

Pengaruh Penambahan Serat Batang Pisang Ketip dan Filler Dedak Padi Terhadap *Density*, Kekuatan *Bending* dan Tarik Kompositcore, *Sandwich* dengan *Skin Plywood*

Salman, Ahmad Fadly

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit. No. 62, Mataram, NTB, 83125

Telp.: (0370 636126), Fax: (0370) 636126

E-mail: salmanrm@yahoo.com

Abstract

Fiber-reinforced composite core banana stems with additional filler of husk powder is another way to obtain the expected mechanical behavior of the composite. The aim of this study was to analyze the effect of fiber volume fraction content to density, bending strength and tensile strength of sandwich composite. Preparation of composite was done by hand lay-up method. Composite material used by banana ketip fiber and addition of husk powder with variation of fiber volume fraction were 7, 10, and 13 % where husk was constant at 5% with random fiber direction. Tests were conducted by referring to the density est standard (ASTM C 271), bending est (ASTM C 393) and tensile test (ASTM D3039). The result showed that the greater volume fraction of banana fiber, the lower the density value and the lower the bending strength. Whereas the tensile strength tended to increase as the volume fraction was higher.

Keywords: Composite, volume fraction, bending strength, tensile strength

Abstrak

Pembuatan komposit core berpenguat serat batang pisang dengan filler serbuk dedak padi merupakan terobosan untuk mendapatkan kekuatan material yang baru. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kandungan fraksi volume serat batang pisang ketip dengan filler dedak padi terhadap density, kekuatan bending dan kekuatan tarik komposit core dan sandwich. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode hand lay-up. Variasi fraksi volume serat 7, 10, dan 13% dan tambahan serbuk dedak padi sebesar 5% konstan dengan arah serat acak. Pengujian yang dilakukan mengacu pada standar uji density (ASTM C 271), uji bending (ASTM C 393) dan Uji tarik (ASTM D3039). Dari hasil pengujian diperoleh semakin besar fraksi volume serat pisang, maka semakin rendah nilai density, semakin rendah kekuatan bendingnya. Sedangkan nilai tegangan tariknya makin tinggi.

Kata kunci: Komposit, Fraksi volume, Kekuatan bending, Kekuatan tarik.

PENDAHULUAN

Dibanding material logam, komposit memiliki sifat mekanik kekuatan bisa diatur (*tailorability*), kekuatan lelah (*fatigue*) yang tinggi, sifat isolator panas dan suara yang baik, dan dapat juga digunakan untuk menambal kerusakan akibat pembebanan dan korosi (Sirait, 2010).

Serat alam merupakan alternatif komposit selain polimer karena keunggulannya dibanding serat sintesis. Serat alam mudah didapatkan dengan harga yang murah, mudah diproses, densitasnya rendah, ramah lingkungan, dan dapat diuraikan secara bahan (Kusumastuti, 2009). Serat alam yang cocok digunakan sebagai serat dan *filler* komposit antara lain batang pisang dan dedak padi. Adapun *skin* yang umum digunakan yaitu *plywood*.

Komposit *sandwich* merupakan material yang tersusun dari tiga material atau lebih yang terdiri dari *skin* dan *core* di bagian tengahnya. Jika digunakan

perekat untuk menggabungkan *skin* dan *core*, maka lapisan bahan perekat diperhitungkan sebagai komponen tambahan. Untuk mendapatkan struktur *sandwich* yang memiliki sifat mekanis tinggi maka diperlukan jenis *skin* dan *core* yang tepat. Dalam struktur *sandwich*, fungsi utama *skin* antara lain sebagai pelindung *core* dari benturan, gesekan dan memperbaiki penampilan (Steeves dan Fleck, 2004).

Sejumlah peneliti telah mengulas sifat mekanik *sandwich* berpenguat pelepah pisang dengan *core* kayu bitis seperti yang dilakukan oleh Endrian (2015). Diperoleh nilai kekuatan tarik dan kekuatan *bending* komposit serat pelepah pisang ditambah dengan *core* kayu bitis dipengaruhi oleh variasi volume *core* kayu bitis serat pelepah pisang matriks resin.

Di lain pihak Nopriantina (2013) menggunakan pelepah pisang kepok untuk meneliti pengaruh ketebalan serat terhadap sifat mekanik material

komposit polyester serat alam. Diperoleh adanya hubungan linier antara ketebalan serat terhadap tekanan yang diberikan terhadap kekuatan tekan komposit

Boimau (2010) juga mendapati pengaruh yang signifikan dari panjang serat dan fraksi volume terhadap sifat *bending* komposit polyester yang diperkuat serat batang pisang dengan panjang serat 2 dan 5 cm. dengan variasi fraksi volume serat yang digunakan sebesar 20, 30, dan 40%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan *bending* komposit polyester meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi volume serat.

Jumlah lamina juga didapati memiliki pengaruh terhadap kekuatan *bending* komposit *sandwich* serat aren dengan *core* pelepah pisang seperti yang diteliti oleh Wijoyo (2014). Diperoleh peningkatan kekuatan *bending* komposit *sandwich* serat aren polyester dengan *core* pelepah pohon pisang dengan variasi jumlah lamina. Penelitian dilakukan dengan bahan utama serat aren, matrik polyester type 157 BQTN dan G3253, katalis MEKFO, akselerator *cobalt naphtenate*, *max way*, *wax/mirror*, dan *core* limbah pelepah pohon pisang. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lamina komposit *sandwich* mengakibatkan kekuatan *bending*-nya juga semakin meningkat. Kekuatan *bending* komposit *sandwich* serat aren-polyester dengan *core* pelepah pohon pisang berbanding lurus dengan penambahan variasi jumlah lamina yang diberikan.

Demikian juga yang diperoleh Ojahan (2018) yang menganalisis pengaruh fraksi volume serat pelepah batang pisang bermatriks *Unsaturated Resin Polyester (UPR)* terhadap kekuatan tarik dan SEM pada material komposit berpenguat (*fiber*) serat batang pisang kepok. Hasilnya kekuatan tarik yang paling optimal terdapat pada volume fraksi 28% *fiber*, 72% matriks dengan gaya maksimum 2327,9 N, tegangan tarik 67,206 N/mm², regangan 2,747% serta modulus elastisitas 3441,82 N/mm²

Namun dari semua penelitian di atas belum ada yang menggabungkan antara bahan serat alam batang pisang ketip, *filler* dedak padi terhadap kekuatan mekanik komposit *sandwich* dengan *skin plywood*.

Karena itulah tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh kandungan fraksi volume serat batang pisang ketip dengan *filler* dedak padi terhadap *density*, kekuatan *bending* dan kekuatan tarik komposit *core* dan *sandwich*.

METODE

Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan menggunakan alat utama seperti cetakan alat dan pengepres, timbangan digital, alat uji *bending*, alat uji tarik, kamera, gelas ukur, mistar, gelas pencampur dan pengaduk, masker, sisir baja,

gergaji, kuas, dan ember/bak.

Sedangkan bahan-bahan utama yang digunakan yaitu batang pisang, dedak padi, *plywood*, polyester tak jenuh (BQTN 157), katalis/*hardner* (Metyl Etyl Keton Peroksida/MEPOXE), aquades, larutan NaOH dengan konsentrasi 5% dan epoxy.

Prosedur pengujian yaitu melakukan perlakuan serat batang pisang, penyiapan dedak, pembuatan cetakan, pembuatan spesimen, pengujian densitas, uji *bending*, uji tarik dan analisis ANOVA.

Perlakuan serat dilakukan dengan cara serat batang pisang ketip dipotong sepanjang 5 cm, NaOH dicampur dengan air dengan kandungan 5% berat terhadap volume air. Selanjutnya serat batang pisang direndam dalam larutan NaOH selama 2 jam. Selanjutnya serat yang telah direndam dicuci menggunakan air yang mengalir. Lalu serat batang pisang dikeringkan.

Tahap selanjutnya penyiapan dedak. Serbuk dedak padi diayak dengan ukuran 40 mesh.

Kemudian pembuatan cetakan. Cetakan dibuat dengan menggunakan plat baja dengan ketebalan cetakan 20 mm dan ukuran spesimen mengacu pada standar uji density ASTM C 271, uji *bending* ASTM C-393, dan kekuatan tarik (*tensile strength*) (ASTM C 297).

Tahap berikutnya pembuatan spesimen. Komposisi komposit yaitu kandungan serat 7, 10 dan 13% dengan *filler* 5% konstan. Polyester, *filler* dan *hardener* dituangkan pada cetakan secara merata untuk dasar komposit. Serat batang pisang yang telah ditimbang dan dipotong dimasukkan ke dalam campuran resin tersebut lalu diaduk merata. Selanjutnya bagian atas cetakan dilapisi dengan kertas transparan agar saat pelapisan tidak lengket dengan penutup cetakan. Bagian atas cetakan ditutup dengan baja dan didiamkan selama 24 jam.

Pengujian yang dilakukan yaitu uji *density*, *bending* dan tarik. Pengujian densitas serat dilakukan dengan menggunakan timbangan dan gelas ukur sesuai dengan standar ASTM C271. Densitas dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{g}{lwt} \quad (1)$$

Di mana

- ρ = Densitas (kg/m³)
- m = Massa akhir (gram)
- l = Panjang akhir (mm)
- w = Lebar akhir (mm)
- t = Tebal akhir (mm)

Kekuatan *bending* adalah tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Akibat pengujian *bending*, pada bagian atas spesimen akan mengalami tekanan, dan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi terhadap

tegangan tariknya. Kegagalan yang terjadi akibat pengujian *bending*, komposit akan mengalami patah pada bagian bawah yang disebabkan karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima.

Kekuatan *bending* komposit *sandwich* diukur dengan mengacu pada standar ASTM C-393 (lihat Gambar 1) menggunakan alat uji *bending*. Pada pengujian kali ini dilakukan dengan metode *single-point bending* (*bending* 1 titik). Dari percobaan ini akan diperoleh harga beban maksimum yang dapat diterima komposit *sandwich*. Kekuatan *bending* diukur menggunakan Persamaan (2).

$$\tau = \frac{P_{\max}}{(d + c)b} \quad (2)$$

Di mana :

- τ = Kekuatan *bending* (MPa)
- P_{\max} = Beban maksimum (N)
- d = Tebal *sandwich* (mm)
- c = Tebal inti (mm)
- b = Lebar *sandwich* (mm)

Sedangkan kekuatan tarik diukur menggunakan alat uji tarik UTM (lihat Gambar 2) menggunakan Persamaan (4) sesuai ukuran di Gambar 3.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (4)$$

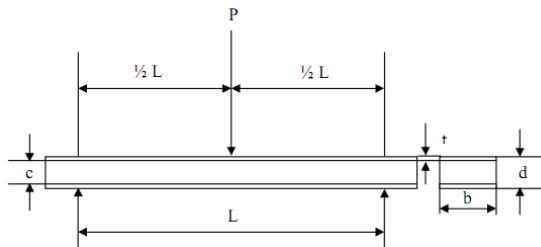
Di mana

- σ = Kekuatan tarik (MPa)
- A = Luas penampang (mm^2).

Selanjutnya hasil pengujian juga diuji analisis statistik secara ANOVA. model klasifikasi satu arah. Bila dari hasil perhitungan diperoleh F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} maka hipotesa nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima.

HASIL DAN PEMBAHASAN Uji Densitas

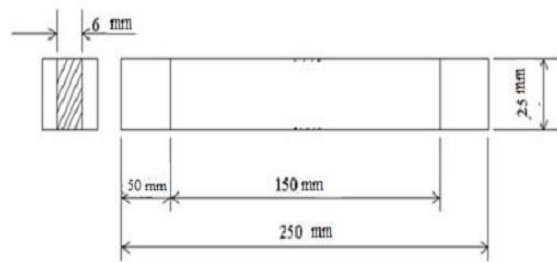
Nilai *density* komposit *core* yang menunjukkan berat dan kepadatan spesimen komposit *core* ditunjukkan pada Tabel 1. Sedangkan nilai *density*



Gambar 1. Sketsa pengujian spesimen uji *bending*.



Gambar 2. Alat uji tarik UTM.



Gambar 3. Dimensi spesimen uji tarik.

Tabel 1. Data pengujian *density* komposit *core*.

Fraksi Volume (%)	m (g)	b (mm)	d (mm)	c (mm)	V (cm^3)	ρ (g/cm^3)
7	46	250	24.5	6.40	39.200	1.173
	45	250	25.43	6.10	38.780	1.160
	46	249	26.08	6.30	40.911	1.124
Rata-rata						1.152
SD						0.025
10	43	250	25.16	6.03	37.928	1.133
	42	250	25.8	5.90	38.055	1.103
	42	249	24.99	6.16	38.330	1.095
Rata-rata						1.111
SD						0.020
13	40	250	24.73	6.13	37.898	1.055
	40	251	25.03	6.20	38.951	1.026
	41	250	25.66	6.23	39.965	1.025
Rata-rata						1.036
SD						0.016

Tabel 2. Data pengujian *densitas* komposit *sandwich*.

Fraksi Volume (%)	m (g)	b (mm)	d (mm)	c (mm)	V (cm^3)	ρ (g/cm^3)
7	539	451	50.52	24.3	553.663	0.973
	541	450	50.15	24.1	543.876	0.994
	542	450	50.05	24.45	550.675	0.984
Rata-rata						0.984
SD						0.010
10	526	450	50.07	24.65	555.401	0.947
	524	451	50.1	24.67	557.421	0.940
	524	450	50.1	24.65	555.734	0.942
Rata-rata						0.943
SD						0.003

	511	450	50.67	24.83	566.161	0.902
13	512	449	50.65	24.62	559.904	0.914
	511	450	50.61	24.6	560.252	0.912
	Rata-rata					0.909
	SD					0.006

komposit sandwich ditunjukkan pada Tabel 2.

Semakin besar fraksi volume maka *density* komposit core dan komposit sandwich close sell semakin turun ini disebabkan oleh penggunaan serat yang tinggi setelah perlakuan NaOH 0.86 g/cm³ dan resin. Maka semakin besar penggunaan serat maka penggunaan resin semakin menurun dan ini mempengaruhi *density* komposit sandwich serat batang pisang dan filler dedak padi. Penurunan densitas akibat bertambahnya fraksi volume ini disebabkan terjadinya pemadatan tanpa rongga.

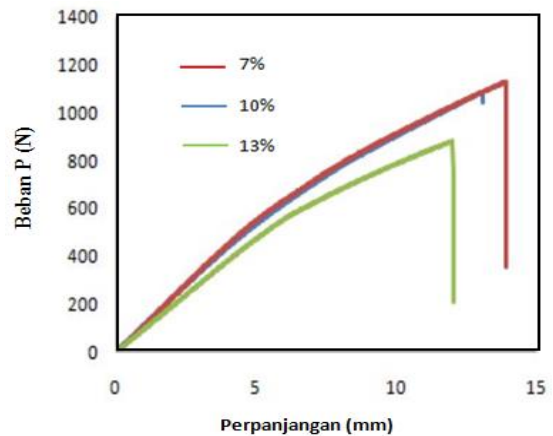
Hasil Uji kekuatan Bending Komposit Sandwich

Pengujian *bending* komposit sandwich dilakukan dengan metode *three point bending*. Data grafik hubungan beban dengan pertambahan panjang ditunjukkan pada Gambar 4.

Nilai beban berbanding lurus dengan perpanjangan. Fraksi volume serat 7% terlihat memiliki nilai beban terbesar yaitu 1190,13 N dengan perpanjangan sebesar 14,21 mm. Sedangkan beban terendah terdapat pada fraksi volume 13%

yaitu 821,23 N dengan perpanjangan 12,11 mm. Dengan demikian mempengaruhi juga nilai kekuatan bendingnya seperti ditunjukkan di Tabel 3.

Secara umum dapat dilihat bahwa fraksi volume serat berbanding terbalik dengan kekuatan *bending*. Semakin besar fraksi volume serat maka banbeban yang didapatkan justru semakin menurun.



Gambar 4. Hubungan fraksi volume serat batang pisang ketip 7, 10 dan 13% pada komposit terhadap perpanjangan spesimen.

Tabel 4. Data perhitungan kekuatan *bending* komposit sandwich berdasarkan fraksi volume serat batang pisang.

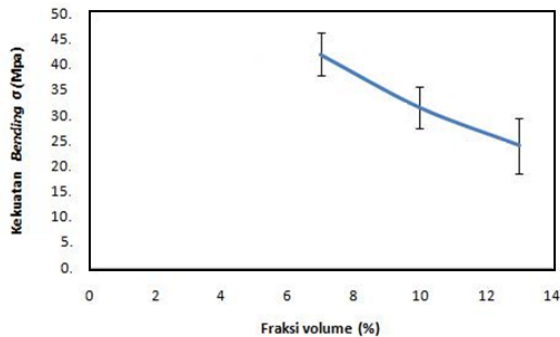
Fraksi volume (%)	c (mm)	b (mm)	d (mm)	Defleksi (mm)	P (N)	τ (Mpa)	σ_b (Mpa)
7	18.30	50.52	24.30	19.81	1517.52	0.71	47.01
	18.10	50.15	24.10	15.00	1284.33	0.61	40.46
	18.45	50.05	24.45	15.37	1263.21	0.59	39.22
	Rata-rata						0.63
SD						0.06	04.18
10	18.65	50.07	24.65	13.06	1085.49	0.50	33.38
	18.67	50.10	24.67	13.90	1128.97	0.52	34.66
	18.65	50.10	24.65	11.98	879.89	0.41	27.04
	Rata-rata						0.48
SD						0.06	04.08
13	18.83	50.67	24.83	08.27	599.96	0.27	18.08
	18.62	50.65	24.62	09.37	850.87	0.39	25.90
	18.60	50.61	24.60	18.07	939.30	0.43	28.64
	Rata-rata						0.36
SD						0.08	05.48

Hal ini karena pada proses pembuatan spesimen perbandingan komposisi resin dengan fraksi volume. Jumlah resin yang justru modal kekuatan bagi material. Ini karena resin mengikat serat lebih kuat disbanding jika resin yang digunakan dalam prosentase kecil. Akibatnya mempengaruhi kekuatan bending dari komposit sandwich yang menurun seiring bertambahnya prosentase fraksi volume serat. Hal ini menarik karena hasilnya berbeda

dengan yang diperoleh sejumlah peneliti sebelumnya. Seperti ditunjukkan oleh Endrian (2015), Nopriantina (2013), Boimau (2010), Ojahan (2015), Wijoyo (2014). Umumnya diperoleh peningkatan kinerja kekuatan bending komposit sandwich serat alam dengan core polyester.

Dari penelitian yang dilakukan ini menurunnya sifat mekanik komposit seiring bertambahnya jumlah fraksi volume serat batang pisang disebabkan karena

pembuatan spesimen yang masih menggunakan *handy lay out*. Metode pembuatan komposit secara manual seperti ini memang ditengarai menciptakan banyak *void* pada bahan.



Gambar 5. Grafik hubungan antara fraksi volume dengan kekuatan *bending* komposit *sandwich*.



Gambar 6 Bentuk kegagalan spesimen dari pengujian *bending*.

Tabel 4. Hasil Perhitungan uji *bending* dengan ANOVA satu arah.

Source of Variation	SS	Df	MS	F_{hitung}	F_{tabel}
Fraksi volume	491.8231	2	245.9116	11.49111	5.143253
Eror	128.4009	6	21.40015		
Total	620.224	8			

Void inilah yang memicu munculnya delaminasi sepanjang sisi *void*. Apalagi disertai penambahan filler dedak pada bahan.

Dari data di atas didapat hubungan antara tegangan *bending* dengan fraksi volume seperti ditunjukkan Gambar 5. Nilai kekuatan *bending* komposit *sandwich* cenderung menurun seiring dengan bertambahnya fraksi volume. Kekuatan *bending* terendah pada fraksi volume 13% dengan nilai sebesar 24,21 Mpa. Penurunan ini terjadi karena penggunaan resin pada fraksi 7% lebih banyak dibandingkan dengan fraksi yang lebih besar sehingga mengakibatkan kekuatan cenderung

menurun. Kegagalan terjadi pada spesimen dimulai dari tengah dan terjadi patahan dimulai dari *skin* bawah kemudian menuju inti. Setelah terjadi patahan beban mulai menurun (lihat Gambar 6).

Analisis ANOVA Uji Bending

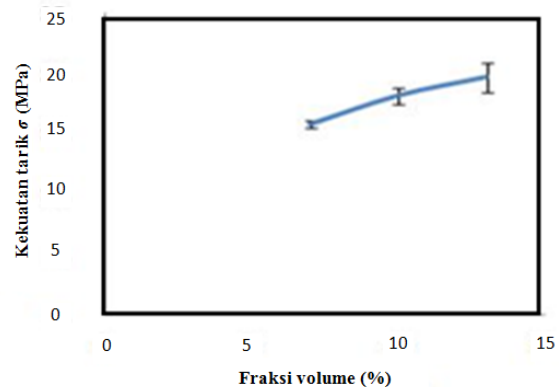
Dari Tabel 4 *analysis of variances* ditunjukkan bahwa untuk uji *bending* komposit *sandwich* di mana $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak. Sehingga fraksi volume berpengaruh terhadap kekuatan *bending* komposit *sandwich* dengan serat batang pisang ketip dengan *filler* dedak padi.

Hasil Uji kekuatan Tarik Komposit *Sandwich*

Hasil pengujian tarik menunjukkan adanya hubungan antara fraksi volume serat dengan kekuatan tarik komposit.

Nilai kekuatan tarik rata-rata meningkat seiring dengan bertambahnya fraksi volume serat. Nilai tertinggi terdapat pada fraksi volume 13% dengan nilai 21,10 MPa. Sedangkan nilai terendah terdapat pada fraksi volume 10% dengan nilai 17,50 MPa.

Yang menarik dari hasil uji tarik ini adalah hasilnya berlawanan dengan sifat yang ditunjukkan pada uji *bending*. Bila pada *bending* nilainya menurun seiring bertambahnya jumlah fraksi, maka tidak demikian dengan yang diperoleh di uji tarik yang justru meningkat seiring bertambahnya fraksi



Gambar 7. Kekuatan tarik berdasarkan fraksi volume serat pada komposit.

volume serat (lihat Gambar 7).

Di sinilah letak peran serat alam pada komposit. Yaitu meningkatkan kinerja mekanik bahan terutama pada kekuatan tariknya. Ini karena serat memegang matriks saat diberikan penambahan beban tarik. Jadi meski pertambahan panjang atau *elongation* terjadi namun bahan tidak mengalami kegagalan sampai jauh melewati titik *yielding* bahkan masih tetap *elastic* sampai benar-benar menemui titik jenuh pada level patah.

Patahan bisa terjadi dekat kulit pencengkram

atau pada bagian tengah. Hal ini akibat pengaruh tingkat distribusi serat pada spesimen. Pada bagian yang tidak merata umumnya timbul *void* yang melemahkan bahan yang menerima beban statik dan dinamik sehingga menimbulkan tegangan. Akibat selanjutnya pada bagian tersebut terjadi delaminasi, pada pembebanan lanjut mengakibatkan patah sama sekali (lihat Gambar 8).

Analisis ANOVA Uji Tarik

Dari Tabel 5 ANOVA terlihat bahwa untuk uji tarik komposit *core* diperoleh $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak. Jadi fraksi volume berpengaruh terhadap



Gambar 8. Bentuk kegagalan komposit *core* dari uji.

kekuatan tarik komposit *core* dengan serat batang pisang ketip dan filler dedak padi.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian *bending* dan tarik komposit *sandwich* berserat batang pisang dengan *filler* dedak padi, diperoleh fenomena menarik yaitu penambahan fraksi volume akan bisa menurunkan nilai kekuatan *bending* bahan komposit.

Di lain pihak justru akan meningkatkan nilai kekuatan tariknya sampai pada jumlah fraksi volume tertentu.

Namun yang perlu dicatat hasil uji tarik ini tidaklah perlu dijadikan patokan karena dari pengujian ditemui fakta bahwa pembuaan spesimen menggunakan metode *handy lay out*-lah yang menyebabkan “penyimpangan hasil” yang tak diharapkan ini.

Karena peneliti-peneliti sebelumnya secara konsisten memperoleh kesimpulan bahwa penambahan jumlah fraksi volume serat akan menaikkan sifat kekuatan *bendingnya*.

Jadi bisa disimpulkan bahwa jika menggunakan metode pembuatan spesimen yang lebih komprehensif akan jga menaikkan sifat kekuatan *bendingnya*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Jurnal Ilmiah:

- [1] Endrian, N., 2015, “Analisis Sifat mekanik Komposit Sandwich Serat Pelelah Pisang dengan Core Kayu Biti”, Jurnal Andounohu, Vol. 6(2), 12-19.
- [2] Kusumastuti, A., 2009, “Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer”, Jurnal Kompetensi Teknik, Vol. 1(1), 3-9.
- [3] Nopriantina, N., 2013, “Pengaruh Ketebalan Serat Pelelah Pisang Kepok Musa Paradisiaca Terhadap Sifat Mekanik Komposit Poliester Serat Alam”, Jurnal MIPA Andalas, Vol. 2(3), 11-17.
- [4] Ojahan, T., 2018, “Analisis Serat Pelelah Batang Pisang Kepok Material Fiber Komposit Matriks Recycled Polypropylene (RPP) Terhadap Sifat Mekanik dan SEM”, Jurnal Mahasiswa Teknik Malahayati, Vol.1 (1), 12-18.
- [5] Steeves C. A. & Fleck, N.A., 2004, “Collaps Mechanism of Sandwich Beam with Composite Face and Foam Core Loaded in Three Point Bending”, Science Direct, Vol. 23 (3), 23-30.

- Skripsi, Tesis, Disertasi, Laporan Penelitian:

- [6] Boimau, K., 2010, “Pengaruh Fraksi Volume Dan Panjang Serat Terhadap Sifat Bending Komposit Poliester Yang Diperkuat serat Batang Pisang”, Semnas Tahunan Teknik Mesin Ke-9 Jurusan Teknik Mesin, Universitas Cendana NTT.
- [7] Wijoyo., 2014, “Pengaruh Jumlah Lamina Terhadap Kekuatan Bending Komposit Sandwich Serat Aren Poliester dengan Core Pelelah Pohon Pisang”, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Surakarta.

- Buku, Buku terjemahan:

- [8] Bismarck, 2002, *Influence of alkali treatment on surface properties of fibers*, Mc. Grawhill, New York.

- Internet (karya individual):

- [9] Sirait, D. H., 2010, “Material Komposit Berbasis Polimer Menggunakan Serat Alam”, diakses 5 Februari, 2017, dari <http://dedyharianto.wordpress.com>