



Analisa Kecedapan Sambungan Papan Laminasi Komposit Berpenguat Serat Bambu Apus Dengan Matrik Resin Epoxy

Paradatu Anugra Riyanto ^{1)*}, Parlindungan Manik ¹⁾, Wilma Amiruddin ¹⁾

¹⁾Laboratorium Las dan Material Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*e-mail : riyantoaga@gmail.com

Abstrak

Material yang digunakan sebagai material kulit lambung kapal mensyaratkan adanya kekedapan. Material papan laminasi komposit berpenguat serat bambu apus dengan *matrix resin epoxy* adalah material alternative yang digunakan sebagai kulit lambung kapal yang dimaksud. Tujuan dari penelitian ini untuk menguji kekedapan pada sambungannya papan laminasi bambu tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode *Air Pressure Test* dengan variasi sambungan tegak (*butt joint*) dan sambungan miring (*scarf joint*), dimana pengujian ini dilakukan dengan kekedapan sambungan pada udara bertekanan tinggi, yaitu berkisar 0.2 psi. Hasil dari penelitian ini pada papan laminasi sambungan tegak 0.785 MPa jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 113.9 lbf/in², 0.767 MPa jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 111.2 lbf/in² dan 0.781 MPa jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 113.8 lbf/in², sedangkan pada papan laminasi sambungan miring 0.652 MPa jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 94.6 lbf/in², 0.637 MPa jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 92.4 lbf/in² dan 0.648 MPa jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 93.9 lbf/in². Hasil tersebut menunjukkan bahwa variasi sambungan tegak (*butt joint*) lebih kedap daripada sambungan miring (*scarf joint*)

Kata Kunci : Komposit, laminasi bambu, uji kekedapan.

1. PENDAHULUAN

Perubahan teknologi seiring bertambahnya waktu semakin berkembang dan membuat banyak orang berinovasi. Inovasi yang dikembangkan salah satunya yaitu di bidang teknologi material komposit. Material komposit adalah penggabungan struktur material yang tersusun dari dua atau lebih material penyusunnya, dimana sifat dari masing-masing bahan berbeda satu dengan lainnya, baik sifat fisika maupun sifat kimianya yang menghasilkan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Serat berfungsi memperkuat matriks dikarenakan serat umumnya jauh lebih kuat dari matriks [1]. Komposit adalah bahan yang terbentuk dari 2 atau lebih komponen seperti resin, plastik dan bahan penguat berupa serat [2]. Menurut K. Van Rijswijk dalam bukunya *Natural Fibre Composites* (2001) menjelaskan komposit adalah bahan hibrida yang terbuat dari resin polimer diperkuat dengan serat,

menggabungkan sifat-sifat mekanik dan fisik. [3]. Secara umum serat berfungsi sebagai penguat sehingga akan diperoleh produk yang kokoh dan serat juga berfungsi untuk mengurangi penggunaan resin. Penggunaan material komposit memiliki beberapa keunggulan seperti bobot yang ringan, kekuatan dan kekakuan yang baik, biaya produksi yang rendah dan ketahanan terhadap korosi [4]. Material kayu dan logam pada mulanya sangat berkembang, namun pada saat ini tergantikan oleh inovasi material bambu. Hal ini terjadi karena penggunaan kayu dan logam dalam prosesnya sulit, biaya produksi yang mahal dan komponen yang berat. Bambu sebagai bahan komposit dapat digunakan sebagai material badan kapal. sesuai dengan hasil pengujian laboratorium bambu digunakan sebagai penguat dalam pembentukan material komposit bambu "*Bamboo- fiber Reinforced Plastic (BRP)*". Kemajuan teknologi ini yang telah mendorong peningkatan dan permintaan material komposit.

Material yang digunakan pada penelitian ini yaitu laminasi dari bambu apus. Laminasi adalah kombinasi dari dua atau lebih lapisan (film komposit dengan orientasi butir tertentu) untuk membentuk elemen struktural integral dalam komposit. [5] Kayu bambu laminasi (glulam-limited lumber: glulam) adalah produk yang dibuat dengan merekatkan dua atau lebih lapisan bahan yang dibagi menjadi lapisan horizontal dan paralel. Cross-layers adalah lapisan-lapisan yang tersusun saling bersilangan, dan parallel layer adalah lapisan-lapisan yang tersusun sejajar satu sama lain [6]. Struktur dan orientasi serat bambu yang membentuk ruas menghasilkan sifat mekanik yang buruk. Sifat dan karakteristik segmen bambu ini sesuai dengan sambungan struktur laminasi. Namun apabila di atur penempatannya, pengaruh *node* pada konstruksi laminasi dapat dihindari. Sambungan memiliki beberapa tipe dengan karakter yang berbeda. dalam konstruksi laminasi, sambungan yang biasa digunakan adalah tipe *butt joint* dimana tipe ini sederhana dalam produksinya dan memiliki kekuatan yang cukup baik [7]. Pengujian yang dilakukan yaitu uji kekedapan laminasi serat bambu apus. Pada sambungan kulit kapal terdapat celah-celah antar sambungan yang perlu mendapat perhatian khusus, dikarenakan celah tersebut sering menimbulkan kebocoran pada kapal. Pengujian kekedapan dibutuhkan untuk mencegah kecelakaan seperti kebocoran.

Berdasarkan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang, maka rumusan masalah yang diambil adalah: apakah jenis sambungan papan laminasi berbahan resin epoxy mempengaruhi kekuatan papan laminasi bambu dan bagaimana pengaruh jenis sambungan terhadap tekanan angin sebagai analisa kekedapan.

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui kekedapan model sambungan papan laminasi pada kulit kapal dengan menggunakan Bambu Apus dan mendapatkan Mendapatkan nilai tekanan uji yang menggunakan material Bambu Apus yang dipakai dengan melakukan pengujian Air Pressure Test. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode Air Pressure Test.

Manfaat penelitian ini yaitu secara teoritis dapat memberikan inovasi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dalam bidang material kapal, serta harapannya dapat memberi informasi

alternatif dan efisien untuk mengurangi biaya operasional namun tetap memenuhi standar yang diinginkan.

2. LITERATUR REVIEW

Penelitian ini adalah penelitian yang bersifat percobaan (eksperimental) atau dengan melakukan pengujian. Penelitian ini menggunakan bambu berjenis Bambu Apus. Bambu Apus digunakan sebagai bahan bangunan untuk menggantikan kayu di kapal. Pengujian yang dilakukan yaitu dengan pembuatan benda uji dengan bentuk kubus dengan 5 sisi baja dan salah satu sisi dengan papan laminasi bambu apus dengan 2 variasi sambungan.

Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium secara eksperimental yaitu pada Laboratorium Las dan Material, Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro, Semarang. Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi: Bambu Apus sebagai spesimen uji, Resin epoxy, baja ST 40, seperangkat kompresor dan *towing tank*. Pada perencanaan percobaan penulis mencoba melakukan beberapa tahap percobaan yaitu:

2.1. Material Uji

Komposit adalah bahan rekayasa jenis baru yang tersusun dari dua bahan atau lebih, sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lain baik sifat kimia maupun sifat fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan (komposit) tersebut. Bambu ini hidup merumpun, rapat dan tegak. Ketinggiannya mencapai 20-m dengan ujung melengkung. Diameter batang antara 2,5 sampai 15-cm, tebal dinding 3 sampai 15-mm [8]. Bahan yang terdiri dari campuran dua atau lebih komponen makro yang berbeda bentuk dan komposisinya serta tidak dapat saling larut disebut komposit [1].

Bambu apus termasuk dalam genus *Gigantocroa* dan memiliki rumpun yang lebat. Nama ilmiah bambu apus adalah *gigantochloa apus* Bl.. Bambu apus dikenal juga sebagai bambu tali, awi tali, atau pring tali [13]. Penelitian ini menggunakan bambu apus untuk mengganti kayu pada bahan utama pembuatan kapal. Bambu Apus memiliki massa 0,714 gr/cm³. Bambu Apus memiliki kekuatan Tarik 53,53 MPa, Kekuatan luluh 32,06 N/m², Modulus Elastitas 9901,96

N/m², Kekuatan tekan 49,91 MPa, Kekuatan geser 3,872 N/m², Kekuatan Tarik tegak lurus serat 2,77 MPa

Bambu laminasi merupakan bambu yang disusun dari beberapa serat bilah bambu apus yang direkatkan menggunakan resin. Ukuran yang digunakan pada penelitian ini 30 x 30 x 2 cm. Gambar 2.1 menjelaskan tentang laminasi bambu.

Sambungan yang digunakan pada penelitian ini sambungan tegak lurus (*butt joint*) dan sambungan miring (*scarf joint*). Papan laminasi sangat cocok untuk digunakan di kapal karena bahannya yang tahan akan korosi dan kuat digunakan sebagai bahan baku pembuatan kapal [13]. Selain itu bahan komposit memiliki berbagai jenis sebagai berikut. Komposit adalah suatu material alternatif yang terbentuk dari perpaduan dua material atau lebih yang berbeda dan membentuk komponen tunggal yang memiliki karakteristik dan sifat mekanik yang berbeda dari setiap material penyusunnya. Adapun keuntungan penggunaan material komposit sebagai alternatif penggunaan kayu untuk komponen kapal adalah sebagai berikut [14]:

- Tidak mengalami korosi
- Secara kimiawi tahan terhadap zat-zat kimia umum termasuk bahan bakar dan bahan polutan
- Biaya operasional lebih murah
- Ramah lingkungan



Gambar 2.1 Laminasi Bambu

Pembuatan komposit dilakukan dengan Serat bambu yang akan disusun sebagai penguat polimer resin epoksi. Resin ini adalah resin thermosetting yang dalam molekulnya mengandung dua atau beberapa fungsi epoxy. Resin ini memiliki kemampuan resapan air paling baik, tahan terhadap suhu tinggi dan tahan terhadap korosi maupun reaksi kimia. Resin Epoxy memiliki sifat jernih,

sangat liat, tahan terhadap kimia, mempunyai daya rekat yang baik [8]. Resin ini biasa digunakan sebagai bahan adhesif dan lapisan pelindung yang baik karena memiliki kekuatan yang tinggi dan daya rekat yang tinggi [9]. Komposisi Umum Resin Epoxy Bisphenol A 80-90%, Modified Epoxy Resin 5-15%, Alkyl Glycidyl Ether 5-15%, Mercapton Polimer 50-60%, Tertiary Amine 5-10%, Polyamide Resin 30-35%, Triethylene Tetramine <3%, dan Alifatic Amine 1-10%. Gambar 2.2 menunjukkan Resin Epoxy.



Gambar 2.2 Resin Epoxy

Penelitian ini menggunakan kompresor. Kompresor adalah perangkat atau mesin yang meningkatkan atau meningkatkan tekanan cairan udara atau gas. Sederhananya, fungsi kompresor adalah untuk mengambil gas atau udara dari lingkungan, menekannya dalam selang dan mengirimkannya kembali sebagai udara terkompresi.

Baja St.40 adalah baja dengan kandungan C maksimum 0,15%, S=0,05%, P=0,16% (Buku Pegangan Spesifikasi Material Logam, Robert B. Ross). Baja St.40 berarti baja karbon rendah dengan kekuatan tarik 40 kg/mm².

2.2. Kadar Air

Kadar air bambu apus bisa menjadi pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanik dan fisik. Kadar air bisa berpengaruh pada laminasi bambu. Menurut standarisasi ISO 22157-I-2004 kadar air yang baik <12%. Kadar air dihitung dari berat air (g) dibagi berat kering bambu. Kadar air bambu apus bisa dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$KAS = \frac{Bb - Bk}{Bk} \times 100\%$$

Standart kadar air yang digunakan dalam pengujian <12%. kadar air kayu yang baru ditebang dan masih basah berisar 40-200%, sedangkan kadar air kayu kering udara di Indonesia berkisar antara 12-18% atau rata-rata 15% [10].

Pada penelitian ini kadar air hanya diukur dengan moisture meter. Pada sampel tipe sambungan tegak ditemukan kadar air 7,1% dan 8,1%. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa sampel variasi di atas telah memenuhi standar ISO22157-1- 2004. Kadar air harus kurang dari 12%.

Ditemukan kadar air 8,4% dan 8,9% pada sampel tipe sambungan miring dengan hasil tersebut dapat diketahui bahwa sampel variasi di atas telah memenuhi standar ISO2215712004. Kadar air harus kurang dari 12%.

Kadar air spesimen setelah dilakukan penyambungan papan laminasi memiliki kadar air yang sudah sesuai dengan standar yang berada di ketetapan ISO 22157-1-2004. Gambar 2.3 menunjukkan alat pengukur kadar air



Gambar 2.3 Pengukur kadar air

2.3. Air Pressure Test

Air Pressure Test adalah metode pengujian untuk adhesi las menggunakan udara bertekanan tinggi. Tes udara bertekanan tinggi adalah tes kebocoran tangki dan pipa menggunakan tekanan tinggi. Pada beberapa bagian kapal harus dibuat kedap dalam arti kata semua sambungan pengelasan tersebut haruslah kedap atau tidak ada kebocoran. Tes bertekanan tinggi ini menggunakan tekanan di kisaran 0,2 psi. Selain itu, metode ini menggunakan larutan sabun berbusa untuk mendeteksi kebocoran. Hal ini disebabkan oleh

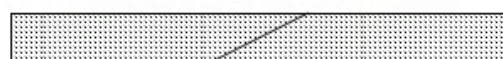
adanya udara dengan busa sabun yang keluar dari tangki. Kedua, jika memiliki lasan yang tiba-tiba memiliki gelembung, kita harus menandai area tersebut sebagai perlu diperbaiki.

2.4. Sambungan Bambu Laminasi

Sambungan sering kali dikatakan dengan bagian yang sangat riskan atau memiliki kekuatan yang paling kurang dalam segala aspek, sehingga kegagalan baik dari kegagalan struktur maupun kerusakan yang ada pada yang dikarenakan sambungan [11]. Menurut SNI 01.5008.4-1999 menjelaskan bahwa papan sambung laminasi terdiri dari dua jenis yaitu papan sambungan utuh (*solid jointed board*) dan papan sambung tidak utuh (*non-solid jointed board*). Gambar 2.4 dan gambar 2.5 menunjukkan sambungan tegak (*butt joint*) dan sambungan miring (*scarf joint*).



Gambar 2.4 Sambungan Tegak (*butt joint*)



Gambar 2.5 Sambungan Miring (*scarf joint*)

2.5. Analisa Kecedapan

Pengujian kekedapan dibutuhkan untuk mencegah kecelakaan seperti kebocoran. Untuk mencegah kecelakaan tersebut diperlukan pemeriksaan. Tujuan dari tes bertekanan tinggi ini adalah untuk menentukan kualitas produk atau sampel tertentu. Jenis-jenis metode pengujian kekedapan antara lain: yaitu metode Chalk test (Kapur dan minyak), Metode Udara bertekanan (*Air Pressure Test*), Metode Hampa udara (*Vacum test*). Pada penelitian ini dipilih metode Udara bertekanan (*Air Pressure Test*).

2.6. Lokasi Pengujian

Lokasi pembuatan spesimen ini terletak di *Workshop* dan pengawetan bambu (Rosse Bambu Jogja) untuk pengujian spesimen ini terletak di Laboratorium Pengelasan dan Material Kapal Departemen Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.

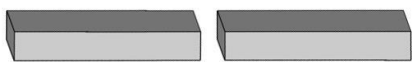
3. METODE

3.1 Material Pembuatan

- A. Laminasi bambu terbuat dari bambu apus (*Gigantochloa atroviolacea*) yang digunakan sebagai bahan utama pada pembuatan papan laminasi bambu. Umur minimal bambu yang bisa digunakan untuk membuat laminasi bambu yaitu 3 tahun dan diameternya 150 mm. Bagian bambu yang bisa digunakan 1 meter sampai 4 meter dari pangkal.
- B. Resin *Epoxy*
Perekat yang digunakan pada pembuatan papan laminasi dan penyambungan spesimen yaitu resin *epoxy* dengan menggunakan perbandingan 4 : 1 untuk resin dan hardener. Resin *Epoxy* yang digunakan adalah chamstar yang dibeli di Demak.

3.2 Pembuatan Spesimen Papan Laminasi

Proses pembuatan papan laminasi dimulai dengan pemotongan batang bambu dari sebelum ruasnya hingga panjang batang 30 cm. Kemudian batang bambu tersebut dipotong menjadi bilah, bilah bambu dibuat dengan cara membuang kulit luarnya. Kemudian bilah dilakukan proses splitting untuk mendapatkan ukuran 30 cm x 1 cm. Gambar 3.2.1 dan gambar 3.2.2 menjelaskan tentang rancangan pembuatan spesimen papan laminasi komposit bambu dengan variasi sambungan tegak dan sambungan miring, masing masing sambungan membuat 2 papan laminasi komposit.



Gambar 3.2.1 Sambungan Tegak



Gambar 3.2.2 Sambungan Tegak

Papan laminasi dikeringkan sampai kadar air kurang dari 12%. Pengeringan papan laminasi tergantung cuaca, biasanya sekitar 2-4 minggu. Kemudian menghaluskan permukaan menggunakan mesin amplas.

Papan laminasi yang sudah dikeringkan kemudian digunakan sebagai komposit penguat untuk membuat LBC (*Laminated Bamboo Composites*). LBC didapatkan dengan menggunakan mesin press hidrolik dengan tekanan

2.0 MPa. Gambar 3.2.3 dan gambar 3.2.4 menjelaskan tentang proses pengepresan papan laminasi.



Gambar 3.2.3 Press hidrolik



Gambar 3.2.4 Press hidrolik

3.3 Pembuatan Sambungan Papan Laminasi

Setelah spesimen berbentuk papan laminasi, pemotongan papan laminasi dilakukan di bagian tengah dengan variasi sambungan tegak dan sambungan miring. Gambar 3.3 menjelaskan tentang pembuatan variasi sambungan papan laminasi.



Gambar 3.3 Pembuatan Sambungan Papan

Papan laminasi yang telah dipotong di rekatkan menggunakan resin *epoxy* dan di press untuk mengurangi rongga yang ada di sambungan papan laminasi.

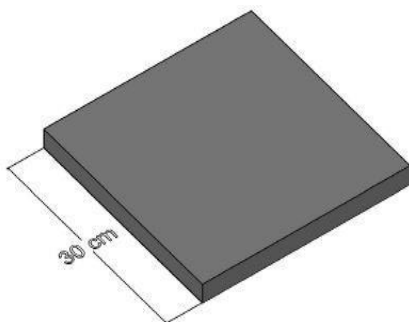
3.4 Pembuatan Spesimen Uji

Proses pembuatan Papan Laminasi dapat dilakukan dengan cara :

- Potong bambu 1-meter diatas akar mengikuti ruas
- Bilah bambu di belah sesuai dengan lebar yang diperlukan yaitu 20mm dengan ketebalan 2 mm.
- Bersihkan permukaan bambu dengan penyikatan agar bagian yang akan dilakukan pelapisan (coating) resin melekat kuat.
- Sejajarkan bilah bambu kemudian susun menjadi papan sesuai dengan ukuran yang diinginkan.
- Lapiskan resin pada seluruh bagian kemudian diamkan hingga mengering dan tempa laminasi hingga mengeras.

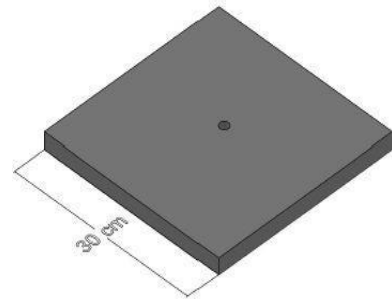
Pembuatan Spesimen kubus untuk uji kekedapan. Spesimen di-*design* kotak dengan sekedap mungkin. Berikut proses pengerjaan sambungan papan kulit berbentuk kotak, gambar :

- Menyiapkan papan laminasi yang telah dibuat dengan ukuran panjang 30 cm, lebar 30 cm, dan tebal 2 cm. Gambar 3.4.1 menjelaskan tentang pembuatan papan laminasi.



Gambar 3.4.1 Papan laminasi

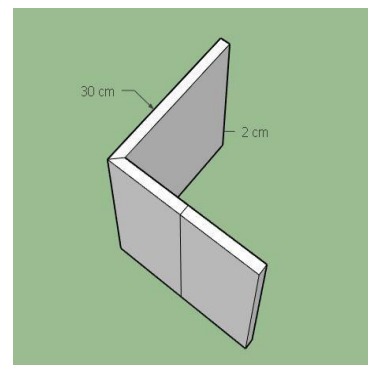
- Pada salah satu sisi (Baja ST 40) dibuat lubang untuk masuknya udara. . Gambar 3.4.1 menjelaskan tentang pembuatan papan laminasi yang sudah dibuat lubang.



Gambar 3.4.2 Papan laminasi

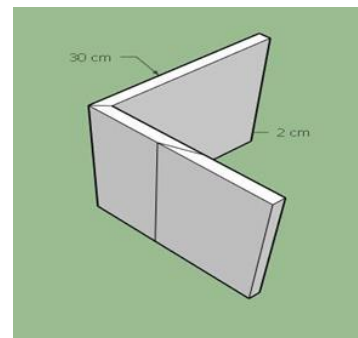
- Selanjutnya papan tersebut disambung dengan variasi sambungan pada papan, gambar 3.4.3 dan 3.4.4 menunjukkan sambungan tegak dan sambungan miring:

1. Sambungan Tegak (*Butt Joint*)



Gambar 3.4.3 Sambungan Tegak

2. Sambungan Miring (*Scarf Joint*)

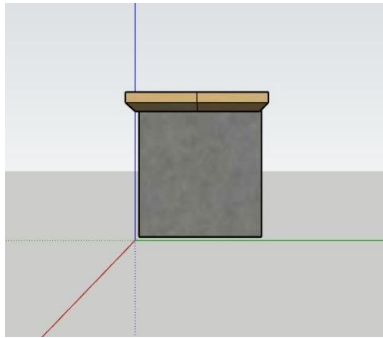


Gambar 3.4.4 Sambungan Miring

- Spesimen uji selanjutnya dibentuk kotak dengan ukuran (30x30x30) cm. Sambungan yang digunakan ada 2 variasi, gambar 3.4.5 dan 3.4.6 menunjukkan kotak dengan variasi papan sambungan tegak (*butt joint*), sedangkan gambar 3.4.7 dan 3.4.8 menunjukkan kotak dengan

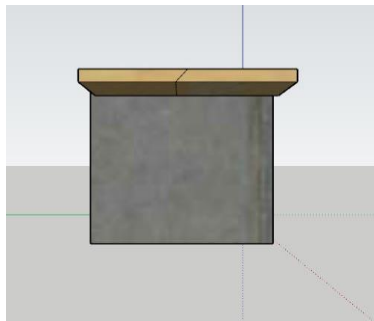
variasi papan sambungan miring (*scarf joint*).

1. Sambungan Tegak (*Butt Joint*)



Gambar 3.4.5 Sambungan Tegak

2. Sambungan Miring (*Scarf Joint*)

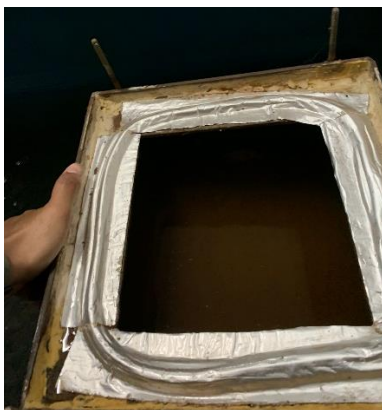


Gambar 3.4.6 Sambungan Miring

3.5. Pelaksanaan Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kekedapan antara sambungan melalui pengujian tekanan angin uji tekanan angin dilakukan pada spesimen bambu yang dibentuk kotak disesuaikan dengan kapal kayu sesuai aslinya. Tahapan pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut:

1. Spesimen uji dimasukkan air tawar sebanyak 4/5 dari ukuran kotak.



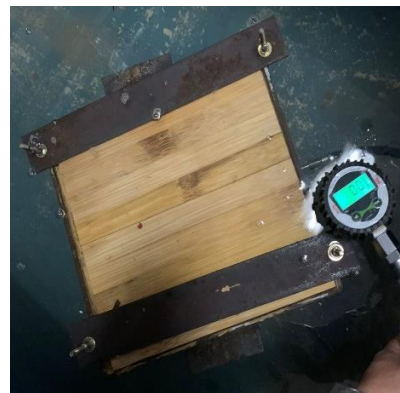
Gambar 3.5.1. Kotak berisi 4/5 air

2. Spesimen dimasukkan ke *towing tank* untuk mengetahui adanya gelembung yang muncul dari dalam spesimen.



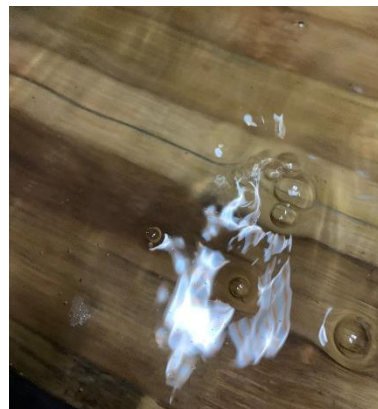
Gambar 3.5.2. Spesiemen dimasukkan ke air

3. Spesimen uji yang telah diisi air tawar dimasukkan udara dari kompresor.



Gambar 3.5.3 Spesimen dimasukkan udara

4. Pencatatan dilakukan dengan mengamati tekanan maksimum pada barometer terhadap spesimen uji yang mengalami kerusakan atau mengeluarkan gelembung.



Gambar 3.5.4. Adanya gelembung pada spesimen

5. Lokasi terjadinya kerusakan akan ditandai.
6. Pengujian dilakukan pada masing-masing kotak.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

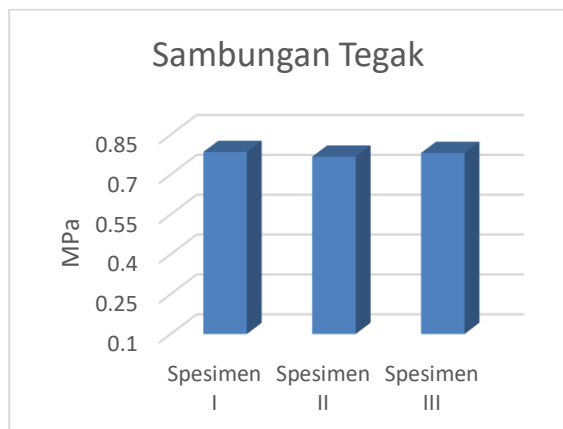
Hasil dari pengujian spesimen ini dilakukan pencatatan pengujian kekedapan dengan uji *Air Pressure Test*, Tabel 4.1 dan grafik 4.1 menjelaskan nilai kekedapan uji *Air Pressure Test* variasi sambungan tegak.

Sambungan Tegak

No.	Sambungan Tegak	Tekanan maksimum (MPa)	Kerusakan
1.	I	0.785	√
2.	II	0.767	√
3.	III	0.781	√

Keterangan :

√ : kerusakan pada sambungan



Berdasarkan tabel 4.1 dan grafik 4.1 mendapatkan data, untuk spesimen uji I tekanan maksimumnya 0.785 MPa jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 113.9 lbf/in², spesimen uji II tekanan maksimumnya 0.767 MPa jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 111.2 lbf/in² dan spesimen uji III tekanan maksimumnya 0.781 MPa jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 113.2 lbf/in²

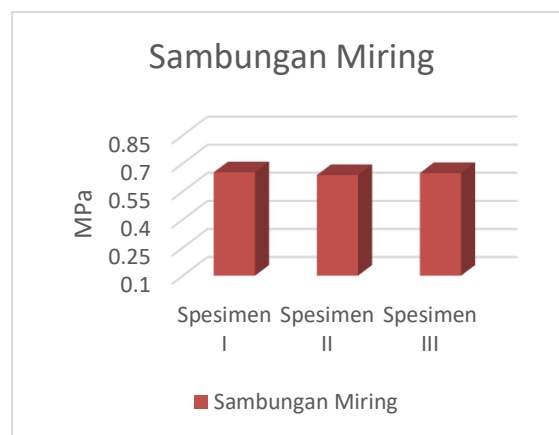
Tabel 4.2 dan grafik 4.2 menjelaskan nilai uji kekedapan *Air Pressure Test* Sambungan miring pada pengujian *Air Pressure Test* variasi sambungan miring.

Sambungan Miring

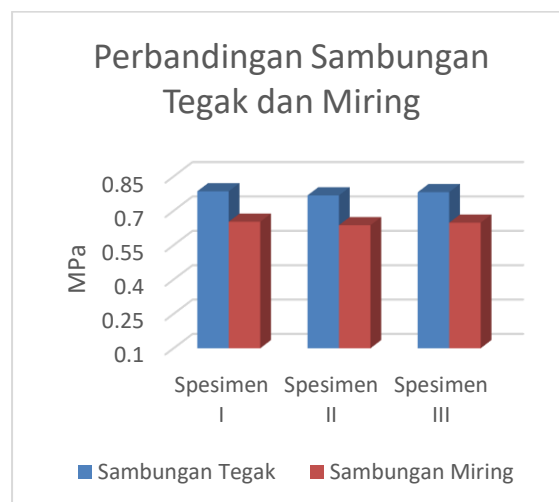
No.	Sambungan Miring	Tekanan maksimum (MPa)	Kerusakan
1.	I	0.652	√
2.	II	0.637	√
3.	III	0.648	√

Keterangan :

√ : kerusakan pada sambungan



Berdasarkan tabel 4.2 dan grafik 4.2 mendapatkan data, untuk spesimen uji I tekanan maksimumnya 0.652 Mpa jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 94.6 lbf/in², spesimen uji II tekanan maksimumnya 0.637 MPa jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 92.4 lbf/in² dan spesimen uji III tekanan maksimumnya 0.648 jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 93.9 lbf/in². Grafik 4.3 menjelaskan tentang perbandingan sambungan tegak (*butt joint*) dan sambungan miring (*scarf joint*).



4.2. Pembahasan Penelitian

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilaksanakan penggunaan laminasi bambu dapat menggantikan penggunaan kayu pada kulit kapal. Diketahui Laminasi bambu mempunyai density 15,71 % dibandingkan dengan kayu jati solid. Mengacu pada regulasi penggunaan material pada pembangunan kapal kayu tersebut laminasi bambu masih ada kemungkinan digunakan sebagai bahan pembangunan kapal kayu dengan melihat sifat mekanik dan sifat lainnya [15]. Laminasi bambu mempunyai ketahanan terhadap beban dinamis yang paling baik. Dalam konstruksi kapal kayu, material yang mempunyai endurance limit tinggi merupakan persyaratan utama dalam pemilihan material.

Hasil dengan dua variasi sambungan yaitu sambungan tegak (*butt joint*) dan sambungan miring (*scarf joint*) dapat diketahui sambungan tegak (*butt joint*) memiliki tingkat kekedapan yang lebih kedap. Berdasarkan hasil nilai tekanan uji variasi sambungan tegak yaitu 0,785 MPa, 0,767 MPa dan 0,781 MPa sedangkan nilai sambungan miring lebih kecil yaitu 0,652 MPa, 0,637 MPa dan 0,648 MPa. Berdasarkan penelitian terdahulu yang membahas mengenai dua variasi sambungan ini menyatakan kuat tekan sambungan tegak lebih tinggi dibandingkan sambungan miring. Hal ini dikarenakan sambungan tegak lebih kuat menerima gaya tekan karena pada sambungan miring terdapat bidang irisan miring yang tidak mampu menerima gaya tekan lebih besar [16].

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengujian 4 spesimen dengan 2 variasi sambungan yaitu sambungan tegak dan sambungan miring menggunakan pengujian *Air Pressure Test*, bisa disimpulkan menjadi variasi sambungan tegak pada pengujian *Air Pressure Test* mendapatkan nilai 0.785 MPa jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 113.9 lbf/in², 0.767 MPa jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 111.2 lbf/in² dan 0.781 MPa jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 113.2 lbf/in². Variasi sambungan miring pada pengujian *Air Pressure Test* mendapatkan nilai 0.652 Mpa jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 94.6 lbf/in², 0.637 MPa jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 92.4 lbf/in² dan 0.648 jika dijadikan PSI mendapat nilai sebesar 93.9 lbf/in². Variasi sambungan tegak pada

pengujian *Air Pressure Test* lebih kuat daripada sambungan miring. Kedekatan yang dimiliki sambungan tegak lebih bagus.

Pada penelitian ini masih banyak keterbatasan, masih banyak kesederhanaan, penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan lagi seperti pembuatan spesimen uji menggunakan serat yang kuat dan tertempel *resin epoxy* dengan padat, pembuatan spesimen uji perlu dikeringkan sebelum diuji terlebih dahulu, spesimen uji dibuat kedap dengan menggunakan bahan yang sekedap mungkin, variasi sambungan yang digunakan bisa lebih banyak agar bervariasi sehingga dapat dijadikan perbandingan dan melengkapi penelitian yang telah ada.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Einstein, B. Podolsky, and N. Rosen "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?," *Institute for Advanced Study*, vol. 47, no. 10, pp. 777-780, 1935.
- [2] N. H. Sari, *Material Teknik*, Yogyakarta: Deepublish. 2018.
- [3] K. Rassiah and M. M. Ahmad, "A Review on Mechanical Properties of Bamboo Fiber Reinforced Polymer Composite," *Mechanical Engineering Departemen*, vol. 7, no. 8, pp. 247-253, 2013.
- [4] M. Schwartz, *Composite Materials*, United States: Prentice Hall PTR, 1997, p.313
- [5] D. Istanta, "Analisis Pengaruh Texture Serat Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Aramid Epoksi Prepeg," *Industri Elektro dan Penerbangan*, vol. 3, no.1, pp. 52-80, 2013.
- [6] A. J. Panshin and C. D. Zeeuw, "Textbook of wood technology," in *we Structures, Identification, Uses, and Properties of the Commercial wood of The United States*, Vol. 1. New York: McGraw – Hillbook Company inc, 1964, p. 402.
- [7] A. B. Widodo, E. Panunggal, and S. Widjaja, "Effect of Bamboo Node for Construction Application," *IPTEK J. Technol*, vol. 18, no. 3, pp. 96-102, 2007.

- [8] F. A. Siahaan, P. Manik, H. Yudo, "Pengaruh Susunan dan Ukuran Bilah Bambu Petung (*Dendrocalamus Asper*) Dan Bambu Apus (*Gigantochloa Apus*) Terhadap Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekan Dan Kekuatan Lentur Untuk Komponen Konstruksi Kapal," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 14, no. 3, pp. 94-101, 2017.
- [9] D. W. Hermawan, M. Masturi, I. Yulianti, "Ketahanan Tekan Komposit Dari Resin Epoksi Berpenguat Serat Bambu," *Jurnal Fisika Unnes*, vol. 5, no. 1, pp. 31-35, 2015.
- [10] M. I. Syafi'i, "Pengaruh Variasi Panjang Sambungan Bibir Lurus dan Baut pada Kuat Lentur Balok Bambu Petung Laminasi," *Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya*, vol. 3, no. 1, pp. 1-6, 2019
- [11] T. Sucipto, "Kayu Laminasi dan Papan Sambung," *Departemen Kehutanan*, vol. 2, no. 1, pp. 1-11, 2009.
- [12] P. Manik, S. Samuel, and D. A. Prasetyo, "ANALISA KEKUATAN TARIK DAN KEKUATAN LENTUR BALOK LAMINASI KOMBINASI BAMBUPETUNG DAN BAMBUPETUNG DAN BAMBUPETUNG DAN BAMBUPETUNG UNTUK KOMPONEN KAPAL KAYU," *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, vol. 13, no. 3, pp. 142-151, Oct. 2017.
- [13] P. Manik, A. Suprihanto, S. Nugroho, "THE EFFECT OF LAMINA CONFIGURATION AND COMPACTION PRESSURE ON MECHANICAL PROPERTIES OF LAMINATED GIGANTOCHLOA APUS COMPOSITES," *Kapal*, vol. 6, no. 12, pp. 62-79, 2021
- [14] J. Oroh, F. P. Sappu, "Analisis Sifat Mekanik Material Komposit Dari Serat Sabut Kelapa," *J.Poros Tek.Mesin Unsrat*, vol. 1, no. 1, pp. 1-10, 2012.
- [15] A. B. Widodo, "Karakterisasi Bambu Laminasi Sebagai Bahan Pembangunan Kapal Perikanan," *Fak.Teknik dan Ilmu Kelautan*, vol. 1, pp. 16-25, 2018.
- [16] W. R., "Perbandingan Kekuatan Butt Joint dan Scarf Joint Pada Kapal Kayu dengan Alat Sambung Perekat," *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*, vol. 13, no. 1, pp. 81-91, 2009.