

Studi Kekuatan Lentur Bahan Komposit Sandwich Kayu Polyester Serat Gelas Untuk Lambung Perahu

¹Azwar Yunus, ²Saifuddin, ³Marzuki, ⁴Nurlaili

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

azwaryunus@pnl.ac.id

Abstrak— Keterbatasan kayu berkualitas untuk pembuatan perahu nelayan menyebabkan umur pakai perahu menurun. Disamping itu, lingkungan pengoperasian perahu yang basah serta pengaruh paparan cahaya matahari mempercepat pelapukan perahu. Beberapa metode pencegahan yang telah diterapkan adalah pengecatan dan pelapisan kayu lambung perahu menggunakan seng. Dalam penelitian ini, bahan kayu akan di lapisi dengan resin polyester yang diperkuat dengan serat gelas membentuk komposit sandwich sebagai bahan lambung perahu. Tujuan penelitian adalah untuk mempelajari kekuatan lentur dari bahan komposit sandwich yang menggunakan *core* dari kayu lunak dan kayu keras menggunakan *skin* dari komposit polyester serat gelas. Kekuatan lentur bahan komposit sandwich akan dibandingkan dengan kekuatan lentur bahan kayu. Penelitian dirancang dengan menyiapkan bahan kayu keras jenis Damar Laut dan Merbau serta kayu lunak Jenis Sengon dan Damasui. Specimen uji dibuat dengan proses hand lay up yaitu membuat lapisan kulit pada kedua permukaan kayu (*core*) dengan mengoleskan resin polyester yang di perkuat dengan 1 lapis serat gelas type woven roving. Standart specimen dan pengujian bending 3 titik mengacu pada standart ASTM C 1341 menggunakan Universal Testing Mechine (UTM) Galdabini, hasil pengujian mengambil nilai rata-rata distribusi normal dari 3 kali pengujian. Hasilnya menunjukkan bahwa komposit sandwich kayu Sengon menghasilkan peningkatan kekuatan lentur yang sangat signifikan hingga 92 % yang menunjukkan bahwa proses penguatan kayu (*core*) oleh lapisan kulit polyester serat gelas terjadi dengan baik yang diindikasikan oleh tampilan bagian interface antara lapisan kulit dan inti yang masih utuh saat specimen uji patah. Sedangkan kayu lunak jenis Damasui, kekuatan lenturnya hanya meningkat 5.1.% setelah proses sandwich yang mengindikasikan bahwa tidak terjadi penguatan dengan baik yang ditunjukkan oleh pengelupasan pada bagian interface saat specimen uji patah. Sedangkan kayu keras Merbau dan Damar Laut, proses sandwich dengan kulit polyester serat gelas dapat meningkatkan kekuatan lenturnya hingga 13 % s.d 15 % dibandingkan dengan kekuatan lentur tanpa sandwich yang memang sudah tinggi sebagai bahan baku perahu ukuran besar. Disamping itu, lapisan kulit juga memberikan keuntungan terhadap peningkatan daya tahan air, sehingga umur pakai perahu meningkat.

Kata kunci— Umur pakai perahu, komposit sandwich, kayu keras, kayu lunak, polyester, serat gelas, kekuatan lentur

Abstract— The limitation of quality wood for the manufacture of fishing boats causes the lifespan of the boat to decrease. In addition, the wet boat operating environment and the effect of sunlight exposure accelerated the weathering of the boat. Some prevention methods that have been applied are painting and coating of boat hull wood using zinc. In this study, the wood material will be coated with polyester resin reinforced with glass fiber to form a sandwich composite as a boat hull material. The aim of the study was to study the flexural strength of sandwich composite materials using softwood cores and hardwoods using skins from glass fiber polyester composites. The flexural strength of sandwich composite materials will be compared with the flexural strength of wood materials. The study was designed by preparing Damar Laut and Merbau hardwood materials and Sengon and Damasui softwoods. Test specimens were made with a hand lay up process that is making a layer of skin on both wood surfaces (*cores*) by applying polyester resin reinforced with 1 layer of woven roving type glass fiber. The 3 point bending test refers to the ASTM C 1341 standard and using Galdabini Universal Testing Mechine (UTM). The test results take the average value of the normal distribution of 3 times of the test. The results show that Sengon wood sandwich composites produce a very significant increase in flexural strength up to 92% which shows that the process of strengthening the wood (*core*) by a glass fiber polyester layer occured well which is indicated by the appearance of the interface between the skin layer and the core which is still intact when broken test specimen. Whereas Damasui softwoods, the flexural strength only increased 5.1% after the sandwich process which indicated that there was no good reinforcement which was demonstrated by peeling at the interface when the test specimen was broken. While Merbau and Damar Laut hardwoods, the process of sandwiching with glass fiber polyester leather can increase its flexural strength by 13 % to 15% compared to the flexural strength without a sandwich which is already high as raw material for large size boats. In addition, the leather layer also provides an advantage over increased water resistance, so that the lifespan of the boat increases.

Keywords— life span of boat, sandwich composite, wood material, polyester resin, glass fiber, and flexural strength.

I. PENDAHULUAN

Sepanjang sejarah manusia, kayu telah digunakan secara luas pada hampir semua bidang kehidupan manusia untuk berbagai kebutuhan seperti perumahan, perabotan, struktur jembatan, kendaraan, perahu nelayan, kapal laut, dll. Akibatnya permintaan kayu berkualitas meningkat sedangkan proses penanaman kembali membutuhkan proses yang panjang, akibatnya terjadi ketidak seimbangan antara permintaan dan persediaan yang berimbas pada kelangkaan kayu. Akibatnya kayu menjadi mahal yang secara otomatis member efek pada kehidupan masyarakat luas. Maka rekayasa bahan yang berbasis kayu menjadi solusi yang terus dikaji dan dikembangkan dalam rangka memperbaiki sifat mekanik dan sifat fisik kayu untuk memenuhi berbagai kebutuhan structural keteknikan. Rekayasa bahan berbasis kayu (plywood, serbuk

kayu, serat kayu) dimaksudkan untuk menghasilkan bahan baru turunan dari kayu, seperti komposit sandwich plywood polimer serat gelas, particle board, fiberboard, dan kayu komposit. Bahan tersebut harus memiliki sifat mekanik dan sifat fisik yang memenuhi persyaratan produk yang akan dibuat. Sifat mekanik berhubungan dengan sifat bahan dalam mengakomodir pembebanan, sedangkan sifat fisik berhubungan dengan daya tahan (*durabilitas*) bahan dalam berbagai kondisi (*basah dan kering*) dan pengaruh cuaca.

Stephen de winter menyatakan bahwa komposit structural sandwich memiliki 2 lapisan tipis pada kedua permukaannya; sifatnya lebih kuat dan tipis daripada intinya, memiliki kerapatan yang tinggi untuk melindungi bagian intinya yang cenderung lebih tebal dan lemah dengan kerapatan yang lebih rendah. Bagian permukaan tersebut akan menjadi bagian utama dalam menahan gaya luar yang biasanya terbuat dari

serat yang diperkuat polimer (GFRP), baja, paduan aluminium, titanium. Demikian juga dengan bagian inti yang memegang peranan yang besar dalam mentransmisikan gaya geser yang diterimanya untuk memberikan efek kekakuan geser yang baik. Maka gabungan 2 sifat bahan tersebut akan memberikan efek penguatan untuk bahan sandwich yang dihasilkannya [1].

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. Uap secara umum menembus kedalam komposit melalui resin dan bagian interface, sehingga proses absorpsi air ke dalam komposit merupakan suatu proses yang sangat kompleks dimana bagian interface memegang peranan yang sangat besar. Dari beberapa penelitian yang telah dilaksanakan mengindikasikan bahwa persentase penyerapan air merupakan fungsi waktu dan ketebalan bahan komposit (lapisannya), Cerbu [4].

Penyerapan air pada kondisi pembebanan telah diuji melalui uji bending 4 titik untuk mengetahui kekuatan bending bahan yang diaplikasikan dalam air. Hasilnya menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan antara tingkat saturasi absorpsi terhadap kekuatannya. Sementara koefisien difusi air pada kondisi pembebanan menunjukkan peningkatan untuk jenis komposit Polyester dan Phenolic yang diperkuat serat gelas. Dalam kondisi yang lama ini akan sangat berpengaruh terhadap penurunan kekuatan interface sehingga dapat menyebabkan delaminasi, lavette [5].

Adapun tujuan utama penelitian ini adalah untuk mempelajari kekuatan tarik dan kekuatan bending bahan komposit sandwich plywood polimer serat gelas, kemudian mempelajari durabilitas bahan dalam lingkungan air dimana pengaruh perendaman terhadap penurunan kekuatannya menjadi kajian.

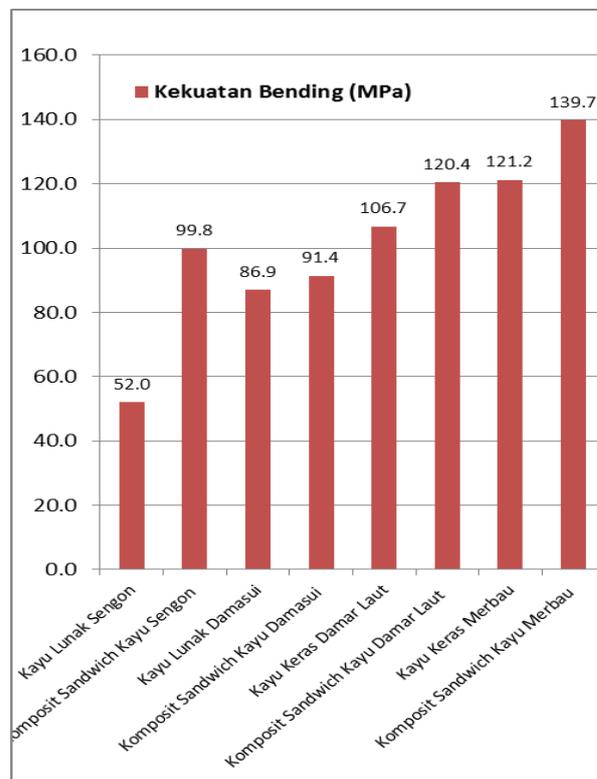
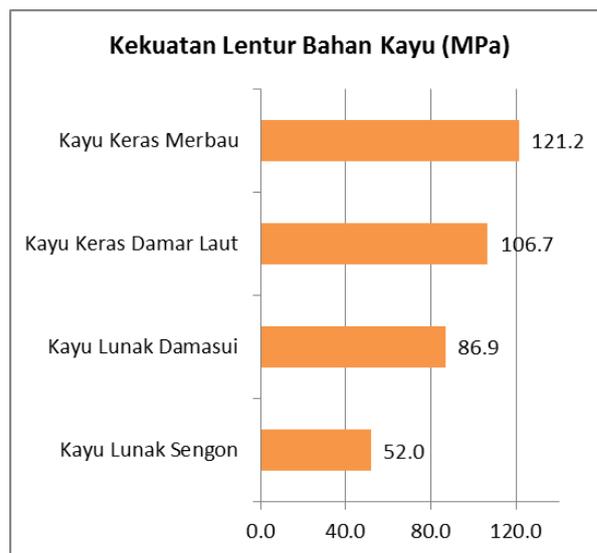
II. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Kayu keras jenis damar laut dan Merbau serta Kayu lunak jenis Sengon dan Damasui; Resin Polyester tak jenuh (*Unsaturated Polyester Resin*) BQTN 157-EX dan hardener (peroxide) sebagai pengeras; serat glass type woven roving. Adapun peralatan yang digunakan adalah Universal testing mesin (UTM) Galdabini, Mikroskop optic dan Mesin Jig Saw, kertas pasir dan Jangka sorong. Penelitian dimulai dengan mempersiapkan bahan kayu yang berfungsi sebagai inti (core) dalam bentuk lembaran papan dengan ukuran 60 x 20 x 10 (mm), kemudian mempersiapkan bahan kulit (skin) dari resin thermoset polyester tak jenuh dalam wadah pencampur dengan menambah pengeras 1 % diaduk hingga merata, kemudian dituangkan pada permukaan kayu yang diratakan menggunakan fiberglass roller atau kuas sehingga seluruh permukaan kayu tertutupi. Kemudian 1 lapis serat gelas jenis woven roving diletakkan diatas permukaan kayu tersebut dan menambah resin sehingga semua permukaannya tertutupi dengan baik yang dirapikan dengan bantuan roller hingga serat terbenam dengan rata. Selanjutnya, Spesimen dibiarkan mengeras dalam waktu ± 24 jam. Setelah spesimen mengeras dengan sempurna, maka dilakukan pemotongan membentuk spesimen uji yang mengacu pada standart ASTM. Spesimen uji bending tiga titik pada standart ASTM C 1341 – 06 L/d = 16/1; yaitu tebal (d) = 10 mm, panjang tumpuan (L) = 16 mm,

panjang spesimen = 18 mm dan lebar spesimen = 25 mm. Hasil dan Pembahasan.

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

Kajian mengenai pengaruh pelapisan pada permukaan plywood menggunakan polimer serat gelas menjadi salah satu bagian yang di kaji pada penelitian ini, merujuk pada optimasi proses untuk menambah nilai guna dari plywood untuk aplikasi struktural. Maka di bandingkan tiga jenis spesimen uji yaitu plywood murni (sebagai referensi), plywood dengan pelapisan polyester serat gelas dan plywood dengan pelapisan epoxy serat gelas. Hasil perhitungan kekuatan tariknya ditampilkan pada gambar 3.1 yang mengidikasi pengaruh penguatan plywood dengan komposit polimer (polyester dan epoksi) yang diperkuat dengan serat gelas.

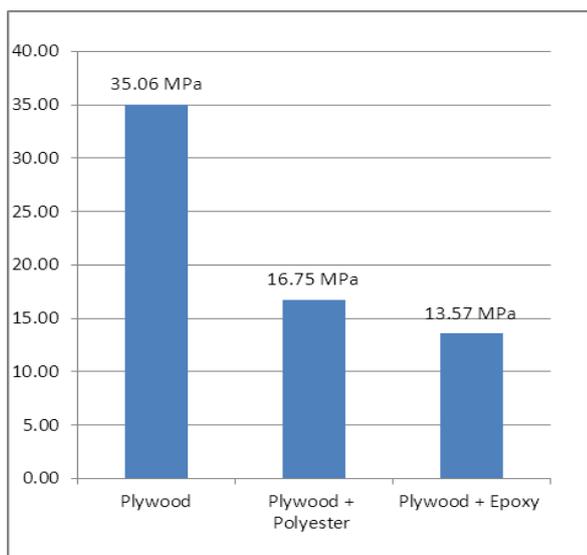


Gambar 3.1. Pengaruh proses sandwich dengan polimer serat gelas terhadap kekuatan tarik bahan plywood

Gambar tersebut menunjukkan bahwa pelapisan dengan polimer serat gelas dapat meningkatkan kekuatan tarik bahan plywood secara signifikan, yaitu 58.02 MPa meningkat hingga 93.48 MPa. Dimana pelapisan menggunakan resin polyester serat gelas menghasilkan kekuatan 76.48 MPa, sedangkan penggunaan resin Epoxy yang diperkuat serat gelas menghasilkan material dengan kekuatan tarik 93.48 MPa.

Hal ini mengindikasikan bahwa lapisan polimer serat gelas menghasilkan peningkatan kekuatan plywood, sehingga plywood dapat di gunakan sebagai bahan untuk keperluan structural untuk berbagai keperluan. Peningkatan kekuatan disebabkan oleh penggunaan serat gelas dan resin yang berfungsi sebagai kulit (skin) untuk memperkuat inti (core) dari bahan plywood. Aplikasi gaya yang di terima oleh spesimen akan di terima oleh lapisan penguat (skin), dimana skin akan mengakomodir gaya tersebut hingga gaya yang diterima melampaui batas kemampuan bahan *skin*, hingga spesimen mengalami kegagalan. Maka jenis bahan penguat dari skin sangat mempengaruhi kekuatan bahan komposit sandwich plywood polimer serat gelas. Jenis resin yang digunakan juga sangat berpengaruh, dimana resin epoxy menghasilkan penguatan yang lebih baik dibandingkan dengan resin Polyester.

Sedangkan modulus elastisitas bahan ditunjukkan oleh gambar 3.2 dibawah ini, dimana spesimen plywood menghasilkan modulus elastisitas yang paling besar yaitu 35.06 MPa, disusul plywood polyester sebesar 16.75 MPa dan plywood epoxy sebesar 13.5.

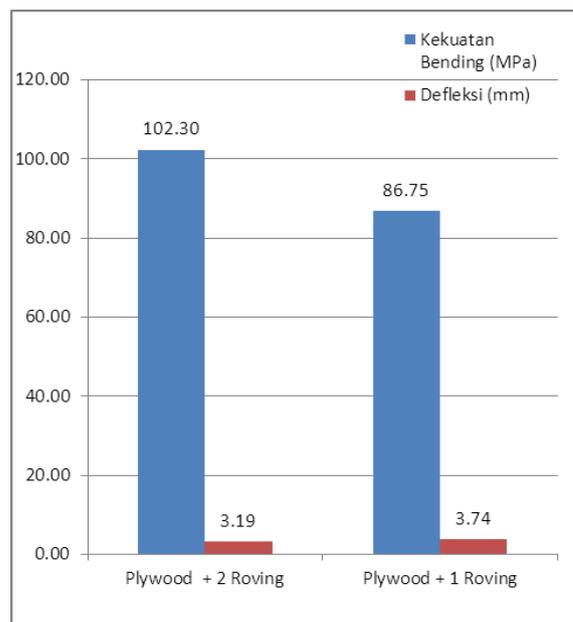


Gambar 3.2. Pengaruh proses sandwich dengan polimer (resin polyester dan resin epoxy) yang diperkuat serat gelas terhadap nilai modulus elastisitas

Gambar 3.2 mengidikasikan bahwa proses sandwich dapat membuat bahan lebih elastis dimana elastisitas dari bahan plywood sangat kecil dibandingkan dengan plywood yang dibentuk menjadi komposit sandwich. Penambahan lapisan skin sebagai penguat pada kedua permukaan plywood dapat menghasilkan peningkatan elastisitas bahan yaitu bahan dapat menyerap energi yang lebih besar sebelum bahan mengalami kegagalan.

3.2. Pengaruh ketebalan lapisan kulit (skin) polyester serat gelas terhadap kekuatan bending

Proses sandwich yang di buat dengan melapisi bahan plywood dengan bahan polimer serat gelas dimana ketebalan dari kulit (skin) akan memberi pengaruh terhadap kekuatan bahan sandwich. Maka penelitian ini melakukan kajian pengaruh ketebalan skin terhadap kekuatan bending dari bahan komposit *sandwich* yang di buat. Secara normal, bila kulit dibuat dengan 1 lapis serat gelas, maka ketebalannya adalah ± 1 mm, maka bila kulit dibuat dengan 2 lapis serat gelas, ketebalannya akan menjadi 1.5 – 2 mm. oleh karena itu 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 di imbangi 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 sebagai inti (core) yang diproses sandwich dengan komposit polyester serat gelas type roving sebagai kulit (skin). Hasil dari pengujian kekuatan bending adalah 86.75 MPa dengan lenturan 3.74 mm untuk ketebalan 1 lapis dan 102.3 MPa dengan kelenturan 3.19 mm untuk ketebalan 2 lapis, seperti ditunjukkan gambar 3.3.

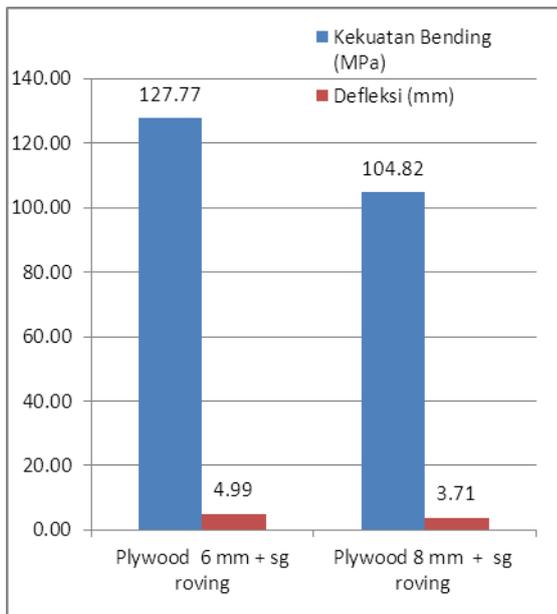


Gambar 3.3. Pengaruh ketebalan lapisan kulit terhadap kekuatan bending dan defleksi bahan komposit sandwich plywood polyester serat gelas

Hasil yang ditunjukkan pada gambar 3.2 menyatakan bahwa ketebalan lapisan kulit sebagai penguat inti berpengaruh terhadap kekuatan bending. Hal ini berhubungan dengan efek penguatan yang mampu di berikan oleh 2 lapis 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 yang ekonomis.

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

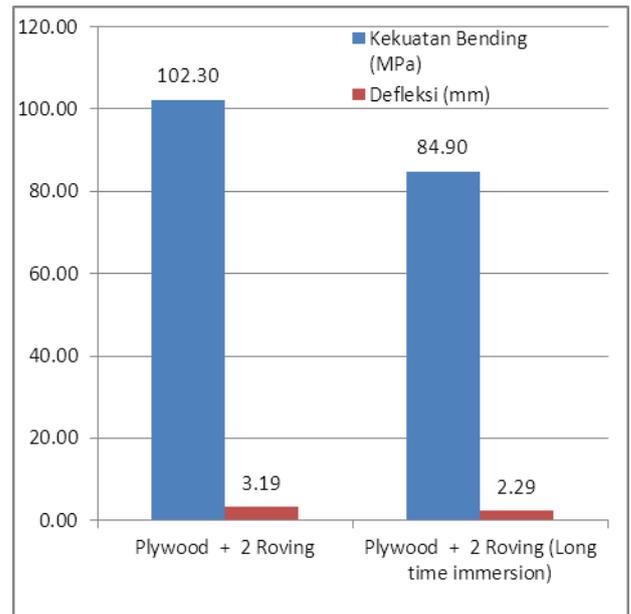
Untuk mengetahui pengaruh ketebalan bagian inti (*core*) dari bahan Plywood terhadap kekuatan komposit *sandwich* plywood dan polimer serat gelas, maka divariasikan ketebalan 4 mm, 6 mm, dan 8 mm dengan ketebalan kulit yang tetap (1mm) dari bahan polyester serat gelas tipe *roving*. Hasil pengujian bending di tampilkan dalam gambar 3.4 yaitu komposit *sandwich* dengan tebal *core* 6 mm memiliki kekuatan bending lebih tinggi dari tebal *core* 8 mm yaitu 127.77 berbanding dengan 104.84. kedua spesimen uji memiliki pola kegagalan yang sama yaitu lepasnya ikatan antara vinir akibat proses pembebanan. Sedangkan pada bagian *interface* antara skin dan *core* masih merekat dengan baik, yang mengindikasikan bahwa semakin tebal *core* maka kemampuannya dalam menerima beban menjadi kecil yang diakibatkan oleh kegagalan antar lembaran vinir penyusun bahan plywood. Maka dalam hal ini, kualitas plywood memegang peranan penting yaitu dibutuhkan plywood yang memiliki kualitas yang baik.



Gambar 3.4. Pengaruh ketebalan Inti (*core*) plywood terhadap kekuatan bending bahan komposit sandwich plywood polimer serat gelas.

3.4. Pengaruh Perendaman (long time immersion) bahan komposit sandwich plywood dan serat gelas terhadap kekuatan bending

Spesimen uji direndam dalam air tawar selama 1000 jam atau setara dengan 41 hari. Kajian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari proses perendaman di dalam air terhadap kekuatan bending komposit *sandwich*. Hasil dari pengujian bending terhadap spesimen yang direndam air tawar selama 1000 jam di bandingkan dengan spesimen dari jenis yang sama yang tanpa perendaman, ditunjukkan pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Pengaruh perendaman bahan komposit sandwich plywood polimer serat gelas terhadap kekuatan bending.

Gambar 3.5 tersebut menunjukkan penurunan kekuatan bending akibat perendaman, tentunya hal ini bukanlah sesuatu yang baik untuk bahan komposit sandwich yang akan di gunakan sebagai bahan pembuatan perahu. Hasil yang di tunjukkan pada gambar 3.5 masih memerlukan kajian yang lebih dalam dan focus. Hasil tersebut masih bersifat tahapan awal yang memerlukan tahapan lanjutan yang focus masalah ini, sehingga hasilnya belum bisa dijadikan rujukan. Sedangkan kadar penyerapan air akibat perendaman 1000 jam hanya berkisar pada angka 1 %. Tentunya ini cukup baik terhadap bahan perahu, namun penurunan kekuatann akibat perendaman bertolak belakang dengan ini.

III. KESIMPULAN

Berdasarkan peneilitian dan pembahasan yang telah dilakukan sampai dengan tahapan ini, maka ada beberapa kesimpulan yang dapat di ambil yaitu :

1. Secara kekuatan baik kekuatan tarik dan kekuatan bending, bahan komposit sandwich polimer serat gelas menunjukkan kehandalan sebagai bahan untuk aplikasi structural keteknikan seperti bahan baku pembuatan lambung perahu..
2. Penggunaan 2 lapis serat sebagai kulit (*skin*) dapat meningkatkan kekuatan bahan komposit sandwich.
3. Resin epoxy menunjukkan keunggulannya dibanding polyester sebagai bahan lapisan penguat.
4. Sedangkan ketebalan plywood (*core*) mempengaruhi kekuatan bahan komposit sandwich, dimana semakin tebal, kekuatannya semakin menurun.
5. Durabilitas bahan komposit sandwich dalam lingkungan air menurun untuk kasus perendaman 1000 jam.

REFERENSI

[1] S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.

- [2] Stefaan de Winter, 2007, Composites: Materials, Structures and Manufacturing Processes, TU Delft, lecture AE4-632, The Netherland.
- [3] Azwar, A.Saputra Ismi, dkk, Kekuatan Bending Komposit Sandwich Plywood dan Polimer Serat Gelas, Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology Vol. 4 No. 2 oktober 2016_ 11-16_ ISSN : 23376945.
- [4] Azwar, saifuddin, Penguatan kayu dan plywood melalui proses sandwich dengan Komposit polyester serat gelas untuk bahan pembuatan perahu, Jurnal POLIMESIN Volume 14, nomor 1, Pebruari 2016 ISSN [1693-5462](#).
- [5] Camelia Cerbu 2015, Practical solution for improving the mechanical behaviour of the composite materials reinforced with flax woven fabric, Advances in Mechanical Engineering, DOI:10.1177/1687814015582084.
- [6] Anne Lavalette, Regis Pommier, et. All, 2012, Tension-Shear (TS) failure Criterion For a Wood Composite Designed for Shipbuilding Application, WCTE, Auckland.
- [7] Stark, Nicole M, 2010, Wood Handbook, Chapter 11 :Wood Based Composite Material Panel Product-Glued Laminated Timber, Structural Composite, Forest Products Laboratory USDA Forest Service Madison, Wisconsin
- [8] ASTM C 1341-06, Standart test Methods for Flexural Properties of Continous Fiber Reinforce Advance Ceramic. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- [9] ASTM D 570-98, water absorbtion test of plastic material. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- [10] ASTM D 3039. 2001. Standard Test Method for Tensile Properties For Polimer Matrix Composite Materials. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.