

Kekuatan Dan Durabilitas Bahan Komposit Sandwich Plywood Polimer Serat Gelas

Azwar Yunus, Saifuddin, Marzuki

*Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA
azwaryunus@pnl.ac.id*

Abstrak— Plywood dikenal sebagai bahan yang terbuat dari lembaran vinir kayu yang direkatkan bersama dengan susunan bersilangan tegak lurus dan dapat diperoleh secara mudah dalam berbagai merek dagang. Untuk aplikasi structural keteknikan seperti untuk bahan baku perahu, plywood tidak memiliki sifat mekanik dan fisik yang memadai, namun setelah direkayasa melalui penguatan dengan polimer serat gelas membentuk komposit sandwich. Salah satu masalah utama penggunaan plywood adalah bila terkena air, setelah di buat menjadi komposit sandwich, tentu saja kemampuannya dalam lingkungan air akan berubah menjadi lebih baik. Untuk dapat digunakan sebagai bahan structural, maka bahan tersebut harus memiliki sifat mekanik yang baik dan tidak terdegradasi secara signifikan akibat perendaman dalam air. Spesimen uji dibuat dari bahan plywood (merek lumba-lumba) dilapisi dengan polyester serat gelas pada kedua permukaannya membentuk komposit sandwich. Penelitian dilakukan untuk mempelajari kekuatan bahan komposit sandwich plywood polimer serat gelas melalui pengujian tarik (ASTM D 3039) dan pengujian bending (ASTM C 1341-06), kemudian durabilitas bahan dalam lingkungan air di pelajari melalui perendaman long time immersion (ASTM D570-98). Hasilnya diperoleh bahwa bahan komposit sandwich plywood polimer serat gelas memiliki kekuatan yang cukup baik sebagai bahan structural keteknikan dimana proses sandwich mampu meningkatkan kekuatan tarik dari bahan plywood dari 58 MPa menjadi 76 MPa bila diperkuat polyester serat gelas dan menjadi 93 MPa bila diperkuat dengan resin polimer serat gelas. Hal ini menunjukkan bahwa Resin epoxy menunjukkan keunggulannya dibanding polyester sebagai bahan lapisan penguat. Jumlah lapisan penguat (skin) memberikan pengaruh positif dalam meningkatkan kekuatan, sedangkan ketebalan plywood (core) tidak terlalu berpengaruh malah terlihat bahwa semakin tebal core kekuatan menunjukkan trend yang menurun. Pola kegagalan spesimen juga menunjukkan ada proses delaminasi pada interface antara plywood dan kulit penguatnya, dimana terlihat bahwa bagian plywood menjadi bagian terlemah dari spesimen.

Kata kunci— kekuatan tarik, komposit sandwich, plywood, polimer serat gelas, durabilitas.

Abstract— Plywood is known as an a kind of material made from wood veneer sheets that are glued together with structures perpendicular to the cross and can be easily obtained in various trademarks. For structural engineering applications such as for boat raw materials, plywood does not have adequate mechanical and physical properties, but through the an engineering design by reinforcement with glass fiber polymers to form a composite sandwich. The main problems of using plywood for structural application is regarding to water exposed to water, it can overcome by applying the polymer composite in both of surfaces, of course its ability in the water environment will change to be better. For using as a structural application, the material must have good mechanical properties and physical properties and not significantly degraded due to immersion in water. In this work, the test specimens made from plywood that reinforced with polymer and glass fiber on both surfaces. The study was conducted to study the strength of composite sandwich of plywood and polymer reinforced of glass fiber. The mechanical properties was observed through tensile testing (ASTM D 3039) and bending testing (ASTM C 1341-06), then the durability of materials in the water environment was studied through the long time immersion in water (ASTM D570-98). The results was shown that the composite sandwich of plywood and polymer reinforced of glass fiber has good strength as a structural material where the sandwich process is able to increase the tensile strength of plywood material from 58 MPa to 76 MPa when reinforced with glass fiber polyester resin and to 93 MPa when reinforced with glass fiber epoxy resin. It was indicated that epoxy resin superiority compared to polyester as a matrix. The number of reinforcing layers as skin has a positive effect in increasing the strength, while the thickness of plywood as core was not it is seen that the thicker the core (plywood) the strength have a slightly decrease. The pattern of specimen failure also shows that there is a delamination process on the interface between the plywood and the reinforcing skin, where it appears that the plywood part becomes the weakest part of the specimen.

Keywords— tensile strength, sandwich composite, plywood, glass fiber polymer, durability

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.

Salah satu solusi yang kami tawarkan adalah mengembangkan kayu *plywood* (triplek) yang dapat diperoleh secara mudah dan ekonomis sebagai bahan alternatif untuk berbagai keperluan structural. Selama ini *plywood* banyak diaplikasikan untuk kebutuhan rumah tangga seperti barang-barang furniture, pintu, dan peralatan rumah tangga lainnya.

Ply wood sendiri dapat di klasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu : *Custom grade, good grades, sound & utilities grades*, dan *backing grades*. Dalam pengaplikasiannya untuk kebutuhan masyarakat, *plywood* sering digunakan karena mempunyai banyak keunggulan yaitu daya tahannya terhadap penyusutan kayu dan ukuran panjang lebar yang tidak mungkin didapatkan dari kayu solid pada posisi kualitas yang sama. Akan tetapi, bukan berarti *plywood* punya daya tahan yang sama kuatnya terhadap cuaca. material ini hanya direkomendasikan untuk perabotan di dalam ruangan (*indoor*). Kelemahan paling besar pada *ply wood* terdapat pada sisi tebalnya. Sisi tebal *ply wood* merupakan bagian yang paling mudah menyerap air dan permukaannya sangat kasar. Untuk mendapatkan kehalusan yang baik harus ditambahkan penutup sisi tebal.

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].

Azwar telah mengkaji bahwa arah serat dan susunan lapisan bahan plywood yang digunakan sebagai inti (*core*) pada pembuatan komposit sandwich dengan polimer serat gelas, memberi pengaruh terhadap kekuatan bahan tersebut, dimana plywood yang diberi beban sejajar arah serat, memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan plywood yang di beri beban melintang/tegak lurus arah seratnya. Kemudian efek dari penggunaan *bonding agent* Meleated Andrihede (MAH) dapat sedikit meningkatkan kekuatan bahan komposit sandwich, namun komposit sandwich tanpa MAH juga memiliki kekuatan yang memadai. Sementara Permukaan bahan plywood yang lebih halus tidak menunjukkan pengaruh terhadap kekuatan bending [2, 3].

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 diffusi 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

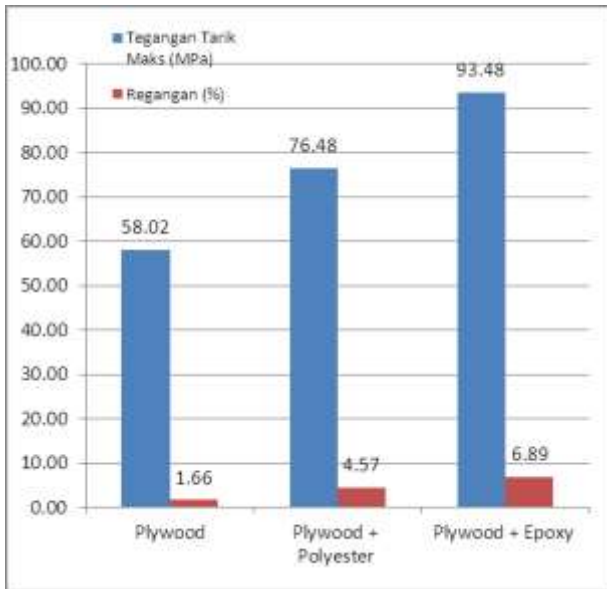
Bahan utama yang digunakan adalah Plywood merek lumba-lumba dan resin Resin Polyester tak jenuh (*Unsaturated Polyester Resin*) BQTN 157-EX, Hardener (*peroxide*) sebagai pengeras, adapun penguat yang digunakan adalah Serat glass type Roving (tenunan) 550 gr/m². Sedangkan peralatan yang digunakan adalah Universal testing mesin (UTM) untuk pengujian sifat mekanik, Mikroskop optic dan Kamera digital resolusi tinggi untuk foto makro struktur dan patahan; Cetakan, Timbangan digital, Fiber glass roller, Kuas (fiberglass brush) dan Gunting untuk pembuatan specimen; serta Mikrometer, Jangka sorong, Mesin Jig Saw, untuk proses pembentukan specimen uji. Proses pembuatan spesimen menggunakan metode hand lay up yaitu plywood dilapisi dengan polimer yang diperkuat serat gelas type roving pada kedua permukaannya sehingga dapat membentuk komposit sandwich dimana plywood bertindak sebagai inti (*core*) dan polimer serat gelas berperan sebagai kulit (*skin*). 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. Sedangkan spesimen uji tarik dibentuk mengacu pada standart ASTM D 3039.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kekuatan Tarik Bahan Komposit Sandwich Plywood dan Polimer 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..



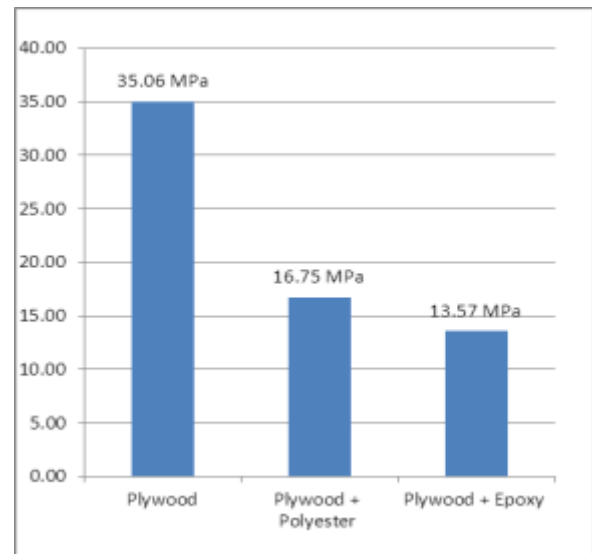
Gambar 3.1. Pengaruh proses sandwich dengan polimer serat gelas terhadap kekuatan tarik bahan plywood

Gambar tersebut menunjukkan bahwa pelapisan dengan polimer serat gelas dapat meningkat 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 MPa.



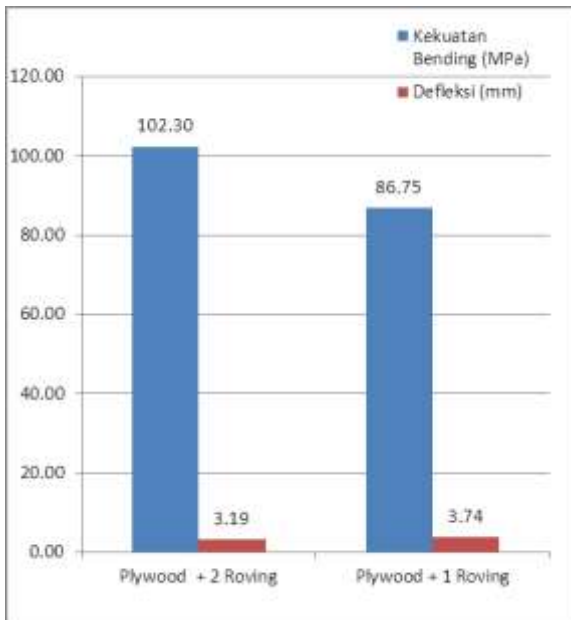
Gambar 3.2. Pengaruh proses sandwich dengan polimer (resin polyester dan resin epoxy) yang diperkuat serat gelas terhadap nilai modulus elastisitas

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.



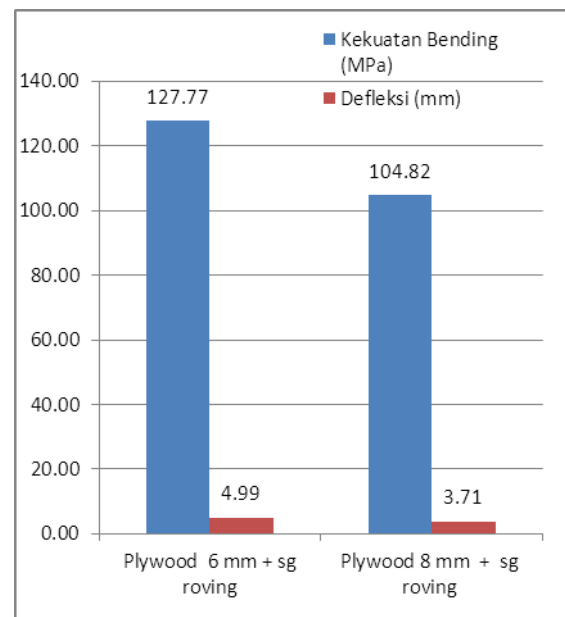
Gambar 3.3. Pengaruh ketebalan lapisan kulit terhadap kekuatan bending dan defleksi bahan komposit sandwich plywood polyester serat gelas

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 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 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 divariasi 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 melekat 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.

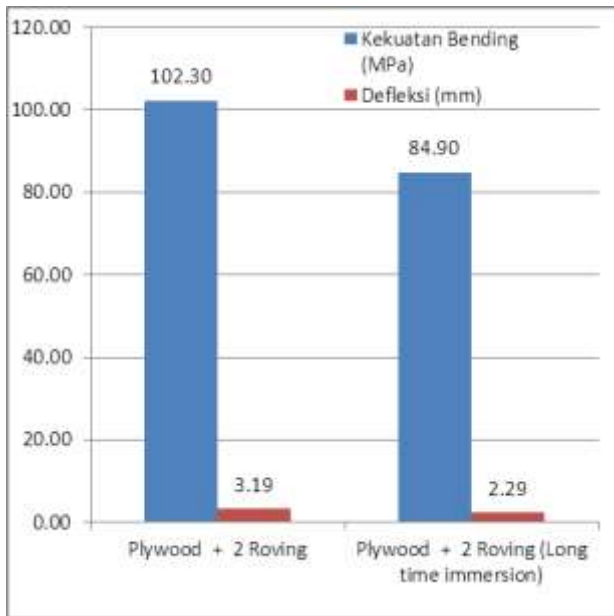


Gambar 3.4. Pengaruh ketebalan Inti (*core*) plywood terhadap kekuatan bending bahan komposit sandwich plywood polimer serat gelas.

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.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian 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] Stefaan de Winter, 2007, Composites: Materials, Structures and Manufacturing Processes, TU Delft, lecture AE4-632, The Netherland.
- [2] 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.
- [3] 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](https://doi.org/10.1177/1687814015582084).
- [4] 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
- [5] Anne Lavalette, Regis Pommier, et. All, 2012, Tension-Shear (TS) failure Criterion For a Wood Composite Designed for Shipbuilding Application, WCTE, Auckland.
- [6] 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
- [7] ASTM C 1341-06, Standart test Methods for Flexural Properties of Continuous Fiber Reinforce Advance Ceramic. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- [8] ASTM D 570-98, water absorbtion test of plastic material. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- [9] ASTM D 3039. 2001. *Standard Test Method for Tensile Properties For Polimer Matrix Composite Materials*. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.