

# PENGUATAN KAYU DAN PLYWOOD MELALUI PROSES SANDWICH DENGAN KOMPOSIT POLYESTER SERAT GELAS UNTUK BAHAN PEMBUATAN PERAHU

**Azwar, Ady Saputra Ismy, Saifuddin**

Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jl. Banda Aceh-Medan Km. 280,3, Buketrata, Aceh 24301, Indonesia

Phone/Fax.: (0645) 42670. Email :azwaryunus@gmail.com

## Abstrak

Keterbatasan kayu berkualitas untuk pembuatan perahu nelayan menyebabkan harga perahu meningkat dan kualitasnya menurun sehingga berimbas pada nelayan tradisional. Penurunan kualitas perahu salah satunya disebabkan oleh proses pelapukan kayu akibat terendam air dan terpampang terhadap sinar matahari pada jangka waktu yang lama. Maka proses pelapukan tersebut dapat diminimalisir melalui proteksi kayu dari kontak langsung dengan air atau matahari yang dengan lapisan komposit polyester serat gelas, yang menjadi tujuan penelitian ini. Penyiapan specimen uji mengacu pada standart ASTM C 1341 – 06 (Standart Test Method for Flexural Properties of Continuos Fiber-Reinforced Advance Ceramic Composites) dengan ukuran spesimen mengacu pada  $L/d = 16/1$ . Proses pengujian dilakukan menggunakan uji bending 3 titik (3 poin bending test). Hasilnya menunjukkan bahwa Lapisan komposit polyester baik dengan serat gelas atau tanpa serat gelas dapat menghalangi penyerapan air pada kayu yang dilapisinya serta meningkatkan kekuatan dari kayu yang akan dijadikan bahan baku pada pembuatan perahu nelayan sekitar  $\pm 20\%$ . Dari 2 jenis kayu yang di teliti didapati bahwa kayu damasui yang diperkuat komposit serat gelas memberi efek penguatan yang lebih baik dibandingkan dengan kayu bayu. Untuk komposit sandwich plywood dan serat gelas Penggunaan 2 lapis serat sebagai kulit (skin) dapat meningkatkan kekuatan bahan komposit sandwich, namun peningkatannya tidak signifikan. Sedangkan ketebalan plywood (core) mempengaruhi kekuatan bahan komposit sandwich, dimana semakin tebal, kekuatannya semakin menurun. Analisa fractography juga menunjukkan bahwa bagian interface antara kayu dan komposit merupakan titik awal kegagalan specimen secara laminasi, sehingga kekuatan mekaniknya sangat tergantung dari kualitas ikatan pada interface, dimana ikatan yang baik akan membentuk cross linking antara kayu dengan komposit.

**Kata kunci :** Kayu komposit, sifat mekanik, absorpsi air, komposit polyester, uji bending Plywood, core, komposit sandwich,

## PENDAHULUAN

Para penduduk Aceh yang mendiami daerah pinggir pantai secara dominan bermata pencaharian sebagai Nelayan tradisional, yang menjalankan aktifitasnya secara turun temurun menggunakan sebuah perahu kayu kecil dengan peralatan yang terbatas. Perahu yang mereka gunakan berbahan kayu dengan bentuk dan desain yang sesuai dengan kebutuhan nelayan tradisional sehingga sering disebut perahu tradisional. Persoalan muncul ketika bahan baku kayu berkualitas jenis kayu bayu, dan damasui yang digunakan sebagai bahan pembuatan perahu semakin langka dan mahal.

Secara umum umur pakai perahu dengan kayu bayu atau damasui yang dioperasikan secara kontinyu berkisar selama  $\pm 2$  tahun, dimana setelah itu perlu dilakukan renovasi. Secara mekanik, kekuatan dan ketahanan perahu terhadap pembebanan luar

cukup baik, namun akibat badan perahu menyerap air serta terpampang terhadap sinar matahari, maka kekuatan kayu menjadi menurun dan dapat mengalami pelapukan sehingga perahu menjadi rusak. Oleh karena itu kayu harus dihindari berkontak secara langsung dengan air dan meminimalkan pengaruh sinar matahari melalui pelapisan permukaannya. Maka penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh proses sandwich yaitu melapisi kayu pada kedua permukaannya dengan menggunakan komposit polyester serat gelas, terhadap peningkatan kekuatannya dan nilai absorpsi airnya, sehingga dapat memberikan nilai positif pada pembuatan badan perahu tradisional nelayan.

Perahu adalah kendaraan air yang digerakkan oleh mesin atau dayung. Lambung perahu adalah bagian utama dari struktur perahu untuk mendukung pembebanan (tarik, tekan,

puntir, tekuk dan impak) serta menghasilkan daya apung (bouyancy). 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 [9]. Maka dalam penelitian ini, penggabungan keduanya akan diaplikasikan dimana kayu berperan sebagai bahan utama yang diperkuat dengan polimer resin polyester berserat gelas yang sering disebut sebagai kayu komposit [3].

Selama ini kayu menjadi salah satu unsur material dengan porsi terbesar dipakai sebagai bahan dasar pembuatan kapal para nelayan dalam ukuran yang sedang sampai kecil (perahu). Maka penguatan kayu dengan melapisi dengan komposit serta glass melalui mekanisme penyambungan yang tepat dan perlakuan yang benar diharapkan dapat meningkatkan performansi mekanik kayu sehingga dapat diandalkan sebagai bahan pembuatan perahu nelayan dengan kualitas tinggi.

Dalam banyak penelitian sebelumnya dibuktikan bahwa komposit serat gelas telah cukup sukses dalam memperkuat bahan kayu. Dimana serat glass yang diperkuat resin polyester di lapisi secara eksternal pada permukaan kayu melalui proses basah (wet process). Hasil yang diperoleh adalah terjadinya peningkatan kekuatan dan kekakuan, yang diperoleh melalui uji bending, uji tarik atau uji impak. Uji bending menunjukkan salah jenis test yang menunjukkan peningkatan kekuatan yang lebih baik dibanding test tarik, hal 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 [2,4,5].

Demikian halnya dengan kondisi di daerah Aceh, dimana perahu atau kapal yang berukuran sedang sampai kecil, pembuatannya masih menggunakan bahan kayu sehingga dikenal dengan sebutan kapal atau perahu kayu. Sementara ketersediannya kayu yang sesuai dengan dengan persyaratan diatas sangat sulit didapat, sehingga harganya menjadi sangat mahal. Salah satu solusi yang sangat memungkinkan untuk dikembangkan adalah merekayasa bahan triplek sebagai pengganti

kayu untuk dijadikan bahan dasar pembuatan perahu melalui proses sandwich dengan komposit polimer serat gelas. Sehingga diharapkan dapat menjadi solusi bagi para pengrajin perahu nelayan ukuran sedang atau membantu para nelayan tradisional dalam membuat perahu dengan proses yang lebih mudah, ekonomis dan efisien.

Komposit dibagi menjadi 3 phase yaitu polimer resin, serat penguat, dan interface antara polimer resin dan serat penguat. Proses absorpsi air secara fisik berbeda antara phase penyusun komposit. Dimana serat glass secara alamiah merupakan bahan yang hydrophobic. Dari beberapa penelitian yang telah dilaksanakan mengindikasikan bahwa persentase penyerapan air merupakan fungsi waktu dan ketebalan bahan komposit (lapisannya) [6,7]. Material komposit yang digunakan dalam lingkungan air yang agresive seperti air laut akan sangat mempengaruhi sifat mekaniknya. Karena tingkat absorpsi air memungkinkan bahan komposit rusak dengan beberapa cara yaitu : delaminasi, kerusakan serat, timbulnya retakan kecil pada serat yang dapat bermuara pada kegagalan material [6].

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Pembuatan kayu komposit menggunakan resin polyester tak jenuh (unsaturated polyester, hardener jenis peroxide, serat glass (fiber glass) type chopped strand mat (CSM) dengan *compatibilizer* jenis *Maleat Andrihida*. Ada 2 jenis kayu yang digunakan yaitu kayu Damasui dan Bayu seta kayu jenis plywood. Proses pengujian bending 3 titik dilakukan menggunakan mesin Universal Testing Machine (UTM)Tarno

### Perlakuan Dan Rancangan Percobaan.

Proses pembuatan spesimen dilakukan dengan mempersiapkan 2 jenis kayu yaitu ; Damasui, dan bayu dalam bentuk papan lembaran dengan ukuran 60 x 20 x 10 (mm). Kemudian Resin Polyester yang telah dicampur dengan *hardener* secara homogen di tuangkan pada permukaan kayu dan diratakan dengan menggunakan kuas sehingga seluruh permukaan kayu telah tertutupi. Kemudian 1 lapis serat gelas diletakkan diatas permukaan kayu tersebut dan di ratakan dengan kuas hingga semua bagian serat terbenam dalam resin dan dibiarkan beberapa saat agar gelembung udara yang terperangkap keluar. Kemudian permukaannya kembali

dituangkan resin sehingga semua bagian tertutupi dengan rapi. Selanjutnya spesimen dibiarkan mengeras dalam waktu  $\pm 24$  jam. Untuk pembuatan spesimen dengan 2 lapisan serat dapat dilakukan dengan proses yang sama.

Setelah spesimen mengeras, maka selanjutnya dibuat menjadi spesimen uji bending 3 titik berdasarkan standart ASTM C 1341 – 06 (Standart Test Method for Flexural Properties of Continuos Fiber-Reinforced Advance Ceramic Composites) dengan ukuran spesimen mengacu pada  $L/d = 16/1$ ; yaitu : panjang spesimen 180 mm dengan jarak tumpuannya ( $L$ ) = 160 mm, tebal ( $d$ ) = 10 mm, dan lebar ( $b$ ) = 20 mm [9]. Sedangkan spesimen pengujian absorpsi air mengikuti bentuk spesimen uji bending dengan menutupi kedua bagian sisinya dengan resin. kekuatan bending dihitung menggunakan persamaan :

$$\sigma = \frac{3FL}{2bd^2}$$

Proses Pengujian Absorpsi Air dilakukan dengan merendam spesimen ke air asin selama 24 jam, kemudian menghitung Menghitung persentase absorpsi air dengan persamaan :

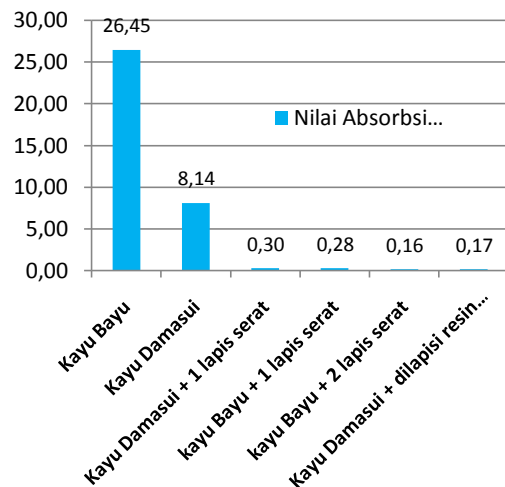
$$\% M = \frac{100(M_{akhir} - M_{awal})}{M_{awal}}$$

Kemudian Permukaan patahan spesimen hasil uji mekanik tersebut akan diobservasi menggunakan mikroskop optik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh lapisan Komposit Polyester Serat Gelas pada permukaan kayu terhadap nilai absorpsi air

Dua jenis kayu yaitu Damasui dan Bayu saat ini digunakan secara luas sebagai bahan perahu nelayan. Ke duanya digolongkan sebagai kayu lunak dengan kerapatan yang berbeda sehingga tingkat penyerapan air antara ke duanya turut berbeda. Hasil pengujian kemampuan bahan dalam menyerap air di tunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Nilai absorpsi air kayu Bayu dan kayu Damasui (direndam 24 jam), sebelum dan setelah di sandwich dengan komposit polyester serat gelas.

Hasil pengujian nilai absorpsi air menunjukkan bahwa kayu Bayu menyerap air lebih besar daripada kayu Damasui, dimana pada perendaman selama 24 jam kayu Bayu menyerap air hingga 26.45 % dibanding kayu Damasui yang menyerap air sebesar 8.14 %. Nilai tersebut menurun dengan sangat drastis untuk kedua jenis kayu yang telah di sandwich dengan komposit polyester dengan menggunakan serat gelas atau tanpa serat gelas. Hal ini menunjukkan bahwa pelapisan dengan komposit pada kedua sisi kayu dapat memberikan perlindungan yang sangat baik pada kayu, sehingga dapat memungkinkan kayu semakin awet dan tahan lama yang berakibat pada meningkatnya umur pakai perahu.

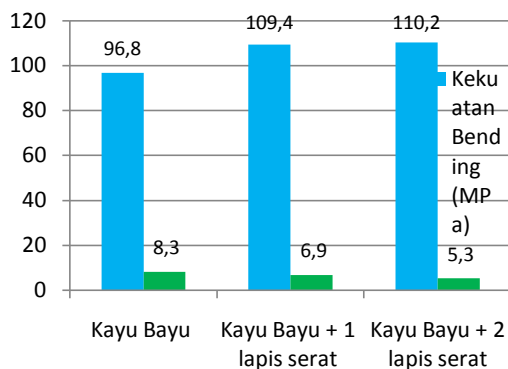
Nilai penyerapan air dari kedua jenis kayu tersebut secara langsung berakibat pada meningkatnya berat perahu setelah dipakai sehingga menyulitkan para nelayan untuk mengangkat perahu ke daratan ketika selesai melaut. Maka bila perahu tidak lagi menyerap air akibat pelapisan pada permukaannya, perahu akan semakin mudah dioperasikan karena beratnya tidak lagi bertambah secara signifikan pasca melaut.

Pemberian lapisan pada permukaan kayu Bayu dan kayu Damasui secara langsung memperlihatkan pengaruh yang sangat signifikan dalam mengurangi penyerapan air walaupun direndam dalam waktu yang lebih lama (24 jam). Ini mengindikasikan bahwa lapisan komposit

polyester baik menggunakan serat gelas atau tanpa menggunakan serat gelas telah mampu memproteksi kayu dari air laut. Hal ini selaras dengan sifat resin polyester yang hydrophobic sehingga akan menjadi penghambat bagi air untuk mencapai kayu. Sehingga dapat diduga bahwa kayu yang menjadi bahan pembuatan perahu akan lebih tahan lama karena air yang menjadi sumber penurunan kualitas yang menyebabkan proses pelapukan telah dapat ditiadakan.

### Pengaruh Pelapisan Komposit Polyester Serat Gelas Pada permukaan Kayu Terhadap Kekuatan bending.

Kekuatan bending kayu bahan perahu nelayan yang dilapisi komposit polyester serat gelas ditinjau melalui uji bending 3 titik (*3 point bending*), hasilnya disarikan dalam gambar 2.



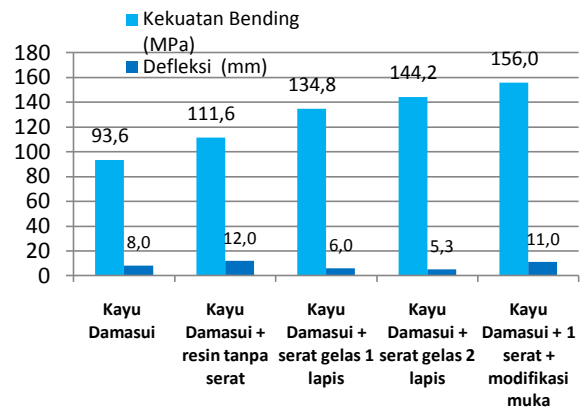
Gambar 2. Kekuatan bending kayu jenis Bayu sebelum dan setelah dilapisi komposit polyester serat gelas.

Kayu bayu yang telah dilapisi dengan komposit serat gelas menghasilkan peningkatan kekuatan bending sekitar 14 %. Peningkatannya tidak terlalu besar namun cukup baik karena didukung oleh kemampuan kulitnya dalam melindungi kayu dari air, sehingga gabungan keduanya dapat memberikan nilai positif yang besar bagi para pembuat perahu nelayan. Penambahan jumlah lapisan penguat menjadi 2 lapis juga tidak memperlihatkan efek penguatan pada bahan. Ini berhubungan dengan mekanisme tranfer gaya saat proses uji coba, dimana bila core (kayu) tidak mampu lagi menahan beban, maka spesimen akan gagal walaupun bagian lapisannya masih utuh.

Bagian interface antara kayu dan lapisan komposit menjadi titik lemah dari sisi kekuatan, dimana mekanisme kegagalan dimulai pada bagian ini melalui pengelupasan (*delaminasi*). Maka *compatibility* antara permukaan kayu dan komposit polyester perlu diperbaiki melalui

pemberian *Maleate Andrihide* dengan komposisi yang tepat agar bagian interface ini mampu menyatu dengan kuat sehingga dapat memberi efek penguatan yang baik [8].

Sedangkan peningkatan kekuatan pada bahan kayu Damasui terlihat lebih signifikan dibanding kayu Bayu seperti ditunjukkan oleh gambar 3.



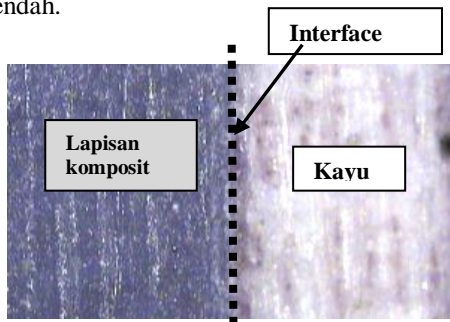
Gambar 3. Kekuatan bending kayu jenis Damasui sebelum dan setelah dilapisi dengan komposit polyester serat gelas.

Gambar 3 menjelaskan bahwa proses pelapisan kayu Damasui dengan komposit serat gelas dapat memperbaiki sifat mekanik dari kayu tersebut. Peningkatan sifat mekaniknya rata-rata mencapai angka 20 % bila dilapisi dengan komposit polyester tanpa penguat (serat), dan akan terus meningkat dengan penambahan lapisan serat gelas dan modifikasi permukaan hingga mencapai  $\pm 50\%$ .

Pemberian lapisan resin tanpa serat pada permukaan kayu damasui meningkatkan kekuatannya hingga 20 %, selanjutnya lapisan yang diberikan 1 lapis serat menghasilkan peningkatan kekuatan hingga 40 %, kemudian penambahan 2 lapisan serat gelas CSM juga menghasilkan peningkatan kekuatan hingga 50 %. Modifikasi permukaan kayu dengan membuat alur dan kasar dega diperkuat 1 lapis serat gelas juga memperlihatkan efek yang positif terhadap peningkatan kekuatannya hingga 55 % dibandingkan dengan kayu tanpa sandwich, dan menghasilkan peningkatan kekuatan hingga 20 % dibandingkan kayu damasui yang diperkuat dengan 1 lapis serat gelas tanpa modifikasi permukaan.

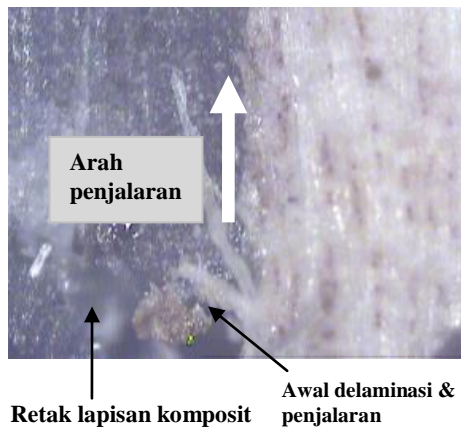
Hal ini mengindikasikan bahwa komposit serat gelas pada lapisan terluar telah mampu meningkatkan kekuatan kayu Damasui dengan

baik hingga  $\pm 50\%$ . Dalam kondisi diatas, bagian interface (gambar 4) antara permukaan kayu Damasui dan komposit memiliki kekompakan ikatan dengan persenyawaan yang sangat baik, sehingga dapat memperkuat bahan tersebut secara keseluruhan. Karena komposit polyester tanpa serat penguat atau dengan serat penguat telah berperan langsung dalam mentransfer gaya-gaya yang bekerja sebelum mencapai kulit terluar dari kayu. Sebaliknya terjadi pada kayu Jenis Bayu yang tidak memiliki persenyawaan yang baik pada bagian interfacenya, sehingga bagian ini akan cepat mengelupas pada pembebanan yang lebih rendah.



Gambar 4. Bagian interface antara kayu dan lapisan komposit serat gelas.

Mekanisme kegagalan spesimen uji memperlihatkan pola delaminasi yaitu pengelupasan antara kayu dengan lapisan komposit polyester serat gelas sebagaimana ditunjukkan oleh gambar 5.



Gambar 5. Tampilan mikroskop (100 X) menunjukkan proses kegagalan pada bagian interface

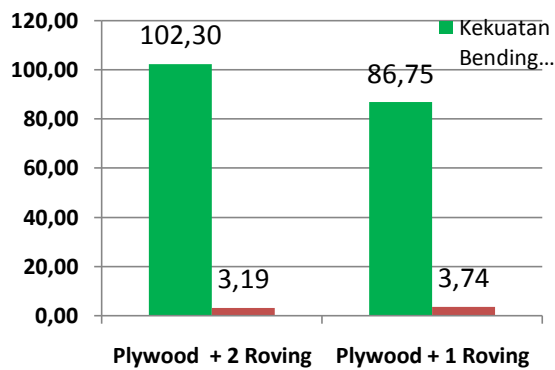
Gambar 5 memperlihatkan bahwa bagian interface merupakan bagian yang paling krusial dalam menentukan kekuatannya yang secara langsung berbanding lurus dengan kekuatan mekaniknya. Pola kerusakan menunjukkan dominan terjadinya pengelupasan

(delaminasi) antara lapisan komposit polyester dengan permukaan kayu disamping retaknya lapisan komposit. Bentuk interface yang kurang beraturan mengindikasikan bahwa terjadi ikatan kimia (cross linking) pada bagian interface tersebut, bukan hanya ikatan mekanik semata seperti proses pengeleman biasa. Namun menjadi suatu tantangan tersendiri untuk mengobservasi secara lebih detail mekanisme ikatan tersebut sehingga dapat dibuat suatu ikatan yang lebih baik dalam memperbaiki sifat mekaniknya.

### Pengaruh ketebalan lapisan kulit (skin) polyester serat gelas terhadap kekuatan bending komposit sandwich Ply Wood.

Ketebalan kulit (skin) atau inti (core) diyakini memberikan pengaruh terhadap kekuatan dari bahan komposit sandwich. Secara normal, bila kulit diperkuat dengan 1 lapis serat gelas, maka ketebalan kulit normal adalah 1 mm, maka bila diperkuat dengan 2 lapis serat gelas, ketebalannya akan menjadi 1.5 – 2 mm. Maka pengaruh penggunaan 1 lapis serat gelas dan 2 lapis serat gelas sebagai penguat akan dipelajari, mengingat penambahan ketebalan kulit akan berimbas pada naiknya harga produk. Bila kenaikan harga diimbangi oleh kenaikan kekuatan, maka itu sesuai dengan kaidah yang berlaku, namun bila sebaliknya, maka tentunya akan sangat merugikan.

Spesimen uji dibuat menggunakan *plywood* ketebalan 8 mm yang diperkuat dengan kulit dari komposit polyester serat gelas type roving (1 mm dan 2 mm). Hasil dari pengujian bending komposit *sandwich* dengan ketebalan skin 1 lapis (1 mm) adalah 86.75 MPa dengan lenturan 3.74 mm. Sedangkan untuk komposit *sandwich* dengan ketebalan skin 2 lapis ( $\pm 2$  mm) adalah 102.3 MPa dengan kelenturan 3.19 mm, seperti ditunjukkan pada gambar 6.

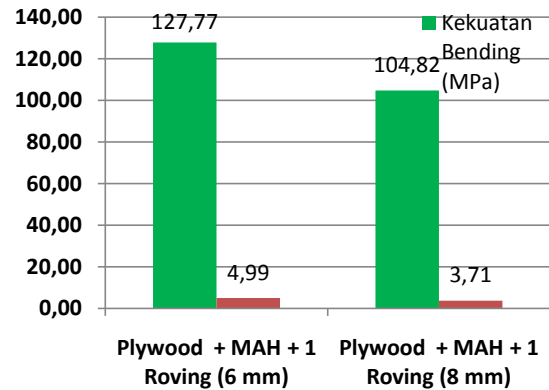


Gambar 6. Pengaruh ketebalan kulit (skin) komposit polyester serat gelas terhadap kekuatan bending komposit sandwich plywood (core)

Hasil yang ditunjukkan pada gambar 5 menyatakan bahwa ketebalan skin berpengaruh terhadap kekuatan bending. Hal ini berhubungan dengan efek penguatan yang mampu di berikan oleh 2 lapisan serat gelas yaitu dengan berperan sebagai penahan beban bending dan melindungi core dari kegagalan yang berimbas pada kegagalan specimen (produk). Maka dalam hal ini optimasi ketebalan skin yang ekonomis menjadi sangat penting dalam menghasilkan bahan komposit sandwich bahan pembuatan perahu dengan harga yang terjangkau.

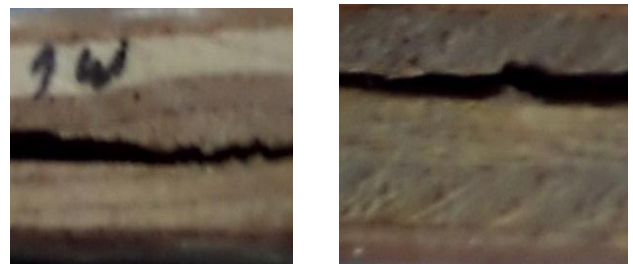
#### Pengaruh ketebalan core (plywood) terhadap kekuatan bending komposit sandwich .

Core adalah bagian inti dari komposit sandwich dengan core plywood, dengan variasi ukuran ketebalan 4 mm, 6 mm, dan 8 mm. dengan merk *twinfish*. Tebal skin dari komposit sandwich adalah 1mm menggunakan serat gelas tipe *roving*(tenunan). Hasil dari perbandingannya dapat dilihat pada gambar 7 dibawah ini yang mengindikasikan bahwa ketebalan core berpengaruh terhadap kekuatan yaitu komposit sandwich, dimana semakin tebal plywood kekuatannya menurun.



Gambar 7. Pengaruh ketebalan core (plywood) terhadap kekuatan bending.

Kegagalan yang terjadi pada specimen uji dengan variasi ketebalan core plywood adalah delaminasi antara lapisan vinir. Ikatan antara vinir terlepas pada saat spesimen diberikan beban yang menyebabkan spesimen tidak mampu untuk menahan beban lebih besar. Bentuk kegagalan pada specimen uji ini dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Pola kegagalan Specimen yang di inisiasi oleh delaminasi pada bagian lapisan core.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan.:

1. Lapisan komposit polyester baik dengan serat gelas atau tanpa serat gelas dapat menghalangi penyerapan air pada kayu yang dilapisinya serta dapat meningkatkan kekuatannya.
2. Kayu jenis Damasui mengalami peningkatan kekuatan yang lebih baik hingga mencapai  $\pm 50\%$  dibanding kayu jenis Bayu yang peningkatan kekuatannya  $\pm 20\%$ .
3. Penggunaan 2 lapis serat sebagai kulit (skin) dapat meningkatkan kekuatan bahan

komposit sandwich plywood, sedangkan ketebalan plywood (core) member efek negative terhadap kekuatan komposit sandwich, dimana semakin tebal,kekuatannya semakin menurun.

4. Mekanisme kegagalan diawali pada bagian interface antara permukaan kayu dengan permukaan komposit polyester serat gelas yang didominasi oleh proses delaminasi, disamping retak pada bagian pelapisannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Michael F Ashby, *Material Selection In Mechanical Design*, Cambridge University, UK, 1999.
- [2] Anne Lavalette, Regis Pommier, et. All, 2012, *Tension-Shear (TS) failure Criterion For a Wood Composite Designed for Shipbuilding Application*, WCTE, Auckland.
- [3] Camelia CERBU, 2010, *Effect of the Long-Immersion on the Mechanical Behaviour in Case od Some E-glass/Resin Composite Materials*, Faculty of Mechanical Engineering, Romania.
- [4] S. Hunter W. Brooks, *Wood/Glass fiber composite for Automotive and other Industries*, 22<sup>nd</sup> International Particleboard/Composite Symposium, Pullman, Washington, 1998.
- [5] Kouassi Serge P. Kouadio, *Durability of Fiberglass Composite Sheet Piles in Water*, McGill University, Montreal-Canada, May 2001.
- [6] John Z. Lu, et. all, *Wood-Fiber/High-Density-Polyethylene Composites: Coupling Agent Performance*, Journal of Applied Polymers Science, Vol.96, 2005.
- [7] ASTM C 1341-06, *Standard Test Method for Flexural properties of continuous Fiber-reinforces Advance Ceramic Composites*, current edition 2006.