



Kuat Tekuk Laminasi Bambu Betung dan Kayu Akasia Sebagai Bahan Komponen Kapal Kayu

Revanda Indra Purnomo, Akhmad Basuki Widodo
Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Hang-Tuah Surabaya
*purnomo.revanda@hangtuah.ac.id

Abstrak

Sampai saat ini kayu masih digunakan sebagai bahan pembangunan kapal kayu. Hal ini disebabkan sifat fisis dan sifat mekanis kayu Jati yang lebih baik dibandingkan dengan jenis kayu yang lain. Kayu Jati mempunyai berat jenis sedang, tetapi kekuatannya lebih baik dibandingkan kayu yang sejenis. Sehingga sampai sekarang kayu Jati masih merupakan pilihan utama dalam membangun kapal kayu. Tetapi keberadaan kayu semakin sulit untuk didapatkan dan harganya pun semakin mahal. Disisi lain, bambu merupakan tumbuhan yang sangat mudah didapat, pertumbuhannya relatif singkat dan bambu mempunyai sifat mekanik yang lebih baik daripada kayu Jati. Kekurangan dari bambu adalah mempunyai kerapatan yang lebih tinggi daripada kayu Jati. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar komposisi bahan pengisi dalam konstruksi laminasi yang dapat menggantikan kayu Jati, baik dari berat jenisnya maupun kekuatan tekuknya. Dalam penelitian ini menggunakan material Bambu Betung (*Dendrocalamus asper spp*), kayu jenis Akasia (*Accacia spp*) dan perekat berbahan resorcinol formaldehyde tipe marine use. Sedang standar yang digunakan dalam pengujian menggunakan Japanese Industrial Industries (JIS) Z-2113. Pengolahan data menggunakan Analisa co Varian (Anova) dan Regresi Linier. Dari hasil pengujian, laminasi bambu mempunyai berat jenis dan kuat yang lebih besar dibandingkan dengan kayu Jati, tetapi mengacu aturan BKI, pengurangan dimensi sebesar 30%, Laminasi Bambu masih mempunyai berat lebih besar dibandingkan dengan kayu Jati. Dengan berat jenis yang sama atau hampir sama dengan jati adalah Laminasi Bambu dan kayu Akasia sebagai bahan pengisi dengan komposisi Bambu sebesar 60% dan kayu Akasia sebesar 40%. Pada komposisi tersebut perbedaan berat jenisnya lebih kecil 1.39% dibandingkan dengan kayu Jati. Sedangkan kuat tekuknya lebih besar 12,40% dari pada kayu Jati. Sehingga dengan berat jenis yang lebih kecil dan kuat tekuknya lebih besar akan berpengaruh terhadap berat kapal akan menjadi lebih ringan. Dan hal ini akan menjadikan konsumsi bahan bakar lebih hemat dan daya muatnya akan bertambah

Kata Kunci: Bambu Betung, Kayu Akasia, Kuat Tekuk, Phenol Formaldehyde, Laminasi

Abstract

Until now, wood is still used as a material for building wooden boats. This is due to the physical and mechanical properties of teak wood which are better than other types of wood. Teak wood has a medium berat jenis, but its strength is superior compared to similar woods. Therefore, up to now, teak wood remains the primary choice for building wooden boats. However, the availability of wood is becoming increasingly difficult to obtain and its price is getting higher. On the other hand, bamboo is a plant that is very easy to acquire, it has a relatively short growth period, and bamboo has better mechanical properties than teak wood. The downside of bamboo is that it has a higher berat jenis than teak wood. The goal of this research is to determine how much filler material composition in laminated construction can replace teak wood, both in terms of its berat jenis and its bending strength. This study uses Betung bamboo (*Dendrocalamus asper*), Acacia (*Acacia spp*) and the adhesive is resorcinol formaldehyde marine use type. The standard used in testing follows the Japanese Industrial Standards (JIS) Z-2113. Data processing employs Analysis of Variance (ANOVA) and Linear Regression. From the test results, laminated bamboo has a higher specific weight and strength compared to teak wood, but referring to the BKI standards, the dimensional reduction of 30% still results in laminated bamboo having a greater weight than teak wood. With a specific weight that is the same or almost the same as teak, laminated bamboo and acacia wood serve as filler materials with a composition of 60% bamboo and 40% acacia wood. In this composition, the difference in specific weight is smaller by 1.39% compared to teak wood. Meanwhile, its bending strength is 12.40% greater than that of teak wood. Thus, with a smaller specific weight and greater bending strength, it will have an effect on the overall weight of the ship. And this will make fuel consumption more efficient and its capacity will increase.

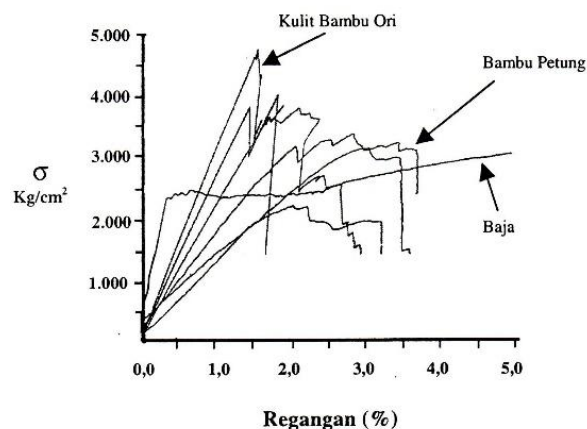


copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

1. PENDAHULUAN

Kayu merupakan salah satu material dari alam pertama kali digunakan dalam sejarah umat manusia untuk keperluan konstruksi. Keunggulan kayu sebagai bahan konstruksi pada umumnya dan sebagai bahan pembangunan kapal khususnya adalah mudah didapat dan mudah dalam pekerjaan [1]. Heinz Frick juga menyatakan bahwa material kayu akan selalu dibutuhkan manusia karena sifat utama yang dimiliki, yaitu kayu merupakan kekayaan alam (*natural resources*) yang tidak akan pernah habis dan kayu merupakan bahan mentah yang mudah di proses. Kayu mempunyai sifat-sifat yang khas, antara lain mempunyai ketahanan terhadap pembebanan yang tegak lurus atau sejajar arah seratnya dan sifat elastis yang tinggi serta mudah dikerjakan, relatif murah, mudah diganti dibandingkan dengan bahan bangunan yang lain seperti beton dan baja, berat yang rendah dibandingkan dengan konstruksi yang lainnya dan bersifat isolator [2]. Kayu mempunyai perbandingan kekuatan dengan berat jenis yang lebih baik dibandingkan dengan baja, artinya dengan berat yang ringan, kayu mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan baja. Kayu (Jati) mempunyai berat jenis sekitar 0,7 mempunyai kekuatan 100 kg/cm², sedangkan Baja mempunyai Berat jenis 7,8 dan mempunyai kekuatan 480 kg/cm² [4]. Kayu Jati ini semakin lama semakin sulit didapatkan dan harganya pun mahal

Selain bahan alam seperti kayu Jati yang mempunyai sifat mekanik yang baik adalah Bambu. Bambu merupakan jenis tanaman dengan laju pertumbuhan yang cukup cepat dibandingkan dengan kayu, bambu mampu tumbuh 5 cm dalam 1 jam [5]. Secara umum, Bambu mempunyai sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan kayu [5]. Dibiidang konstruksi, bambu biasanya digunakan sebagai tiang, balok atau perancah atau *scaffolding* [6 dan 7]. Di Indonesia terdapat beberapa jenis spesies bambu dan yang paling banyak digunakan di bidang konstruksi adalah bambu Betung (*Dendrocalamus asper*) [5]. Bambu jenis ini mudah dijumpai hampir diseluruh daerah tropis. Bambu mempunyai kekuatan tarik dua kali lebih besar dibandingkan dengan kayu, sedangkan kuat tekannya 10 % lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tekan kayu. Apabila dibandingkan dengan baja yang mempunyai berat jenis antara 6.0 - 8.0 (sementara BJ bambu = 0.6 - 0.8), kuat tarik (*tensile strength*) baja tulangan hanya sebesar 2.3 - 3.0 lebih besar dibandingkan dengan kekuatan tarik bambu. Dengan demikian bambu mempunyai kekuatan tarik per unit berat jenisnya sebesar 3 - 4 kali lebih besar dibandingkan dengan baja tulangan [5 dan 8].



Gambar 1. Diagram Tegangan dan Regangan Bambu dan Baja [5].

Pada gambar diatas ditunjukkan bahwa kekuatan tarik bambu ori hampir mencapai 5000 kg/cm² atau hampir dua kali lipat dibandingkan dengan kekuatan tarik baja tulangan beton yang hanya 2400 kg/cm². Sedangkan jenis bambu lainnya, yaitu bambu betung mempunyai kekuatan tarik antara 3000 - 3500 kg/cm², dimana kekuatan tersebut masih lebih baik dibandingkan dengan kekuatan beton tulangan baja [5].

Melihat kelebihan yang dimiliki kayu, bambu dan material laminasi, baik dari segi teknis maupun non teknis seperti ketersediaan bahan, maka penggabungan kayu dan/atau bambu dalam bentuk laminasi akan menghasilkan material gabungan yang mempunyai sifat fisis dan mekanik yang sama atau bahkan lebih baik dibandingkan dengan sifat mekanik kayu jati (solid). Laminasi kayu dan/atau bambu tersebut memiliki potensi besar untuk digunakan pada struktur baik pada konstruksi sipil maupun konstruksi kemaritiman (kelautan) seperti untuk kulit kapal (lambung), geladak, balok gelagar, lunas dan gading-gading [9].

Selain kelebihan bambu dengan menggunakan konstruksi laminasi seperti diuraikan diatas, maka keunggulan konstruksi laminasi adalah dapat ditambahkan sifat-sifat yang mampu menambah kelebihan dari bahan tersebut. Dengan konstruksi laminasi dapat ditambahkan bahan aditif untuk keperluan tahan terhadap api (*fire resistance*) atau bahan untuk memperlambat rambat api (*fire flammable*) atau tahan terhadap serangan rayap (*termite resistance*).

Dalam kenyataannya, bambu mempunyai buku (*node*) pada setiap batang dengan panjang antar buku yang berbeda untuk setiap jenis bambu dan letak pada setiap batangnya. Sifat dan karakter dari buku bambu sama dan mirip dengan sambungan (*joint*). Hal ini disebabkan karena pada buku bambu sebagian serat bambu lurus dan ada sebagian lainnya belok tegak lurus membentuk buku. Kemudian dari serat membelok yang membentuk buku akan kembali lurus pada sumbu batang, sehingga ada sebagian serat bambu yang tidak searah atau sejajar dengan sumbu bambu. Buku pada bambu merupakan bagian terlemah terhadap gaya tarik sejajar sumbu batang bambu. Oleh karena itu penentuan perancangan struktur yang menggunakan bambu harus didasarkan pada bagian buku bambu ini [5, 10 dan 11].

Buku bambu mempunyai pengaruh terhadap sifat dan kekuatan mekanik bambu. Bambu dengan buku mempunyai kekuatan tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan tarik bambu tanpa buku. Besaran penurunan kekuatan tarik tersebut kurang lebih 25 %. Pada tabel berikut ini digambarkan perbedaan *tensile strength* dan *modulus of elasticity* (MOE) antara yang mengandung buku dan tanpa buku serta posisi buku dalam batang bambu.

Tabel 1. Kuat Tarik Rata-2 Bambu dengan Buku dan Tanpa Buku (Kg/cm²).

Jenis Bambu	Tanpa Buku	Dengan Buku
Ori	2.910	1.280
Petung	1.900	1.160
Hitam	1.660	1.470
Legi	2.880	1.260
Tutul	2.160	740
Galah	2.530	1.240
Tali	1.515	552

Sumber : Morisco, (1999).

Didalam aplikasi penggunaan bambu dalam kehidupan sehari-hari, baik sebagai bahan untuk keperluan non struktural maupun struktural, buku bambu tidak dapat dihindarkan dalam pemaikannya. Dengan aplikasi penggunaan konstruksi laminasi, kekurangan (*drawback*) dari buku bambu dapat dikurangi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekuk (*Bending Strength*) Laminasi Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*) dalam konstruksi Laminasi yang didalamnya disisipkan kayu Akasia (*Acacia spp*) dalam berbagai komposisi. Hal ini disebabkan bahwa bambu mempunyai berat jenis lebih besar dibandingkan dengan kayu Jati. Dengan menyisipkan kayu Akasia dalam laminasi bambu ini diharapkan dapat mereduksi berat dari Laminasi Bambu tetapi masih mempunyai kekuatan yang diijinkan oleh Biro Klasifikasi. Selain kuat tekuk, berat jenis (*berat jenis*) juga dilakukan pengukuran, karena berat jenis mempunyai pengaruh yang nyata terhadap performance kapal [12].

Pemerintah dalam hal ini Kementerian Kehutanan menghimbau agar pihak industri pengolahan kayu dapat memanfaatkan jenis-jenis kayu Hutan Tanaman Industri dan Perkebunan. Mulai tahun 2015 Kementerian Kehutanan membangun Hutan Tanaman Industri yang diharapkan pembangunan mencapai 6,2 juta hektar dan akan menghasilkan kayu bulat sejumlah 90 juta meter kubik setiap tahun. Salah satu diantara jenis kayu Hutan Tanaman Industri adalah kayu Akasia Mangium (*Acacia mangium* Willd), pohon ini cepat tumbuh dan dapat dipanen dalam umur sekitar 6 -7 tahun [13]. Sifat fisik dan mekanik kayu Akasia Mangium diperoleh kadar air kering udara 13,78-14,89 %; kerapatan 0,60-0,62 gr/cm³; berat jenis 0,59-0,61; kekuatan tekan sejajar serat 319,54-361,70 Kg/cm²; kekuatan tekan tegak lurus serat 117-197 kg/cm²; kekuatan lentur (MOR) 509,25-680,50 kg/cm²; keteguhan belah 80,25- 110,90 kg/cm²; kekuatan tarik 98,27-133,03 kg/cm²; kekuatan geser sejajar serat 93,53- 149,43 kg/cm² dan kekerasan 453-565 kg/cm² [14].

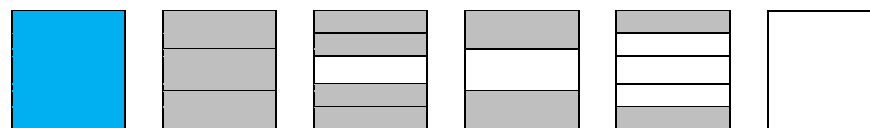


copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

2. BAHAN DAN METODA PENELITIAN.

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Kayu Sengon sebagai bahan pengisi laminasi, bambu yang digunakan adalah jenis Bambu Betung. Hal ini disebabkan jenis bambu ini mempunyai jarak antar ruas yang panjang dan daging (*wall*) bambu yang cukup tebal, selain itu bambu Betung mudah didapat. Sebagai bahan perekatnya menggunakan perekat berbahan dasar Phenol Formaldehyde, merupakan jenis perekat produk lokal dengan spesifikasi kempa dingin yang artinya pada saat pengepresan tidak memerlukan panas, sehingga sangat simple untuk dikerjakan. Selain itu tidak membutuhkan kadar air bahan yang akan direkat terlalu rendah, cukup dengan pengeringan udara. Perekat jenis ini merupakan perekat tipe marine use, artinya perekat yang mampu bertahan pada perubahan cuaca dan perendaman air dalam waktu yang lama [15].

Spesimen uji yang dibuat terdiri dari kayu Jati Solid (sebagai control), Laminasi Bambu, Laminasi Bambu Betung-Kayu Akasia dengan komposisi bambu Betung-kayu Akasia (60-40%; 50-50%, 40-60%) dan kayu Akasia solid yang masing dilakukan masing-masing dengan 3 (tiga) kali ulangan dan data yang ditampilkan merupakan data rata-rata.



Keterangan :



: Kayu Jati



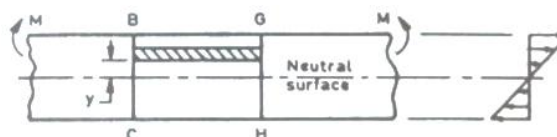
: Bambu



: Kayu Sengon

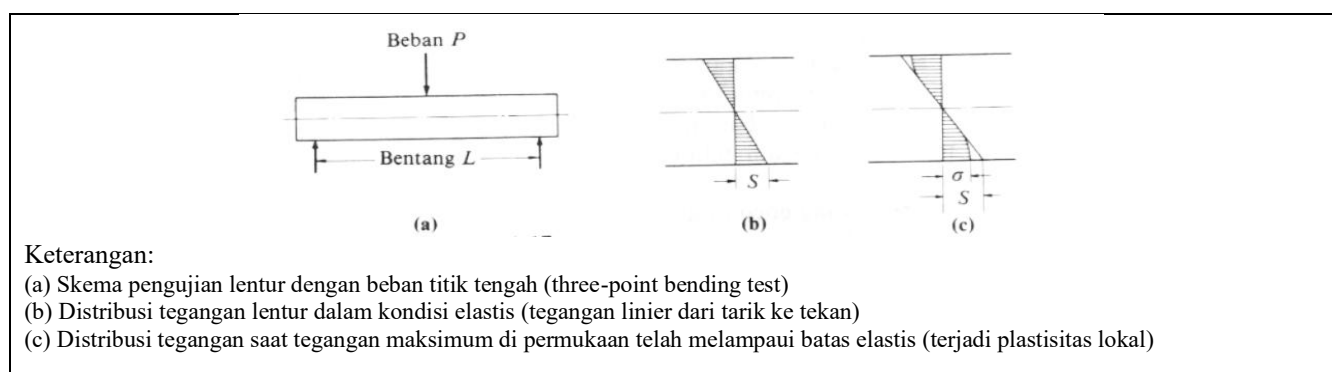
Gambar 2. Susunan lapisan dari setiap variasi spesimen yang diuji

Dalam penelitian ini, kayu Akasia ditempatkan pada posisi ditengah atau sebagai bahan pengisi. Dari hasil penelitian [17] dan [18] bahwa pada saat material menerima beban yang disangga dua tumpuan, maka pada bagian atas akan mengalami gaya tekan dan pada bagian bawah akan menerima gaya tarik, sedangkan pada bagian tengah pada kondisi netral.



Gambar 3. Desain *sandwich composite*.

Dalam penelitian menggunakan standar Japanese Industrial Standard: Method of Bending Test JIS Z-2113 [16], dimana ukuran dari specimen ujinya adalah lebar dan tebal 20-40 mm (a) dan panjang specimen 14 a ditambah 2 a untuk span.



Gambar 4. mekanisme uji lentur pada balok serta distribusi tegangan yang terjadi selama proses pembebanan.

Tahap terakhir adalah tahap Analisa data yang diperoleh dari hasil pengujian tekuk. Pada pengujian tekuk yang



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

dilakukan, hasilnya berupa *print-out* grafik hubungan beban dan defleksi. Untuk dapat menghitung kuat tekuk, tegangan proporsional dan modulus elastisitas, maka dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

Kuat tekuk,

$$\frac{P.l}{4.z} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (1)$$

Batas tegangan proporsional bending,

$$\frac{\Delta P.l^3}{48 l \Delta y} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (2)$$

Modulus elastisitas bending,

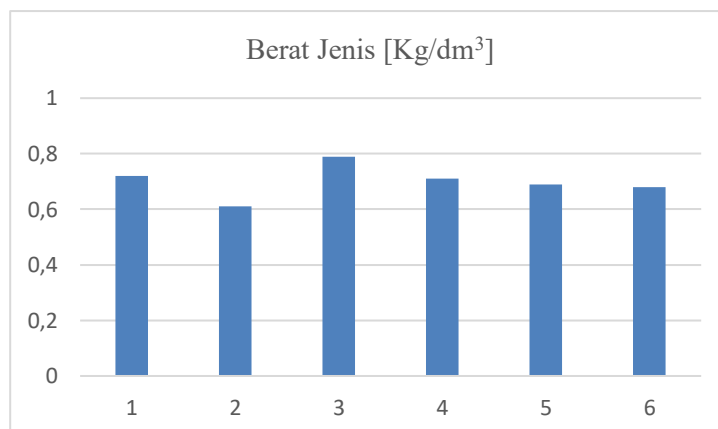
$$\frac{\Delta P.l^3}{48 l \Delta y} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (3)$$

Dimana:

P adalah beban maksimum (kg), l adalah panjang rentang penumpu uji (cm), Z adalah seksi modulus (cm³), P1 adalah beban proporsional (kg), ΔP adalah selisih beban puncak dan beban proporsional (kg), Δy adalah defleksi bentang dibawah ΔP dan I adalah momen geometri inersia (cm⁴).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN.

Dari hasil pengukuran berat jenis atau berat jenis dari contoh uji kayu Jati Solid (1), kayu Akasia Solid (2), Laminasi Bambu (3), Laminasi Bambu dan kayu Akasia dengan komposisi 60 % Bambu dan 40 kayu Akasia (4), Laminasi Bambu dan kayu Akasia dengan komposisi 50% Bambu dan 50% kayu Akasia (5) dan. Laminasi Bambu dan kayu Akasia dengan komposisi 40% Bambu dan 60% kayu Akasia (6) seperti pada table berikut ini:

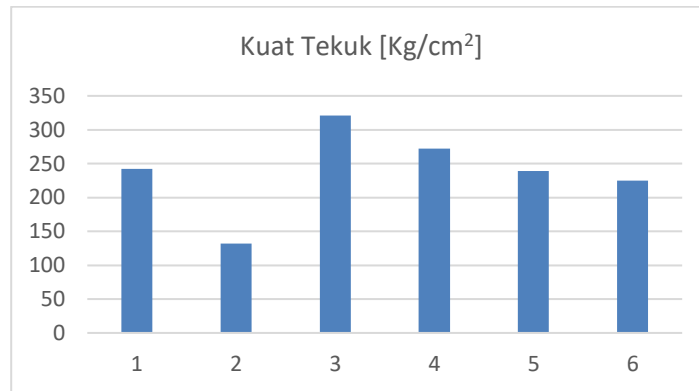


Keterangan: (1). Kayu Jati Solid.
 (2). Kayu Akasia Solid.
 (3). Laminasi Bambu.
 (4). Laminasi Bambu-Akasia (60-40) %.
 (5). Laminasi Bambu-Akasia (50-50) %.
 (6). Laminasi Bambu-Akasia (40-60) %.

Sedangkan hasil pengujian kuat tekuk terhadap variasi laminasi bambu seperti pada gambar berikut ini:



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Keterangan: (1). Kayu Jati Solid.
 (2). Kayu Akasia Solid.
 (3). Laminasi Bambu.
 (4). Laminasi Bambu-Akasia (60-40) %.
 (5). Laminasi Bambu-Akasia (50-50) %.
 (6). Laminasi Bambu-Akasia (40-60) %.

Dari hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa berat jenis bambu laminasi mempunyai berat jenis yang lebih tinggi (9,72%) dibandingkan dengan kayu Jati. Sedangkan kuat tekuk Laminasi Bambu Betung lebih besar (132,65%) dibandingkan dengan kayu Jati. Sehingga bambu laminasi dapat digunakan sebagai bahan pembangunan kapal untuk menggantikan kayu Jati. Dari segi kekuatan, Laminasi Bambu dapat digunakan sebagai pengganti kayu Jati dalam pembangunan Kapal dan dimensinya dapat dikurangi 30% [12]. Tetapi dengan pengurangan 30%, Laminasi Bambu masih mempunyai berat jenis yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan kayu Jati, sehingga penggunaan laminasi Bambu Betung pada kapal akan menimbulkan beban yang lebih berat [17].

Dari 3 (tiga) variasi Laminasi Bambu Betung dan kayu Akasia, Laminasi Bambu Betung dan kayu Akasia komposisi Bambu Betung 60% dengan sisipan kayu Akasia sebesar 40% mempunyai berat jenis yang lebih rendah 1,39% dibandingkan dengan berat jenis kayu jati. Tetapi dengan komposisi tersebut, mempunyai kuat 127,95% lebih tinggi dibandingkan dengan kayu Jati Solid. Sedangkan variasi yang lain kuat tekuknya lebih rendah dibandingkan dengan kayu, walaupun berat jenisnya lebih rendah. Semakin besar komposisi kayu Akasia mengakibatkan penurunan kuat tekuknya walaupun berat jenisnya juga lebih rendah dibandingkan dengan kayu Jati Solid. Hal ini disebabkan komposisi kayu Akasia yng lebih banyak sehingga kekuatan kayu Akasia yng lebih dominan [19]. Dari hasil analisa regresi terlihat semakin banyak komposisi kayu Akasia, semakin turun kuat tekuk dan berat jenisnya.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisa regresinya, bahwa komposisi pengisi pada kosntruksi Laminasi Bambu Betung berpengaruh nyata terhadap kuat tekuknya. Pada komposisi bambu betung sebesar 60% dan kayu Akasia sebesar 40% mempunyai berat jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan berat jenis kayu Jati, tetapi kuat tekuknya yang lebih tinggi dibandingkan dengan kayu jati. Artinya bahwa komposisi 60-40 persen pada Laminasi Bambu Betung dengan Kayu Akasia berdasarkan kuat tekuknya dapat menggantikan kayu Jati dalam pembangunan kapal kayu. Dengan berat jenis yang lebih kecil dan kuat tekuknya lebah besar akan berpengaruh terhadap berat kapal akan menjadi lebih ringan. Dan hal ini akan menjadikan konsumsi bahan bakar lebih hemat dan daya muatnya akan bertambah

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Frick, Heinz. 1982. Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu. Yogyakarta: Kanisius
- [2] Mega NM, Ellen JK, dan Ronny P. 2017. Pengujian Kuat Lentur Kayu Profil Tersusun Bentuk I. Vol. 5, No. 2, pp. 103-112.



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

- [3] Martawidjaja, A., (1978), *Kayu untuk Industri Perkapalan di Indonesia*, Timber Used for the Shipbuilding Industry in Indonesia, Bagian I, Laporan Penelitian Hasil Hutan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian Republik Indonesia, Bogor.
- [4] Analisa Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Laminasi dan Bambu sebagai Material Alternatif Pembangunan Kapal Kayu. *Journal Teknologi Kelautan (JTK)* ISSN: 1410-2919. Vol 10. No.2 Juli 2006. Fakultas Teknologi Kelautan (FTK)-ITS Surabaya.
- [5] Morisco, (1999), *Rekayasa Bambu*, Fakultas Teknik Sipil, PAU Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- [6] Krisdianto, Sumarni G dan Ismanto A. 2000. Sari Hasil Penelitian Bambu. Pusat Penelitian Hasil Hutan. Bogor.
- [7] Idris AA, Firmanti A dan Purwito. 1998. Penelitian Bambu untuk Bahan Bangunan. Pusat Penelitian dan Pengembangan PU. Bandung.
- [8] Amada S, Ichikawa Y, Munelata, Nagase Y and Shimizu H. 1996. Fiber Texture and Mechanical Graded Structure of Bamboo. Dep. of Mechanical Engineering, Gumme University. Japan
- [9] Widjaja. S dan Widodo AB. 2004. Karakterisasi Struktur Kapal Kayu dengan Material Alternatif LAMINASI Bambu. Laporan Hasil Akhir Pelaksanaan Penelitian Hibah Bersaing XII (2004-2005) Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya
- [10] China National Bamboo Research Centre, 2001. Cultivation and Integrated Utilization on Bamboo in China. Hangzhou. China.
- [11] Fangchun, Z. 2000. Selected Works of Bamboo Research. The Bamboo Research Editorial Committee, Nanjing Forestry University, Nanjing, China.
- [12] BKI (1996), *Buku Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut*, Peraturan Kapal Kayu, Biro Klasifikasi Indonesia. Bina Hati, Jakarta.
- [13] Nurwati, H., Hadi, YS., dan Setyaningsih, D., 2007. *Sifat Fisis dan Mekanis Sepuluh Provenans Kayu Mangium (Acacia Mangium Willd)* dari Patung Panjang Jawa Barat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*. Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia. Vol. 5.(1): 7-11.
- [14] Nur Indah Lumban Gaol, Fanny Hidayati*, Widyanto Dwi Nugroho, Harry Praptoyo, Oka Karyanto, Sri Nugroho Marsoem. 2023. Sifat Fisika dan Mekanika Kayu *Acacia aulacocarpa* dari KHDTK Wanagama, *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, Vol. 28 (4): 630-640. ISSN 0853-4217. Oktober 2023.,
- [15] Specification for Aynthetic Resin Adhesives, (Phenolic & Aminoplastic). Weather and Boil-prof Type.BS 1203. British Standard Institution. London..
- [16] Japanese Industrial Standard. 1997. Method of Bending Test for Wood. JIS Z 2113. Japanese Standards Association. Japan.
- [17] Widodo, AB. 2012. Pengembangan Material Laminasi bambu Sebagai Komponen Konstruksi Utama Kapal Kayu. Laporan Akhir Penelitian Hibah Fundamental, DP2M DIKTI. Kementerian pendidikan dan Kebudayaan.
- [18] Tata Surdia dan Saito Sinroku. 2000. Pengetahuan Bahan TeknikPradnya Paramita. Jakarta.
- [19] Rosyid, DM. dan Widodo, AB. 2000. Pengembangan Material Konstruksi Laminasi untuk Aplikasi Kelautan. Riset Unggulan Kemitraan (RUK) VI tahun 2001, Kerjasama antara ITS dengan PT. PAL dan PT. Pamolite Adhesive Industry. Surabaya.

