

PENGARUH JUMLAH LAMINASI *CORE* KOMPOSIT *SANDWICH* SERAT KENAF DENGAN *CORE* KAYU SENGON TERHADAP KEKUATAN *BENDING*

Devit Alda Prayoga

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: devitprayoga16050754046@mhs.unesa.ac.id

Novi Sukma Drastiawati

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: novidrastiawati@unesa.ac.id

Abstrak

Kayu sengon dan serat kenaf merupakan komoditas yang melimpah Di Indonesia. Bahan tersebut dapat direkayasa menjadi *core* dan *skin* komposit *sandwich* yang ringan, kuat, murah, dan ramah lingkungan sebagai pengganti bahan-bahan sintesis. Pemanfaatan kayu sengon sebagai *core* pada umumnya terdapat dua cara penggunaan yaitu, papan serbuk kayu yang dibentuk dari serbuk gergajian dan kayu utuh. *Core* papan serbuk memiliki kekuatan yang lebih rendah dari pada kayu utuh. Penggunaan kayu sengon utuh sebagai *core* masih memiliki kelemahan yaitu kemampuan deformasi plastisnya yang rendah dan sulit dibentuk sehingga sulit diterapkan pada struktur yang memiliki lengkungan seperti chasis *monocoque* pada mobil hemat energi. Untuk mengatasi hal tersebut maka *core* kayu perlu dimodifikasi. Salah satu metode yaitu menggunakan teknik laminasi yang merupakan penggabungan dari beberapa lembaran kayu menjadi satu. Kayu sengon laminasi yang digunakan sebagai *core* komposit *sandwich* dalam penelitian ini memiliki tebal 15 mm dengan variasi tanpa *core* laminasi (1 lapisan), 2 lapisan, 3 lapisan dan 4 lapisan. *Skin* komposit dicetak menggunakan metode *hand lay up* dengan orientasi arah 0° dan 90° dengan fraksi volume serat sebesar 40%. Selanjutnya komposit *sandwich* diuji kekuatan *bending* nya menggunakan pengujian *three point bending* dengan standar ASTM D790-03.

Berdasarkan hasil penelitian, komposit *sandwich* serat kenaf yang menggunakan *core* kayu laminasi sengon mempunyai nilai *bending* yang lebih tinggi dari pada *core* kayu tanpa laminasi (1 lapisan). *Core* kayu sengon tanpa lapisan mempunyai kekuatan sebesar 30,12Mpa. *Core* laminasi yang terdiri dari variasi 2 lapisan, 3 lapisan, dan 4 lapisan mempunyai nilai kekuatan *bending* berturut-turut 39,72Mpa, 45,75Mpa dan 47,44Mpa.

Kata Kunci : Serat Kenaf, Kayu Sengon, *Core* Laminasi, Komposit *Sandwich*, Kekuatan *Bending*

Abstract

Sengon wood and kenaf fiber are abundant commodities in Indonesia. These materials can be engineered into lightweight, strong, inexpensive, and environmentally friendly sandwich composite cores and skins as a substitute for synthetic materials. There are generally two ways to use sengon wood as a core, namely, sawdust board formed from sawdust and whole wood. Powder board cores have less strength than whole wood. The use of intact sengon wood as a core still has a weakness, namely its low plastic deformation ability and is difficult to shape, making it difficult to apply to structures that have curves such as monocoque chassis in energy-efficient cars. To overcome this, the wood core needs to be modified. One method is to use a lamination technique which is a combination of several pieces of wood into one. The laminated sengon wood used as the core of sandwich composites in this study has a thickness of 15 mm with variations without core lamination (1 layer), 2 layers, 3 layers and 4 layers. Composite skin was printed using hand lay up method with orientation 0° and 90° with fiber volume fraction of 40%. Furthermore, the sandwich composite was tested for its bending strength using a three point bending test with ASTM D790-03 standards.

Based on the results of the study, kenaf fiber sandwich composites using sengon laminated wood cores have a higher bending value than wood cores without lamination (1 layer). Sengon wood core without laminated has a strength of 30.12Mpa. Laminated cores consisting of variations of 2 layers, 3 layers, and 4 layers have bending strength values respectively 39.72Mpa, 45.75Mpa and 47.44Mpa.

Keywords: Kenaf Fiber, Sengon Wood, Core Laminate, Composite Sandwich, Bending Strength

PENDAHULUAN

Bahan komposit yang diperkuat dengan serat merupakan bahan yang banyak digunakan karena kekuatan dan kekakuan spesifik tinggi serta sifatnya dapat dibuat mendekati kebutuhan. Salah satu jenis komposit serat yang mulai mendapatkan perhatian khusus untuk dikembangkan ialah komposit serat dengan struktur *sandwich*, yang biasanya disebut dengan komposit *sandwich*. Komposit *sandwich* memiliki keunggulan yaitu dapat menerima beban maksimum yang lebih besar dari pada komposit serat biasa. Pemanfaatan struktur *sandwich* dalam dunia industri telah berkembang pesat. Beberapa industri yang membutuhkan konstruksi ringan, kaku dan kuat telah memanfaatkan struktur ini, seperti industri pesawat terbang dan *aerospace*, *otomotif*, bangunan dan perkapalan. Keunggulan yang dimiliki oleh komposit *sandwich* diperoleh dari *core* ringan yang terletak diantara dua *skin*. Namun pada saat ini komponen penyusun struktur *sandwich* umumnya masih menggunakan bahan-bahan sintesis yang tidak ramah lingkungan.

Serat alam yang dapat dikembangkan sebagai bahan penguat *skin* komposit adalah serat kenaf (*Hibiscus cannabinus*). Produksi serat kenaf dunia menduduki mencapai 229.700 ton/tahun (FAO, 2017). Dengan harga 0.55USD/kg, serat kenaf lebih murah jika dibandingkan dengan harga serat E glass (3.25 USD/kg) dan serat carbon (200 USD/kg) (Ezekiel et al, 2015). Salah satu daerah penghasil serat kenaf yang ada Di Indonesia berada Di kecamatan Laren, Kabupaten Lamongan, Jawa timur. Para petani kenaf menanamnya pada lahan rawa di bantaran sungai bengawan solo. Hasil panen Serat kenaf hanya dijual Rp. 5.000 / Kg.



Gambar 1. Tumbuhan kenaf di kecamatan laren dan seratnya

Di Indonesia, serat kenaf umumnya hanya dipakai sebagai karung goni, Sehingga penggunaannya sebagai bahan komposit perlu dikembangkan guna meningkatkan nilai ekonomis dan kemanfaatannya.

Tabel 1. Sifat mekanik serat kenaf

<i>Properties of Kenaf fiber</i>	<i>units</i>
<i>density</i>	1200 kg/m ³
<i>Tensile Strength</i>	295 - 930 Mpa
<i>Elongation at break</i>	2,7 - 6,9 %
<i>Young modulus</i>	53 Gpa

(Sumber : Mizi, 2017)

Ketersediaan kayu sengon (*Albizia chinensis*) sangat berlimpah Di Indonesia. Pada tahun 2018 saja produksi kayu bulat (*log*) kayu sengon mencapai 3.651.497,49 m³ (Badan Pusat Statistik, 2018). Densitas kayu sengon yang rendah yaitu 0.33 kg/m³ (SNI 7973:2013, 2013) membuatnya cocok dijadikan *core* komposit *sandwich* sebagai pengganti bahan sintesis impor, seperti *polyurethane foam* (PUF), *Divynils cell*, dan *honeycome*.

Pemanfaatan kayu sengon sebagai *core* pada umumnya ada dua cara penggunaan yaitu dapat berupa papan serbuk kayu yang dibentuk dari serbuk gergajian dan kayu utuh. *Core* papan serbuk memiliki kekuatan yang lebih rendah dari pada kayu utuh. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sudiryanto (2015), Papan serbuk kayu sengon hanya mempunyai kekuatan lentur rata-rata sebesar 2,81Mpa. Menurut SNI 7973:2013 kayu sengon mempunyai standar kekuatan lentur 6,02Mpa, hal ini berarti kayu sengon utuh memiliki kekuatan lentur yang lebih besar dari pada papan serbuk gergajinya. Penggunaan kayu sengon sebagai *core* masih memiliki kelemahan yaitu kemampuan deformasi plastisnya yang rendah. Deformasi plastis yang rendah disebabkan oleh sifat kayu sengon yang cenderung kaku. Sifatnya yang kaku membuat *core* kayu sengon sulit dibentuk sehingga tidak cocok untuk diaplikasikan pada struktur yang mempunyai lengkungan seperti *chasis* mobil-mobil modern, *dashboard* mobil, lambung perahu. Seperti contoh dalam pengembangan mobil hemat energi seperti yang dilakukan oleh tim Garuda Unesa. Untuk mendapatkan kendaraan yang aerodinamis bodi mobil yang dibuat memiliki banyak profil lengkungan sehingga diperlukan penguatan kekakuan (tulangan) yang mudah dibentuk mengikuti lekukan *body* kendaraan. Untuk mengatasi hal tersebut maka *core* kayu perlu dimodifikasi. Salah satu metode atau cara yaitu menggunakan teknik laminasi. kayu laminasi merupakan penggabungan dari beberapa lembaran-lembaran kayu menjadi satu. Pada penelitian yang dilakukan Desmaliana (2017) kayu laminasi dapat meningkatkan kemampuan menahan beban maksimal sebesar 73% lebih tinggi dari kayu utuhnya. Kayu laminasi juga dapat dibuat menjadi struktur lengkung dengan bentuk beragam yang tidak bisa dicapai kayu utuh. Metode pembuatan komposit *sandwich* dengan *core* kayu sengon laminasi dan *skin* berpenguat serat kenaf dengan matriks polyester menggunakan metode *handlayup*.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik melakukan sebuah penelitian yang menggabungkan metode kayu laminasi untuk *core* komposit *sandwich* dengan *skin* berpenguat serat kenaf yang dipadukan dengan matrik polyester. Penelitian ini berfokus pada pengaruh jumlah lapisan *core* laminasi terhadap kekuatan *bending*.

METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, teknik pengambilan sampel pada umumnya dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan (Sugiyono, 2018). Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen, yaitu metode untuk mencari pengaruh dari perlakuan tertentu (sugiyono, 2018). Penelitian dilakukan dalam kondisi yang terkontrol dan peralatan yang disesuaikan untuk memperoleh data yang valid.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari pengaruh metode laminasi *core* dan jumlah lapisannya pada komposit *sandwich* serat kenaf terhadap kekuatan *bending* serta diperkuat dengan analisa jenis-jenis keagalannya.

Waktu dan Tempat Penelitian

• Waktu

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret – Desember 2020. Tempat

• Tempat

Pembuatan spesimen komposit *sandwich core* kayu sengon dengan *skin* berpenguat serat kenaf dilakukan di *workshop* Garuda Unesa racing team, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Pengujian *bending* dilakukan di laboratorium Pengujian bahan dan perlakuan, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang

Variabel Penelitian

• Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah *core* kayu sengon utuh atau tanpa *core* laminasi (1 lapisan) dan jumlah laminasi *core* kayu sengon dengan jumlah laminasi sebanyak 2, 3 dan 4

• Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekuatan *bending* komposit *sandwich core* kayu sengon dengan *skin* berpenguat serat kenaf.

• Variabel kontrol

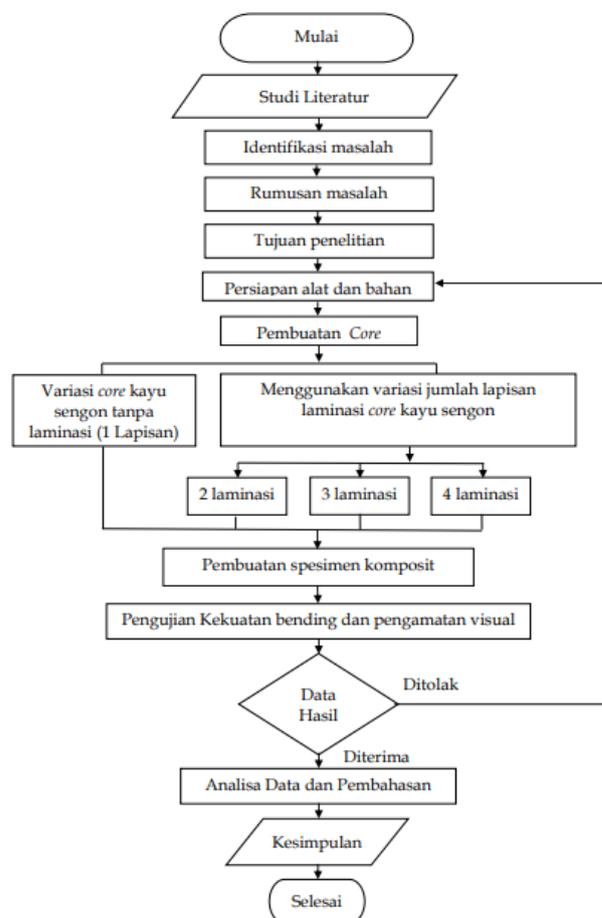
Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu :

- Matriks yang digunakan yaitu *polyester* Yukalac 157 BTQN-EX dengan katalis *methyl ethyl ketone peroxide*
- Jumlah katalis sebesar 1% dari matriks.
- *Skin* komposit disusun dengan orientasi arah serat 0° dan 90° .
- Fraksi volume *skin* menggunakan 40%

- Tebal *core* komposit *sandwich* 15mm.
- Perak yang digunakan untuk merekatkan *core* laminasi adalah perekat PVAc (*polyvinyl acetate*)

• Rancangan Penelitian

Tahapan penelitian dilaksanakan seperti *Flowchart* dibawah ini



Gambar 2. *Flowchart* Penelitian

Penulis melakukan penelitian eksperimen dengan membuat bahan komposit *sandwich* dengan *skin* komposit serat kenaf dan *core* kayu sengon laminasi. Jenis matrik yang digunakan adalah poliester yukalac BQTN157 dengan katalis *Methyl Ethyl Keton Peroxide* (MEKPO). Dalam pembuatan komposit *sandwich* yang akan dibuat, penguat serat kenaf yang digunakan sebagai *skin* menggunakan jenis orientasi 0° dan 90° dengan fraksi volume serat sebesar 40%. *core* kayu sengon menggunakan tebal 15mm divariasikan dengan tanpa laminasi atau utuh, 2 laminasi, 3 laminasi dan 4 laminasi. proses pembuatan komposit *sandwich* menggunakan metode *hand lay up* dengan cara *press mold*. pembuatan *skin* komposit dilakukan dua kali yaitu pembuatan *skin* atas terlebih dahulu. setelah selesai, komposit *sandwich* dibongkar dari cetakan dan dibalik untuk proses pembuatan *skin* bawah.

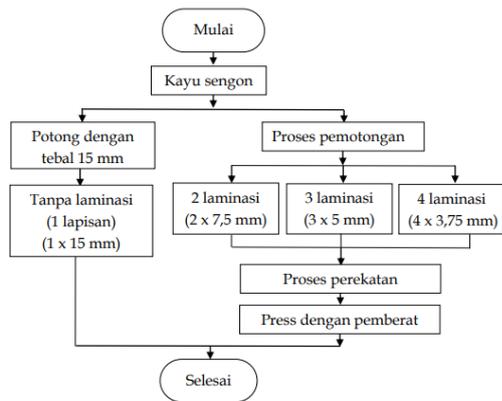
Setelah proses pembuatan komposit selesai dilakukan, selanjutnya adalah memotong bahan komposit sesuai dengan standart ASTM D 790-03. Selanjutnya, masing-masing variabel akan uji *bending* dengan tiga spesimen untuk masing-masing variabel. Setelah proses pengujian maka diperoleh data uji *bending* yang telah dikonversikan dalam satuan Mpa. Spesimen yang sudah diuji *bending* kemudian dianalisa pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel terikat. Variabel bebas meliputi tanpa *core* laminasi dan menggunakan *core* laminasi dengan variasi jumlah lapisan laminasi sebanyak 2 laminasi, 3 laminasi serta 4 laminasi. Penentuan ini berdasarkan pertimbangan dan studi literatur penelitian relevan. Selain itu dilakukan pengamatan visual untuk mengetahui kegagalan yang dialami oleh spesimen komposit *sandwich* serat kenaf dengan *core* kayu sengon. Pengamatan visual meliputi pengamatan makro. Pengamatan makro bertujuan untuk mengetahui jenis kegagalan material komposit.

Tahap akhir dari proses penelitian ini adalah pengambilan data dan kesimpulan berdasarkan pembahasan yang sudah ada serta menyertakan saran untuk penelitian selanjutnya.

Pembuatan Spesimen

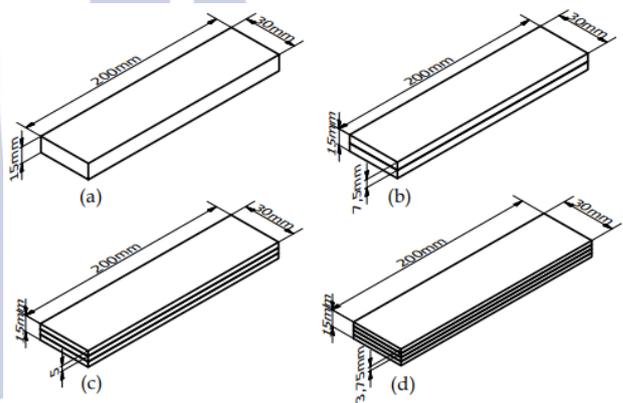
• **Pembuatan *core***

Berikut adalah *flowchart* pembuatan *core*



Gambar 3. *Flowchart* pembuatan *core*

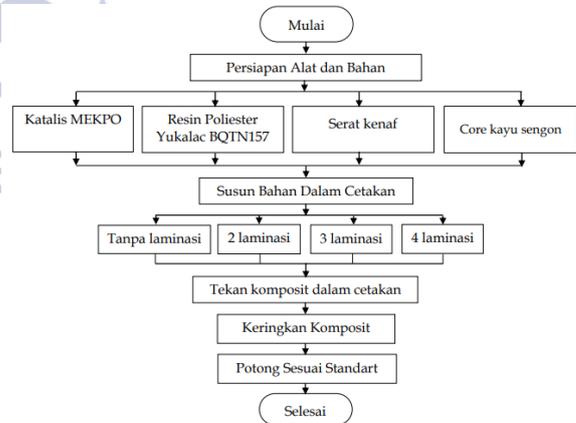
- Kayu sengon didapatkan dari pembelian ditoko kayu berupa papan dengan tebal 2 cm
- Proses pemotongan
 - a. Tanpa laminasi (1 lapisan)
Papan kayu sengon hanya ditipiskan lagi hingga ketebalannya 15mm.
 - b. 2 laminasi
Membuat 2 potongan kayu sengon dengan ketebalan 7,5mm.
 - c. 3 laminasi
Membuat 3 potongan kayu sengon dengan ketebalan 5mm.
 - d. 4 laminasi
Membuat 4 potongan kayu sengon dengan ketebalan 3,75mm.



Gambar 4. Desain *core* komposit *sandwich*

• **Pembuatan komposit *sandwich***

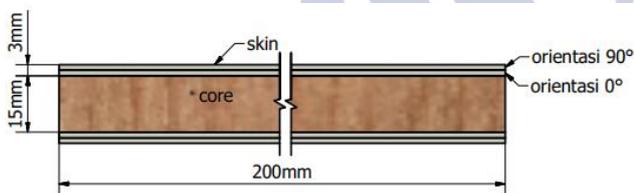
Berikut ini adalah *flowchart* pembuatan komposit *sandwich*



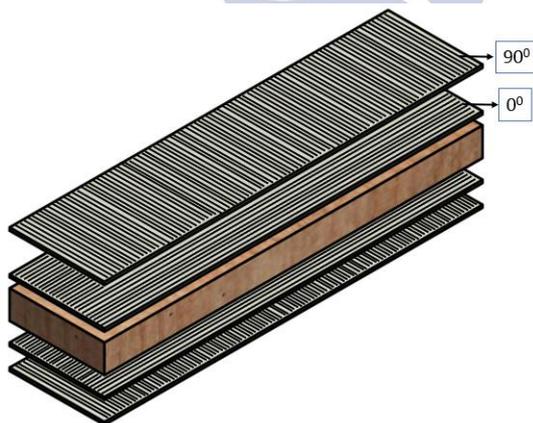
Gambar 5. *Flowchart* pembuatan komposit *sandwich*

- Persiapan alat dan bahan.
- Pengolesan *mirrow glaze* pada seluruh permukaan cetakan yang nantinya akan terkena resin supaya memudahkan mengeluarkan komposit.

- Siapkan *core* kayu sengon laminasi.
Siapkan *core* kayu sengon utuh setebal 15 mm dan *core* kayu sengon laminasi tebal total 15 mm dengan variasi jumlah laminasi 2 lapisan, 3 lapisan dan 4 lapisan. kemudian letakan dalam cetakan yang disediakan sesuai dengan variasi yang digunakan.
- Siapkan serat untuk pembuatan *skin*
Setelah *core* sudah berada dalam cetakan, susun serat untuk bahan *skin* diatas *core* sesuai jenis orientasi serat yang telah ditentukan. Lalu tuangkan resin polyester yang sudah dicampur dengan katalis kedalam cetakan.
- Tutup cetakan komposit kemudian pasang ke penekan untuk proses cetak tekan lalu biarkan sampai resin mengering.
- Keluarkan komposit yang sudah mengering dari cetakan. Pasang kembali komposit pada cetakan untuk proses pembuatan *skin* disisi yang lain. Ulangi langkah ke-5 dan ke-6



Gambar 6. Desain komposit *sandwich*



Gambar 7. Susunan komposit *sandwich* dan orientasi serat pada *skin*

• **Pengujian Bending**

Pengujian *bending* menggunakan *universal testing machine* di laboratorium pengujian bahan, teknik mesin, Politeknik Negeri Malang. Berikut adalah gambar dan spesifikasi alat yang digunakan.

Tabel 2. Spesifikasi alat uji *bending*

	Merk	TARNO GROCKI
	tipe	<i>Universal testing machine</i>
	penggerak	hidrolik
	Dimensi	
	Panjang	±90cm
	Lebar	±60cm
Tinggi	±120cm	

Pengujian *bending* dalam penelitian ini menggunakan standart ASTM D790-03 “Standart Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials” dengan metode *three point bending*. Dimensi spesimen yang digunakan memiliki panjang 200mm, lebar 30mm dan tebal 21mm, serta panjang tumpuan *bending* (*span*) sebesar 160mm. Nilai dari kekuatan *bending* dapat dihitung dengan rumus berikut.

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

Dimana :

- σ_b = Tegangan *bending* (MPa)
- P = Beban /Load (N)
- L = Panjang Span / *Support span*(mm)
- B = Lebar/ *Width* (mm)
- d = Tebal / *Depth* (mm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3. Kekuatan *bending* komposit *sandwich*

variasi	spesimen	kekuatan <i>bending</i> (Mpa)	rata-rata (Mpa)
Tanpa <i>core</i> laminasi (1 lapisan)	1	29,94	30,12
	2	29,72	
	3	30,68	
2 lapisan	1	38,83	39,72
	2	39,04	
	3	41,30	
3 lapisan	1	45,19	45,75
	2	45,97	
	3	46,08	
4 lapisan	1	46,47	47,44
	2	47,79	
	3	48,07	

Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali setiap variabel jumlah laminasi *core*, sehingga dilakukan tiga kali perhitungan. Nilai kekuatan *bending* dari komposit *sandwich* tanpa *core* laminasi (1 lapisan) pada spesimen 1 sebesar 29,94MPa, spesimen 2 sebesar 29,72MPa, dan spesimen 3 sebesar 30,68MPa. Nilai kekuatan *bending* dari komposit *sandwich* dengan 2 lapisan *core* pada spesimen 1 sebesar 38,83MPa, spesimen 2 sebesar 41,30MPa, dan spesimen 3 sebesar 39,04MPa. Nilai kekuatan *bending* dari komposit *sandwich* dengan 3 lapisan *core* pada spesimen 1 sebesar 45,97MPa, spesimen 2 sebesar 45,19MPa, dan spesimen 3 sebesar 46,08MPa. Nilai kekuatan *bending* dari komposit *sandwich* dengan 4 lapisan *core* pada spesimen 1 sebesar 46,47MPa, spesimen 2 sebesar 47,79MPa, dan spesimen 3 sebesar 48,07MPa. Rata-rata dari komposit *sandwich* tanpa *core* laminasi (1 lapisan) sebesar 30,12MPa, komposit *sandwich* dengan 2 lapisan *core* sebesar 39,72MPa, komposit *sandwich* dengan 3 lapisan *core* sebesar 45,75MPa, dan komposit *sandwich* dengan 4 lapisan *core* sebesar 47,44MPa.

• Analisa statistik

Data hasil pengujian selanjutnya dianalisa secara statistik untuk mendapatkan jawaban dari rumusan hipotesa yang telah dibuat menggunakan metode anova tunggal (*One-way Anova*) dengan aplikasi SPSS 20.

• Uji Normalitas

Uji normalitas data hasil pengujian telah dilakukan dan data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4. hasil uji normalitas pada SPSS20
Tests of Normality

Y1	X1	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Y1	1 Lapisan	.301	3	.	.911	3	.421
	2 Lapisan	.358	3	.	.813	3	.147
	3 Lapisan	.344	3	.	.841	3	.217
	4 Lapisan	.324	3	.	.877	3	.314

a. Lilliefors Significance Correction

Dari hasil uji normalitas diatas dapat diketahui masing-masing variabel terdistribusi normal atau tidak. Pedoman pengambilan keputusan adalah sebagai berikut :

- Jika nilai sig. kurang dari 0,05 maka, data dinyatakan memiliki distribusi tidak normal.
- Jika nilai sig. lebih dari 0,05 maka, data dinyatakan memiliki distribusi normal.

Pedoman ini mengacu pada hasil perhitungan alat uji normalitas Shapiro-Wilk. Dimana, menurut hasil pengujian didapatkan masing-masing variabel memiliki nilai sig diatas 0,05 sehingga dapat dikatakan bahwa data hasil

pengujian kekuatan *bending* komposit *sandwich* berpekuat serat kenaf terdistribusi normal.

• Uji Homogenitas

Uji Homogenitas data hasil pengujian telah dilakukan dan data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 5. Hasil pengujian Homogenitas pada SPSS20
Test of Homogeneity of Variances

Y1	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
	3.195	3	8	.084

Dari hasil uji normalitas diatas dapat diketahui sampel homogen atau tidak. Pedoman pengambilan keputusan adalah sebagai berikut :

- Jika nilai sig. kurang dari 0,05 maka, data dinyatakan tidak homogen.
- Jika nilai sig. lebih dari 0,05 maka, data dinyatakan homogen.

Hasil pengujian didapatkan nilai sig 0.084, sehingga dapat dikatakan bahwa data hasil pengujian kekuatan komposit *sandwich* serat kenaf dengan *core* kayu sengon adalah homogen.

• Uji Anova

Analisa menggunakan metode anova tunggal harus memiliki hipotesa sebelum dapat menarik sebuah kesimpulan, hipotesa yang diajukan adalah :

- Ho = Tidak ada pengaruh yang signifikan jumlah laminasi *core* kayu sengon terhadap kekuatan *bending* komposit *sandwich* serat kenaf dengan *core* kayu sengon..
- Ha = Ada pengaruh yang signifikan jumlah laminasi *core* kayu sengon terhadap kekuatan *bending* komposit *sandwich* serat kenaf dengan *core* kayu sengon..

Hasil pengujian anova telah dilakukan dan hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 6. Hasil pengujian ANOVA pada SPSS20
ANOVA

Y1	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	551.880	3	183.960	237.833	.000
Within Groups	6.188	8	.773		
Total	558.068	11			

Dasar pengambilan keputusan anova tunggal adalah perbandingan F hitung dengan F tabel. Dengan ketentuan sebagai berikut:

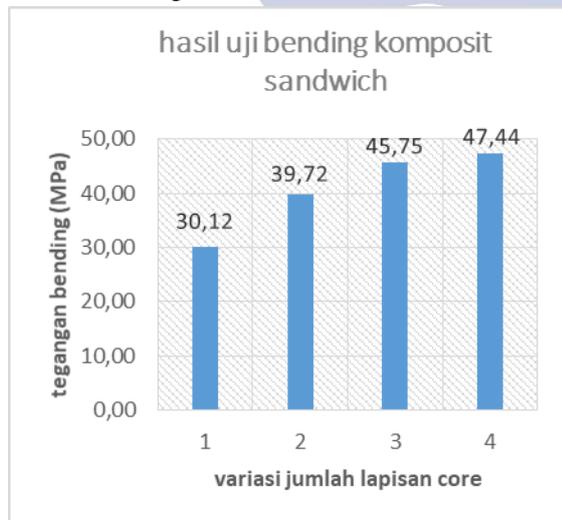
- Jika F hitung (angka F output) > statistik tabel (tabel F), maka H_0 ditolak, H_a diterima.
- Jika F hitung (angka F output) < statistik tabel (tabel F), maka H_0 diterima, H_a ditolak.

Nilai F hitung pada tabel 4.8 adalah 237.833 dengan nilai signifikansi 0,000 sementara nilai statistik tabel dapat ditemukan pada tabel F, dalam uji anova ini menggunakan tingkat signifikansi (α) sebesar 5%. Untuk menentukan nilai F tabel dibutuhkan dk pembilang dan dk penyebut, dk pembilang didapatkan dengan menghitung jumlah variabel kelompok dikurangi 1 maka $4 - 1 = 3$; sedangkan dk penyebut adalah jumlah seluruh sampel dikurangi jumlah variabel kelompok maka $12 - 4 = 8$. Dengan nilai dk pembilang 3 dan dk penyebut 8 maka didapatkan nilai F tabel yaitu 4.07.

Berdasarkan uraian diatas, nilai F hitung lebih besar dari pada nilai F tabel pada masing-masing variabel. Maka dapat disimpulkan bahwa H_a diterima dan H_0 ditolak atau dengan kata lain ada pengaruh yang signifikan jumlah laminasi *core* kayu sengon terhadap kekuatan *bending* komposit *sandwich* serat kenaf dengan *core* kayu sengon.

• **Analisa pengaruh jumlah lapisan *core* terhadap kekuatan *bending***

Dari data hasil pengujian *bending* pada tabel 3, maka dapat dibuat Diagram hubungan antara jumlah lapisan *core* dengan kekuatan *bending* yang dapat dilihat dari Diagram dibawah ini.



Gambar 8. Diagram rata-rata hasil pengujian *bending* komposit *sandwich* serat kenaf dengan variasi jumlah lapisan *core* kayu sengon

Berdasarkan nilai kekuatan *bending* pada diagram diatas dimana nilai dari masing-masing variasi lapisan *core* mempunyai kekuatan *bending* yang berbeda dari nilai yang tertinggi hingga terendah

yaitu, variasi 4 lapisan *core* sebesar 47,44Mpa, variasi 3 lapisan *core* sebesar 45,75 Mpa, variasi 2 lapisan *core* sebesar 39,72Mpa dan variasi 1 lapisan *core* sebesar 30,12Mpa. Dari data kekuatan *bending* dapat dilihat bahwa semakin banyak lapisan *core* kayu sengon pada komposit *sandwich* serat kenaf, maka semakin tinggi pula kekuatan *bending* nya. Peningkatan kekuatan *bending* pada komposit *sandwich* yang menggunakan *core* kayu laminasi diakibatkan karena terjadinya peningkatan kekuatan pada *core* yang digunakan. *Core* yang merupakan bagian utama dari komposit *sandwich* digunakan sebagai penyokong utama dan pendistribusi beban yang terjadi pada komposit agar distribusi beban yang diterima lebih merata kesemua bagian. Seiring bertambahnya kekuatan dari *core* maka akan meningkatkan kekuatan dari komposit *sandwich* (Leite, 2013).

• **Analisa jenis Kegagalan**

Dari hasil pengujian *bending* selain menghasilkan data kekuatan *bending*, kerusakan spesimen setelah diuji juga dapat dianalisa untuk mengetahui jenis-jenis kegagalannya. Jenis kegagalan dapat memberikan informasi bagaimana pengaruh jumlah lapisan *core* terhadap karakteristik setiap variasi *core* laminasi dari komposit *sandwich*.

• **1 lapisan**



a

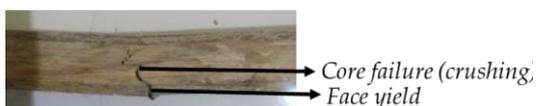


b

Gambar 9. Spesimen 1 variasi tanpa *core* laminasi (a) Setelah diuji, (b) pengamatan kegagalan

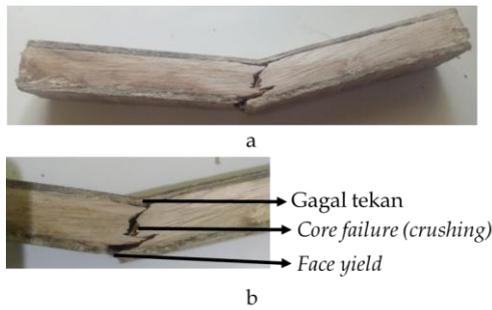


a



b

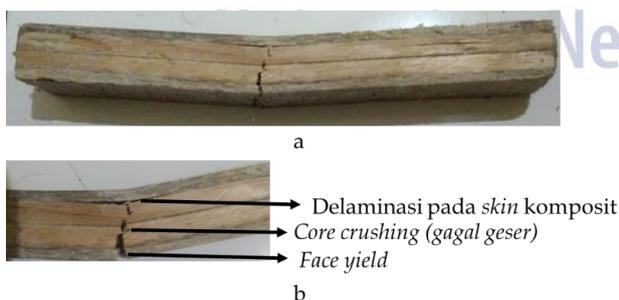
Gambar 10. Spesimen 2 variasi tanpa *core* laminasi (a) Setelah diuji, (b) pengamatan kegagalan



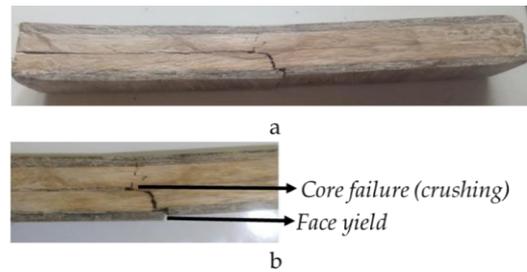
Gambar 11. Spesimen 3 variasi tanpa *core* laminasi
(a) Setelah diuji, (b) pengamatan kegagalan

Pada variasi *core* tanpa lapisan dengan tebal 15mm jenis kegagalannya yaitu *face yield*, *core failure (crushing)* dan *micro bukling*. *face yield* diakibatkan karena *skin* bagian bawah mengalami kegagalan tarik akibat pembebanan *bending* sehingga mengakibatkan *skin* bagian bawah terputus (Carlsson, and G.A. Kardomates, 2010). *Core failure (crushing)* diakibatkan oleh ketidak mampuan *core* menerima gaya geser yang diakibatkan oleh pembebanan *bending* sehingga *core* mengalami kerusakan yang menyeluruh (Diharjo, 2011). Patahan setiap *core* juga berbeda bentuknya hal ini diakibatkan karena adanya perbedaan struktur kayu sengon yang digunakan setiap spesimen. *Core* dengan tebal 15mm mengakibatkan sulitnya pendeteksian cacat kayu yang berada didalam. Patahan dengan pola zig-zag merupakan jenis patah elastis kayu, jenis patahan elastis menandakan kayu tidak rusak dengan tiba-tiba saat mengalami pembebanan sehingga memberikan kesempatan deformasi yang lebih besar (Setyo, 2010). Hal tersebut mengakibatkan *skin* atas pada spesimen 3 mengalami gagal tekan karena melewati batas elastisitasnya ketika melakukan deformasi.

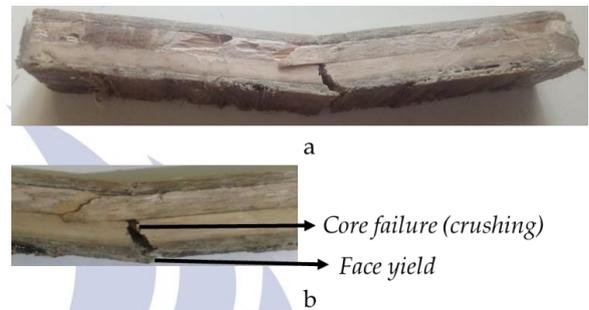
• Variasi 2 lapisan *core*



Gambar 12. Spesimen 1 variasi 2 lapisan *core*
(a) Setelah diuji, (b) pengamatan kegagalan



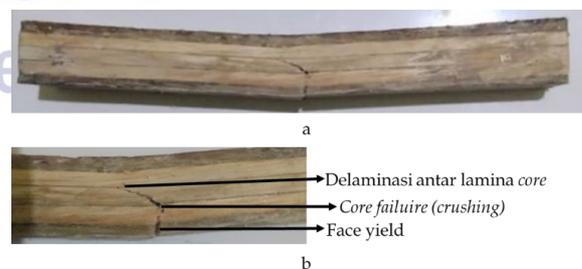
Gambar 13. Spesimen 2 variasi 2 lapisan *core*
(a) Setelah diuji, (b) pengamatan kegagalan



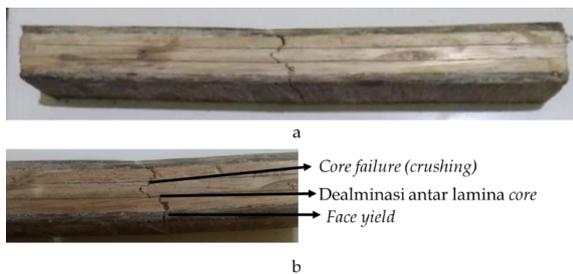
Gambar 14. Spesimen 1 variasi 2 lapisan *core*
(a) Setelah diuji, (b) pengamatan kegagalan

Pada variasi 2 lapisan *core* dengan tebal lamina 7,5mm sebanyak 2 buah. umumnya memiliki jenis kegagalan yang sama dengan variasi tanpa lapisan. Kegagalannya berupa *face yield* dan *core failure (crushing)*. Namun pada spesimen 1 mengalami kegagalan *delaminasi skin*, hal ini diakibatkan karena patahan pada *core* yang lurus sehingga *core* yang awalnya mengalami regangan lentur kemudian patah dan *core* kembali ke bentuk semula sehingga ikatan antara *core* dan *matriks* terlepas karena tarikan yang diakibatkan *core*.

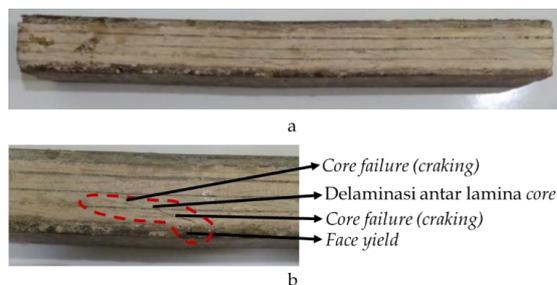
• Variasi 3 lapisan *core*



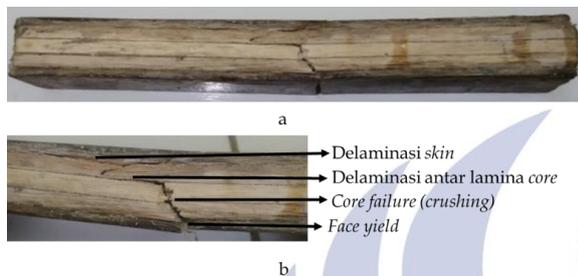
Gambar 15. Spesimen 1 variasi 3 lapisan *core*
(a) Setelah diuji, (b) pengamatan kegagalan



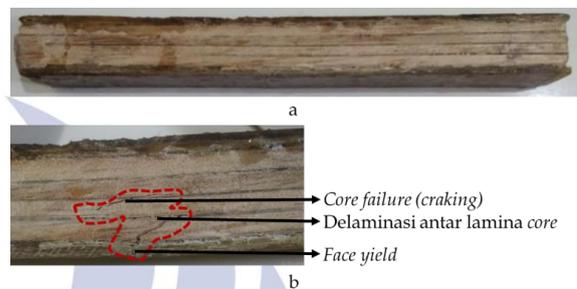
Gambar 16. Spesimen 2 variasi 3 lapisan *core*
(a) Setelah diuji, (b) pengamatan kegagalan



Gambar 18. Spesimen 2 variasi 4 lapisan *core*
(a) Setelah diuji, (b) pengamatan kegagalan



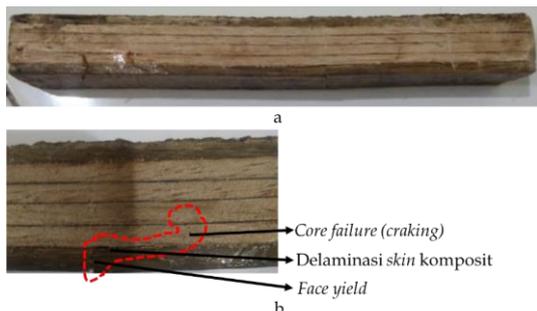
Gambar 17. Spesimen 3 variasi 3 lapisan *core*
(a) Setelah diuji, (b) pengamatan kegagalan



Gambar 19. Spesimen 3 variasi 4 lapisan *core*
(a) Setelah diuji, (b) pengamatan kegagalan

Pada variasi 3 lapisan *core* dengan ketebalan lamina 5mm sebanyak 3 buah, Jenis kegagalan yang terjadi pada umumnya *face yield*, *core failure (crushing)*, dan *delaminasi antar lamina core*. *delaminasi antar lamina core* terjadi karena gaya geser yang terjadi pada *core* didistribusikan ke lapisan perekat yang mengakibatkan lapisan itu rusak. *Core laminasi* yang menerima gaya geser akibat pembebanan *bending* tidak langsung rusak secara total, namun bertahap dari lamina *core* bagian paling bawah menuju keatas. *Delaminasi antar lamina core* yang terlalu panjang ke sisi kiri titik *bending* pada spesimen 3 membuat lamina kayu disisi kiri titik *bending* tertekan kebawah sehingga mengakibatkan *delaminasi skin* antara *core* dan *skin* atas disisi kiri titik *bending*.

- **Variasi 4 lapisan *core***



Gambar 4.11 Spesimen 1 variasi 4 lapisan *core*
(a) Setelah diuji, (b) pengamatan kegagalan

Pada variasi 4 lapisan *core* dengan ketebalan lamina 3,7mm sebanyak 4 buah, jenis kegagalan pada umumnya berupa *face yield* dan *core failure (cracking)*. Pada variasi ini pengaruh lapisan *adhesive core* yang berfungsi memberi kelenturan lebih tinggi dibanding variasi tanpa lapisan, dan 2 lapisan sudah nampak jelas. Hal ini ditandai dengan adanya *core cracking*. Kerusakan *core cracking* tidak mengakibatkan *core* rusak secara keseluruhan namun hanya ditandai dengan adanya retakan-retakan (Diharjo, 2011). Kelenturan pada *core laminasi* memberi kesempatan *core* untuk melakukan regangan tanpa adanya kerusakan yang menyeluruh. lapisan *adhesive* pada *core* berperan mendistribusikan gaya geser secara bertahap dari laminasi *core* paling bawah menuju ke atas yang diterima akibat pembebanan pengujian *bending*.

PENUTUP

- **simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pengaruh jumlah lapisan *core laminasi* kayu sengon terhadap hasil kekuatan *bending* komposit *sandwich* serat kenaf maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

- *Core laminasi* kayu sengon berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan *bending* komposit *sandwich* serat kenaf daripada *core* kayu sengon tanpa laminasi. *Core* kayu laminasi memiliki kemampuan menahan beban *bending* yang lebih

tinggi sehingga kekuatan *bending* komposit *sandwich* mengalami peningkatan

- Jumlah lapisan *core* kayu laminasi pada komposit *sandwich* berpengaruh signifikan pada nilai kekuatan *bending*. Semakin banyak jumlah lapisan pada *core* kayu laminasi semakin tinggi pula nilai kekuatan *bending* nya. Lapisan *adhesive* pada *core* laminasi ikut mendistribusikan gaya geser secara bertahap sehingga memberikan kelenturan dan kemampuan menahan beban maksimal yang lebih besar tanpa adanya kerusakan yang menyeluruh pada *core*.
- Mekanisme kegagalan komposit *sandwich* serat kenaf dengan *core* kayu sengon bermula pada *skin* bagian bawah yang mengalami kegagalan tarik yang diakibatkan beban *bending*, lalu diteruskan ke *core* sehingga terjadi kegagalan geser. Namun pada *core* laminasi mengalami kegagalan delaminasi antar lapisan *core* hal ini diakibatkan gaya geser yang terjadi pada *core* juga didistribusikan pada *adhesive* lapisan *core* kayu sengon.
- **Saran**
 - Komposit *sandwich* dengan *core* kayu laminasi dengan tebal lalamina 3,75mm atau lebih kecil sebaiknya dikembangkan menjadi komponen aplikatif seperti *skateboard*, lambung kapal, dinding rumah komposit dan rangka pesawat.
 - Variabel bebas pada penelitian ini adalah jumlah lapisan *core* laminasi kayu sengon, sehingga pada penelitian selanjutnya perlu diketahui parameter-parameter lainnya seperti ketebalan *skin*, jenis serat yang digunakan, jenis matriks yang digunakan, dan jenis kayu yang digunakan sebagai *core* laminasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sampaikan terima kasih kepada Dr. Soeryanto, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin di Universitas Negeri Surabaya, Priyo Heru Adiwibowo, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya, Novi Sukma Drastiawati, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing, Prof. Dr. Ir. Aisyah Endah Palupi, M.Pd. selaku dosen penguji 1, Arya Sakti Mahendra, S.T., M.T. selaku dosen penguji 2. Ibu Suminten dan Bapak Adi Supeno selaku kedua orang tua enulis. Marenta Retno Anisa selaku kakak penulis. Djihan Yuniantari yang menemani saya ketika mengerjakan penelitian ini. Teman penulis Fais, Setyo, Dicky yang turut serta membantu dalam pengerjaan spesimen. Teman-teman Garuda Unesa Racing Team yang memberikan tempat untuk melaksanakan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2018. *Statistik Produksi Kehutanan 2018*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 7973-2013, spesifikasi desain untuk konstruksi kayu. Jakarta
- Carlsson, and G.A. Kardomates. 2010. *structural and failure mechanics of composit sandwich*. New York: Springer.
- Desmaliana, Erma. 2017. “*Kajian Eksperimental Perilaku Lentur Balok Laminasi Lengkung Dari Kayu Jabon*”. Jurnal institut teknologi nasional Vol. 3, No.5
- Diharjo, Kuncoro. 2011. “*Kekuatan bending komposit sandwich dengan core divinycell-PVC H-60 (pengaruh orientasi serat, jumlah laminat dan tebal core terhadap kekuatan bending)*”. Jurnal Mekanika Vol. 9, No. 2. Universitas Sebelas maret.
- Ezekiel, Ogunbode et al. 2015. “*Potentials Of Kenaf Fibre In Bio-Composite Production: A Review*”. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)* Universiti Teknologi Malaysia. vol 77 (12): hal. 23–30
- FAO. 2017. *Jute, kenaf, sisal, abaca, coir and allied fibres*, Statistical Bulletin 2016. Rome.
- Leite, pierre. 2013. *Optimal design of architected sandwich panels for multifunctional propertis*. Saint-martin-d’heres, prancis : thesis universitas de grenoble.
- Mizi, fan dan Feng, fu. 2017. *Advanced High Strength Natural Fibre Composites in Construction*. Cambridge: Elsevier Ltd
- Setyo, Nur Intang. 2010. “*Kapasitas batang laminasi bambu petung – kayu kelapa terhadap gaya tarik dan tekan*”. Konferensi nasional teknik sipil 4 (KoNTekS 4) : sanur, bali.
- Sudiryanto, gun. 2015. “*Pengaruh Suhu dan Waktu Pengempaan Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Papan Partikel Kayu Sengon (Paraserienthes Falcataria (L) Nielson)*”. *Jurnal DISPROTEK*. Vol. 06 (1): Hal. 67-74
- Sugiyono, 2018, *Metode penelitian, kualitatif, kuantitatif dan R&D*. cetakan ke-28, bandung :Alfabeta