

Analisis Teknis dan Ekonomis Ketebalan Bilah Laminasi Bambu Sebagai Material Lambung Kapal

Andika Prabowo, Heri Supomo

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: herisupomo@na.its.ac.id

Abstrak—Laminasi bambu terdiri dari bilah-bilah yang nantinya akan direkatkan menjadi satu lapisan dan kemudian dibuat laminasi dari beberapa lapisan tersebut sehingga perlu dilakukan pengujian pengaruh ketebalan bilah terhadap *mechanical properties* dan sisi ekonomis laminasi bambu. Konfigurasi bilah yang digunakan dalam proses laminasi adalah sistem carvel dengan variasi ketebalan bilah 5 mm, 8 mm, dan 10 mm. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik (Tensile Test) dan pengujian tekan (Compressive Test) dengan menggunakan standar pengujian SNI. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa besar ketebalan bilah berbanding terbalik dengan kuat tariknya meskipun tidak begitu signifikan. Nilai kuat tarik tertinggi dihasilkan oleh laminasi bambu dengan ketebalan bilah 5 mm sebesar 135,87 MPa dengan selisih terhadap kuat tarik terendah hanya 1,72 MPa. Sedangkan hasil pengujian tekan menunjukkan bahwa kuat tekan berbanding lurus dengan ketebalan bilah laminasi bambu. Kuat tekan tertinggi dihasilkan oleh laminasi bambu dengan ketebalan bilah 10 mm dengan nilai 52,56 MPa. Perhitungan ekonomis menunjukkan bahwa besar ketebalan bambu berbanding lurus dengan semakin sedikitnya biaya material total kulit lambung kapal yang harus dikeluarkan. Biaya material total terkecil dihasilkan dengan ketebalan bilah 10 mm dengan nilai Rp 11.203.049,00/m³. Ketebalan bilah 10 mm merupakan ketebalan bilah laminasi bambu yang paling baik karena menghasilkan kuat tarik yang tidak jauh berbeda dengan kuat tarik tertinggi, memiliki kuat tekan dan nilai ekonomis paling tinggi.

Kata kunci—Biaya Material, Ketebalan Bilah, Kuat Tarik, Kuat Tekan, Laminasi Bambu

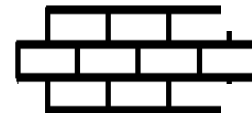
I. PENDAHULUAN

Kayu ulin dan kayu jati semakin sulit untuk dicari karena semakin sedikitnya sumberdaya yang ada. Maka dari itu perlu dilakukan konversi material kapal kayu dari kayu ulin dan kayu jati ke material lain yang lebih kuat secara teknis dan lebih murah secara ekonomis. Dalam penelitian saat ini laminasi bambu digunakan sebagai material alternatif sebagai pengganti kayu [1]. Hingga saat ini penelitian yang dilakukan masih meliputi analisis teknis dan ekonomis dari pembuatan laminasi bambu[2]. Namun belum ada yang melakukan eksperimen tentang variasi

dari bilah bambu terhadap kekuatan dan biaya laminasi [2].

II. METODE

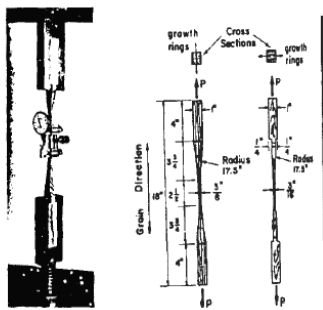
Pada penelitian ini, spesimen uji diambil dari papan laminasi bambu dengan metode batu bata atau carvel. Variasi dilakukan pada ketebalan bilah laminasi bambu dengan nilai 5 mm, 8 mm, dan 10 mm. Setiap variasi menggunakan 3 spesimen untuk diambil nilai rata-ratanya. Pengerjaan Tugas Akhir ini dimulai dengan proses persiapan material. Material yang digunakan adalah bambu petung dan lem epoxy sebagai perekatnya. Bambu petung dalam bentuk lonjoran dibelah menjadi bilah-bilah yang kemudian dibentuk dengan bantuan bench-saw dan mesin planer. Bilah yang dihasilkan memiliki dimensi 1000 mm x 30 mm x ketebalan bilah yang diinginkan. Setelah bilah dibuat, dilakukan penyusunan lapisan dari bilah-bilah tersebut.



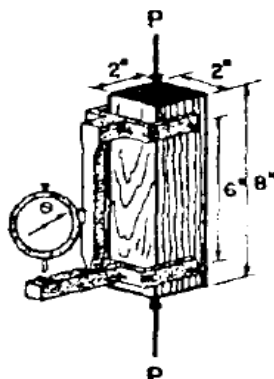
Gambar 1. Penyusunan Bilah 0,5 cm Pada Papan Laminasi Pengujian Tarik

Gambar 1. menunjukkan cara menyusun bilah untuk membuat papan laminasi bambu dengan contoh pada variasi 0,8 cm. Papan hasil laminasi nantinya akan dibuat menjadi 3 spesimen untuk tiap variasi pada setiap pengujian. Setelah penyusunan bilah, dilakukan pengeleman dan pembebanan pada alat press. Kemudian dilakukan pembentukan spesimen dengan untuk pengujian tarik dan tekan. Pengujian tarik dan tekan pada Tugas Akhir ini menggunakan Standar SNI dengan Code SNI 03-3399-1994 untuk uji tarik dan SNI M-27-1991-03 untuk uji tekan [3].

Pada gambar 2. dapat dilihat bahwa spesimen uji tarik memiliki bentuk yang ditruskan pada bagian tengah dengan dimensi yang telah ditentukan oleh SNI. Berbeda



Gambar 2 Ukuran dan Cara Pembebanan Spesimen Uji Tarik



Gambar 3 Ukuran dan Cara Pembebanan Spesimen Uji Tekan

Tabel.1 Hasil Pengujian Tarik Variasi 5 mm

Specimen	Tegangan (N/mm ²)
1	137,74
2	165,05
3	104,82
Rata-rata	135,87

Tabel.2 Kuat Tarik Laminasi Bambu

Variasi (mm)	Tegangan (N/mm ²)
5	135,87
8	134,66
10	134,15

Tabel.3 Kuat Tekan Laminasi Bambu

Variasi (mm)	Tegangan (N/mm ²)
5	45,17
8	52,15
10	52,56

dengan gambar 3 dibawah, dapat dilihat bahwa dimensi spesimen pengujian tekan lebih besar dan tidak terdapat bentuk tirus seperti halnya spesimen uji tarik. Cara pembebanannya sama yaitu pada bagian ujung-ujung

spesimen namun pada arah yang berbeda untuk kedua pengujian.

Setelah pengujian selesai dan didapat data beban maksimal pengujian, maka dilakukan analisis secara kekuatan baik tarik maupun tekan. Selain itu juga dilakukan perhitungan ekonomis untuk mengetahui biaya material dari bambu laminasi pada tiap variasi ketebalan bilah [4].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Teknis dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengujian tarik dan tekan, maka didapat hasil mechanical properties untuk masing-masing jenis variasi ketebalan bilah. Hasil pengujian memberikan nilai gaya beban maksimal yang dapat diterima spesimen pada pengujian. Dengan menggunakan formula hitung dibawah ini :

$$P = \sigma \times A \quad (1)$$

Dimana σ = Kuat tarik atau kuat tekan (KN/mm²)

P = Beban (KN)

A = Luas penampang spesimen (mm²)

Didapatkan nilai tegangan maksimum pada tiap-tiap spesimen. Nilai-nilai tegangan tersebut kemudian dirata-rata berdasarkan variasi yang digunakan. Tabel 1 dibawah ini menunjukkan hasil perhitungan tegangan maksimum pada variasi ketebalan bilah 5 mm dimana untuk mengambil nilai tegangan tariknya digunakan nilai rata-rata dari 3 spesimen yang diujikan.

Semua variasi spesimen dihitung dengan formula dan ditabelkan seperti pada tabel 1 diatas. Nilai yang diambil merupakan nilai rata-rata dari ketiga spesimen. Setelah dilakukan perhitungan, maka hasilnya sebagai berikut :

Dari tabel 2 dapat dilihat hubungan antara ketebalan bilah dengan tegangan yang dihasilkan. Semakin besar ketebalan bilah yang digunakan semakin kecil kuat tarik yang diperoleh meskipun pengaruhnya tidak signifikan. Selisih kuat tarik terbesar dengan nilai kuat tarik terkecil hanya 1,73 MPa.

Pada tabel 3 terlihat bahwa kuat tekan berbanding lurus dengan besar ketebalan bilah yang digunakan. Semakin besar tebal bilah yang digunakan maka semakin tinggi pula tegangan atau kuat tekan yang dihasilkan. Nilai tertinggi dihasilkan oleh spesimen yang menggunakan ketebalan bilah 10 mm.

Setelah memperoleh nilai kuat tarik dan tekan untuk masing-masing variasi maka langkah selanjutnya adalah mencari tebal kulit lambung kapal dengan cara membandingkan nilai kuat tarik masing-masing variasi laminasi bambu dengan kuat tarik dan tekan kayu jati pada kapal yang digunakan sebagai referensi. Kuat tarik kayu jati adalah 69.9 NM/mm² kuat tekan kayu jati 60,86 N/mm² [5]. Dari nilai ketebalan kulit kapal menggunakan kayu sebesar 41 mm pada sisi dan alas serta 46 mm pada

Tabel.4 Tebal Kulit dari Pengujian Tarik

Tebal Bilah (mm)	Ketebalan Kulit Laminasi Bambu (mm)	
	Sisi dan Alas	Lajur Sisi Atas
5 mm	27,56106417	30,92216955
8 mm	27,64674256	31,01829653
10 mm	27,68331818	31,0593326

Tabel.5 Tebal Kulit dari Pengujian Tekan

Tebal Bilah (mm)	Ketebalan Kulit Laminasi Bambu (mm)	
	Sisi dan Alas	Lajur Sisi Atas
5 mm	62,81785829	70,47857271
8 mm	49,22117644	55,22375893
10 mm	48,68584799	54,62314652

Tabel 6 Biaya Bilah Bambu untuk 3 Variasi

Tebal (mm)	Jumlah bilah	Harga (Rp)
5	39741	35.766.900
8	19462	17.515.800
10	15401	13.860.900

Tabel 3.7 Kebutuhan Lem Tiap Variasi

Tebal bilah (mm)	Banyak lapisan		Volume lem (m ³)	Biaya (Rp)
	Sisi + alas	Lajur sisi atas		
5	12	14	0,5718069	38.053.749
8	6	6	0,2813565	18.724.305
10	4	5	0,1921178	12.785.440

Tabel.8 Kebutuhan Biaya Tenaga Kerja

Tebal Bilah (mm)	Biaya (Rp)
5	43.715.100
8	21.408.200
10	16.941.100

lajur sisi atas dan perbandingan kekuatan kayu jati dengan laminasi bambu pada tabel 2 dan tabel 3, diperoleh nilai ketebalan laminasi bambu yang diberikan pada table 4. Pada tabel 4 diatas dapat dilihat bahwa ketebalan kulit kapal akan berkurang jika menggunakan laminasi bambu dibandingkan kayu jati. Hal ini disebabkan kekuatan tarik laminasi bambu yang lebih kuat daripada kayu jati. Nilai-nilai ketebalan kulit laminasi dihitung dengan cara menggunakan prosentase selisih tegangan antara kayu jati dengan laminasi bambu dengan ketebalan kulit lambung

kapal jika menggunakan kayu jati dari kapal referensi. Pada tabel 4 dapat dilihat bahwa ketebalan paling kecil untuk kulit lambung kapal didapat dengan menggunakan laminasi bambu dengan ketebalan bilah 5 mm berdasarkan kuat tariknya.

Tabel 5 menunjukkan bahwa ketebalan laminasi bambu berbanding terbalik dengan ketebalan kulit kapal. Ketebalan terkecil dihasilkan dari penggunaan laminasi bambu dengan ketebalan bilah 10 mm. Ketebalan kulit kapal kayu dengan menggunakan kayu jati lebih tipis daripada tebal kulit kapal jika menggunakan laminasi bambu. Hal ini dikarenakan kekuatan tekan laminasi bambu lebih kecil daripada kuat tekan kayu jati.

B. Analisis Ekonomis

Analisis ekonomis yang dilakukan meliputi perhitungan biaya raw material, lem dan tenaga kerja. Raw material yang dimaksud adalah bilah bambu yang digunakan untuk laminasi bambu. Kebutuhan bilah bambu akan berbeda-beda untuk setiap variasi sehingga hasil perhitungan perlu untuk ditabelkan untuk dilihat pengaruh variasi terhadap biaya raw material. Berikut adalah hasil perhitungan dari biaya yang harus dikeluarkan untuk keperluan bilah bambu.

Pada tabel 6 dapat dilihat bahwa semakin besar ketebalan bilah yang digunakan, semakin sedikit biaya kebutuhan bilah yang diperlukan. Untuk kebutuhan lem, perhitungan dilakukan berdasarkan banyak lapisan dan luasan permukaan. Sehingga dapat dihitung berat lem dengan mengalikan volume lem epoxy yang digunakan dengan massa jenis lem sebesar 1,21 ton/m³. Dengan diketahui harga 1 kg lem epoxy dan 1 kg hardenernya adalah Rp 110.000,00 didapatkan biaya lem seperti pada table 7

Pada tabel 7 dapat dilihat bahwa biaya lem akan semakin banyak ketika ketebalan bilah yang digunakan semakin kecil. Hal ini dikarenakan semakin tipis bilah yang digunakan semakin banyak lapisan lem yang ada sehingga memerlukan lem lebih banyak. Selanjutnya perhitungan dilakukan pada tenaga kerja. Tenaga kerja yang dimaksud adalah tenaga kerja yang melakukan pekerjaan untuk membuat papan laminasi bambu tanpa dibentuk sebagai kulit lambung. Biaya tenaga kerja adalah Rp1.100/bilah sehingga didapatkan hasil perhitungan seperti pada table 8.

Tabel 8 menunjukkan bahwa ketebalan bilah memiliki hubungan dengan biaya tenaga kerja. Semakin besar ketebalan bilah semakin kecil biaya tenaga kerja yang dibutuhkan. Dari perhitungan tabel 6, 7, dan 8 didapatkan jumlah biaya yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

Tabel 9 Biaya Total Material

Tebal Bilah (mm)	Biaya (Rp)	Biaya/m ³
5	117.535.749	30.209.591
8	57.648.305	14.817.038
10	43.587.440	11.203.049

Pada tabel 9, terlihat bahwa semakin tebal bilah yang digunakan maka biaya material laminasi bambu akan semakin kecil. Biaya terkecil dihasilkan oleh laminasi bambu dengan ketebalan bilah 10 mm dengan nilai Rp 11.203.049,00/m³. Nilai ini lebih murah daripada harga kayu jati dengan harga Rp 24.000.000/m³.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semakin besar ketebalan bilah maka semakin kecil kuat tarik laminasi bambu yang dihasilkan meskipun tidak signifikan dengan selisih antara kuat tarik terbesar dan terkecil 1,72 MPa. Selisih kuat tarik laminasi bambu dengan ketebalan bilah 5 mm dengan 8 mm adalah 1,21 MPa sedangkan selisih antar ketebalan bilah 8 mm dengan 10 mm sebesar 0,51 MPa. Sebaliknya, semakin besar ketebalan bilah maka semakin besar pula kuat tekan laminasi bambu yang dihasilkan. Adapun selisih kuat tekan laminasi bambu dengan ketebalan bilah 5 mm dengan 8 mm dan 8 mm dengan 10 mm berturut-turut adalah 6,98 MPa dan 0,41 MPa. Kuat tarik dan tekan laminasi bambu yang diuji masih memenuhi klasifikasi sebagai kayu dengan kelas kuat II berdasarkan BKI Kapal Kayu 1996.
2. Semakin besar ketebalan bilah bambu, maka semakin murah biaya material yang harus dikeluarkan. Biaya laminasi bambu dengan nilai paling sedikit dihasilkan dengan penggunaan bilah setebal 10 mm dengan biaya sebesar Rp 11.203.049,00/m³. Dibandingkan dengan harga kayu jati sebesar Rp 24.000.000,00/m³, laminasi bambu dengan ketebalan bilah 8 mm dan 10 mm membutuhkan biaya yang lebih sedikit. Dengan fakta bahwa ketebalan bilah maksimal yang dapat dihasilkan dari bambu yang digunakan hanya 15 mm maka dapat disimpulkan laminasi bambu 10 mm merupakan ketebalan bilah terbaik dari segi ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Sukmono, "Studi Proses Produksi Bambu Laminasi Sebagai Alternatif Bahan Baku Kapal," Tugas Akhir Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2006).
- [2] Tarkono, "Penggunaan Laminasi Kayu dan Bambu Untuk Komponen Balok Pada Kapal Kayu," Tesis Teknik Produksi dan Material Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2005).
- [3] I. Suprijanto, Rusli dan D. Kusmawan, "Standarisasi Bambu Laminasi Sebagai Alternatif Kayu Konstruksi," in *Prosiding PPI Standarisasi*, Jakarta (2009) 1-23.
- [4] U. Matz, *Akutansi Biaya Perencanaan dan Pengawasan, Terjemahan*. Jakarta : Erlangga (1983).
- [5] A. B. Widodo, "Karakterisasi Material Laminasi Kayu Jati (*Tectona grandis* L.f) dan/atau Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*) Untuk Penggunaan Struktur Kapal," Disertasi Jurusan Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2007).