
STUDI KEKUATAN IMPAK DAN KADAR AIR PADA KOMPOSIT SERAT ALAM DENGAN MATRIK POLIESTER TERHADAP ORIENTASI PENYUSUNAN SUDUT SERAT

Sugeng Slamet

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: sugeng.slamet@umk.ac.id

Qomaruddin

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: Qomaruddin@umk.ac.id

ABSTRAK

Material komposit banyak digunakan untuk menggantikan material logam. Sebagai negara dengan iklim tropis, Indonesia banyak tumbuh tanaman tropis yang berpotensi sebagai bahan serat untuk material komposit. Selain dari harga yang relatif murah, serat alam merupakan limbah material organik yang dapat diurai oleh lingkungan dibanding dengan serat sintesis. Kebutuhan material komposit terus meningkat setiap tahunnya. Hal ini akan mendorong kebutuhan dan permintaan serat alam semakin meningkat. Sebagian dari serat alam dihasilkan dari tanaman yang dikategorikan sebagai limbah bagi lingkungan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman enceng gondok dan (*Eichhornia Crassipes*) serta sabut buah kelapa (*Cocos Nucifera*). Kedua jenis bahan tersebut merupakan sampah. Fabrikasi dilakukan dengan cara memisahkan selulose dan senyawa lain untuk mendapatkan bahan serat. Matrik komposit menggunakan resin polyester Yukalac BQTN 157 dan hardner MEKPO. Komposisi antara matrik dan serat 70% : 30% dan 75% : 25%. Orientasi continous fiber dengan variasi 0°, 45°, 90° dan acak. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui besarnya kadar air setelah fabrikasi dan yang kekuatan impak dari material komposit serat alam. Hasil penelitian menunjukkan komposit dengan penguat sabut kelapa mempunyai ketangguhan impak yang lebih tinggi pada orientasi sudut serat 0° dan acak pada komposisi 70% : 30%. Penambahan jumlah serat terhadap matrik sangat signifikan meningkatkan ketangguhan impak sebesar 43,2% dan 61,5% pada orientasi penyusunan serat secara acak. Komposisi 75% : 25% terjadi peningkatan sebesar 37,5% dan 47,2% tersusun secara acak. Serat alam tersebut menunjukkan kenaikan energi impak sebesar 68,8% - 139% dengan melakukan orientasi penyusunan sudut serat.

Kata kunci: komposit, serat alam, orientasi sudut, kadar air, impak

ABSTRACT

Composite material was widely used to replace metal material. As a country with a tropical climate, Indonesia grows many tropical plants that have the potential as fiber materials for composite materials. Apart from the relatively cheap price, natural fiber was an organic material waste that can be decomposed by the environment compared to synthetic fiber. The need for composite materials continues to increase every year. This will increase the demand and demand for natural fibers. Some of the natural fibers are produced from plants that are categorized as waste for the environment. The materials used in this study were *enceng gondok* (*Eichhornia Crassipes*) and coconut husk (*Cocos Nucifera*) plants. Both types of material were waste. Fabrication was done by separating cellulose and other compounds to get fiber. Composite matrix using Yukalac BQTN 157 and MEKPO hardner polyester resin. The composition between matrix and fiber was 70%: 30% and 75%: 25%. Continuous fiber orientation with variations of 0°, 45°, 90° and random. The purpose of this study was to determine the water content after fabrication and the

impact strength of natural fiber composite material. The results showed that composites with coconut fiber reinforcement had higher impact toughness at 0° fiber angle orientation and were random at composition 70%: 30%. The addition of fiber to the matrix was very significant in increasing impact toughness by 43.2% and 61.5% in randomly structured fiber orientation. Composition 75%: 25% occurs an increase of 37.5% and 47.2% was arranged randomly. These natural fibers show an increase in impact energy of 68.8% - 139% by conducting fiber angular arrangement orientation.

Keywords: composite, natural fiber, angular orientation, water content, impact

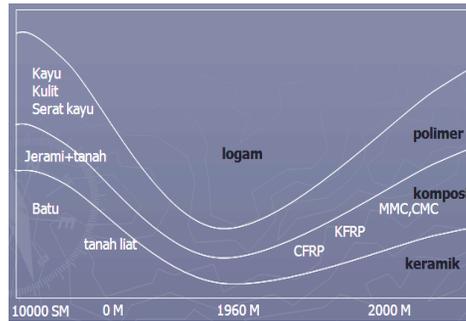
1. PENDAHULUAN

Komposit merupakan bahan teknik yang pemakaiannya terus mengalami kemajuan. Teknik pengerjaan komposit dapat dikerjakan dengan cara *hand lay up* maupun proses *bag molding*. Elemen penyusun komposit terdiri atas matrik utama dan penguat. Komposit banyak menggunakan matrik polimer jenis resin poliester dan epoksi. Selain menggunakan serat sintetis, komposit dapat juga menggunakan serat alam. Jenis serat dan teknik pengerjaan komposit akan mempengaruhi kualitas komposit yang dihasilkan. Indonesia merupakan salah satu negara tropis yang banyak menghasilkan serat alam dari beragam tanaman tropis yang tumbuh.

Keterbatasan bahan logam khususnya besi dan baja, telah mendorong upaya menciptakan material baru. Ketergantungan pada satu bahan teknik misalnya besi dan baja dapat menurunkan produktifitas dan daya saing suatu produk. Tuntutan konsumen terhadap produk teknik yang hemat energi, nyaman dan murah menjadi tantangan di masa depan. Material komposit mempunyai keunggulan pada massa jenis yang ringan, penampilan menarik, kehalusan permukaan serta dapat dirancang untuk menghindari korosi.

Sifat mekanis komposit dapat ditingkatkan dengan memilih jenis serat, matrik dan pola penyusunan serat. Matrik dalam struktur komposit dapat menggunakan polimer, logam maupun keramik [1]. Serat dapat menggunakan serat alam maupun sintetis, sedangkan penyusunan serat dapat disusun dengan pola sudut maupun acak. Komposit mempunyai sifat fatiq dan ketangguhan yang lebih baik dari logam biasa [2]. Komposit serbuk kayu dengan matrik resin epoksi melalui teknik hotpress menghasilkan densitas $0,48 \text{ gr/cm}^3$ termasuk kerapatan sedang dan serbuk kayu randu $0,39 \text{ gr/cm}^3$ termasuk kerapatan rendah [3]. Komposit serat alam sangat memungkinkan untuk diproduksi di Indonesia. Serat alam dari tanaman tropis banyak mengandung selulose dan kadar serat tinggi. Komposit dengan serat alam telah ribuan tahun dimanfaatkan sebagai penguat. Dinding bangunan tua di Mesir yang telah berumur lebih dari 3000 tahun menggunakan tanah liat yang diperkuat jerami [4]. Sifat mekanis yang tinggi pada serat digunakan sebagai penguat struktur komposit. Peningkatan densitas bahan komposit melalui kompaksi akan meningkatkan kekakuan bahan namun dapat menurunkan kekuatannya [5].

Potensi serat alam yang sangat besar akan mendorong inovasi dan produksi komposit terus meningkat. Keuntungan mendasar yang dimiliki serat alam adalah jumlahnya berlimpah, biaya produksinya rendah, dapat diperbarui serta tidak mencemari lingkungan [6]. Gambar 1. menunjukkan prospek penggunaan material komposit dalam menggantikan logam. Tanaman enceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) serta limbah sabut kelapa (*Cocos Nucifera*) sangat mungkin sebagai bahan komposit. Komposit serat alam menjadi solusi alternatif untuk menggantikan serat sintetis sebagai bahan baku helm, bodi kendaraan dan penyekat ruangan [7]. Komposit papan partikel yang diproduksi menggunakan serbuk kayu dengan matrik poliepoкси melalui teknik hotpress dapat dimanfaatkan sebagai bahan *box speaker* [5]. Pemanfaatan serat enceng gondok serta sabut kelapa sebagai penguat komposit selain mampu memperbaiki sifat mekanis juga meningkatkan nilai keekonomiannya.



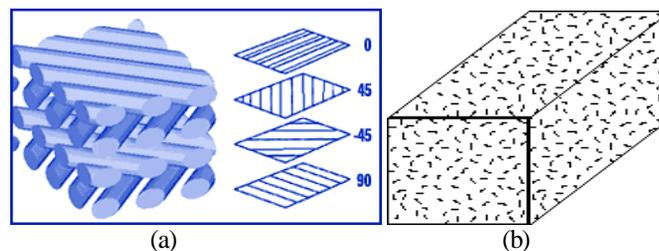
Gambar 1. Prospek penggunaan material komposit

Serat alam memerlukan tahapan fabrikasi untuk mendapatkan kualitas serat yang diharapkan. Kadar air yang terkandung dalam serat harus dikurangi melalui proses pengeringan. Serat mempunyai kandungan air bebas dan terikat [8]. Air bebas yaitu air yang terdapat diantara rongga selulosa dan mudah hilang melalui proses pengeringan. Sedangkan air terikat yaitu air yang berada di dalam selulosa. Air terikat ini sulit dilepas saat pengeringan. Air terikat inilah yang dapat mempengaruhi sifat komposit misalnya penyusutan.

Serat alam mempunyai sifat hidroskopis yang dapat menyerap atau melepas air. Bila serat belum mengalami pengeringan saat penggunaan, maka serat dapat mengembang pada kelembaban tinggi dan menyusut saat kelembaban rendah. Proses pengeringan akan memberikan keuntungan terhadap serat yaitu : menjamin kestabilan serat, menurunkan bobot serat dan memudahkan pengerjaan komposit. Sifat mekanis komposit akan meningkat dengan menurunkan kadar air bebas pada sel selulosa. Namun kadar air terikat di dalam sel harus dipertahankan agar tidak terjadi degradasi terhadap kekuatan serat [9].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu serat tanaman enceng gondok dan serat sabut kelapa. Matrik yang digunakan resin *polyester Yukalac BQTN 157* dengan katalis *hardner*. Komposisi antara serat dengan matrik sebesar 75 % : 25% dan 70% : 30%. Serat disusun dengan orientasi sudut 0° , 45° , 90° dan acak. Gambar 2. menunjukkan ilustrasi orientasi penyusunan serat yang dimaksud dalam penelitian ini.



Gambar 2. Orientasi serat (a)serat dengan orientasi sudut (b) serat random

Tahapan perlakuan dalam pembuatan spesimen sebagai berikut :

1. Memisahkan serat dengan *selulose* dengan sikat kawat pada enceng gondok yang telah dikeringkan. Sedangkan untuk mendapatkan serat sabut kelapa dilakukan dengan memukul-mukul dan membersihkan secara berulang-ulang.
2. Merendam serat ke dalam larutan alkali NaOH kadar 5%.
3. Menetralisasi serat dengan cara merendam pada larutan aquades selama 3 hari, dimana setiap 12 jam dibilas 3x dan airnya diganti secara periodik.
4. Mentiriskan serat sampai kering sebelum dilakukan fabrikasi lanjut sebagai penguat material komposit.
5. Mengeringkan serat secara alami dengan sinar matahari, kemudian disimpan dalam plastik agar tidak mudah menyerap air. Gambar 2. Serat alami serat enceng gondok dan sabut kelapa setelah fabrikasi.



Gambar 2. Serat alami (a) enceng gondok (b) sabut kelapa

Pengujian bahan komposit meliputi kadar air dan kekuatan impact. Pengujian kadar air dilakukan dengan cara memasukkan serat ke dalam oven pemanas pada temperatur 130°C selama 50 menit dan ditimbang setelah dingin. Serat dimasukkan lagi ke dalam oven pemanas selama 10 menit pada temperatur yang sama. Perhitungan kadar air dilakukan dengan persamaan (1).

$$KA_1 = \frac{b - c}{b - a} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

$$KA_2 = \frac{c - d}{b - a} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

Kadar air sesungguhnya adalah :

$$KA = KA_1 + KA_2 - \frac{KA_1 - KA_2}{100} \dots \dots \dots (3)$$

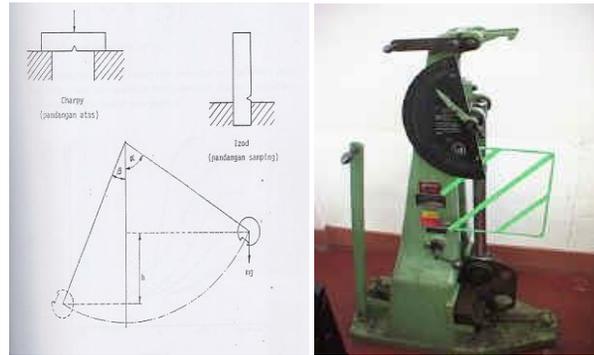
Besarnya energi yang mampu diserap oleh bahan dihitung menggunakan persamaan [11] :

$$\begin{aligned} E_{\text{serap}} &= \text{energi awal} - \text{energi yang tersisa} \\ &= m.g.h - m.g.h' \\ &= m.g. (R \cos \alpha) - m.g (R \cos \beta) \end{aligned}$$

$$E_{\text{serap}} = m. g. R (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (4)$$

Dimana ;

E_{serap} = energi serap (Joule) ; m = massa pendulum (kg); g = percepatan gravitasi ($m/detik^2$); R = panjang lengan (m); α = Sudut ayunan pendulum sebelum menumbuk spesimen ($^\circ$); β = Sudut ayunan pendulum setelah mematahkan spesimen ($^\circ$). Gambar 3. menunjukkan ilustrasi dari pengujian impact.

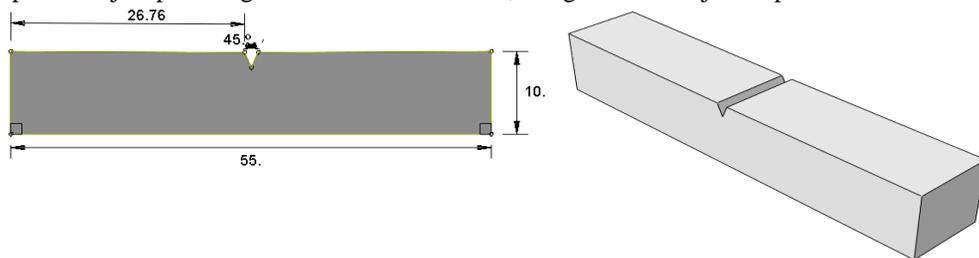


(a) (b)
 Gambar 3. Pengujian impact (a) ilustrasi sudut impact (b) mesin uji impact

Harga ketangguhan impact dapat dihitung dengan persamaan :

$$HI = E / A \tag{5}$$

Dimana ; HI = Harga impact (J/mm²); A = Luas penampang (mm²); E = Energi yang diserap (Joule)
 Spesimen uji impact mengikuti standart ASTM E-23, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Spesimen uji impact ASTM E-23

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposit serat dibuat dengan perbandingan berat sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan komposisi berat antara matrik dan serat alam

Jenis komposit	Komposisi berat serat	
	30%	25%
Matrik poliester (gram)	4,62	4,95
Serat sabut kelapa (gram)	2,15	1,79
Serat enceng gondok (gram)	0,41	0,34

Komposisi berat serat dalam prosen yang sama menunjukkan bahwa serat enceng gondok mempunyai massa jenis yang lebih rendah dibanding dengan massa jenis serat sabut kelapa. Hal ini dapat disebabkan kandungan air bebas pada serat enceng gondok lebih mudah menguap dibandingkan dengan serat sabut kelapa. Selain itu kandungan air terikat pada serat enceng gondok lebih rendah dibanding serat sabut kelapa. Pengujian kadar air dilakukan pada oven pemanas dengan hasil sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

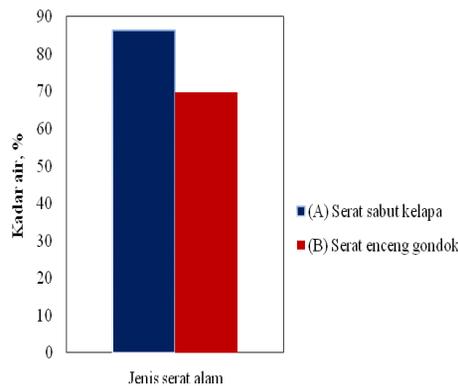
Tabel 2. Data pengujian kadar air serat sabut kelapa (A)

Kode	Berat a	Berat b	Berat c	Berat d	KA ₁	KA ₂	KA sesungguhnya
A ₁	18,95	20,93	20,65	20,65	85,86 %	0,00 %	85,86 %
A ₂	17,86	19,56	19,34	19,30	87,06 %	2,75 %	89,39 %
A ₃	17,64	19,17	18,93	18,94	84,31 %	-0,65 %	82,67 %
Rerata	18,15	19,09	19,64	19,43	85,74 %	0,57 %	86,31 %

Tabel 3. Data pengujian kadar air serat enceng gondok (B)

Kode	Berat a	Berat b	Berat c	Berat d	KA ₁	KA ₂	KA sesungguhnya
B ₁	19,87	20,72	20,46	20,57	71,31 %	-12,22 %	55,58 %
B ₂	21,06	22,51	22,19	22,77	77,93 %	-5,52 %	72,46 %
B ₃	20,37	21,94	21,73	21,76	80,17 %	-2,80 %	77,53 %
Rerata	20,56	21,73	21,46	21,53	76,47 %	-6,55 %	69,68 %

Hasil pengujian kadar air menunjukkan linieritas antara berat jenis pada serat enceng gondok dengan kadar air sesungguhnya. Serat enceng gondok mempunyai kadar air lebih rendah sebesar 69,68 % dibanding dengan serat sabut kelapa sebesar 86,31%. Gambar 4. Menunjukkan kadar air pada kedua serat.

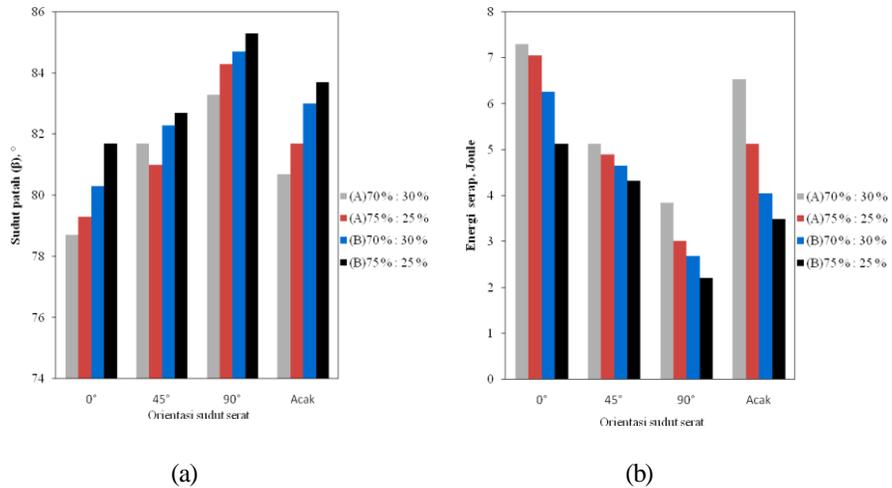


Gambar 4. Prosen kadar air pada serat alam

Kadar air pada serat sabut kelapa menunjukkan nilai yang lebih tinggi 23,8% dibandingkan serat enceng gondok. Sabut kelapa lebih sulit melepaskan kandungan air sehingga membutuhkan waktu pengeringan yang relatif lama. Selain lamanya waktu pengeringan, faktor kelembaban udara juga perlu diperhatikan. Waktu pengeringan relatif pendek jika kelembaban udara disekitar lebih rendah, sedangkan kelembaban udara yang tinggi akan memerlukan waktu pengeringan yang lama. Proses pengeringan yang terlalu cepat dapat merusak bahan, yakni permukaan bahan menjadi cepat kering yang mengakibatkan pengerasan pada permukaan bahan [10]. Pengerasan pada permukaan bahan ini dapat menurunkan sifat mekanis karena bahan mudah patah.

Gambar 5. menunjukkan besarnya sudut patah (β°) terhadap orientasi serat bahan komposit. Serat yang tersusun dengan orientasi sudut 90° menunjukkan sudut patah yang besar dibandingkan dengan orientasi sudut lainnya. Hal ini menunjukkan serat dengan orientasi sudut 90° mempunyai ketangguhan rendah. Hal ini disebabkan komposit dengan orientasi sudut serat 90° tidak mampu menahan besarnya gaya pada arah transversal. Sebaliknya komposit dengan orientasi serat 0° terbentuk sudut patah (β°) mampu menahan gaya yang ditimpakan. Komposit dengan orientasi sudut 45° dan acak relatif mempunyai ketangguhan yang sama. Besarnya sudut patah (β°) berdasarkan orientasi serat sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.a. Serat yang terbungkus dengan matrik merupakan penguat pada bahan komposit. Serat akan menahan gaya yang menimpa komposit sekaligus menahan rambatan akibat retak yang terbentuk. Komposit dengan susunan serat berdasarkan orientasi sudut merupakan material anisotropik, di mana sifat

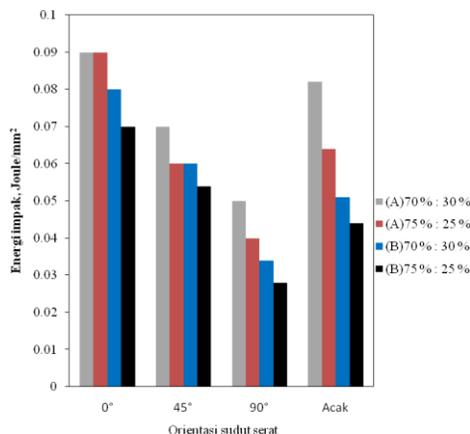
mekanis material tergantung arah serat. Sedangkan komposit serat acak cenderung bersifat isotropik dimana sifat mekanisnya tidak dipengaruhi oleh arah serat. Sifat komposit serat random ke segala arah sama.



Gambar 6. Komposit terhadap energi impact (a) sudut patah (β°) (b) energi serap (Joule).

Energi yang mampu diserap oleh komposit berbanding terbalik dengan sudut patah yang terbentuk. Semakin besar energi yang mampu diserap menunjukkan bahan komposit tersebut mempunyai ketangguhan yang besar. Komposit dengan orientasi sudut 0° dan acak menunjukkan nilai energi serap yang lebih tinggi dengan nilai rata-rata 5 sampai dengan 6,5% dengan penguat serat tersebut. Komposit dengan orientasi sudut 45° dan 90° relatif kecil menyerap energi dengan rata-rata 2,9 sampai dengan 4,7%. Serat sabut kelapa lebih banyak menyerap energi dibanding dengan sabut kelapa tanpa dipengaruhi oleh orientasi sudut dan komposisinya. Gambar 6.b. menunjukkan energi serap bahan komposit berdasar komposisi dan orientasi sudut serat.

Energi serap yang tinggi memberikan nilai ketangguhan impact yang sebanding. Serat sabut kelapa mempunyai energi impact yang lebih besar 0,5 sampai dengan 0,9 J/mm^2 sedangkan komposit sabut kelapa 0,3 sampai dengan 0,7 J/mm^2 . Besarnya kadar air terikat pada serat sabut kelapa mengurangi kegetasannya. Sifat getas pada serat akan menurunkan ketangguhan impact karena meningkat kekakuannya. Pengeringan serat hendaknya mempertimbangkan besarnya kadar air terikat sehingga tidak mendegradasi kekuatan komposit. Gambar 7. menunjukkan besarnya energi impact ($Joule/mm^2$) pada komposit serat alam enceng gondok dan sabut kelapa.



Gambar 7. Energi impact komposit serat alam

4. KESIMPULAN

Penelitian komposit serat alam ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kadar air terikat yang terdapat pada serat alam berguna untuk mengurangi kegetasan serat komposit yang dapat menurunkan kekuatan impact.
2. Serat alam sabut kelapa mempunyai kekuatan impact yang lebih besar dibandingkan dengan serat enceng gondok baik terhadap komposisi dan orientasi sudut penyusunan serat.
3. Penyusunan serat dengan memperhatikan arah gaya yang bekerja dapat menghambat laju retak komposit.
4. Peningkatan komposisi serat sebesar 30% terhadap matrik signifikan meningkatkan ketangguhan impact sebesar 43,2% dengan penyusunan serat berorientasi sudut dan 61,5% pada serat acak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada lembaga penelitian Universitas Muria Kudus yang telah memberikan pendanaan pada penelitian. Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Muria Kudus atas izin yang diberikan dalam menggunakan laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gibson., O.F., 1994, *Principle of composit material mechanics*, Mc.GrawHill, New York, USA.
- [2] Malau, V., 2000, *Bahan Teknik*, Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [3] Slamet., 2013, Karakterisasi komposit dari serbuk gergaji kayu (Sawdust) dengan proses *hotpress* sebagai bahan baku papan partikel, *Prosiding SNST ke-4*, ISBN 978-602-99334-2-0, Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim, Semarang.
- [4] Jamasri., 2008, *Permintaan industri terhadap serat alam meningkat*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [5] S. Slamet , 2013., Komposit partikel serbuk gergaji kayu (*sawdust*) dengan resin urea formaldehid sebagai bahan baku utama box speaker, *Momentum*, Vol. 9 No.1, ISSN : 0216-739 pp. 23-29.
- [6] Suardana., N.P.G., dan Dwidiani., N.M., 2007, Pengaruh waktu treatment serat terhadap sifat mekanik komposit serat tapis kelapa, *Jurnal Teknik Industri Universitas Udayana*, Vol.8 No. 2, pp. 188-192.
- [7] S. Slamet, 2014, *Studi sifat impact dan kadar air komposit serat alam dengan matrik polimer poliester sebagai alternatif bahan baku produk helm*, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus.
- [8] Najib Muhammad., 2010, *Optimasi kekuatan tarik komposit serat rami polyester*, Skripsi, Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [9] Kuncordiharjo., dkk, 2006, *Rekayasa dan manufaktur bahan komposit sandwich berpenguat serat kenaf dengan core limbah kayu sengon laut untuk komponen gerbong kereta api*, UNS, Surakarta.
- [10] Putradi Ikhsan., G., 2011, *Kekuatan impact komposit sandwich berpenguat serat aren*, Skripsi, Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [11] J.F. Shackelford, 1992, *Intoduction to Material Science for Engineers*, London Prentice Hall, Inc