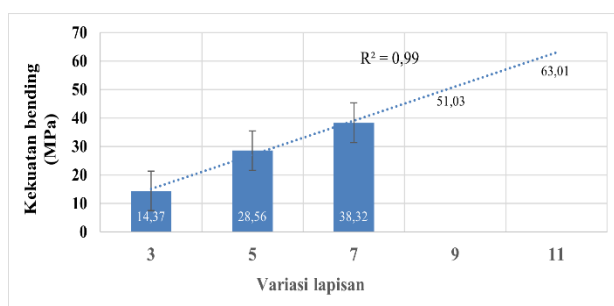
Menurut grafik energi serap *impact* dan harga *impact*, dilihat dari *trendline* grafik bahwa kedua nilai dari pengujian *impact* ini dapat lebih meningkat lagi jika dilakukan penambahan variasi lapisan pada spesimen. Hal ini disebabkan karena semakin banyak variasi lapisan dari spesimen maka akan semakin tinggi nilai kekuatan yang dimiliki spesimen.

3.1.3 Pengujian *bending*

Spesimen variasi 3 lapisan memiliki ketebalan 8,3 mm per setiap lapisan, untuk spesimen variasi 5 lapisan ketebalannya 5 mm per setiap lapisan, dan spesimen dengan variasi 7 lapisan ketebalan 3,5 mm per setiap lapisan. Berdasarkan pengujian yang dilakukan pengaruh terbesar nilai pengujian *bending* dapat disebabkan oleh jumlah lapisan setiap spesimen balok laminasi yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil pengujian *bending*, maka diperoleh grafik pengujian *bending* yang dapat dilihat pada Gambar 6.

Berdasarkan hasil penghitungan data pengujian *bending* didapatkan grafik seperti pada Gambar 6. Spesimen *bending* mengikuti ukuran standar ASTM D143 dengan metode *second*, yang berukuran 25mm × 25mm × 410 mm, dipilihnya metode *second* ini adalah untuk mempermudah saat pembuatan

spesimen dan mempermudah saat pengujian spesimen. Menurut grafik diatas, dapat dijelaskan menurut peraturan BKI bahwa variasi 3, 5, dan 7 lapisan termasuk dalam golongan kelas kuat IV – V dan ini tidak memenuhi standar untuk bisa menjadi alternatif pengganti lunas kapal, standar minimal untuk kapal kayu adalah kelas kuat III. Dilihat dari garis *trendline* grafik untuk bisa memenuhi standar minimal kelas kuat III, dibutuhkan setidaknya 9 atau 11 variasi lapisan hingga mencapai standar minimal III dengan prediksi nilai kekuatan bending variasi 9 dan 10 lapisan sebesar 51,03 MPa dan 63,01 MPa.



Gambar 6. Grafik pengujian *bending*

Berdasarkan hasil penghitungan data pengujian *bending* didapatkan grafik seperti pada Gambar 6. Spesimen *bending* mengikuti ukuran standar ASTM D143 dengan metode *second*, yang berukuran 25mm × 25mm × 410 mm, dipilihnya metode *second* ini adalah untuk mempermudah saat pembuatan spesimen dan mempermudah saat pengujian spesimen. Menurut grafik diatas, dapat dijelaskan menurut peraturan BKI bahwa variasi 3, 5, dan 7 lapisan termasuk dalam golongan kelas kuat IV – V dan ini tidak memenuhi standar untuk bisa menjadi alternatif pengganti lunas kapal, standar minimal untuk kapal kayu adalah kelas kuat III. Dilihat dari garis *trendline* grafik untuk bisa memenuhi standar minimal kelas kuat III, dibutuhkan setidaknya 9 atau 11 variasi lapisan hingga mencapai standar minimal III dengan prediksi nilai kekuatan bending variasi 9 dan 10 lapisan sebesar 51,03 MPa dan 63,01 MPa.

3.2 Pembahasan

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan pada balok laminasi batang kelapa dan bambu duri dengan variasi lapisan 3,5, dan 7, maka dapat dibandingkan hasil pengujian ini dengan berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (2023). Menurut peraturan BKI (Setiawan dkk., 2017), material hanya ditentukan berdasarkan hasil pengujian *bending*, sehingga hasil pengujian *impact* hanya memberikan info tentang kekuatan material terhadap energi *impact*.

Menurut Biro Klasifikasi Indonesia (2023), Secara umum kayu yang sering dipakai untuk komponen lunas kapal kayu yaitu seperti kayu bedaru, kayu laban dan kayu ulin yang mana tergolong dalam kelas kuat I – II, sedangkan hasil pengujian dari balok laminasi kelapa dan bambu duri pada ketiga variasi lapisan yang telah dilakukan oleh penulis memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan standar Kelas Kuat Kayu pada Biro Klasifikasi Indonesia. Perbedaan hasil ini terjadi karena nilai kuat lentur mutlak yang tidak mencapai minimal dari ketentuan yang diperbolehkan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa balok laminasi batang kelapa dan bambu duri tergolong dalam kelas kuat yang berbeda. Balok laminasi variasi 3 lapisan tergolong dalam kelas kuat V dengan hasil pengujian kekuatan bending sebesar 14,37 MPa dan hasil energi yang diserap sebesar 23,408 J dan harga *impact* sebesar 0,144 J/mm². Balok laminasi dengan variasi 5 lapisan tergolong dalam kelas kuat V dengan hasil pengujian kekuatan bending sebesar 28,56 MPa dan hasil energi yang diserap sebesar 35,511 J dan harga *impact* sebesar 0,219 J/mm². Balok laminasi variasi 7 lapisan tergolong dalam

Kelas Kuat IV dengan hasil pengujian kekuatan bending sebesar 38,32 MPa dan hasil energi yang diserap sebesar 40,166 J dan harga *impact* sebesar 0,248 J/mm².

Kadar air yang didapatkan dari batang kelapa adalah sekitar 9,2% dan bambu duri sebesar 12,8%, yang mana kadar air maksimal sesuai standar sebesar 14% - 18% untuk komponen lunas kapal kayu. Kadar air ini sendiri berfungsi sebagai acuan lamanya pengeringan material, yang mana sesuai dengan standar yang merujuk kepada BKI itu sendiri. Tinggi rendah kadar air dalam kayu akan mempengaruhi tingkat perekatan dan waktu perekatan, dalam prosesnya terlalu banyak kadar air yang terdapat dalam kayu akan menghambat ikatan antara perekat dengan lapisan material. Kadar air yang tinggi akan membuat efek perekatan menurun dan menyebabkan ikatan menjadi melemah.

Berdasarkan hasil pengujian *impact* dan *bending* untuk balok laminasi batang kelapa dan bambu duri tidak direkomendasikan untuk dipakai dalam komponen kapal kayu, dan tidak direkomendasikan untuk menggantikan komponen lunas kapal kayu. Hal ini disebabkan karena nilai yang didapatkan dari kedua pengujian tersebut tidak memenuhi standar yang merujuk kepada peraturan Biro Klasifikasi Indonesia Vol. VI tahun 2023 yang menyebutkan bahwa untuk bagian konstruksi yang penting harus dipergunakan kayu dengan mutu minimum Kelas Kuat III.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data yang di ambil dari spesimen balok laminasi batang kelapa dan bambu duri pada pengujian *impact* dan pengujian *bending* diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian *impact* dan pengujian *bending* pada balok laminasi batang kelapa dan bambu duri dengan model variasi 3, 5, dan 7 lapisan, dapat disimpulkan bahwa variasi lapisan pada balok laminasi mempengaruhi akan nilai kekuatan dari kedua pengujian tersebut, ini dikarenakan karena semakin tebal atau banyak lapisan laminasi akan semakin tinggi kekuatan dari balok laminasi tersebut dan semakin sedikit variasi lapisan yang terdapat pada balok laminasi akan semakin rendah kekuatan yang didapatkan. Nilai rata-rata pengujian *impact* yang didapatkan dari energi serap pada variasi 3 lapisan sebesar 23,408 J dan harga *impact* sebesar 0,144 J/mm², pada variasi 5 lapisan didapatkan nilai energi serap sebesar 35,511 J dan harga *impact* sebesar 0,219 J/mm², dan variasi 7 lapisan didapatkan nilai energi serap dengan nilai 40,166 J serta harga *impact* sebesar 0,248 J/mm². Hasil pengujian *bending* rata-rata nilai kekuatan yang didapatkan pada variasi 3 lapisan adalah 14,37 MPa, pada variasi 5 lapisan didapatkan nilai kekuatan *bending* sebesar 28,56 MPa, dan pada variasi 7 lapisan nilai kekuatan *bending* sebesar 38,32 MPa.
2. Hasil pengujian balok laminasi batang kelapa dan bambu duri menunjukkan nilai kekuatan yang tidak sebanding dengan kekuatan kayu solid seperti bedaru, laban, dan ulin yang mana biasa dipakai pada lunas kapal. Hal ini disebabkan karena berdasarkan peraturan BKI, standar kayu yang dipakai pada komponen kapal adalah kayu dengan Kelas Kuat I dan minimal Kelas Kuat III, sedangkan hasil yang didapatkan pada pengujian balok laminasi batang kelapa dan bambu duri adalah berada dibawah standar yang ditetapkan BKI, yaitu pada Kelas Kuat IV dan V.
3. Berdasarkan hasil pengujian dan penghitungan dari penelitian ini, maka balok laminasi batang kelapa dan bambu duri ini tidak direkomendasikan untuk menggantikan penggunaan kayu solid pada komponen lunas kapal kayu.

5. SARAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun demi kesempurnaan hasil penelitian ini selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah berkontribusi dalam membantu menyelesaikan artikel ini dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdullah, S., Mendila, H., Febriansyah, M. C., & Ibrahim, A. (2020). Penerapan Kayu Laminasi “Glulam” sebagai Material Utama pada Struktur Bangunan *hildren Centre*. *TIMPALAJA: Architecture student Journals*, 2(1), 58–67. <https://doi.org/10.24252/timpalaja.v2i1a7>
 - [2] Adinugroho, M. H., Imron, M., & Fis, P. (2018). Kesesuaian Ukuran Konstruksi Utama Kapal *Purse Seine* Di PPN Pekalongan dengan Aturan Biro Klasifikasi Indonesia. *Jurnal Perikanan Tangkap*, 2(1), 12–29.
 - [3] Andriani, C., & Anugerah Putra, H. (2018). Sifat Fisik Dan Mekanik Bambu Sebagai Bahan Konstruksi. *TEKNOSIAR - Jurnal Teknik Universitas Flores*, 7(2), 22–31.
 - [4] Annaafi, A. A., Yasin, I., & Shulhan, M. A. (2019). Analisis Kuat Lentur Balok Laminasi Lengkung dengan Perekat *Epoxy*. *Agregat*, 4(1), 318–323. <https://doi.org/10.30651/ag.v4i1.819>
 - [5] Arsad, E. (2015). Teknologi Pengolahan Dan Manfaat Bambu. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 7(1), 45. <https://doi.org/10.24111/jrihh.v7i1.856>
 - [6] Azhar, A. (2019). Data Base Industri Kapal Rakyat Skala Usaha Kecil dan Menengah. *Jurnal Teknik Perkapalan Um Surabaya - Jurnal Midship*, 2(1), 1–6.
 - [7] Beliu, H. N., Pelle, Y. M., & Jarson, J. U. (2016). Analisa kekuatan tarik dan bending pada komposit widuri - *polyester*. *Jurnal Teknik Mesin UNDANA - Lontar*, 03(02), 11–20.
 - [8] Biro Klasifikasi Indonesia. (2023). Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi : Kapal Kayu: Vol. VI (BKI, Ed.; 2023 ed.). Biro Klasifikasi Indonesia. www.bki.co.id
 - [9] Callister Jr, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). Materials Science and Engineering: An Introduction. Dalam *Materials Science and Engineering - An Introduction* (10 ed.).
 - [10] Fathiya, N., Qariza, M. H., Nazhifah, S. A., & Diah, H. (2022). Karakteristik Morfologi dan Pemanfaatan Bambu Duri (*Bambusa blumea*) di Wilayah Pesisir Desa Jambo Timu, Kecamatan Blang Mangat, Kota Lhokseumawe. *Jurnal Jeumpa*, 9(2), 767–776. <https://doi.org/10.33059/jj.v9i2.6314>
 - [11] Firmansyah. (2021). *Material Test: Impact Test*. DETECH Material Test Laboratory. <https://www.detch.co.id/impact-test/>
 - [12] Gibson, R. F. (1994). Principles of Composite Material Mechanics. Dalam *Department of Mechanical Engineering Wayne State University*. <https://doi.org/10.1201/9781420014242>
 - [13] Hadjib, N., & Basri, E. (2015). Karakteristik Fisis Dan Mekanis Glulam Jati, Mangium, Dan Trembesi. 33(2), 105–114. <https://doi.org/10.20886/jphh.2015.33.2.105-114>
 - [14] Handayani, S. (2016). Analisis Pengujian Struktur Balok Laminasi Kayu Sengon Dan Kayu Kelapa. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 18(1), 39–46. <https://doi.org/10.15294/jtsp.v18i1.6693>
 - [15] Hanif, L., & Rozalina. (2020). Perekat Polyvinyl Acetate (PVAc). *Jurnal Akar*, 2(1), 46–55. <https://doi.org/10.36985/jar.v9i1.193>
 - [16] Harijono, & Purwanto, H. (2017). Analisis Keakuratan Hasil Uji Impact dengan Metode Izod dan Charpy. *Seminar Nasional Hasil Penelitian*, 130–135.
 - [17] Haviana, H., Pathurahman, & Sugiarta, I. W. (2020). Analisis Kuat Lentur Balok Laminasi Kayu Kelapa Dan Kayu Rajumas. *Universitas Mataram Repository*, 1–15.
 - [18] Hutauruk, R. M., Suprayogi, I., & Fakhri. (2017). Performa Kapal Tradisional Bagansiapi-api. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 22(1), 61–68.
-

- [19] Huwae, J. C., & Santoso, H. (2016). Laminasi Fiberglass Sebagai Alternatif Untuk Melindungi Konstruksi Lambung Kapal Kayu. *Buletin Matric - Politeknik Kelautan dan Perikanan Bitung*, 13(2), 29–33.
- [20] Indrosaptono, D., Sukawi, & Indraswara, M. S. (2014). Kayu Kelapa (Glugu) sebagai Alternatif Bahan Konstruksi Bangunan. *Modul*, 14(1), 53–58. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/modul/article/view/6550>
- [21] Julie Erikania. (2015). *Mengintip Industri Kapal Karangsong*. National Geographic Indonesia. <https://nationalgeographic.grid.id/read/13302812/mengintip-industri-kapal-karangsong?pag e=all>
- [22] Khotimah, K., Manik, P., & Jokosisworo, S. (2014). Analisa Teknis Bambu Laminasi Sebagai Material Konstruksi Pada Lunas Kapal Perikanan. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 2(1), 1–23. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/na va/ article/view/5079>
- [23] Mboroh, F. F., Hunggurami, E., & Utomo, S. (2021). Identifikasi Kuat Acuan Kayu Lontar dan Kayu Kelapa. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 49–62.
- [24] Mirza Ghulam Rifqi, M. Shofi'ul Amin, Riza Rahimi Bachtiar, Dadang Dwi Pranowo, & Hakim Sobirin. (2022). Karakteristik Bambu Ori Banyuwangi Laminasi Susunan Lurus Berdasarkan Kuat Tekan, Kuat Tarik Dan Kuat Lentur. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 11(1), 6–14. <https:// doi.org/10.22225/pd.11.1.4081.6-14>
- [25] Nasirudin, A., & N. Yulianto, A. (2018). Perancangan Kapal Kecil : Kapal Kayu. Dalam *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents* (Vol. 7, Nomor 2).
- [26] Noviana, N., Arnandha, Y., & Firmansyah, D. (2022). Analisis Sifat Mekanik Lentur Papan Laminasi Kombinasi Bambu Petung dan Bambu Ater. *INERSIA*, 18(1), 54–61.
- [27] Prijasambada. (2020). *Konstruksi Kayu* (2020 ed.).
- [28] Samah, E., & Ardiansyah, A. (2022). Budidaya Kelapa Hibrida. *All Fields of Science Journal Liaison Academia and Sosity*, 2(4), 50–56. <https://doi.org/10.58939/afosj-las.v2i4.474>
- [29] Setiawan, H. B., Yudo, H., & Jokosisworo, S. (2017). Analisis Teknis Komposit Serat Daun Gebang (*Corypha Utan L.*) Sebagai Alternatif Bahan Komponen Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tekuk Dan Impak. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(2), 456. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index .php/naval>
- [30] Sinyo, Y., Sirajudin, N., & Hasan, S. (2017). Pemanfaatan Tumbuhan Bambu : Kajian Empiris Etnoekologi Pada Masyarakat Kota Tidore Kepulauan. *jurnal pendidikan MIPA*, Vol 1 (2) (2598–3822), 57–69. <http://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/Saintifik/article/view/537>
- [31] Sofyan, B. T. (2021). *Pengantar Material Teknik* (R. Saputra, Ed.; 2 ed.). UNHAN RI PRESS.
- [32] Tjokrowijanto, B. B., Purwono, E. H., & Ramdlani, S. (2015). Penerapan material kayu laminasi pada konstruksi Pusat Kerajinan Rakyat di Kota Batu. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur*, 3(1).
- [33] Tornado, B. P. R., Taufiqurrahman, M., & Lubis, G. S. (2023). Rancang Bangun Alat Uji Bending Pada Laboratorium Dasar Teknik Mesin. *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN)*, 4(2), 90–97.
- [34] Wahidi, S. I., Supomo, H., & Zuba. (2013). Analisis Teknis dan Ekonomis Produksi Kapal Ikan dengan Lunas, Gading, dan Balok Geladak Berbahan Bambu Laminasi Sebagai Material Alternatif Pengganti Kayu. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), 2–5.
- [35] Wulandari, F. T., Putu, N., Lismaya, E., & Suryawan, I. G. A. (2023). Analisis Sifat Fisika dan Mekanika Papan Laminasi Bambu Petung (*Dendrocalamus asper Roxb*) dan Papan Laminasi Kayu Bayur (*Pterospermum javanicum*). *Journal of Forest Science Avicenni a*, 06(01), 39–50. <https://doi.org/10.22219/avicennia.v6i1.23738>
-