

PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT AMPAS EMPULUR SAGU TERHADAP KEKUATAN BENDING DAN IMPAK PADA KOMPOSIT BERMATRIK POLYESTER

Arthur Yanny Leiwakabessy

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura Ambon
e-mail: arthur.leiwakabessy@gmail.com

ABSTRAK

Material komposit dengan filler serat alam mulai banyak di kenal dalam industry manufaktur. Material yang ramah lingkungan, mampu di daur ulang, serta mampu dihancurkan sendiri oleh alam merupakan tuntutan teknologi sekarang ini. Serat ampas empulur sagu adalah serat alam yang berasal dari limbah hasil pengolahan pohon sagu yang berlimpah di daerah Maluku dan belum termanfaatkan secara optimal. Penelitian ini dititikberatkan untuk mendapatkan nilai maksimal variasi fraksi volume serat ampas empulur sagu terhadap nilai kekuatan bending dan kekuatan impak, sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. Penelitian menggunakan metode Hands Lay Up, dalam pembuatan komposit serat tunggal dengan variasifrakasi volume serat ampas empulur sagu 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, dan model RAL dan uji Tukey untuk menentukan fraksi volume (perlakuan) terbaik bagi komposit tersebut. Variable terikat dalam penelitian adalah Kekuatan Bending dan Kekuatan Impak. Hasil penelitian memberikan kesimpulan bahwa kendati terjadi kenaikan kekuatan bending dan kekuatan impak seiring penambahan fraksi volume, namun hanya fraksi volume 0,3 dan 0,4 yang secara simultan memiliki sifat Kekuatan Bending dan Kekuatan Impak yang lebih baik.

Kata Kunci: Sifat Mekanis, Komposit, Serat Ampas Empulur Sagu, Rancangan Acak Lengkap, Uji Tukey.

ABSTRACT

Composite materials with natural fiber filler are widely known in the manufacturing industry. Environmentally friendly materials, capable of being recycled, and capable of being destroyed by nature are the demands of today's technology. The fiber of the sago pith pulp is the natural fiber derived from the sago processing waste which is abundant in the Maluku region and has not been utilized optimally. This research is focused on obtaining maximum value of variation of volume fraction of fiber of sago pith fiber to bending strength and impact strength, according to the desired application. The research used Hands Lay Up method, in making single fiber composite with variation of fiber volume of 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, and RAL and 10% TALKE test to determine the best volume fraction (treatment) for composite. The dependent variable in the study is Bending Strength and Impact Strength. The results conclude that despite the increase in bending strength and impact strength as the volume fraction increases, only the volume fractions of 0.3 and 0.4 simultaneously have better Bending Strength and Impact Strength.

Keywords: Mechanical Properties, Composites, Sago Empulpic Fiber, Completely Randomized Design, Tukey Test.

I. PENDAHULUAN

Tanaman sagu dengan bahasa latin (*Metroxylon* sp.) berarti tanaman yang menyimpan pati pada batangnya (*Metro*: empulur, *xylon*: xylem, *sagu*: pati), merupakan tanaman asli Indonesia di duga berasal dari Maluku dan Irian. Luas areal sagu potensial di Maluku diperkirakan sebesar 58.185 ha, yang semuanya adalah perkebunan rakyat. Rata-rata produksi tiap pohon adalah 220 kg, ini berarti potensi serat ampas sagu tersedia cukup besar yaitu 1320 kg per pohon (Louhenapessy, 2010). Karena itu salah satu upaya untuk meningkatkan kegunaan tanaman sagu adalah dengan memanfaatkan serat ampas empulur sagu (pohon sagu), sebagai bahan baku komposit yang diharapkan dapat digunakan pada berbagai bidang aplikasi.

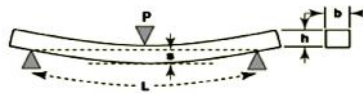
Beberapa penelitian terdahulu yang membahas mengenai komposit serat ampas empulur sagu antara lain (1) Pengaruh variasi fraksi volume ampas empulur sagu terhadap perubahan sifat mekanis

komposit matriks polyester, tujuannya untuk mengetahui kekuatan bending dan kekuatan dampak komposit polyester dengan serat ampas empulur sagu sebagai penguat, seiring dengan penambahan volume serat (Huka, 2012); (2) Komposit hybrid polyester berpenguat serbuk batang dan serat kelapa, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai maksimal pengaruh variasi fraksi filler serbuk gergaji batang kelapa dan serat sabut kelapa terhadap resin polyester pada kekuatan tarik dan dampak komposit (Romels, 2011). (3) Analisis arah dan perlakuan serat tapis kelapa serta rasio epoxy hardener terhadap sifat fisis dan mekanik komposit tapis kelapa. Tujuannya adalah untuk mengetahui perilaku perubahan sifat fisis dan mekanis bahan komposit menggunakan serat alami yaitu tapis kelapa sebagai penguat dan epoxy 7120 dengan Versamid 140 sebagai matrik (Lokantoro dan Suardana, 2007). Penelitian yang dipublikasikan dalam artikel ini bertujuan untuk mendapatkan nilai perubahan variasi fraksi volume serat ampas empulur sagu terhadap sifat mekanik komposit (nilai kekuatan bending dan kekuatan dampak), dan mengetahui fraksi volume yang memiliki sifat mekanik yang lebih baik.

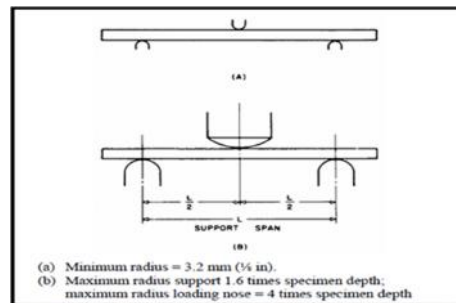
II. LANDASAN TEORI

Pengujian Bending

Kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung adalah tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan *bending* tergantung pada jenis material dan pembebanan. Untuk mengetahui kekuatan *bending* suatu material dapat dilakukan dengan “pengujian *bending*” terhadap material komposit tersebut. Akibat Pengujian *bending*, bagian atas specimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik.



Penampang *Bending* (Balok) (ASTM D 790, 1997)



Standar Pengujian Lentur ASTM D790 (Calliester, 2007)

Kekuatan *bending* pada sisi bagian atas sama nilai dengan kekuatan *bending* pada sisi bagian bawah. Kekuatan bending komposit dapat ditentukan dengan persamaan 2.1 (ASTM D 790-03):

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (1)$$

dengan :

σ_b = Tegangan *bending* (MPa)

P = Beban /Load (N)

L = Panjang Span / *Support span*(mm)

b = Lebar/ *Width* (mm)

h = Tebal / *Depth* (mm)

Modulus elastisitas bendingnya dapat dirumuskan dengan persamaan (2) dibawah ini.

$$E_b = \frac{L^3 m}{4bh^3} \quad (2)$$

dengan :

E_b = Modulus Elastisitas *Bending* (MPa)

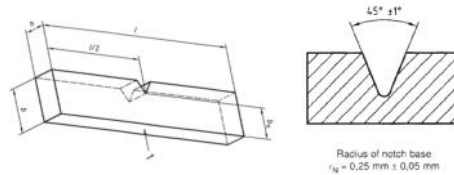
L = Panjang Span / *Support span*(mm)

b = Lebar/ *Width* (mm)

h = Tebal / *Depth* (mm)
m = Slope Tangent pada kurvabeban defleksi (N/mm)

Pengujian Impak

Pengujian impak bertujuan untuk mengukur berapa energi yang dapat diserap suatu material sampai material tersebut patah. Pengujian impak merupakan respon terhadap beban kejut atau beban tiba-tiba (beban impak) (*calliester, 2007*).



Spesimen Uji Impak Berdasarkan ISO179-1

Kekuatan impak benda uji dapat dihitung (ASTM D256-00 ISO 179-1):

$$W = \text{energi awal} - \text{energi yang tersisa} \quad (3)$$

$$= m \cdot g \cdot h - m \cdot g \cdot h'$$

$$= m \cdot g \cdot (R - R \cos \alpha) - m \cdot g \cdot (R - R \cos \beta)$$

$$W = m \cdot g \cdot R \cdot (\cos \alpha - \cos \beta) \quad (4)$$

dimana :

Esrp : energi serap (J)

m : berat pendulum (kg)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

R : panjang lengan (m)

α : sudut pendulum sebelum diayunkan

β : sudut ayunan pendulum setelah mematahkan specimen

Percobaan Faktor Tunggal: Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dari Tukey

Suatu percobaan yang berlangsung di laboratorium cenderung memiliki karakteristik yang homogeny, sehingga RAL cocok digunakan untuk uji beda berdasarkan nilai tengah hasil percobaan (Mattjik dan Sumertajaya, 2002). Untuk faktor tunggal, Model linier aditif RAL dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j \quad (1)$$

dimana: Y_{ij} adalah nilai pengamatan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j;

$i = 1, 2, \dots, t$ dan $j = 1, 2, \dots, r$;

μ adalah rata-rata umum;

α_i adalah pengaruh perlakuan ke-i;

β_j menyatakan pengaruh acak pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j.

Hipotesis yang diuji pada model RAL adalah

$H_0 : \alpha_1 = \dots = \alpha_t = 0$ (perlakuan tidak berpengaruh pada respon yang diamati)

H_1 : paling sedikit ada satu $\alpha_i \neq 0$

atau

$H_0 : \mu_1 = \dots = \mu_t = \mu$ (semua perlakuan memberikan respon yang sama)

H_1 : paling sedikit ada sepasang perlakuan (i, i') dengan $\mu_i \neq \mu_{i'}$.

Menurut Ryan (2007, dalam Hutagalung *et al.*, 2014), penggunaan model RAL harus memenuhi asumsi *independence*, yakni setiap pengamatan pada setiap level harus bebas satu sama lain (*independent*), menggunakan uji *autocorrelation*. Disamping itu, model ini digunakan jika data rancangan berdistribusi normal, yang dapat diuji dengan uji Levene.

Struktur Tabel ANOVA RAL Untuk Percobaan Faktor Tunggal

Sumber	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung
--------	---------------	----------------	----------------	----------

Keragaman	(db)	(JK)	(JK)	
Perlakuan	t-1	JKP	KTP	KTP/KTG
Galat	t(r-1)	JKG	KTG	
Total	tr-1	JKT		

Sumber: Mattjik dan Sumertajaya, 2013 hal. 70

Mengacu pada Montgomery (2001, dalam Hutagalung *et al.*, 2014), maka tabel ANOVA diatas dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$JKP = n \sum_{i=1}^t (\bar{y}_i - \bar{y}_{...})^2 \quad (2)$$

$$JKG = JKT - JKP \quad (3)$$

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (y_{ij} - \bar{y}_{...})^2 \quad (4)$$

dimana y_{ij} menyatakan pengamatan, \bar{y}_i adalah rata-rata per perlakuan, $\bar{y}_{...}$ adalah rata-rata dari semua perlakuan, t menyatakan perlakuan dan r adalah jumlah pengulangan (replikasi). Untuk menentukan perlakuan terbaik maka dilakukan uji lanjut. Salah satu metode yang sering digunakan adalah Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) yang diusulkan oleh Tukey. BNJ membandingkan nilai tengah perlakuan, yang sangat baik memisahkan perlakuan-perlakuan yang benar-benar berbeda (Mattjik dan Sumertajaya, 2002), yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$BNJ = q_{\alpha;p;dbq} S_{\bar{y}} \quad (6)$$

$$S_{\bar{y}} = \sqrt{KTG/r} \quad (7)$$

dimana $q_{\alpha;p;dbq}$ menyatakan nilai tabel Tukey pada taraf α , jumlah perlakuan p dan derajat bebas dbq .

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya dan Laboratorium Uji Material Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kediri. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kombinasi serat ampas empulur sagu (SES), dengan fraksi volume berupa variasi Polyester 90% : SES 10%, Polyester 80%: SES 20%, Polyester 70% : SES 30%, Polyester 60%: SES 40%. Variabel terikat dalam penelitian inii adalah Kekuatan Bending dan Kekuatan Impak.

Beberapa hal penting yang dalam penelitian ini, meliputi:

- Larutan Katalis sebesar 1%,
- Resin poliester sebesar 50 %,
- ukuran panjang serat ampas empulur sagu 5 mm dengan arah acak untuk *specimen* uji bending dan uji impak,
- perlakuan larutan alkalin dengan menggunakan larutan NaOH sebesar 5%, terhadap serat ampas empulur sagu yakni 2 jam.
- Metode pembuatan *specimen* dengan *hand lay up*.
- Standar pengujian bending berdasarkan standar ASTM D 790-03.
- Standar pengujian Impak berdasarkan ISO 179-1

Penelitian ini menggunakan model rancangan acak lengkap (RAL) untuk percobaan faktor (perlakuan) tunggal, yaitu Variasi Polyester. Model rancangan ini digunakan untuk menguji perbedaan nilai parameter Kekuatan Bending dan Kekuatan Impak yang diseleksi menggunakan menggunakan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dari Tukey untuk mendapatkan perlakuan yang baik dari sisi Kekuatan Bending dan Kekuatan Impak. Hipotesis yang diuji dengan RAL adalah:

- H0: $\mu_1 = \dots = \mu_t = 0$ (semua fraksi volume memberikan respon yang sama)
- H1: paling sedikit ada satu fraksi volume dimana $\mu_i \neq 0$

Untuk mendukung proses pengolahan data, penelitian ini menggunakan program aplikasi Minitab untuk analisis statistik (RAL dan BNJ).

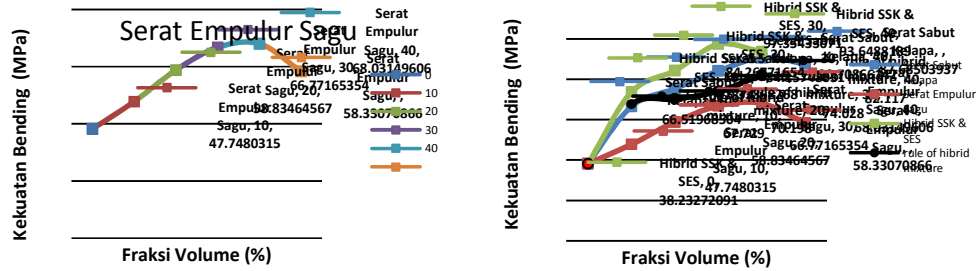
Jumlah sampel ditentukan berdasarkan jumlah perlakuan dan pengulangan. Dalam penelitian ini, dilakukan 3 kali pengulangan dengan 5 perlakuan (Variasi Polyester), sehingga total sampel (n) pengujian yang digunakan adalah:

$$n = tr = 5 \times 3 = 15 \text{ sampel (unit percobaan)}$$

IV. PEMBAHASAN

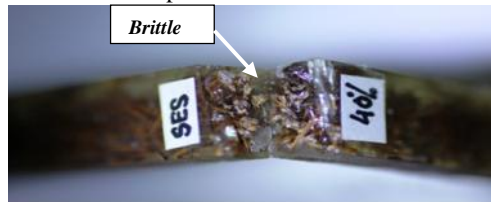
Hasil Bending Komposit

Dari hasil pengujian bending didapatkan nilai kekuatan bending juga modulus elastisitas tertinggi dari masing – masing komposit serat ampas empulur sagu dapat dilihat pada gambar 4.



Grafik Hubungan Kekuatan Bending vs Fraksi Volume

Dari gambar 4 diatas didapat nilai kekuatan bending komposit tertinggi ada pada fraksi volume 40% serat sebesar 68.031 MPa, dan terendah ada pada fraksi volume serat 10% sebesar 47.748 MPa,



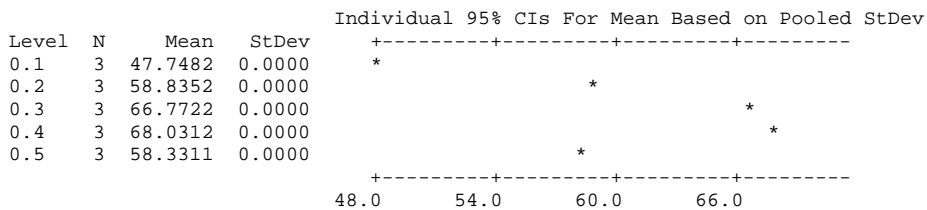
Pola Patahan pada Sampel Uji Bending Serat Tunggal Ampas Empulur Sagu

Pada gambar 5 dilihat pola patahan untuk sampel uji bending komposit serat tunggal ampas empulur sagu, dimana bentuk serat ampas empulur sagu berbentuk pendek dan acak, sehingga ikatan antar muka serat dengan matrik tidak mampu menahan lajunya kenaikan tegangan permukaan, sehingga pada saat matrik mengalami kegagalan, serat tidak bias menahan beban, sehingga proses terjadinya patahan berlangsung bersamaan. Dan bentuk patahan pada permukaan komposit serat tunggal ampas empulur sagu berbentuk patah angetas atau brittle.

One-way ANOVA: Kekuatan Bending versus Fraksi Volume Serat

Source	DF	SS	MS	F	P
Fraksi Volume Serat	4	793.7870	198.4467	5.83667E+11	0.000
Error	10	0.0000	0.0000		
Total	14	793.7870			

S = 0.00001844 R-Sq = 100.00% R-Sq(adj) = 100.00%



Pooled StDev = 0.0000

Grouping Information Using Tukey Method

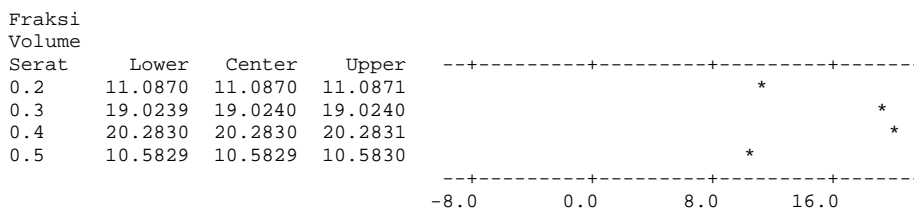
Fraksi Volume Serat	N	Mean	Grouping
0.4	3	68.0312	A
0.3	3	66.7722	B
0.2	3	58.8352	C

0.5	3	58.3311	D
0.1	3	47.7482	E

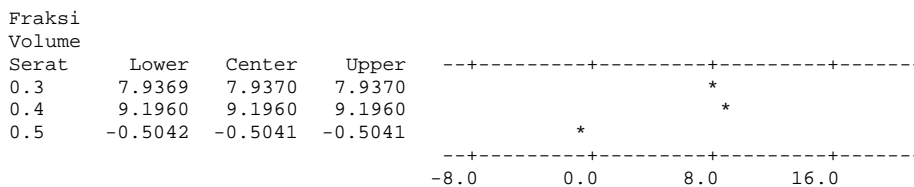
Means that do not share a letter are significantly different.
 Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of Fraksi Volume Serat

Individual confidence level = 99.18%

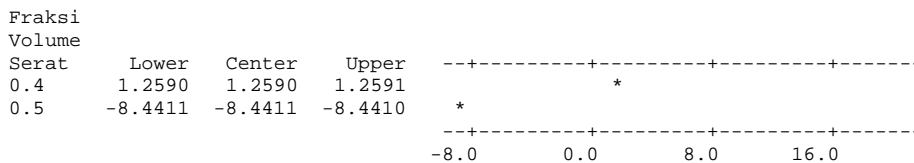
Fraksi Volume Serat = 0.1 subtracted from:



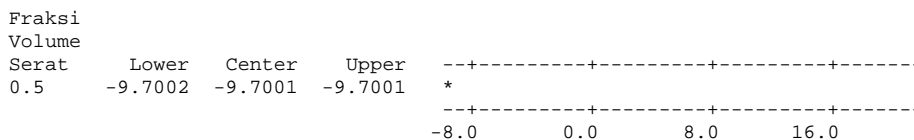
Fraksi Volume Serat = 0.2 subtracted from:



Fraksi Volume Serat = 0.3 subtracted from:



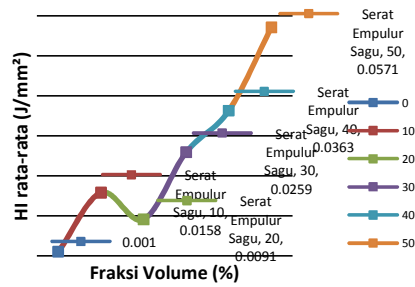
Fraksi Volume Serat = 0.4 subtracted from:



Hasil diatas menunjukkan adanya perbedaan Kekuatan Bending yang signifikan diantara perlakuan (p-value = 0.00), dimana fraksi volume 0,1; 0,2; dan 0,5 tidak berbeda Kekuatan Bendingnya, namun berbeda nyata dengan fraksi volume 0,3 dan 0,4. Berdasarkan nilai tengahnya, maka fraksi volume 0,3 (Variasi Polyester 70% dan SES 30%) dan 0,4 (Variasi Polyester 60% dan SES 40%) yang memiliki Kekuatan Bending yang terbaik.

Hasil Impak Komposit

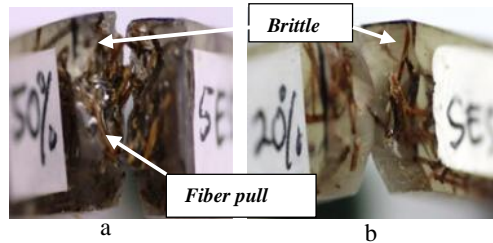
Berdasarkan data hasil pengujian maka harga Impak komposit yang dapat di lihat pada grafik sebagai berikut:



Grafik Hubungan Harga Impak Rata-rata vs Fraksi Volume

Pada gambar 6 diatas komposit serat ampas empulur sagu, Harga Impak tertinggi pada fraksi volume 50% sebesar 0.0571 J/mm², dan terendah pada fraksi volume 20% sebesar 0.0091 J/mm².

Penyebab meningkatnya harga impact pada fraksi volume komposit serat tunggal ampas empulur sagu adalah seiring dengan adanya penambahan volume serat kata lain semakin tinggi fraksi volume serat maka harga impact semakin tinggi. Sedangkan Penyebab menurunnya harga impact pada grafik fraksi volume serat 20% serat ampas empulur sagu dikarenakan adanya sifat adhesi antar muka serat yang satu terhadap serat melemah sehingga menurunnya nilai harga impact terjadi mekanis mepatahan fiber pull out dan brittle dimana pada ujung patahan specimen juga muncul patahan serat dan getas.



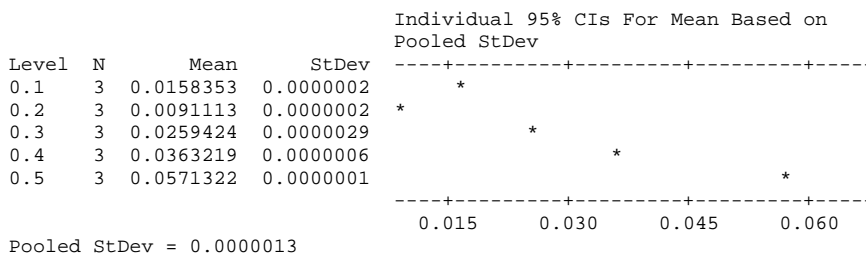
Pola Patahan pada Sampel Uji Impact Serat Tunggal Ampas Empulur Sagu

Pada gambar 7 dilihat pola patahan untuk sampel uji impact komposit serat tunggal ampas empulur sagu, dimana bentuk serat ampas empulur sagu berbentuk pendek dan acak. Ikatan antar muka serat dengan matrik tidak mampu menahan lajunya kenaikan tegangan permukaan, sehingga pada saat matrik mengalami kegagalan, sehingga menurunnya nilai harga impact seperti terlihat pada gambar 10 a dan b, terjadi mekanisme patahan fiber pull out dan brittle dimana pada ujung patahan specimen juga muncul patahan serat dan getas.

One-way ANOVA: Kekuatan Impact versus Fraksi Volume Serat

Source	DF	SS	MS	F	P
Fraksi Volume Serat	4	0.0042695	0.0010674	6.20805E+08	0.000
Error	10	0.0000000	0.0000000		
Total	14	0.0042695			

S = 0.000001311 R-Sq = 100.00% R-Sq(adj) = 100.00%



Grouping Information Using Tukey Method

Fraksi Volume			
Serat	N	Mean	Grouping
0.5	3	0.0571322	A
0.4	3	0.0363219	B
0.3	3	0.0259424	C
0.1	3	0.0158353	D
0.2	3	0.0091113	E

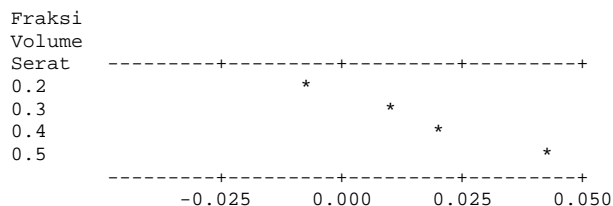
Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fraksi Volume Serat

Individual confidence level = 99.18%

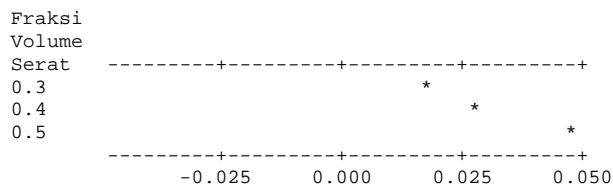
Fraksi Volume Serat = 0.1 subtracted from:

Fraksi Volume Serat = 0.1 subtracted from:			
Serat	Lower	Center	Upper
0.2	-0.0067275	-0.0067240	-0.0067205
0.3	0.0101035	0.0101071	0.0101106
0.4	0.0204830	0.0204866	0.0204901
0.5	0.0412933	0.0412969	0.0413004



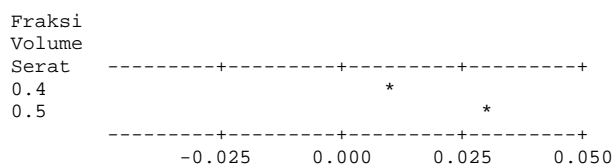
Fraksi Volume Serat = 0.2 subtracted from:

Fraksi Volume Serat = 0.2 subtracted from:			
Serat	Lower	Center	Upper
0.3	0.0168275	0.0168311	0.0168346
0.4	0.0272070	0.0272106	0.0272141
0.5	0.0480173	0.0480209	0.0480244



Fraksi Volume Serat = 0.3 subtracted from:

Fraksi Volume Serat = 0.3 subtracted from:			
Serat	Lower	Center	Upper
0.4	0.0103760	0.0103795	0.0103830
0.5	0.0311863	0.0311898	0.0311933



Fraksi Volume Serat = 0.4 subtracted from:

Fraksi Volume Serat	Lower	Center	Upper
0.5	0.0208068	0.0208103	0.0208138

Hasil diatas menunjukkan adanya beberapa kelompok perlakuan yang berbeda Kekuatan Impaknya (p -value = 0.00), yaitu kelompok 1 (fraksi volume 0,1; 0,3; dan 0,4), Kelompok 2 (fraksi volume 0,2) dan kelompok 3 (fraksi volume 0,5). Berdasarkan nilai tengahnya, maka fraksi volume 0,5 (Variasi Polyester 50% dan SES 50%) yang memiliki Kekuatan Impak yang terbaik.

V. PENUTUP

Perbandingan nilai kekuatan bending dan impak dari 5 jenis perlakuan (fraksi volume) menunjukkan tidak adanya perbedaan pola sifat mekanis komposit dari serat ampas empulur sagu. Meskipun fraksi volume 0,5 memiliki kekuatan impak yang lebih baik, namun kekuatan impaknya adalah yang terendah dari fraksi volume yang lain. Akan tetapi, mengacu pada nilai tengah dari masing-masing sifat mekanis tersebut, maka fraksi volume 0,3 dan 0,4 dapat menjadi kandidat komposit yang lebih baik, karena secara simultan, keduanya memiliki kekuatan impak dan bending yang lebih baik dibandingkan fraksi volume yang lainnya.

REFERENSI

- ASTM (1998). *Annual Book ASTM Standar*, USA.
- ASTM. D 790. *Standard Test Methods For Flexural Properties Of Unreinforced And Reinforced Plastics And Electrical Insulating Material*. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.
- Hashemi S., Elmes P. dan Sandford (1997). *Effect on Mechanical Properties on Polyxymethylene, Brookfiel Center, Polymer Engineering And Science*.
- Huka (2012). *Pengaruh Variasi Fraksi Volume Ampas Empulur Perubahan Sifat Mekanik Komposit Matriks Polyester*, Tesis, Program Pasca Sarjana, Teknik Mesin, Universitas Brawijaya, Malang.
- Hutagalung, R., Lawalata, V. O., Tumanan, D. dan Savitri, I. K. E. (2014). "Analisis Rancangan Percobaan Pengaruh Jenis Bahan Bakar Terhadap Tingkat Kandungan Protein Ikan Asap dari Usaha Tradisional di Desa Hative Kecil", *Jurnal ARIKA*, Vol. 08, No. 02, ISSN. 1978-1105.
- Louhenapessy JE et al., (2010). *Sagu Harapan dan Tantangan*, PT. BumiAksara, Jakarta.
- Mattjik, A. A. dan Sumertajaya, I M. (2002). *Perancangan percobaan dengan aplikasi SAS dan Minitab*, Jilid I, Cetakan Keempat, IPB, Bogor.
- Lokantaro, P. dan Suardana, N. P. G. (2007). "Analisis Arah dan Perlakuan Serat Tapis Kelapa serta Rasio Epoxy Hardener terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Komposit Tapis Kelapa", *Jurnal IlmiahTeknik Mesin CAKRAM*, Vol. 1 No. 1, hal. 15 – 21.
- Romels, C. A. (2011). "Komposit Hibrid Polyester Berpenguat Serbuk Batang dan Serat Sabut Kelapa", *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 2, No. 2., Universitas Brawijaya, Malang.

