



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Teknis Dan Ekonomis Penggunaan Laminasi Dari Kombinasi Bambu Apus Dan Kayu Meranti Sebagai Material Alternatif Pembuatan Komponen Kapal Kayu

M Saptahadi Permana¹⁾, Parlindungan Manik¹⁾, Berlian Arswendo¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: msaptahadi.navalundip@gmail.com

Abstrak

Pengembangan teknologi balok laminasi untuk menjadi bahan alternatif pembuatan kapal kayu pada industri perkapalan. Dalam penelitian ini, balok laminasi dibuat dari kombinasi bambu apus dan kayu meranti. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tarik sejajar, kuat tekan tegak lurus, pengaruh variasi, kelas kuat kayu berdasarkan peraturan BKI dan biaya pembuatan balok laminasi dengan variasi persentase bahan (70% kayu 30% bambu, 60% kayu 40% bambu, 50% kayu 50% bambu, 40% kayu 60% bambu, 30% kayu 70% bambu). Penelitian ini menggunakan standar SNI 03-3399-1994 untuk uji tarik dan SNI 03-3960-1995 untuk uji tekan. Hasil dari penelitian laminasi bambu apus dan kayu meranti dengan kadar air 10-14 % dan berat jenis 0,73-0,88 gr/cm³, memiliki nilai rata-rata kuat tarik sejajar sebesar 92,43-127,43 MPa dan nilai rata-rata kuat tekan tegak lurus sebesar 41,64-41,99 MPa. Variasi dengan persentase bahan mempengaruhi nilai kuat tarik, namun tidak pada nilai kuat tekan. Berdasarkan peraturan kapal kayu BKI menunjukkan bahwa laminasi bambu apus dan kayu meranti dapat dikategorikan Kelas Kuat II dan dapat dijadikan material alternatif pembuatan kapal kayu. Berdasarkan analisa ekonomi, variasi paling optimal adalah K30B70, dengan peningkatan 22,49% dari harga kayu meranti dan 34,93% dari harga bambu apus.

Kata Kunci : balok laminasi, bambu apus, kayu meranti, kuat tarik, kuat tekan, kelas kuat kayu.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kayu yang tersedia dipasaran merupakan hasil dari jenis pohon yang tumbuh cepat memiliki diameter kecil karena siklus pemotongan yang pendek, sedangkan kayu berdiameter kecil belum merupakan produk efisien sebagai komponen struktural atau kontruksi. Ketersediaan balok yang berdiameter kecil ini berbanding terbalik dengan kebutuhan akan komponen struktural terhadap balok dengan dimensi cukup besar, maka diperlukan suatu metode yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut[1]. Hal ini juga berdampak pada pembuatan kapal kayu di Indonesia karena sulit mendapatkan bahan baku utama kapal yaitu kayu.

Untuk memenuhi kebutuhan terhadap komponen kayu dalam jumlah besar,

dikembangkanlah bentuk struktur yang terdiri dari laminasi yang dibuat melalui perekatan atau biasa disebut balok laminasi atau *Glulam (Glued Laminated)*[2]. Material yang akan digunakan sebagai penyusun laminasi dalam penelitian ini adalah bambu apus dan kayu meranti. Dalam pembuatan laminasi dengan kombinasi kedua komponen tersebut diperlukan jenis perekat yang tepat agar bilah bambu dan lapisan kayu yang direkatkan dapat menyatu secara optimal. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan data tentang kemampuan mekanis berupa kekuatan tarik dan kekuatan tekan dari laminasi bambu apus dan kayu meranti.

1.2. Perumusan Masalah

Penelitian ini diambil perumusan masalah yaitu untuk mengetahui sejauh mana laminasi

bambu dan kayu dapat menahan beban tarik dan tekan, pengaruh variasi persentase komposisi bahan terhadap nilai kekuatan tarik dan tekan, bagian kapal apa saja yang dapat diaplikasikan oleh laminasi ini berdasarkan peraturan BKI, serta analisa harga laminasi bambu apus dan kayu meranti sebagai komponen kapal kayu.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan material laminasi dari kombinasi bambu apus dan kayu meranti jika menerima beban tarik dan tekan untuk pembuatan komponen kapal yang sesuai dengan standar kekuatan mekanis yang disyaratkan atau diizinkan BKI (Biro Klasifikasi Indonesia), mengetahui pengaruh variasi komposisi dari kedua bahan tersebut terhadap kekuatan tarik dan tekan, dan harga yang diperlukan untuk aplikasi laminasi bambu apus dan kayu meranti pada kapal kayu.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Balok Laminasi atau *Glulam* (*Glued Laminated*)

Glulam (*glued laminated*) atau balok laminasi adalah produk kayu yang terdiri dari balok-balok kecil yang dilaminasi dengan bahan perekat sehingga memperoleh balok laminasi yang memiliki dimensi lebih besar[3]. Kelebihan dari balok laminasi adalah ukuran yang lebih besar, kebebasan desain arsitektur, kualitas lamina, luas penampang yang bervariasi, efisiensi penggunaan, dan ramah lingkungan. Sedangkan kelemahannya adalah biaya produksi yang lebih tinggi dan perlunya tenaga ahli dalam proses pembuatannya[4].

2.2. Bambu Apus dan Kayu Meranti

Bambu Apus dikenal juga sebagai bambu apus, awi tali, atau pring tali. Bambu apus termasuk dalam genus *Gigantochloa* yang memiliki rumpun yang rapat. Nama ilmiah bambu tali adalah *Gigantochloa apus*.

Kayu Meranti atau *Shorea SP* merupakan kayu yang berasal dari daerah tropis di pulau Sumatera, Sulawesi, Kalimantan, dan Maluku yang juga termasuk salah satu Hutan Tanaman Industri (HTI)[5]. Kayu ini termasuk kayu dengan kelas kuat II-IV dan kayu dengan kelas awet III-IV. Kayu meranti termasuk dalam kategori kayu keras berbobot ringan yang memiliki ketinggian mencapai 60 m serta berdiameter hingga 175cm.

2.3. Perekat *Epoxy* (*Melamine Formaldehyde*)

Perekat *epoxy* merupakan resin termoset dimana terdiri dari dua komponen yaitu resin dan

hardener. *Epoxy* memiliki kelebihan khusus diantara perekat yang lain yaitu, memiliki daya rekat yang tinggi, memiliki kepadatan yang baik, seutuhnya padat, penyusutannya rendah, tahan terhadap kelembapan dan pelarut, serta mudah dimodifikasi. *Epoxy* juga memiliki sifat kurang baik seperti mahal, garis perekat getas, menumpulkan peralatan dan sulit pembersihan perabot pencampur[6]. Pemilihan lem *Epoxy* sebagai perekat dikarenakan sifat mekanik dan fisik yang sesuai dengan kebutuhan akan perekat kapal kayu[7].



Gambar 1. hardener dan resin epoxy

3. METODOLOGI PENELITIAN

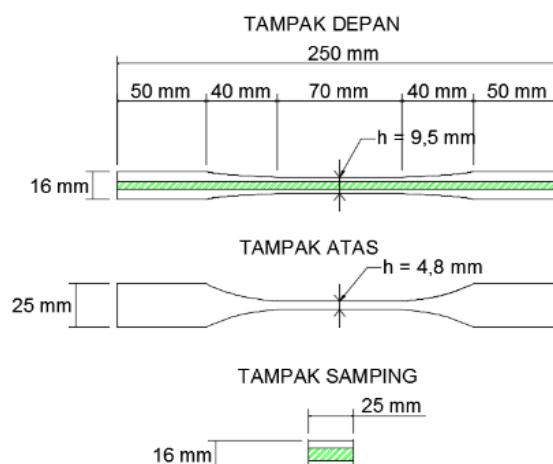
3.1. Standar Pengujian

- Standar pengujian SNI 03-3399-1994 untuk pengujian tarik sejajar serat.
- Standar pengujian SNI 03-3958-1995 untuk pengujian tekan tegak lurus serat.

3.2. Parameter Tetap Penelitian

Pengujian tarik sejajar serat dilakukan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM). Berikut rincian standar pengujian uji tarik sejajar serat yang akan dilakukan:

- Jumlah spesimen adalah 3 Spesimen/variasi.
- Kecepatan pembebanan // 20 Mpa/menit.
- Ketelitian ukuran penampang $\pm 0,25$ mm.
- Ketelitian ukuran panjang benda uji tidak boleh lebih dari 1 mm.
- Bentuk spesimen seperti gambar 2.



Gambar 2. Bentuk Spesimen Uji Tarik Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai kuat tarik sejajar serat adalah[8] :

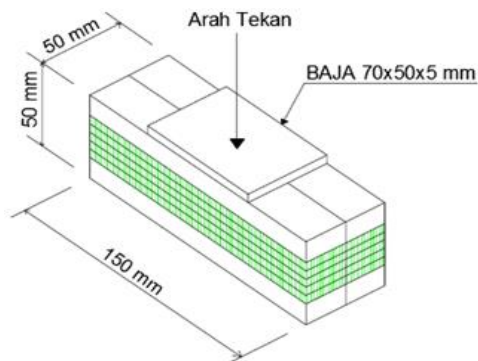
$$\sigma_{tr} \parallel = \frac{P}{b \times h} \quad (1)$$

Dimana: $\sigma_{tr} \parallel$ = kuat tarik sejajar serat (MPa)

- P = beban uji maksimum (N)
- b = lebar daerah uji (mm)
- h = tinggi daerah uji (mm)

Pengujian Tekan tegak lurus serat menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM). Berikut rincian standar pengujian uji tarik sejajar serat yang akan dilakukan:

- Jumlah spesimen adalah 3 spesimen/variasi.
- Kecepatan Pembebanan 0,33mm/menit.
- Ketelitian ukuran penampang $\pm 0,25$ mm.
- Ketelitian ukuran panjang benda uji ≤ 1 mm.
- Bentuk spesimen seperti gambar 3.



Gambar 3. Bentuk Spesimen Uji Tekan

Rumus untuk menghitung nilai kuat tekan tegak lurus serat adalah [8]:

$$\sigma_{tk} \perp = \frac{P}{b \times h} \quad (2)$$

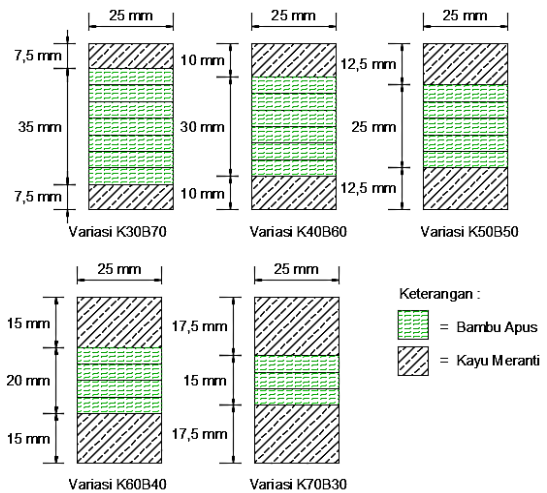
Dimana: $\sigma_{tk} \perp$ = kuat tekan tegak lurus serat (MPa)

- P = beban uji maksimum (N)
- b = lebar daerah uji (mm)
- h = tinggi daerah uji (mm)

3.3. Parameter Peubah Penelitian

Penelitian ini menggunakan 5 variasi berdasarkan persentase komposisi bahan, yaitu :

- Kayu meranti 70% dan bambu apus 30% dengan kode uji K70B30.
- Kayu meranti 60% dan bambu apus 40% dengan kode uji K60B40.
- Kayu meranti 50% dan bambu apus 50% dengan kode uji K50B50.
- Kayu meranti 40% dan bambu apus 60% dengan kode uji K40B60.
- Kayu meranti 30% dan bambu apus 70% dengan kode uji K30B70.



Gambar 4. Gambar Susunan Laminasi

3.4. Proses Pembuatan Laminasi

- Pemotongan bambu
- Pengawetan batang bambu
- Pengeringan batang bambu
- Pembuatan bilah (*Splitting*)
- Penyerutan bilah bambu (*4 side planing*)
- Pembuatan lapisan kayu
- Proses sorting
- Proses amplas
- Proses pengukuran MC
- Proses *gluing* dan pengepresan.
- Proses pengeringan balok laminasi
- Proses pembentukan spesimen sesuai ukuran standar pengujian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

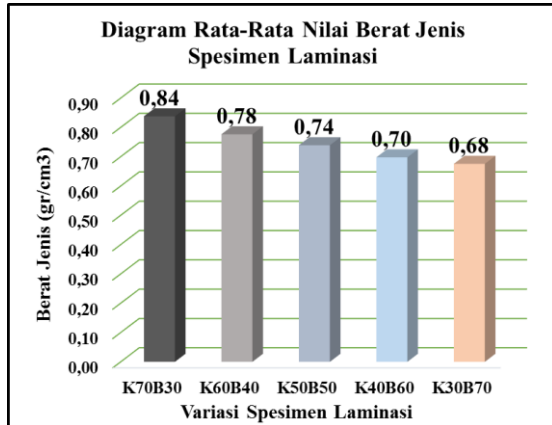
4.1. Kadar Air (MC)

Kadar air diperlukan untuk memenuhi standar uji yang terdapat didalam SNI, dimana standar nilai kadar air bahan yang dapat dipakai dalam pengujian harus $< 20\%$ [9][10]. Selain itu, perhitungan nilai kadar air digunakan untuk memenuhi syarat bahan yang terdapat pada spesifikasi perekat yang digunakan yaitu $< 12\%$. Pada penelitian ini, perhitungan nilai kadar air bahan dilakukan menggunakan *Moisture Meter*. Hasil dari perhitungan nilai kadar air bambu apus dan kayu meranti berada pada $10\% - 12\%$. hal ini menunjukkan bahwa bahan kayu meranti dan bambu apus dalam laminasi telah memenuhi syarat dari standar pengujian SNI dan spesifikasi perekat epoxy.



Gambar 5. Pengukuran MC dengan Moisture meter

4.2. Berat Jenis (ρ)

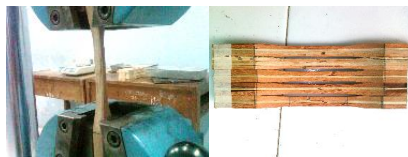


Gambar 6. Diagram rata-rata nilai berat spesimen laminasi

Berdasarkan diagram pada gambar 6 didapatkan nilai berat jenis untuk variasi K30B70, K40B60, K50B50, K60B40 dan K70B30 secara berturut-turut adalah 0,68 gr/cm³, 0,70 gr/cm³, 0,74 gr/cm³, 0,78 gr/cm³ dan 0,84 gr/cm³. Dimana nilai berat jenis terbesar terdapat pada variasi K70B30 dan nilai berat jenis terkecil terdapat pada variasi K30B70. Hal ini menunjukkan bahwa nilai berat jenis laminasi bambu apus dan kayu meranti akibat adanya variasi komposisi bahan cenderung semakin besar jika persentase bahan kayu meranti semakin lebih besar dibandingkan persentase bahan bambu apus.

4.3. Kuat Tarik Sejajar Serat ($\sigma_{tr//}$)

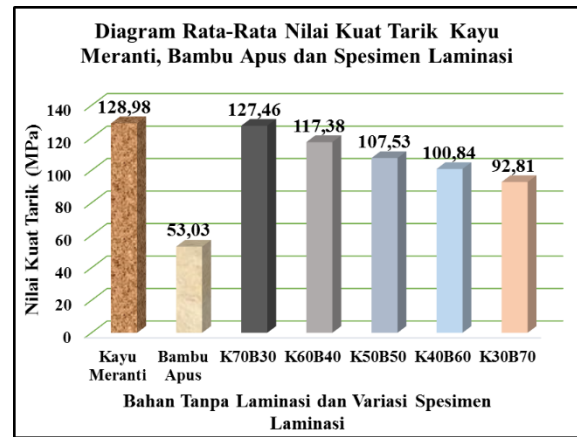
Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada. Ukuran benda uji yang dibuat yaitu panjang 250 mm, lebar 25 mm, dan tebal 16 mm. Ukuran bidang ujinya sendiri berukuran panjang 70 mm, lebar 4,8 mm dan tebal 9,5 mm.



Gambar 7. Gambar proses pengujian tarik dan spesimen setelah diuji

Tabel 1. Data hasil pengujian tarik laminasi bambu apus dan kayu meranti

Kode Uji	Rata-rata $\sigma_{tr//}$ (MPa)	Rata-rata ϵ (%)	Rata-rata E (Mpa)
K30B70	127,43	27,50	463,46
K40B60	118,10	28,27	417,80
K50B50	106,88	26,67	400,78
K60B40	100,42	26,95	372,59
K70B30	92,431	28,93	319,46



Gambar 8. Diagram rata-rata nilai kuat tarik kayu meranti, bambu apus dan spesimen laminasi

Berdasarkan tabel 1 didapatkan nilai kuat tarik sejajar serat terkecil terdapat pada variasi K30B70 dengan nilai 92,43 MPa dan nilai tarik sejajar serat terbesar terdapat pada variasi K70B30 dengan nilai 127,43 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kuat tarik sejajar serat laminasi bambu apus dan kayu meranti akibat adanya variasi komposisi bahan, cenderung semakin besar jika persentase bahan kayu meranti semakin lebih besar dibandingkan persentase bahan bambu apus dalam laminasi.

Nilai kuat tarik sejajar serat kayu meranti tanpa laminasi berdasarkan pengujian dilaboratorium adalah 128,98 MPa, sedangkan nilai kuat tarik sejajar serat bambu apus berdasarkan penelitian sebelumnya adalah 53,03 MPa[11]. Berdasarkan gambar 8 dapat dihitung persentase peningkatan dan penurunan dari nilai kuat tarik sejajar serat laminasi bambu apus dan kayu meranti terhadap bahan murni atau tanpa laminasi. Dimana nilai kuat tarik sejajar serat terkecil pada variasi K30B70 mengalami penurunan 28,34% dari kayu meranti dan peningkatan 74,30% dari bambu apus. Sedangkan untuk nilai kuat tarik sejajar serat terbesar pada variasi K70B30 mengalami penurunan 1,20% dari kayu meranti dan peningkatan 140,30% dari bambu apus. Penurunan nilai kuat tarik sejajar serat laminasi bambu apus dan kayu meranti dikarenakan perpaduan kekuatan serat kayu meranti dan bambu apus pada saat proses pembuatan balok laminasi yang membuat nilai kuat tarik sejajar seratnya berada diantara besaran nilai kuat tarik sejajar serat bambu apus murni dan kayu meranti murni.

4.4. Kuat Tekan Tegak Lurus Serat ($\sigma_{tk\perp}$)

Pengujian tekan tegak lurus serat sama dengan pengujian tarik, dimana pengujian menggunakan mesin *Universal Testing Machine*

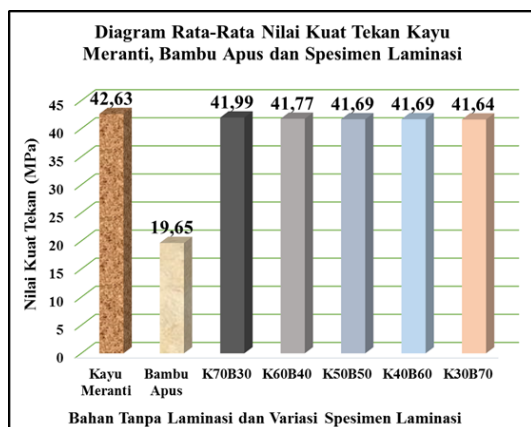
(UTM) di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada. Ukuran spesimen uji tekan tegak lurus adalah 150 x 50 x 50 mm. Pembebanan dilakukan dengan bantuan pelat baja berukuran 70 x 50 x 5 mm.



Gambar 9. Gambar proses pengujian tekan dan spesimen setelah diuji

Tabel 2. Data hasil pengujian tekan laminasi bambu apus dan kayu meranti

Kode Uji	Rata-rata $\sigma_{tk \perp}$ (MPa)
K30B70	41,64
K40B60	41,69
K50B50	41,69
K60B40	41,77
K70B30	41,99



Gambar 10. Diagram rata-rata nilai kuat tekan kayu meranti, bambu apus dan spesimen laminasi

Dari tabel 2, diketahui bahwa nilai rata-rata kuat tekan relatif sama untuk setiap variasi yaitu antara 41,64 MPa sampai 41,99 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa laminasi bambu apus dan kayu meranti dengan penambahan variasi komposisi bambu apus maupun kayu meranti tidak memberi perubahan nyata terhadap nilai kuat tekan tegak lurus serat.

Nilai kuat tekan kayu meranti berdasarkan pengujian dilaboratorium adalah 42,63 MPa, sedangkan nilai kuat tekan tegak lurus bambu apus berdasarkan penelitian sebelumnya adalah 19,65 MPa[11]. Berdasarkan gambar 10 dapat dihitung persentase peningkatan dan penurunan dari nilai kuat tekan tegak lurus serat laminasi bambu apus dan kayu meranti terhadap bahan

murni atau tanpa laminasi. Dimana nilai kuat tekan tegak lurus serat terkecil pada variasi K30B70 mengalami penurunan 2,33% dari kayu meranti dan peningkatan 111,90% dari bambu apus. Sedangkan untuk nilai kuat tekan tegak lurus serat terbesar pada variasi K70B30 mengalami penurunan 1,50% dari kayu meranti dan peningkatan 113,69% dari bambu apus.

4.5. Analisa dan Perbandingan Hasil Pengujian Laboratorium dengan Peraturan Kapal Kayu Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Volume VI Tahun 1996

Berdasarkan peraturan kapal kayu BKI diketahui bahwa syarat minimum untuk mutu kayu yang dipergunakan pada bagian konstruksi yang penting harus minimum mutu kelas kuat III dan kelas awet III. Untuk kayu lapis sendiri harus direkatkan dengan lem yang telah disetujui, tahan air serta telah diuji dan distempel oleh BKI, atau dibuat sesuai standar yang diakui dan harus mempunyai kuat tarik minimum 430 kg/cm² pada arah memanjang dan 320 kg/cm² pada arah melintang. Bila dipergunakan kayu yang lebih ringan dari syarat minimum yang telah ditentukan oleh BKI maka ukuran konstruksi masing-masing harus diperbesar (untuk papan tebalnya, untuk gading-gading balok geladak dan penegar sekat modulus penampangnya, untuk lunas luas penampangnya) sesuai dengan perbandingan berat jenis minimum kayu menurut peraturan terhadap berat jenis kayu sebenarnya[12].

Tabel 3. Kelas Kuat Kayu[12]

Kelas Kuat	Berat Jenis Kering Udara (gr/cm ³)	Kukuh Lentur Dalam Kg/m ²	Kukuh Tekan Dalam Kg/m ²
I	≥0,90	≥1100	≥650
II	0,60-0,90	725-1100	425-650
III	0,40-0,60	500-725	300-425
IV	0,30-0,40	360-500	215-300
V	≤0,30	≤360	≤215

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap laminasi bambu apus dan kayu meranti dengan perbandingan persentase komposisi bahan didapatkan nilai berat jenis kering udara keseluruhan berkisar 0,68 gr/cm³ sampai 0,84 gr/cm³. Berdasarkan tabel 3, laminasi bambu apus dan kayu meranti masuk didalam kategori Kelas Kuat II.

Hasil pengujian untuk uji tekan laminasi bambu apus dan kayu meranti didapatkan nilai kuat tekan rata-rata antara 41,64 MPa sampai 41,99 MPa atau dapat dikonversikan menjadi 424,45 kg/cm² sampai 428,04 kg/cm². Berdasarkan tabel 3 tentang kelas kuat kayu,

menunjukkan bahwa laminasi bambu dan apus masuk dalam kategori Kelas Kuat II.

Hasil dari pengujian tarik sejajar serat didapatkan nilai rata-rata berkisar antara 92,43 MPa sampai 127,43 Mpa yang dapat dikonversi menjadi 942,21 kg/cm² sampai 1298,98 kg/cm². Hal ini menunjukkan bahwa laminasi bambu apus dan kayu meranti memenuhi syarat kayu lapis yang dapat digunakan.

Berdasarkan perbandingan hasil pengujian laboratorium dengan perturan BKI Kapal Kayu Vol VI Tahun 1996, laminasi bambu apus dan kayu meranti dapat direkomendasikan untuk penggunaan bagian kapal kayu pada:

- Linggi buritan
- Balok buritan
- Gading
- Balok galar
- Wrang
- Rangka-rangka
- Balok Kontruksi di atas garis air
- Papan geladak
- Balok geladak
- Penumpu geladak
- Kulit luar
- Lutut balok

4.6. Analisis Ekonomi Balok Laminasi

Analisa ekonomi dilakukan dengan menghitung harga per m³ yang diperlukan untuk membuat komponen kapal kayu untuk setiap variasi. Kemudian harga tersebut dibandingkan dengan harga bambu apus, kayu meranti dan beberapa kayu dengan kelas Kuat II.

Tabel 4. Tabel harga dari setiap variasi, kayu meranti dan beberapa kayu dengan Kelas Kuat II

Bahan	Harga (IDR per m ³)
Variasi K30B70	6.999.584
Variasi K40B60	7.079.485
Variasi K50B50	7.159.386
Variasi K60B40	7.348.645
Variasi K70B30	7.537.904
Bambu Apus	5.187.706
Kayu Meranti	5.714.286
Kayu Damar Laut	9.500.000
Kayu Merbau	13.500.000
Kayu Jati	14.500.000

Berdasarkan perbandingan persentasi harga dari variasi terhadap harga kayu meranti dan bambu apus, diketahui bahwa variasi K30B70 meningkat 22,49% dari harga kayu meranti dan 34,93% dari harga bambu apus. Harga variasi K40B60 meningkat 23,89% dari harga kayu meranti dan 36,47% dari harga bambu apus.

Harga variasi K50B50 meningkat 25,29% dari harga kayu meranti dan 38,01% dari harga bambu apus. Harga variasi K60B40 meningkat 28,60% dari harga kayu meranti dan 41,66% dari harga bambu apus. Dan harga untuk variasi K70B30 meningkat 31,91% dari harga kayu meranti dan 45,30% dari harga bambu apus. Semua variasi laminasi bambu apus dan kayu meranti mengalami peningkatan harga dari bahan kayu meranti dan bambu apus. Peningkatan harga yang terjadi pada laminasi bambu apus dan kayu meranti dikarenakan karena adanya tambahan bahan baku berupa perekat dan biaya produksi akibat bertambahnya proses produksi pada saat pembuatan laminasi.

Dari tabel 4, diketahui harga per m³ laminasi bambu apus dan kayu meranti dengan harga paling ekonomis terdapat pada variasi K30B70 dengan harga Rp 6.999.584 per m³. Variasi K30B70 sendiri merupakan variasi dengan nilai mekanis terendah diantara variasi lainnya, namun masih tergolong dalam Kelas Kuat II berdasarkan Peraturan Kapal Kayu BKI Volume VI tahun 1996. Hal ini menunjukkan bahwa laminasi K30B70 merupakan variasi paling optimal berdasarkan analisa ekonomi dan perbandingan dengan BKI Volume VI tahun 1996. Harga variasi K30B70 lebih murah dibandingkan dengan beberapa kayu yang termasuk Kelas Kuat II lainnya yang umum digunakan pada kapal kayu seperti kayu damar laut, kayu merbau dan kayu jati. Hal ini menjadi keuntungan dari laminasi bambu apus dan kayu meranti dibanding penggunaan kayu Kelas Kuat II pada pembuatan kapal kayu.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang dilakukan penulis terhadap penelitian tentang laminasi dari bambu apus dan kayu meranti sebagai material alternatif komponen kapal kayu, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai rata-rata kuat tarik sejajar serat laminasi bambu apus dan kayu meranti adalah 92,43 - 127,43 MPa, sedangkan nilai rata-rata kuat tekan tegak lurus adalah 41,64 - 41,99 MPa..
2. Pengaruh variasi komposisi memberi pengaruh besar terhadap nilai kuat tarik sejajar serat, namun tidak memberi pengaruh nyata terhadap nilai kuat tekan tegak lurus. Dimana pada nilai kuat tarik menurun 1,20 - 28,34% dari kayu meranti dan meningkat 74,30 - 140,30% dari bambu apus, sedangkan nilai kuat tekan menurun 1,50 - 1,33% dari kayu meranti dan meningkat 111,90 - 113,69% dari bambu apus.

3. Laminasi bambu apus dan kayu meranti dengan semua variasi komposisi dapat dikategorikan dalam Kelas Kuat II berdasarkan Peraturan Kapal Kayu BKI Volume VI tahun 1996, dan dapat direkomendasikan pada bagian kapal seperti linggi buritan, balok buritan, gading, dan lain-lain.
4. Variasi paling optimal berdasarkan analisa ekonomis dan perbandingan dengan tabel kelas kuat kayu adalah variasi K30B70. Dimana harga variasi K30B70 mengalami kenaikan 22,49% dari kayu meranti dan 34,93% dari bambu apus.

5.2. Saran

Penelitian yang telah disusun penulis ini masih mempunyai banyak keterbatasan dan kekurangan. Oleh sebab itu, adapun beberapa saran penulis untuk penelitian lebih lanjut, antara lain:

1. Adanya pengujian tarik dan pengujian tekan menggunakan variasi lain seperti variasi arah serat, variasi suhu kempa dan lama kempa, maupun variasi bahan perekat selain *epoxy*.
2. Memperluas pengkajian dan menambah pengujian agar sesuai dengan kelayakan yang dibutuhkan pada peraturan kapal kayu BKI. Misalnya dengan menambahkan beberapa uji fisik dan uji mekanik lainnya serta melakukan analisa keawetan dari laminasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulistyawati I, Nugoho N, Suryokusumo S, Hadi YS. 2008. Kekakuan dan kekuatan lentur maksimum balok glulam dan utuh kayu akasia. *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*. Vol. 15: hal 113-122.
- [2] Serano E. 2002. Mechanical performance and modelling of glulam. didalam: *Timber Engineering*, Thelanderson S, Larsen, HJ John Willey & Sons. Hal 67-79.
- [3] Somayaji S. 2001. *Civil Engineering Material (Second Edition ed.)*. New Jersey: Prentice Hall.
- [4] Moody RC, Hernandez R. 1997. *Glued-Laminated Timber*. didalam: *SSmulski, Engineering wood Product: a guide for specifiers, designers and users*. USA: PFS Research Foundation. hal 1-39.
- [5] Djarwanto, Dewi LM, Muslich M, Jasni, Suprapti S, Pari G, et al. 2014. *Sifat dasar dan kegunaan kayu kalimantan*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Kayu.
- [6] Skiest I. 1962. *Handbook of Adhesives*. New York: Reinhold Publishing Corporation.
- [7] BKI. 2006. *Peraturan Untuk Material Non-Metal*. didalam: *Peraturan Untuk Klasifikasi dan Kontruksi*. Indonesia: Badan Klasifikasi Indonesia. Vol. XIV.
- [8] Suprijanto I, Rusli, Kusmawan D. 2009. *Standardisasi Bambu Laminasi Sebagai Alternatif Pengganti Kayu Kontruksi*. Prosiding PPI Standardisasi 2009. hal 1-23.
- [9] SNI. 1994. *Metode pengujian kuat tarik kayu di laboratorium (SNI 03-3399-1994)*. Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- [10] SNI. 1995. *Metode pengujian kuat tekan kayu di laboratorium (SNI 03-3958-1995)*. Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- [11] Morisco. 1999. *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- [12] BKI. 1996. *Buku Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut*. Indonesia: Biro Klasifikasi Indonesia. Vol. VI.