



## **Kekuatan lentur komposit sandwich kayu bakal lambung perahu sebagai *core* dan polyester serat gelas sebagai *skin***

**Azwar Yunus<sup>\*</sup>, Saifuddin, Marzuki, Dahlul Arifin**  
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe,  
Lhokseumawe, 24301, Indonesia  
<sup>\*</sup>Email: [azwaryunus@pnl.ac.id](mailto:azwaryunus@pnl.ac.id)

Manuscript Received: December 05, 2019; Accepted: February 18, 2020

### **Abstrak**

Penggunaan kayu sebagai bahan baku perahu nelayan memiliki beberapa kelemahan yaitu kekuatan dan ketahanan air yang kurang baik. Akibatnya, umur pakai perahu tidak ekonomis sehingga membutuhkan teknologi material komposit sandwich. Kayu dilapisi dengan komposit polyester serat gelas pada kedua permukaannya. Tujuannya untuk meningkatkan kekuatan kayu, memproteksi penyerapan air, serta melindungi paparan matahari. Hal ini menguntungkan, karena badan perahu tidak perlu dicat dan dilapisi dengan lapisan seng pada bagian lambungnya yang selama ini sering dilakukan para nelayan. Artikel ini mengkaji kekuatan lentur bahan komposit sandwich menggunakan beberapa jenis kayu (Damar Laut dan Merbau serta Sengon dan Damasui) sebagai *core*, komposit *polyester* dan gelas sebagai *skin*. Specimen uji dibuat dengan metode *hand lay up* dengan ketebalan *core* 8 mm dan *skin* 1 lapisan pada masing - masing permukaan (1 mm) kemudian dibentuk mengikuti standart ASTM C 1341. Pengujian lentur menggunakan Universal Testing Mechine Galdabini. Hasilnya menunjukkan bahwa bahan *core* kayu Sengon (lunak) menghasilkan peningkatan kekuatan lentur yang sangat signifikan hingga 92 % dibandingkan *core* kayu Damasui dengan peningkatan hanya 5.1%. hasil pengujian juga menunjukkan bahwa kekuatan dipengaruhi oleh ikatan pada bagian sambungan *interface* permukaan *core* dan *skin* yang berhubungan dengan kemampuan resin berpenetrasi ke dalam permukaan kayu untuk mengasalkan sambungan yang baik dan padu. sedangkan *core* kayu Merbau dan Damar Laut proses sandwich menghasilkan peningkatan kekuatan lentur sekitar 14 %. Maka, kayu Sengon yang telah dilapisi dengan komposit polyester serat gelas memenuhi syarat mekanik dan fisik sebagai bahan perahu. Demikian juga dengan ke 3 jenis kayu lainnya, kekuatan lenturnya juga mengalami peningkatan.

**Kata kunci:** kayu perahu, sifat mekanik, kekuatan lentur, komposit sandwich, polyester serat gelas.

### ***The flexural strength of the combination of wood sandwich composite boat hull as a core and glass fiber polyester as a skin***

#### **Abstract**

Wood as raw material for boat making has some limitation for mechanical and physical properties. The sandwich composite material technology will apply to solve the case, where the wood will be coated with glass fiber polyester composites on both surfaces to increase the strength, protect water absorption and sun exposure. So, the body of boat does not need to be painted and coated with a layer of zinc on the hull, which has often been done by fishermen. This article examines the flexural strength of sandwich composite materials, using several types of wood (Damar Laut and Merbau and Sengon and Damasui) as cores and glass fiber polyester composites as skins. Specimens were produced by *hand lay-up* method (core thickness of 8 mm and skin 1 layer on each surface) and preparing specimen according to ASTM C 1341. The results showed that the Sengon (soft) wood core material produced a very significant increase in flexural strength of up to 92% compared to Damasui wood cores that increase 5.1%. The strength is affected by bonding at the interface surfaces of the core and skin, which is related to the ability of the resin to penetrate into the wood surface to produce a good and coherent joint. Whereas Merbau and Damar Laut wood cores produces an increase in flexural strength around 14%. So the Sengon wood that has been coated with glass fiber polyester composites meets the mechanical and physical requirements as boat materials, as well as the other 3 types of wood, its flexural strength also increases.

**Keywords:** The wood of the boat, mechanical properties, flexural strength, sandwich composite, polyester of fiber glass.

#### **1. Pendahuluan**

Penduduk Aceh yang tinggal di daerah pinggir pantai, dominan memiliki mata pencaharian sebagai nelayan tradisional. Mereka umumnya menggunakan 'perahu tradisional' berbahan kayu berukuran kecil

yang digerakkan oleh motor penggerak 4.5 HP. Walaupun ada juga yang menggunakan perahu ukuran sedang dengan teknologi terkini dengan biaya pengoperasian yang lebih mahal. Bahan baku untuk pembuatan perahu yang berukuran besar dan perahu berukuran kecil menggunakan kayu yang

berbeda. Perahu kecil menggunakan kayu lunak, sedangkan perahu ukuran besar menggunakan kayu yang lebih kuat dan keras. Kedua jenis kayu memiliki kelemahan yaitu keterbatasan kekuatan dan rentan terjadi pengeroposan dan pelapukan dalam lingkungan akibat terendam air dan paparan matahari. Oleh karena itu, teknologi bahan komposit sandwich sangat di butuhkan dalam mengantisipasi hal tersebut.

Perahu adalah kendaraan air yang digerakkan oleh mesin atau dayung. Lambung perahu adalah bagian utama dari struktur perahu dalam menghasilkan daya apung (*bouyancy*) serta berfungsi untuk mendukung pembebanan yang diterima oleh perahu saat beroperasi. Lambung perahu akan menerima tegangan kombinasi akibat hampasan gelombang laut atau arus air serta benturan. Jenis pembebanan berupa tegangan tarik, tekan, tekuk, puntir dan dampak. Maka, pembuatan perahu harus memperhatikan beberapa parameter yaitu material yang kuat dan tangguh, struktur yang mempunyai daya tahan lama, ringan, murah, serta mudah dalam proses pembuatannya. Melalui pertimbangan nilai ekonomi serta kekuatan yang moderat serta proses pembuatan yang mudah maka bahan jenis kayu dan *polymer* yang diperkuat serat *glass* merupakan kandidat bahan yang paling sesuai untuk digunakan sebagai bahan pembuat perahu [1]. Maka dalam penelitian ini, penggabungan keduanya akan diaplikasikan dengan kayu berperan sebagai bahan utama yang diperkuat dengan polimer resin *polyester* berserat gelas yang sering disebut sebagai kayu komposit.

Penelitian sebelumnya telah dipelajari pengaruh proses sandwich pada beberapa jenis kayu bakal perahu kecil jenis Bayu dan Damasui yang menunjukkan bahwa lapisan *polyester* serat gelas dapat melindungi kayu sebagai *core* dari penyerapan air sehingga diperkirakan akan lebih awet dan tahan lama. Demikian juga dengan perbaikan kekuatan lenturnya yang meningkat hingga rata-rata mencapai 35 % pada penggunaan 1 lapis serat gelas, dan meningkat dengan penambahan lapisan serat gelas. Serat gelas tipe *woven roving (WR)* menunjukkan superior dibanding serat tipe *chopped strain mat (CSM)* sehingga lebih di rekomendasikan [2].

Para periset telah melakukan modifikasi kekuatan kayu untuk meningkatkan perilaku mekaniknya melalui penguatan secara eksternal atau internal. Diharapkan kayu yang diperkuat serat gelas ini dapat menjadikan kayu lebih superior sehingga bisa digunakan dalam penggunaan yang teknik yang rumit seperti konstruksi bangunan sipil, transportasi, industri, atau penggunaan dalam bidang konstruksi mesin dan dunia otomotif [3]. Penggunaan berbagai jenis bahan *core* dalam menghasilkan komposit sandwich yang handal untuk aplikasi structural terus diteliti dalam menghasilkan bahan *core* yang baru (*novelty*) baik bahan alami atau bahan sintesis

dengan kekuatan lentur, kekuatan tarik, dan geser yang semakin baik [4].

Salah satu yang menjadi menarik untuk dikaji adalah penggunaannya dalam bidang kelautan, dimana selama ini kayu menjadi salah satu unsur material dengan porsi terbesar dipakai sebagai bahan dasar pembuatan lambung (*hull*) kapal para nelayan dalam ukuran yang sedang sampai kecil yang disebut dengan Perah. Maka, penguatan kayu dengan proses sandwich dengan kayu sebagai *core* akan diperkuat dengan resin *polyester* serat gelas dengan metode yang sesuai dan penyambungan yang tepat serta perlakuan yang benar diharapkan dapat meningkatkan performansi mekanik dan fisik kayu sehingga dapat diandalkan sebagai bahan pembuatan perahu nelayan dengan kualitas tinggi [5].

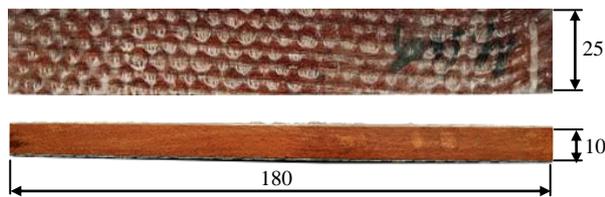
Komposit serat gelas telah cukup sukses dalam memperkuat bahan kayu. Serat gelas yang diperkuat resin *polyester* dilapisi secara eksternal pada permukaan kayu melalui proses basah (*wet process*). Hasil yang diperoleh adalah terjadinya peningkatan kekuatan dan kekakuan, yang diperoleh melalui uji bending, dan uji dampak. Uji bending menunjukkan salah satu jenis test yang menunjukkan peningkatan kekuatan yang lebih baik dibanding test Tarik. Hal ini mengingat penguatan terhadap kayu dilakukan pada kedua bagian permukaannya yang efeknya akan sangat maksimal bila diperiksa melalui uji bending sehingga diperkirakan uji bending menjadi lebih akurat dalam menentukan efeknya dari penguatan kayu oleh pelapisan dengan komposit serta *glass* [2].

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan membahas kekuatan lentur dari bahan komposit struktural sandwich kayu bakal bahan perahu sebagai *core* dengan menggunakan *skin* dari bahan komposit *polyester* yang diperkuat dengan serat gelas. Pengaruh jenis kayu dan peningkatan kekuatan lenturnya akibat proses *sandwich* akan dikaji, serta kelayakan dari bahan *core* secara mekanik untuk mendapatkan bahan yang paling baik kekuatan lenturnya sebagai bahan pembuatan perahu nelayan.

## 2. Metodologi Penelitian

Komposit struktural *sandwich* dibuat menggunakan kayu keras jenis Damar Laut dan Merbau serta kayu lunak jenis Sengon dan Damasui sebagai bahan *core*. Adapun *skin* akan dibuat dari bahan Resin *Polyester* tak jenuh BQTN 157-EX dan *hardener (peroxide)* sebagai pengeras, serta serat gelas jenis *woven roving (WR)*. Spesimen uji dibuat dengan metode *hand lay up*, dengan ke4 jenis kayu dipotong dengan ukuran 50 mm x 30 mm x 8 mm; pada kedua permukaannya dibuat lapisan komposit *polyester* serat gelas masing masing 1 lapis (1mm). Selanjutnya, dikeraskan selama  $\pm 24$  jam, kemudian dibuatkan spesimen uji mengacu pada standart ASTM C 1341-06 dengan L/d 16/1. Spesimen dibentuk menggunakan mesin Jiq Saw. Pengujian

lentur 3 point bending dilakukan dengan menggunakan Universal Testing Mesin (UTM) Galdabini untuk mengetahui pengaruh jenis kayu sebagai bahan *core* terhadap kekuatan lentur. Masing-masing jenis kayu dilakukan 3 kali pengulangan pengujian dengan mengambil nilai rata-rata, sedangkan pengamatan fraktography patahan dan struktur makro menggunakan Mikroskop optic dan kamera digital. Spesimen uji bending tiga titik pada standart ASTM C 1341 – 06  $L/d = 16/1$ ; yaitu tebal ( $d$ ) = 10 mm, jarak tumpuan ( $L$ ) = 16 mm, panjang spesimen = 180 mm dan lebar spesimen = 25 mm [6].

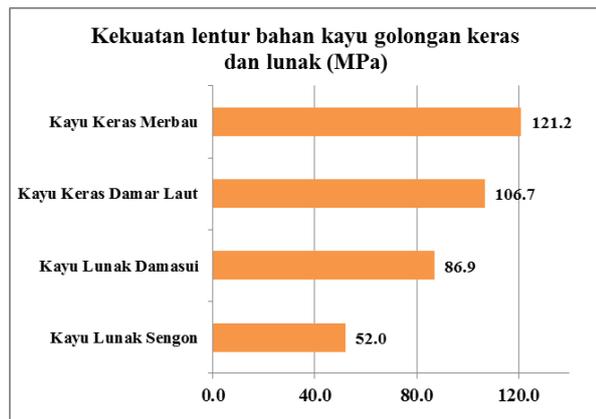


**Gambar 1.** Spesimen Uji Bending 3 titik

### 3. Hasil dan Pembahasan.

#### 3.1. Pengaruh Jenis Kayu terhadap Kekuatan Bending Komposit Sandwich Kayu Polyester Serat Gelas

Ada 2 golongan kayu digunakan yaitu kayu golongan keras (Merbau dan Damar Laut) dan kayu golongan lunak (Sengon dan Damasui). Masing masing spesimen uji mengalami 3 kali pengujian dengan mengambil nilai rata-rata. Kekuatan lentur hasil pengujian bending ditunjukkan pada gambar 1.

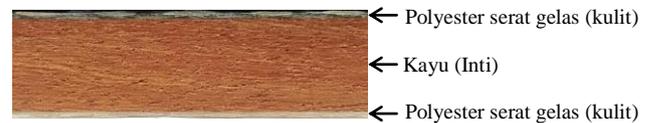


**Gambar 2.** Kekuatan lentur beberapa jenis bahan kayu untuk pembuatan perahu

Gambar 2. menjelaskan bahwa kayu golongan keras memiliki kekuatan lentur yang lebih tinggi dibandingkan kayu lunak. Kayu keras Merbau memiliki kekuatan yang lebih tinggi hingga 16 % dibandingkan dengan kayu keras jenis Damar laut, sedangkan kayu lunak jenis Damasui memiliki kekuatan lentur yang lebih tinggi hingga mencapai 60 % dibandingkan dengan kayu Sengon dengan

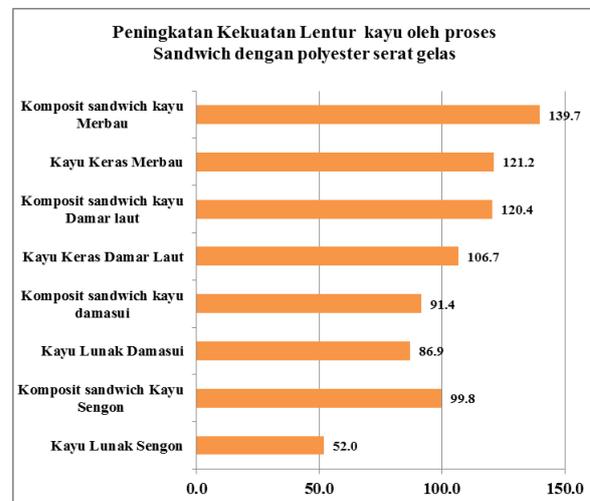
kekuatan lenturnya sangat rendah dan tidak sesuai untuk penggunaan structural keteknikan.

Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan lentur bahan kayu adalah melalui proses *sandwich* dengan membuat lapisan kulit pada permukaan kayu dengan menggunakan bahan komposit *polyester* serat gelas membentuk bahan yang padu antara kayu sebagai *core* dan komposit *polyester* serat gelas sebagai *skin*, seperti ditunjukkan oleh gambar 3.



**Gambar 3.** Penampang Komposit Sandwich kayu Polyester serat gelas (foto digital camera 1:1)

Peningkatan kekuatan lentur bahan kayu cikal bakal lambung perahu yang telah diperkuat dengan lapisan komposit *polyester* serat gelas pada masing-masing permukaannya membentuk struktural *sandwich* ditunjukkan pada gambar 4.



**Gambar 4.** Peningkatan kekuatan lentur beberapa bahan kayu bakal perahu akibat proses sandwich dengan *polyester* serat gelas.

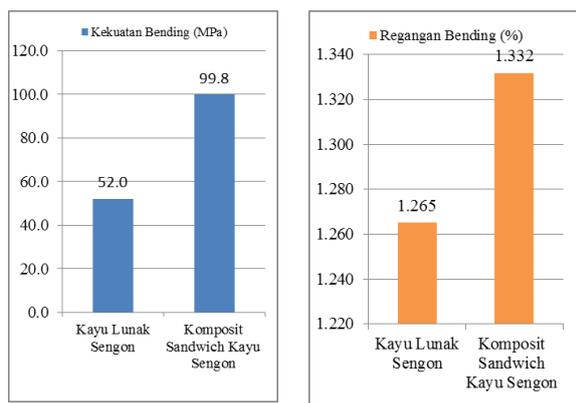
Gambar 4. menjelaskan bahwa telah terjadi penguatan yang cukup baik pada bahan kayu setelah dibentuk menjadi komposit struktural sandwich. Kayu Lunak jenis Sengon dapat menghasilkan bahan komposit *sandwich* yang memiliki kekuatan bending di atas kayu Damasui yang selama ini digunakan sebagai bahan baku pembuatan perahu kecil. Kekuatan bending kayu sengon adalah 52 MPa meningkat hingga 92 % menjadi 99.8 MPa setelah diperkuat dengan komposit *polyester* serat gelas (*sandwich*). Sehingga kayu Sengon yang diperkuat dengan komposit *polyester* serat gelas (*sandwich*) sangat memenuhi syarat untuk dikembangkan sebagai bahan perahu nelayan, sedangkan kayu jenis Damasui, peningkatan kekuatannya tidak terjadi

secara maksimal, karena terjadinya pengelupasan (delaminasi) pada bagian kulit sehingga efek penguatan tidak terjadi secara maksimal, kekuatan bending kayu Damasui adalah 86,9 MPa meningkat sekitar 5 % menjadi 91.4 MPa.

Penggunaan kayu golongan keras jenis Damar laut dan Merbau sebagai bahan inti (*core*) komposit sandwich juga menunjukkan pengaruh yang besar dengan kayu Damar Laut yang di-*sandwich* dengan *polyester* serat gelas menghasilkan peningkatan kekuatan bending dari 106.7 MPa menjadi 120.4 MPa dengan peningkatan sekitar 13 %. Demikian juga dengan kayu jenis Merbau yang memiliki kekuatan bending 121.2 MPa mengalami peningkatan kekuatan bending sekitar 15 % karena proses sandwich dengan komposit *polyester* serat gelas menjadi 139.7 MPa. Dengan demikian, kayu golongan keras jenis merbau dan damar laut yang sering digunakan sebagai bahan baku pembuatan kapal kayu ukuran besar dapat ditingkatkan kekuatannya (bending) hingga  $\pm 15$  % melalui proses sandwich dengan *polyester* serat gelas, di samping keuntungan lainnya seperti dapat melindungi kayu dari air dan sinar matahari.

### 3.2. Kekuatan lentur dan Regangan komposit struktural sandwich Kayu Lunak (*core*)

Kekuatan bending kayu sengon dan peningkatannya setelah dilakukan proses sandwich dengan polyester serat gelas akan ditampilkan secara lebih rinci pada gambar 3.4.



**Gambar 5.** Peningkatan kekuatan lentur dan regangan kayu Sengon oleh proses sandwich dengan *polyester* serat gelas.

Kekuatan bending kayu Sengon paling rendah di antara 4 jenis kayu yang di teliti 52 MPa sehingga tidak cocok untuk kebutuhan struktural yang mensyaratkan kekuatan yang tinggi. Namun, setelah dilakukan proses *sandwich* dengan bahan komposit polyester serat gelas, kekuatannya meningkat hampir mencapai 100 % sehingga cocok digunakan untuk kebutuhan structural seperti bahan baku perahu nelayan.

Di samping kekuatan bending yang cukup baik, bahan ini juga menghasilkan regangan bending yang cukup besar, yang mengindikasikan bahwa bahan cukup ulet atau lentur yang mampu menyerap gaya yang besar sebelum mengalami kegagalan akibat pengujian bending 3 titik. Di samping itu, pola kegagalan menunjukkan bahwa kayu sebagai inti dan polyester serat gelas sebagai kulit mengalami patah secara bersamaan dan tidak ada pengelupasan (delaminasi) pada bagian *interface* seperti ditunjukkan gambar 6.



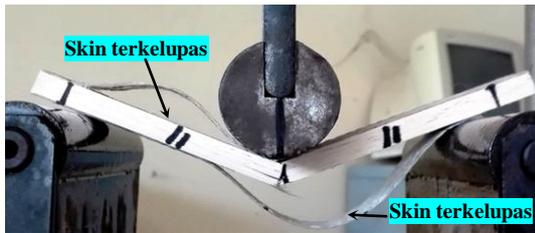
**Gambar 6.** kegagalan specimen pengujian bending bahan komposit sandwich kayu Sengon *polyester* serat gelas

Pola kegagalan detail ditunjukkan oleh gambar 7. yang mengindikasikan kekuatan rekatan yang sangat baik dan padu pada bagian *interface* dengan bagian kulit berperan sangat maksimal dan membentuk ikatan yang padu dengan kayu sebagai inti sehingga pada beban bending maksimum specimen komposit sandwich kayu sengon *polyester* serat gelas patah secara bersamaan.



**Gambar 7.** Pola kegagalan specimen komposit sandwich kayu Sengon *polyester* serat gelas oleh pengujian bending. (foto camera digital 2:1)

Proses sandwich menggunakan komposit *polyester* serat gelas tidak memperlihatkan peningkatan kekuatan yang memadai untuk bahan core dari kayu lunak jenis Damasui. Hal ini sangat berhubungan erat dengan kualitas sambungan pada bagian *interface*. Gambar 8. mengindikasikan bahwa lapisan kulit *polyester* serat gelas mengalami pengelupasan (delaminasi) dari permukaan kayu damasui sehingga tidak berperan maksimal dalam memberikan penguatan. Diperkirakan bahwa daya serap resin oleh permukaan kayu Damasui tidak sebaik kayu lunak jenis sengon sehingga kekuatan rekat *interface* tidak kuat.



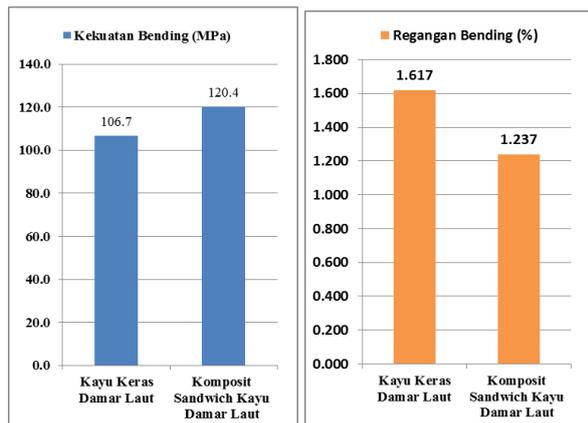
**Gambar 8.** Tampilan bentuk kegagalan specimen pengujian bending bahan komposit sandwich kayu Damasui *polyester* serat gelas



**Gambar 10.** Tampilan bentuk kegagalan specimen pengujian bending bahan komposit sandwich kayu damar laut *polyester* serat gelas

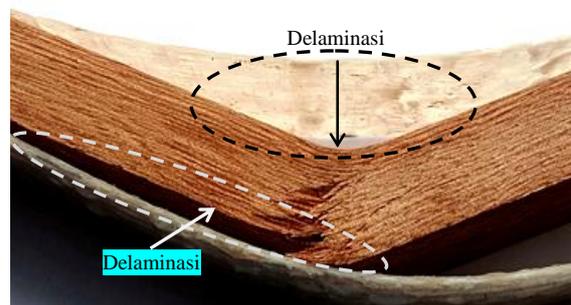
### 3.3. Kekuatan dan Regangan lentur Kayu Keras (Damar Laut dan Merbau) sebagai bahan Inti (core) komposit sandwich kayu *polyester* serat gelas.

Kekuatan bending dan regangan bending kayu Damar Laut dan peningkatannya setelah dilakukan proses sandwich dengan *polyester* serat gelas akan ditampilkan secara lebih rinci pada gambar 9. Peningkatan kekuatan kayu Damar laut akibat proses sandwich dengan *polyester* serat gelas adalah sekitar 13 % dengan kekuatan kayu bending Damar laut meningkat dari 106.7 MPa menjadi 120.4 MPa (gambar 3.9). Kegagalan specimen uji bending menunjukkan bahwa bagian kulit *polyester* serat gelas telah mengelupas (delaminasi) dari bahan kayu (inti) yang menyebabkan penguatan tidak terjadi secara maksimal (gambar 10).



**Gambar 9.** Kekuatan dan regangan bending bahan komposit sandwich kayu Damar Laut *Polyester* serat gelas

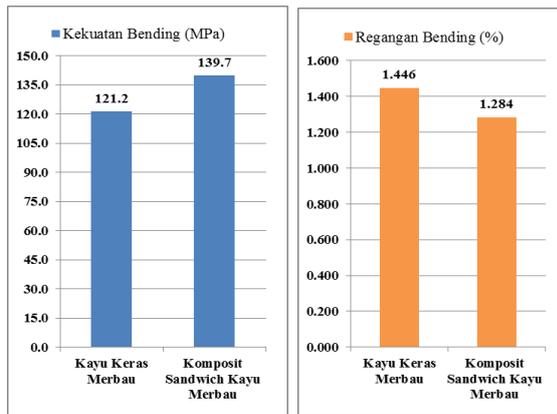
Bagian kulit mengalami pengelupasan dari bagian inti (kayu) yang disebabkan oleh kekuatan sambungan bagian *interfece* yang lemah karena ketidakmampuan resin ber penetrasi secara lebih dalam ke permukaan kayu damar laut sehingga resin tidak menyerap ke dalam permukaan kayu keras sebelum mengalami proses pengeringan. Pola kegagalan specimen uji bending ditunjukkan oleh gambar 11.



**Gambar 11.** Permukaan patahan specimen komposit sandwich kayu Damar Laut *polyester* serat gelas. (foto camera digital 1:1)

Dampak positif dari proses sandwich secara mekanik cukup baik sehingga kayu damar laut murni yang sudah kuat untuk berbagai aplikasi struktural menjadi semakin kuat. Keuntungan utama lainnya yang di kehendaki dari proses ini adalah dapat meningkatkan sifat fisik kayu damar laut melalui proteksi dari air sehingga memiliki umur pakai yang lebih lama sebagai bahan perahu yang selalu beroperasi dalam lingkungan air, daya tahan air menjadi salah satu faktor utama, sedangkan specimen menjadi semakin kaku yang ditunjukkan dengan penurunan regangan bending walau tidak terjadi secara signifikan, hal ini menjadi salah satu dampak negatif dari proses sandwich.

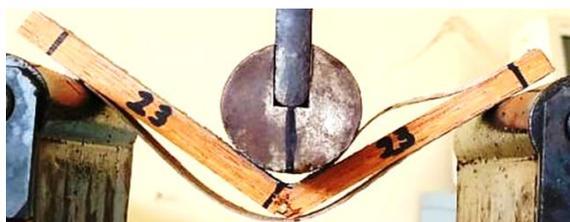
Kekuatan bending kayu Merbau dan peningkatannya setelah dilakukan proses *sandwich* dengan *polyester* serat gelas akan ditampilkan secara lebih rinci pada gambar 12.



**Gambar 12.** Kekuatan bending dan Regangan Bending Komposit Sandwich Kayu Merbau *Polyester* serat gelas

Proses sandwich dengan *polyester* serat gelas dapat meningkatkan kekuatan bending kayu Merbau sekitar 15 %, dari 121.2 MPa menjadi 139.7 MPa, sedangkan regangan bending menunjukkan penurunan sebagaimana terjadi pada kayu jenis damar laut. Kayu Merbau dan Damar laut adalah golongan kayu keras yang banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan kapal kecil yang sudah teruji kekuatannya. Peningkatan kekuatan bending akibat proses sandwich menunjukkan gejala yang identic pada kisaran 15 %.

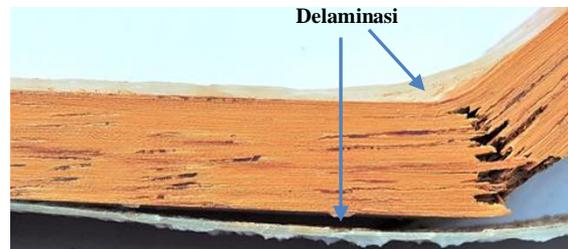
Faktor penguatan berasal dari kekuatan rekat antara permukaan kayu dengan *polyester* serat gelas, yang dipengaruhi oleh kemampuan penetrasi resin ke dalam permukaan kayu. Kayu keras diprediksi tidak mampu menyerap resin dengan baik sehingga rekatan *interface* antara kayu dan *polyester* serat gelas berkurang. Akibatnya, lapisan kulit mudah terkelupas (delaminasi) ditunjukkan gambar 13. Beban bending menyebabkan bagian permukaan bawah dari spesimen mengalami gaya Tarik, sedangkan bagian atasnya akan mengalami gaya kompresi/tekan hingga gagal/patah pada beban maksimum.



**Gambar 13,** Tampilan bentuk kegagalan specimen pengujian bending bahan komposit sandwich kayu Merbau *polyester* serat gelas

Tampilan detail bagian patahan specimen uji bending di tunjukkan oleh gambar 14. yang mengindikasikan kualitas kekuatan rekatan antara kayu (inti) dengan *polyester* serat gelas (kulit) tidak maksimal sehingga kekuatan lentur bahan komposit

sandwich kayu merbau *polyester* serat gelas tidak maksimal. Pada saat spesimen mengalami kegagalan/patah, kayu sebagai inti (*core*) mengalami perpatahan dengan pola yang normal, sedangkan kulit (*skin*) *polyester* serat gelas tidak patah, tapi mengalami delaminasi (pengelupasan) dari permukaan kayu yang mengindikasikan kekuatan rekatnya tidak maksimal.



**Gambar 14.** Detail Permukaan patahan specimen pengujian bending bahan komposit sandwich kayu Merbau *polyester* serat gelas. (foto camera digital 1:1)

Persentase *hardener* yang ditambahkan ke dalam resin *polyester* saat proses pencampuran diprediksi berpengaruh terhadap kualitas rekat karena untuk kayu jenis keras, dibutuhkan waktu penetrasi resin yang lebih lama sehingga waktu pengerasan (*curing time*) perlu diatur lebih lama melalui persentase penggunaan *hardener* yang tepat.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa Kayu lunak jenis Sengon dan Damasui serta kayu keras jenis Damar laut dan Merbau dapat ditingkatkan kekuatan lentur melalui proses *sandwich* menggunakan komposit *polyester* serat gelas. Peningkatan kekuatan lentur kayu sengon mencapai 92 % setelah di-*sandwich* sehingga memenuhi syarat mekanik dan fisik sebagai bahan perahu Nelayan, sedangkan kayu keras jenis Merbau dan Damar laut yang telah selama ini telah dipakai secara luas sebagai bahan perahu ukuran besar, peningkatan kekuatan lenturnya mencapai 14%, dan semakin kaku sehingga meningkatkan nilai manfaat dari kayu tersebut untuk berbagai aplikasi keteknikan. Pola patahan (*fractography*) menunjukkan bahwa peningkatan kekuatan dipengaruhi oleh kualitas sambungan rekat pada bagian *interface* antara *core* dan *skin* dengan resin yang harus mampu berpenetrasi ke dalam permukaan kayu untuk menghasilkan sambungan yang kuat dan padu.

#### Acknowledgement

Ucapan Terima Kasih kepada Politeknik Negeri Lhokseumawe melalui unit P3M atas dukungan dana penelitian terapan sesuai dengan keputusan direktur PNL nomor 988 tahun 2019. Terima kasih juga

kepada Jurusan Teknik Mesin PNL atas dukungan fasilitas dan tempat pelaksanaan penelitian.

### Referensi

- [1] M. M. Ashby and D. R. H. Jones, *Engineering Materials 1*. 2012.
- [2] A. Azwar, A. S. Ismy, and S. Saifuddin, "Penguatan Kayu dan Plywood Melalui Proses Sandwich dengan Komposit Polyester Serat Gelas Untuk Bahan Pembuatan Perahu," *J. POLIMESIN*, vol. 14, no. 1, p. 14, Dec. 2016.
- [3] E. Labans, K. Zudrags, and K. Kalnins, "Structural Performance of Wood Based Sandwich Panels in Four Point Bending," in *Procedia Engineering*, 2017, vol. 172, pp. 628–633.
- [4] A. C. Manalo, T. Aravinthan, and W. Karunasena, "Mechanical properties characterization of the skin and core of a novel composite sandwich structure," *J. Compos. Mater.*, 2013.
- [5] BUREAU VERITAS, *Hull in Composite Materials and Plywood, Material Approval, Design Principles, Construction and Survey*. 92571 Neuilly sur Seine Cedex – France, 2012, p. 78.
- [6] ASTM C 1341-06, "Standart test Methods for Flexural Properties of Continous Fiber Reinforce Advance Ceramic," *ASTM International*, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2006.