

PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLUME DAN JENIS *CORE* PADA KOMPOSIT *SANDWICH HYBRID* SERAT *FIBER GLASS* TERHADAP KEKUATAN BENDING DAN IMPAK

Virdaus Machfud

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail : virdausmachfud16050754057@mhs.unesa.ac.id

Novi Sukma Drastiawati

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail : novidrastiawati@unesa.ac.id

Abstrak

Lambung kapal atau kulit kapal sering mengalami kerusakan yang disebabkan oleh faktor cuaca maupun binatang perusak. Namun perawatan pada lambung kapal ini perlu dilakukan secara rutin agar kapal tetap kuat, lebih tahan lama dan menyebabkan ketahanan kayu semakin lama. Lambung atau kulit kapal merupakan bagian dari kapal yang sering mengalami kerusakan dan penggantian kayu setelah pemakaian dalam jangka waktu tertentu.

Pada penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen dimana sebagai bahan komposit *sandwich hybrid* dengan *skin core* kayu nangka, kayu jati dan kayu kamper yang akan dikombinasikan dengan variasi fraksi volume serat *fiberglass* dimana nantinya setiap variabel akan diuji bending dan uji dampak dengan tiga spesimen untuk setiap variabel. Spesimen yang sudah diuji dampak dan bending kemudian dianalisa pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel terikat. Variabel bebas meliputi fraksi volume serat 40%, 50% dan 60%.

Berdasarkan dari penelitian ini didapatkan kesimpulan (1) Fraksi volume berpengaruh terhadap dampak maupun bending. Hasil terbesar terletak pada variasi fraksi volume 60% yang memiliki kekuatan dampak dan bending masing-masing 0,02115J/mm² dan 94,945 Mpa, sedangkan nilai kekuatan dampak dan bending terendah dihasilkan oleh fraksi volume 40% dengan hasil kekuatan dampak dan bending masing-masing 0,00386 J/mm² dan 24,449 Mpa. (2) Jenis *core* kayu berpengaruh terhadap kekuatan dampak maupun bending komposit *Sandwich Hybrid*, Hasil terbesar pada pengujian dampak terjadi pada *core* kayu Jati dengan fraksi volume 60% dan hasil terkecil pada pengujian dampak terjadi pada *core* kayu jati dengan fraksi volume 40%. Sedangkan hasil terbesar pengujian bending terjadi pada *core* kayu Jati dengan fraksi volume 60% dan hasil terkecil pengujian bending terjadi pada *core* kayu nangka dengan fraksi volume 40%.

Kata Kunci: Komposit, Fraksi Volume, Komposit *Sandwich* Hibrid, Uji bending, Uji dampak.

Abstract

The hull or skin of ships often suffer damage caused by weather factors or destroying animals. However, maintenance on the hull of this ship needs to be done regularly so that the ship remains strong, more durable and causes the durability of the wood to be longer. The hull or skin of the ship is part of the ship that is often damaged and the wood is replaced after use for a certain period of time.

This research uses an experimental type of research where as a hybrid sandwich composite material with skin cores of jackfruit wood, teak wood and camphor wood which will be combined with variations in the volume fraction of fiberglass fibers where each variable will be tested for bending and impact testing with three specimens for each variable. Specimens that have been tested for impact and bending are then analyzed for the effect of the independent variables on the dependent variable. The independent variables include fiber volume fraction 40%, 50% and 60%.

Based on this research, it can be concluded that (1) Volume fraction has an effect on impact and bending. The biggest result lies in the variation of the 60% volume fraction which has an impact and bending strength of 0.02115J/mm² and 94.945 Mpa, respectively, while the lowest impact and bending strength values are produced by a 40% volume fraction with impact and bending strengths of 0.00386 J/mm² and 24,449 Mpa. (2) The type of wood core affects the impact and bending strength of the Sandwich Hybrid composite. The largest results in the impact test occur in teak wood cores with a volume fraction of 60% and the smallest results in impact testing occur in teak wood cores with a volume fraction of 40%. Meanwhile, the largest bending test results occurred in teak wood cores with a volume fraction of 60% and the smallest bending test results occurred in jackfruit cores with a volume fraction of 40%.

Keywords: Composite, Volume Fraction, Hybrid Sandwich Composite, Bending test, Impact test

PENDAHULUAN

Pengembangan material komposit membutuhkan ide atau gagasan untuk berinovasi dalam mengolah bidang material salah satunya adalah komposit *sandwich hybrid*. Penggunaan material komposit digunakan mulai dari yang sederhana seperti alat-alat rumah tangga sampai sektor industri, baik industri skala kecil maupun industri skala besar.

Produksi komposit *sandwich hybrid* dimaksudkan untuk mendapatkan penurunan biaya, meningkatkan *modulus elastisitas*, dan permukaan produk yang halus. Komposit *sandwich hybrid* memiliki susunan dua jenis *filler*. Prinsip komposit *sandwich* adalah menggabungkan kulit komposit dengan *modulus elastisitas* tinggi dengan *core* komposit yang ringan sehingga diperoleh kombinasi bahan yang kaku, kuat tetapi ringan. Komposit *polyester-fiberglass* yang tipis dapat digunakan sebagai kulit komposit *sandwich*. Sebagai kulit komposit *sandwich* namun demikian serat *fiberglass* yang merupakan serat sintesis mempunyai kelemahan, selain berat jenisnya lebih tinggi juga tidak baik untuk kesehatan. *Fiberglass* yang terlepas dan terhirup dapat menyebabkan iritasi di hidung, tenggorokan, kesulitan bernapas, batuk, dan suara serak. *Fiberglass* juga dapat menyebabkan iritasi kulit dan mata (Agus Dwi Catur, Paryanto D.S., Sinarep, Nanang Prayitno, 2014)

Lambung kapal atau kulit kapal sering mengalami kerusakan yang disebabkan oleh faktor cuaca maupun binatang perusak. Namun perawatan pada lambung kapal ini perlu dilakukan secara rutin agar kapal tetap kuat, lebih tahan lama dan menyebabkan ketahanan kayu semakin lama.

Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah melakukan pelapisan material kayu dengan kombinasi variasi *fraksi volume* dan metode komposit *sandwich*. Pelapisan ini juga dimaksudkan untuk melindungi kayu agar tidak langsung bereaksi dengan air untuk menghindari pelapukan kayu. Permasalahan tersebut membutuhkan penelitian secara ilmiah terkait analisis teknis dan analisis ekonomis pelapisan kapal kayu tradisional. (Yayang Candra Ramadan, I Putu Arta Wibawa, Fitri Hardiyanti, 2018)

Ketersediaan kayu yang berlimpah, merupakan SDA (sumber daya alam) yang dapat direkayasa menjadi produk teknologi andalan nasional sebagai *core* komposit. Rekayasa *core* dapat dilakukan dari kayu utuh ataupun limbah potongan kayu. Konsep rekayasa *core* ini merupakan tahapan alih teknologi yang diilhami oleh masuknya *core* impor kayu. Permasalahan yang timbul adalah bagaimanakah sifat komposit *sandwich* berpenguat serat *fiberglass* dengan *core* yang berbeda. Dengan memvariasikan jumlah *fraksi volume* serat penguat pada komposit *sandwich* telah diteliti bagaimana

sifat bending, tekan, berat jenis komposit *sandwich* yang dibuat.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian tentang rekayasa komposit *sandwich* dengan berbagai jenis *core* kayu merupakan kajian yang sangat menarik untuk diteliti lebih lanjut. Berhubung mayoritas beban yang diterima berbagai panel komposit *sandwich hybrid* adalah bending, maka kajian mekanis yang dipandang sangat penting dilakukan adalah kajian kekuatan bending dan dampak.

METODE

Metode Penelitian

Jenis penelitian eksperimen yang dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan tertentu, (sugiyono, 2018). Tujuan pada eksperimen ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi *fraksi volume core* pada komposit *sandwich* serat *fiberglass* terhadap kekuatan bending dan dampak serta jenis-jenis kegagalannya.

Variabel Penelitian

❖ *Independent Variable*

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah hasil dari pengujian bending dan dampak komposit *sandwich* *core* kayu kamper, kayu nangka dan kayu jati dengan kulit komposit serat *fiber glass*.

❖ *Dependent Variable*

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah *Fraksi volume* kulit menggunakan 40%, 50% dan 60% dan Kulit komposit disusun dengan orientasi arah serat acak.

❖ *Control Variable*

- *Matriks* yaitu *polyester yukalac 157 BQTN-EX* dengan katalis *methyl ethyl ketone peroxide (MEKPO)*.
- katalis sebesar 1% dari matriks pada setiap *fraksi volume*.
- Tebal *core* komposit *sandwich* 15mm.

Bahan, Instrumen dan Peralatan Penelitian

❖ Bahan Penelitian

- Resin *Polyester yukalac BTQN157-ex*
- Katalis *MEKPO (methyl ethyl keton peroxide)*
- Serat *fiberglass*
- Kayu nangka, kayu jati dan kayu kamper

Pengaruh variasi fraksi volume dan jenis *core* pada komposit *sandwich hybrid* serat *fiber glass* terhadap kekuatan bending dan dampak

❖ Instrumen Penelitian

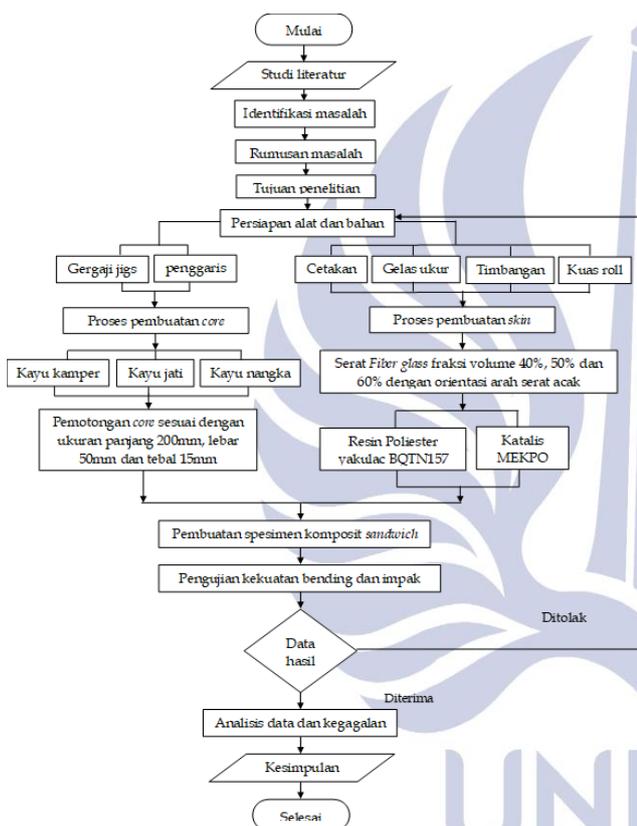
- Mesin uji Bending
- Mesin uji dampak

❖ Peralatan Penelitian

- Gelas ukur
- Timbangan digital
- cetakan atau *molding*
- ember

Rancangan penelitian

Skema penelitian pada gambar berikut.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Pelaksanaan pembuatan komposit *sandwich* dimana langkah yang dipakai sebagai acuan ialah seperti gambar 1 rancangan penelitian diatas, pada gambar diatas menunjukkan flowchart alur proses pembuatan komposit *sandwich hybrid* yang mana menggunakan serat fiberglass yang digunakan sebagai skin dengan arah orientasi serat acak dengan kombinasi fraksi volume 40%, 50% dan 60%. Pada penelitian ini menggunakan *core* kayu dengan tiga jenis yaitu kayu nangka, kayu jati dan kayu kamper

Setelah proses pengerjaan pembuatan specimen komposit *sandwich* specimen kemudian masuk ke tahap pemotongan material sesuai standart setelah itu specimen akan memasuki tahap pengujian bending dan dampak untuk

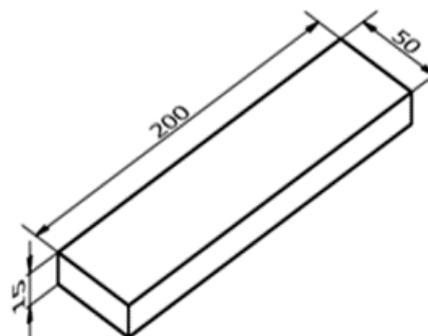
mengetahui nilai dari masing masing specimen yang sudah divariasikan dengan fraksi volume yang berbeda pada setiap specimen. Sesudah memasuki tahap pengujian maka specimen akan dilakukan pengamatan secara visual untuk mengetahui kegagalan yang ditimbulkan dari pengujian dampak dan bending pada setiap masing masing specimen.



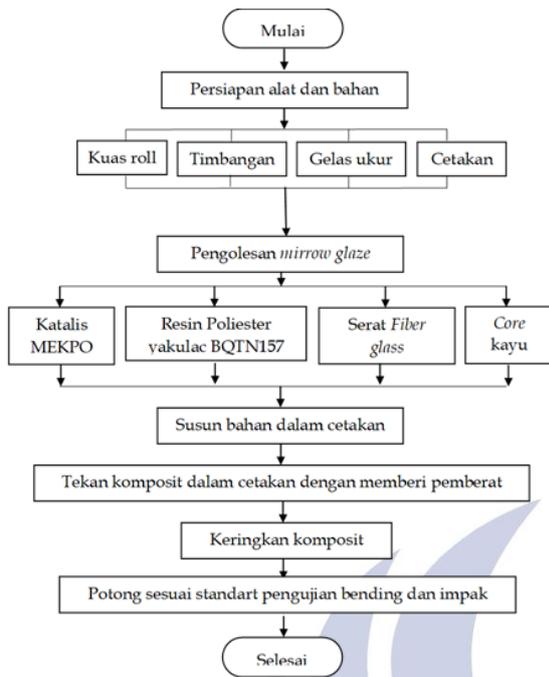
Gambar 3. Proses pembuatan *core*

Pembuatan Core kayu

- Kayu jati, kayu nangka dan kayu kamper diperoleh dari pembelian ditoko galagan
- Pemotongan Papan kayu jati, kayu nangka dan kayu kamper selanjutnya dipotong sesuai dengan ketebalan core yang telah ditentukan. Pemotongan menggunakan mesin jigsaw. Core kayu dipotong dengan ukuran panjang 200mm, tebal 15mm dan lebar 50mm. Proses parataan permukaan core kayu menggunakan gerinda amplas.



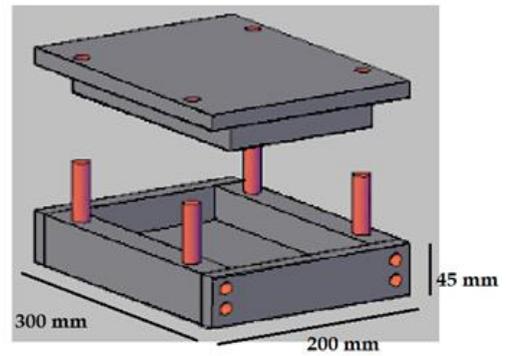
Gambar 4. Desain *core*



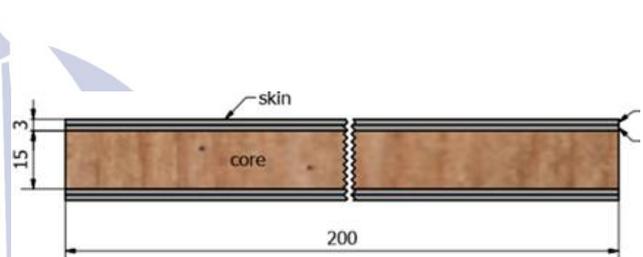
Gambar 5. Proses pembuatan komposit

Pembuatan komposit *sandwich hybrid*

- Persiapan alat dan bahan
- Mengoleskan *mirrow glaze* pada seluruh permukaan cetakan agar resin tidak melekat ke cetakan waktu di keluarkan.
- Menyiapkan *core* kayu utuh dengan panjang 200mm, tebal 15mm dan lebar 50mm yang disusun pada cetakan.
- Ketika *core* kayu sudah berada dalam cetakan, penyusunan serat *fiberglass* sebagai bahan *skin* diatas *core* disusun dengan baik agar cairan resin dapat menempel dengan serat dan *core* kayu secara merata.
- Jika *core* kayu sudah terlapisi dengan baik oleh *skin* yang menutupinya maka cetakan ditutup dan ditambahkan pemberat pada penutup cetakan, agar komposit *sandwich* terpadatkan dengan sempurna.
- Jika komposit *sandwich hybrid* sudah memasuki tahap kering merata maka komposit yang sudah mengering dari cetakan dikeluarkan. Dan proses ini diulangi lagi hingga mendapatkan spesimen dengan variable dan jumlah yang sudah ditentukan.



Gambar 6. Cetakan

Gambar 7. Desain spesimen komposit *sandwich*Gambar 8. Susunan komposit *sandwich*

Pengujian Bending

Pengujian yang dilakukan adalah untuk mengetahui berapa besar kekuatan lentur dan tangguh komposit *sandwich hybrid* serat *fiberglass* pengujian ini dilakukan kepada seluruh materian uji bending dengan variabel yang sudah ditentukan pada masing masing setiap *core* kayu, dapat dihitung dengan rumus berikut:

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

Dimana :

σ_b =Kekuatan *bending* (N/mm² = MPa)

F=Beban (N)

L=Panjang spesimen (mm)

d=Tebal spesimen (mm)

b=Lebar spesimen (mm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

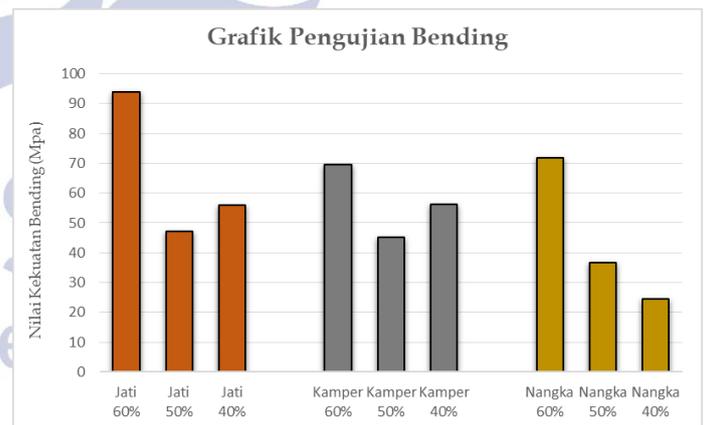
- Hasil uji bending

Tabel 1. Hasil pengujian bending

Pada gambar grafik 9 dapat dilihat nilai kekuatan bending komposit sandwich hybrid core kayu jati dengan fraksi volume 60% berturut-turut mendapatkan hasil sebesar 94,166Mpa, 93,336Mpa, dan 94,397Mpa dengan rata-ratanya sebesar 93,945Mpa, pada core kayu jati dengan fraksi volume 60% secara berturut-turut mendapatkan hasil sebesar 71,714Mpa, 71,353Mpa, dan 72,014Mpa dengan rata-ratanya sebesar 71,694Mpa. Sehingga dapat diketahui bahwa pada fraksi volume 60% pada core kayu jati dan angka memiliki nilai rata-rata kekuatan bending (mpa) tertinggi. Sedangkan dapat dilihat nilai kekuatan bending komposit sandwich hybrid pada core kayu angka dengan fraksi volume 50% secara berturut-turut mendapatkan hasil sebesar 36,998Mpa, 36,157Mpa, 36,817mpa dengan rata-ratanya sebesar 36,658Mpa, sedangkan pada core kayu angka dengan fraksi volume 40% secara berturut-turut mendapatkan hasil sebesar 24,085Mpa, 24,756Mpa, dan 24,505Mpa dengan rata-ratanya sebesar 24,449Mpa, sehingga dapat diketahui bahwa core kayu angka pada fraksi volume 50% dan 40% memiliki nilai kekuatan bending (Mpa) terendah.

Core Kayu	Fraksi Volume	Spesimen	Hasil uji Bending (Mpa)
Jati	60%	1	94.116
		2	93.336
		3	94.397
		Rata-rata	93,945
	50%	1	47.329
		2	46.188
		3	47.989
		Rata-rata	47.169
	40%	1	56.038
		2	55.017
		3	56.578
		Rata-rata	55.878
Kamper	60%	1	69.311
		2	70.212
		3	69.491
		Rata-rata	69.672
	50%	1	45.447
		2	44.626
		3	45.287
		Rata-rata	45.102
	40%	1	56.998
		2	55.677
		3	56.338
		Rata-rata	56.338
Nangka	60%	1	71.714
		2	71.353
		3	72.014
		Rata-rata	71.694
	50%	1	36.998
		2	36.157
		3	36.817
		Rata-rata	36.658
	40%	1	24.085
		2	24.756
		3	24.505
		Rata-rata	24.449

Gambar 9. Grafik Kekuatan Bending (Mpa)

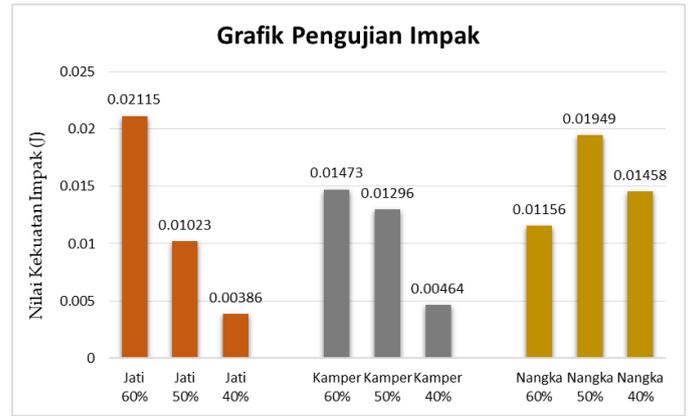


Gambar 10. Grafik pengujian Beending (Mpa)

- Hasil uji dampak

Pada gambar grafik 10 dapat dilihat nilai kekuatan dampak komposit sandwich hybrid core kayu jati dengan fraksi volume 60% mendapatkan hasil sebesar 0,01456 J/mm², 0,02221J/mm², dan 0,02667 J/mm² dengan rata-ratanya sebesar 0,02115 J/mm², pada core kayu angka dengan fraksi volume 50% mendapatkan hasil sebesar 0,02834 J/mm², 0,00314 J/mm², dan 0,02699 J/mm²

dengan rata-ratanya sebesar 0,01949 J/mm². Sehingga dapat diketahui bahwa pada fraksi volume 60% pada core kayu jati dan fraksi volume 50% pada core kayu nangka memiliki nilai rata-rata kekuatan impact (J/mm²) tertinggi. Sedangkan dapat dilihat nilai kekuatan impact komposit sandwich hybrid pada core kayu jati dengan fraksi volume 40% mendapatkan hasil sebesar 0,00243 J/mm², 0,00708 J/mm², 0,00206 J/mm² dengan rata-ratanya sebesar 0,00386J/mm², sedangkan pada core kayu kamper dengan fraksi volume 40% mendapatkan hasil 0,00556J/mm², 0,00532 J/mm², dan 0,00302 J/mm² dengan rata-ratanya sebesar 0,00464 J/mm², sehingga dapat diketahui bahwa core kayu jati pada fraksi volume 40% dan core kayu kamper fraksi volume 40% memiliki nilai kekuatan impact (J/mm²) terendah.



Gambar 12. Grafik pengujian impact

Core Kayu	Fraksi Volume	Spesimen	Hasil uji impact (J/mm ²)
Jati	60%	1	0.01456
		2	0.02221
		3	0.02667
		Rata-rata	0.02115
	50%	1	0.02431
		2	0.00726
		3	0.00533
		Rata-rata	0.01023
	40%	1	0.00243
		2	0.00708
		3	0.00206
		Rata-rata	0.00386
Kamper	60%	1	0.02288
		2	0.00618
		3	0.01512
		Rata-rata	0.01473
	50%	1	0.00653
		2	0.00534
		3	0.02699
		Rata-rata	0.01296
	40%	1	0.00556
		2	0.00532
		3	0.00302
		Rata-rata	0.00464
Nangka	60%	1	0.00653
		2	0.02621
		3	0.00192
		Rata-rata	0.01156
	50%	1	0.02834
		2	0.00314
		3	0.02699
		Rata-rata	0.01949
	40%	1	0.02243
		2	0.00292
		3	0.01838
		Rata-rata	0.01458

Gambar 11. Kekuatan impact

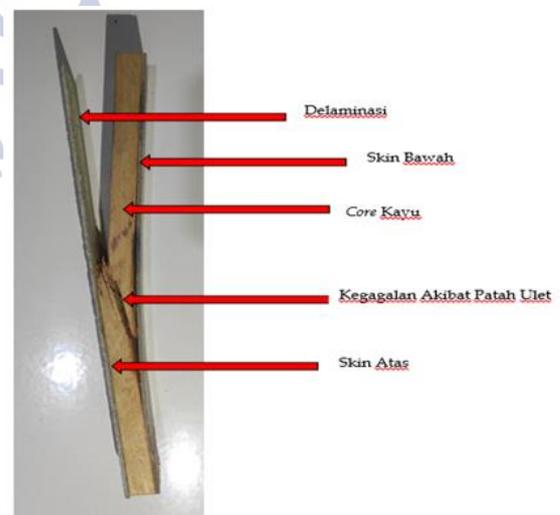
• Patahan pengujian bending

- Kegagalan pengujian bending fraksi volume 60%



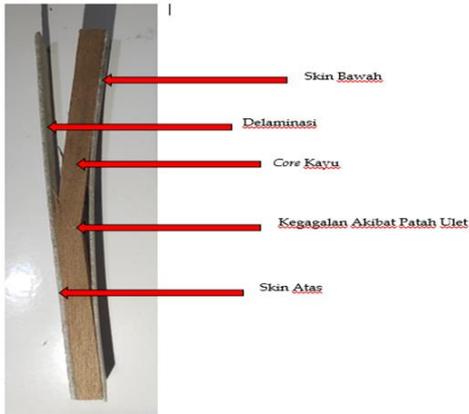
Gambar 13. Kegagalan fraksi volume 60%

- Kegagalan pengujian bending fraksi volume 50%



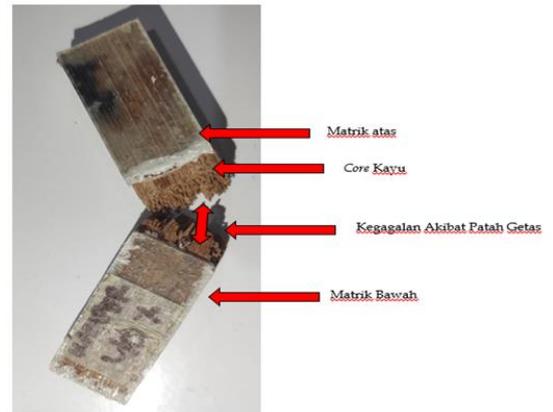
Gambar 14. Kegagalan fraksi volume 50%

- Kegagalan pengujian bending 40%



Gambar 15. Kegagalan fraksi volume 40%

- Kegagalan pengujian dampak fraksi volume 40%



Gambar 18. Kegagalan fraksi volume 40%

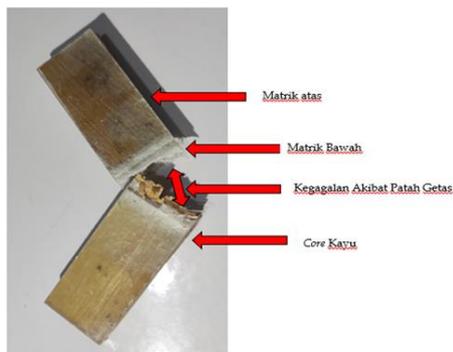
• Patahan pengujian dampak

- Kegagalan pengujian dampak fraksi volume 60%



Gambar 16. Kegagalan fraksi volume 40%

- Kegagalan pengujian dampak fraksi volume 50%



Gambar 17. Kegagalan fraksi volume 50%

• Penerapan penelitian

Kapal kayu yang digunakan adalah jenis gt 10 pada semua tipe, untuk mendapatkan perahu yang ringan tetapi kaku dan kuat harus diaplikasikan bahan yang ringan kaku dan kuat yaitu komposit *sandwich*. Penerapan standar bki dalam pembangunan kapal penangkap ikan sangat penting untuk memastikan kekuatan konstruksi kapal dan keselamatan kerja anak buah kapal saat kegiatan operasi penangkapan ikan. Kapal gt 10 biasanya memiliki jalur laut meliputi perairan penangkapan ikan 1 sampai dengan 12 mil laut diukur dari permukaan air laut pada surut terendah. Rata-rata suhu laut berada pada 26.5°C mencakup angka minimal di kedalaman 50 meter merupakan sesuatu yang dibutuhkan untuk mempertahankan tingkat kehangatan pada air ini diperlukan untuk mempertahankan inti hangat sebagai bahan bakar pada sistem tropis. Nilai ini jauh di atas 16.1 °C suhu rata-rata permukaan lautan global dalam jangka panjang (Catur, 2014).

PENUTUP

Simpulan

Pada hasil dari penelitian dan pembahasan pengaruh fraksi volume 60, 50% dan 40% serat *fiberglass* maka disimpulkan sebagai berikut:

- Fraksi volume sangat berpengaruh terhadap pengujian dampak maupun pengujian bending hasil spesimen komposit Sandwich hibrid yang dibuktikan dengan pengujian anova 2 jalur (two way anova) dengan nilai yang signifikan. Hasil terbesar terletak pada variasi fraksi volume 60% yang memiliki kekuatan dampak dan bending masing-masing 0,02115J/mm² dan 94,945 Mpa, nilai yang di dapatkan dari pengujian dampak dan bending yang terendah dihasilkan oleh fraksi volume

40% dengan hasil kekuatan impact dan bending masing-masing 0,00386 J/mm² dan 24,449 Mpa.

- Jenis *core* kayu memiliki nilai pengaruh yang besar terhadap kekuatan impact maupun bending komposit *Sandwich Hybrid*, dimana kekuatan impact dan bending mengalami peningkatan dan penurunan seiring berubahnya jenis core kayu saat mengalami perlakuan fraksi volume yang berbeda yang dibuktikan dengan pengujian anova 2 jalur (two way anova) dengan nilai yang signifikan. Hasil terbesar pada pengujian impact terjadi pada core kayu Jati dengan fraksi volume 60% dan hasil terkecil pada pengujian impact terjadi pada core kayu jati dengan fraksi volume 40%. Sedangkan hasil terbesar pengujian bending terjadi pada core kayu Jati dengan fraksi volume 60% dan hasil terkecil pengujian bending terjadi pada core kayu nangka dengan fraksi volume 40%.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dari eksperimen pembuatan komposit *sandwich hybrid* serat *fiberglass* dengan *core* kayu yang berbeda maka didapatkan saran sebagai berikut:

- Untuk penelitian berikutnya sebaiknya mengecek kemiringan cetakan agar lebih presisi supaya *skin* yang menempel pada *core* kayu bisa lebih presisi pada pembuatan spesimen komposit *Sandwich hibird*.
- Penggunaan masker dan sarung tangan yang tepat sebaiknya diperhatikan agar pada saat proses pembuatan spesimen berjalan dengan baik dari kendala bau yang menyengat dan material yang beresiko pada kulit.
- Variabel bebas pada penelitian ini adalah pada fraksi volume 60%,50% dan 40% pada penelitian berikutnya sebaiknya mengetahui parameter parameter lain diantaranya pemilihan core kayu yang lebih beragam, pemilihan jenis resin dan pemilihan macam macam serat yang memiliki nilai kekuatan lebih dan harga yang terjangkau

Astika, I Made dan Dwijana, I Gusti Komang. 2016. "Kekuatan Lentur Komposit Sandwich Serat Tapis Kelapa Dengan Core Kayu Albasia". Jurnal Energi dan Manufaktur. Vol. 09 (01): Hal 29-32.

Bodig J and Jayne BA. 1982. Mechanics Wood and Wood Composites. Malabar, Florida: Krieger Publishing Company.

BPPT. 2018. BPPT Tawarkan Inovasi Rumah Tahan Gempa untuk Lombok, Buatan Lokal,(online),

Callister, W.D, 2007. Fundamentals Of Materials Science And Engineering. International Seventh Edition. New York: John Willey & Son Inc

Campbell, F.C. 2010. Structural Composite Materials. Missouri: ASM international

Frederick F. Ling. 1999 . Composite Materials, Mechanical Behavior and Structural Analysis. Translate by J. Michael Cole. New York: Springer-Verlag B

DAFTAR PUSTAKA

Abdurrachman dan Hadjib N. 2005. Kekuatan dan Kekakuan Balok Lamina dari Dua Jenis Kayu Kurang Dikenal. Jurnal Penelitian Hasil Hutan

Akovali, G. 2001. Handbook of Composite Fabrication. Shawbury: Rapra Technology LTD.

Ardiyanto, Pramaditya. 2014. Analisa Pengaruh Ketebalan Inti (Core) Polyurethane Terhadap Karakteristik Bending Komposit Sandwich. Surabaya: skripsi institute Teknologi Sepuluh November