

KARAKTERISASI SIFAT MEKANIK BAHAN KOMPOSIT RAMAH LINGKUNGAN HASIL SINTESIS DARI SERAT LIDAH MERTUA (*SANSEVIERA TRIFASCIATA*) DAN SELULOSA BAKTERI

¹Putri Agustina Rohmawati, ¹Yushardi, ¹Agus Abdul Gani

¹Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember

Email: putriagustina869@gmail.com

Abstrak

*The research has been done to know the characteristic of biodegradable composite material with leaf fiber *Sansevieria trifasciata* and bacterial cellulose matrix which has good mechanical properties so it is expected to be used as an alternative to industrial raw materials. To achieve this goal the first step in this research was making specimen with variation of fiber direction longitudinal and random. Then to know the characteristics of the material is done tensile. To determine the biodegradability of the ingredients, the material was tested by the method of burial in the soil already available in the pot. From the research results obtained conclusion the direction of fiber effect on the value of material strength, and modulus of material elasticity. Material with the direction of longitudinal fiber has a value of tensile strength and elastic modulus of 7.91 ± 1.46 and 3.70 ± 3.35 MPa, whereas in the direction of random fiber that is 2.64 ± 0.26 and $0.90 \pm 0,86$ MPa. In addition, the composite material that has been produced in this study is an environmentally friendly composite material due to biodegradable naturally.*

Keywords: Composites, Biodegradable, *Sansevieria Trifasciata*, Bacterial cellulose

PENDAHULUAN

Berkembangnya teknologi menyebabkan perubahan kehidupan manusia semakin modern. Dengan meningkatnya perkembangan teknologi dalam kehidupan manusia berkembang pula berbagai macam alat yang digunakan manusia. Hal ini menyebabkan kebutuhan akan bahan pendukung untuk produksi meningkat. Namun bahan konvensional yang digunakan semakin menipis di alam. Kondisi demikian menarik minat untuk melakukan lebih banyak penelitian tentang rekayasa bahan yang terdiri dari beberapa bahan dengan sifat dasar yang berbeda. Bahan tersebut dikenal dengan bahan komposit. Pemanfaatan jenis logam dan campurannya untuk pembuatan bahan komposit telah dilakukan sejak dulu, namun karena logam memiliki kelemahan yakni memiliki massa jenis yang tinggi, mudah terjadi korosi, dan kurang ekonomis maka beralihlah menggunakan serat sintetis. Dewasa ini diketahui bahwa penggunaan

bahan sintetis memberikan dampak yang serius dalam pembuangan limbahnya. Karena bahan sintetis yang lazim digunakan berbahan plastik yang sulit untuk terdegradasi dan mengandung racun yang berbahaya bagi manusia.

Munculnya undang-undang no 5 tahun 1990 tentang pelestarian lingkungan telah memicu paradigma masyarakat untuk mendesain sebuah material yang ramah lingkungan. Menurut Djiwo dan Hiunsiustio (2010) dalam dekade terakhir ini, material komposit dengan serat alami seperti bambu, rami dan pisang (abaca) telah diaplikasikan oleh para produsen mobil sebagai bahan penguat seperti untuk panel pintu, tempat duduk belakang, *dashboard*, dan perangkat interior lainnya. Penggunaan bahan serat alami untuk memperkuat polimer *biodegradable* adalah alternatif pengganti serat sintetis atau seratkaca dan akan terus dijadikan subject penelitian oleh para peneliti bahan. Banyak serat alam yang digunakan dalam pembuatan bahan komposit ramah

lingkungan diantaranya serat bagasse (Clareyna dan Marwani, 2013), sabut kelapa (Astika *et al.*, 2013), serat aren (Fatkhurrohman dan Irfa'i, 2016), serat bambu (Sujito, 2014), serat lidah mertua (*Sansevieria sp*) (Fajri *et al.*, 2013), serat pelepah pisang (Nopriantina dan Astuti, 2013), serat nanas (Firman *et al.*, 2015), serat pandan wangi (Ignk dan Nasmi, 2013) dll. Menurut Mardiyati *et al* (2016) Penggunaan serat alam sebagai penguat komposit mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan serat sintesis, diantaranya lebih ramah lingkungan, dapat diperbarui, murah, serta memiliki densitas yang rendah. Disamping itu material alami tidak akan habis, karena dapat diperbarui dengan pengembangbiakan sesuai dengan keadaan alam di Indonesia. Atas dasar itulah, kini bahan *organik* hadir dan mulai menggantikan bahan *anorganik* yang telah lama dipakai oleh sebagian besar industri. Bahan yang demikian dapat diperoleh dengan membuat bahan komposit yang terdiri dari polimer *biodegradeble* dengan penguat berupa serat alam sehingga didapatkan perpaduan bahan yang lebih ramah lingkungan.

Dalam upaya untuk menghasilkan bahan komposit ramah lingkungan, maka pada kesempatan kali ini, telah dilakukan usaha untuk mensistesiskan bahan komposit dengan serat alam berupa serat lidah daun mertua (*Sansevieria Trifasciata*) sebagai penguat dan selulosa bakteri sebagai matriksnya. Hasil Penelitian menunjukkan serat tanaman lidah mertua dapat dimanfaatkan sebagai komponen penguat bahan komposit. Beberapa penelitian yang telah dilakukan, antara lain oleh Gaol dan Motlan (2016), Mardiyati *et al* (2016), dan Muslim *et,al* (2013). Dalam penelitiannya, Gaol dan Motlan (2016) dan Mardiyati *et al* (2016) keduanya menggunakan *Polipropilena* sebagai matriksnya dan lidah mertua sebagai penguatnya, namun berbeda dalam variasi perbandingan serat lidah mertua dan *polipropilena* yang digunakan. Dalam penelitiannya, Gaol dan Motlan (2016)

didapatkan kekuatan tarik bahan komposit terbesar yakni 26,61 MPa yang terdapat pada perbandingan massa polipropilena dan serat lidah mertua (20: 80)% dan nilai terendah yakni 14,54 MPa yang terdapat pada perbandingan massa polipropilena dan serat lidah mertua (40: 60)%, sedangkan Mardiyati *et al* (2016) mendapatkan kekuatan tarik bahan komposit terbesar yakni 53,07 MPa pada fraksi volume serat 13,5%. Muslim *et al* (2013) menggunakan campuran serat lidah mertua dengan karung goni, dihasilkan kekuatan tarik sebesar 32,00 Mpa dengan fraksi volume serat 35%.

Untuk menghasilkan komposit ramah lingkungan, dibutuhkan bahan penyusun yang idelanya berasal dari alam, sehingga dapat terdegradasi oleh tanah. Komponen matriks yang menarik untuk dikembangkan dalam hal ini adalah *nata de coco*. *Nata de coco* adalah hasil proses fermentasi aikelapa dengan menggunakan bakteri *Acetobakter xylinum*. Hasil penelitian menunjukkan, penggunaan nata de coco sebagai matriks telah menghasilkan bahan komposit dengan kekuatan mekanik yang cukup baik. Beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh Prabowo (2011), dan Ali (2014). Dalam penelitiannya, Prabowo (2011) memasukkan nanosilika ke dalam serat *nata de coco* dengan metode perendaman. Hasil uji tarik didapatkan, perendaman optimum adalah 3 hari karena meningkatkan kekuatan tarik komposit dari 85,6 Mpa menjadi 316 Mpa. Ali (2014) melakukan perlakuan berbeda pada penelitiannya dengan mencampurkan serbuk kayu sengon sebagai penguat dan selulosa bakteri nata de coco. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan kekuatan tarik serat trik terbesar didapatkan pada bahan komposit dengan serbuk kayu sengon 0% dan resin selulosa bakteri 100% yakni sebesar 5,12Mpa.

Berdasarkan uraian tentang beberapa penelitian serta manfaat serat alam yang digunakan pada bahan komposit maka perlu dilakukan penelitian

tentang karakteristik sifat mekanik bahan komposit ramah lingkungan hasil sintesis dari serat daun lidah mertua dan selulosa bakteri. Dengan tujuan memperoleh bahan komposit yang ramah lingkungan berpenguat serat lidah daun mertua dan resin selulosa bakteri yang memiliki sifat fisis baik. Pada penelitian ini karakteristik mekanik bahan komposit dilakukan dengan meninjau dua arah serat bahan. Di samping itu akan dilakukan pula uji biodegradasi terhadap bahan komposit hasil sintesis untuk mengetahui kemampuan biodegradasinya. Dengan tercapainya tujuan diatas diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomis tanaman lidah daun mertua sehingga diharapkan dapat meningkatkan taraf hidup pedagang tanaman dan stakeholders.

METODE PENELITIAN

a. Pembuatan komposit

Proses pembuatan komposit diawali dengan pengambilan serat dengan cara daun lidah mertua (*Sansevieria trifasciata*) yang sudah dipotong dengan panjang 20 cm di serut dengan menggunakan pisau. Serat yang sudah bersih direndam dalam larutan NaOH (10% w/v) selama 120 menit, kemudian serat dibasuh menggunakan aquades selanjutnya serat dipotong menggunakan gunting dengan ukuran panjang 10 cm untuk komposit dengan arah serat longitudinal dan 1 cm untuk komposit dengan arah serat acak. Untuk pengolahan matriks dengan bahan *Nata de coco* dilakukan dengan cara memblender *nata de coco* menggunakan *Blender*, kemudian *nata de coco* di saring untuk mengurangi kadar airnya.

Setelah serat dan matriks didapat, langkah selanjutnya adalah menyiapkan cetakan yang telah dilapisi dengan amonium foil untuk memudahkan pengambilan komposit. Kemudian menimbang 1,5 gram serat lidah mertua dan 30 gram selulosa bakteri nata de coco yang telah di blender, lalu mencampur kedua bahan dan menempatkannya kedalam cetakan dengan orientasi arah serat lurus.

Setelah itu keluarkan komposit dalam cetakan kemudian dikeringkan di dalam oven dengan temperature 60°C selama 4 jam, selanjutnya menempatkan bahan komposit kedalam cetakan hot press kemudian bahan dipress dengan menaikkan temperature mesin hingga 170 °C selanjutnya bahan dibiarkan selama 10 menit. Setelah itu bahan dipindahkan dan didinginkan hingga temperature ruang.

b. Tahap pengujian

Pada tahap ini bahan komposit yang telah dibuat kemudian diuji karakteristiknya. Pengujian karakteristik sifat mekanik dari komposit dilakukan dengan melakukan uji tarik dan uji biodegradasi bahan.

c. Tahap analisis

Dari hasil uji tarik diperoleh data beban dan pertambahan panjang, dari data tersebut dapat ditentukan nilai tegangan tarik (σ) dan regangan (ϵ). Nilai tegangan tarik (σ) dan regangan (ϵ) diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad \dots\dots(1)$$

Dimana

σ = tegangan tarik (N/m²)

A_0 = luas penampang (m²)

F = gaya penarik (N)

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100 \dots\dots(2)$$

Dengan :

ϵ = regangan (%)

l_0 = panjang bahan sebelum pengujian (mm)

l_1 = panjang bahan setelah pengujian (mm)

Berdasarkan data- data yang diperoleh dari hasil pengujian, dapat diolah menjadi grafik hubungan antara tegangan (σ) dan regangan (ϵ) untuk masing-masing arah serat dengan menggunakan *microsoft excel*. Berdasarkan grafik yang dibuat, dapat ditentukan besarnya tegangan luluh dengan menggunakan metode offset. Metode dilakukan dengan cara menarik garis lurus yang sejajar dengan garis miring pada daerah proporsional (*elastis*) dengan jarak 0,2 % dari regangan maksimal. Titik yang diperoleh merupakan titik perpotongan garis tersebut dengan grafik stress- strain

(Purwanto, 2011). Kemudian dari data diatas dapat ditentukan nilai modulus elastisitas bahan dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots \dots \dots (3)$$

Dengan :

E = Modulus elastisitas

σ = Tegangan tarik

ϵ = Regangan

Dari hasil uji biodegradasi didapatkan data massa bahan komposit sebelum dan sesudah penimbunan selama 1 minggu, 2 minggu, 3 minggu, dan 4 minggu. kemampuan biodegradasi bahan komposit hasil sintesis dapat dikaetahui melalui persamaan berikut:

$$dG (\%) = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1} \right) \times 100 \dots \dots \dots (4)$$

dengan:

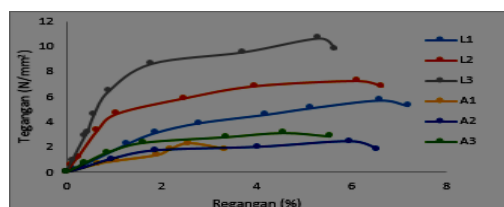
dG = derajat degradasi (%)

m1 = massa awal (kg)

m2 = massa setelah penimbunan (kg).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pengujian tarik terhadap 3 bahan komposit hasil sintesis dengan arah serat longitudinal, dan 3 bahan komposit hasil sintesis dengan arah serat acak, jadi total bahan komposit hasil sintesis yang dilakukan pengujian tarik sebanyak 6 bahan. Berikut hasil plot grafik tegangan (σ) dan regangan (ϵ) ke-6 bahan komposit hasil sintesis :



Gambar 1. Grafik Hubungan Tegangan (σ) dan Regangan (ϵ) Serat Longitudinal dan Acak

Gambar 1. menunjukkan hasil plot tegangan (σ) dan regangan (ϵ) dengan L1 merupakan sampel-1 bahan komposit dengan arah serat longitudinal, L2 merupakan sampel-2 bahan komposit

dengan arah serat longitudinal, L3 merupakan sampel-3 bahan komposit dengan arah serat longitudinal. Begitupun dengan A1 merupakan sampel-1 bahan komposit dengan arah serat acak, A2 merupakan sampel-2 bahan komposit dengan arah serat acak, dan A3 merupakan sampel-3 bahan komposit dengan arah serat acak.

Dari Gambar 1. diperoleh nilai- nilai tegangan dan regangan. Nilai tegangan terbesar dimiliki oleh bahan komposit hasil sintesis dengan orientasi arah serat longitudinal, sementara itu kekuatan tarik terkecil dimiliki oleh bahan komposit arah serat acak. Nilai kekuatan tarik maksimum dan regangan yang dimiliki oleh bahan komposit hasil sintesis ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Tegangan Tarik Maksimum (UTS) dan Regangan (ϵ) Bahan Komposit Hasil Sintesis

Arah serat	Bahan	Δl (mm)	F (N)	ε (%)	σ (MPa)
Lurus	1	1,97	402,31	6,60	5,75
	2	1,84	510,65	6,14	7,30
	3	1,59	747,38	5,32	10,68
Rata- rata				6,02 ± 0,37	7,91 ± 1,46
Acak	1	0,77	161,7	2,58	2,31
	2	1,79	171,5	5,97	2,45
	3	1,37	220,5	4,58	3,15
Rata- rata				4,38 ± 0,98	2,64 ± 0,26

Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui bahwa kedua jenis bahan komposit memiliki kekuatan tarik yang berbeda-beda. Kekuatan tarik sebuah bahan, akan menunjukkan kemampuan bahan tersebut dalam menahan beban (gaya tarik) sesat sebelum putus. Nilai kekuatan tarik dan

regangan bahan komposit hasil sintesis dengan arah serat longitudinal sebesar $7,91 \pm 1,46$ N/mm² dan $6,02 \pm 0,37\%$. Sedangkan nilai tegangan dan regangan bahan komposit hasil sintesis dengan arah serat acak sebesar $2,64 \pm 0,26$ N/mm² dan $4,38 \pm 0,98$, ini berarti bahwa beban tarik yang diterima bahan komposit didistribusikan secara merata kepada serat dengan orientasi arah longitudinal dan matriks, sehingga mengakibatkan kemampuan bahan komposit untuk menahan gaya tarik semakin besar dan regangannya pun bertambah besar dengan bertambahnya panjang serat yang digunakan sebagai penguat.

Menurut Sujito *et al.* (2014) Regangan maksimum menunjukkan nilai keuletan atau besarnya deformasi plastis yang dimiliki bahan pada saat bahan tersebut patah. Semakin besar nilai regangan bahan komposit maka bahan komposit dikatakan semakin ulet, sehingga bahan komposit hasil sintesis tidak mudah putus saat dilakukan pengujian tarik. Hal ini menunjukkan bahwa bahan komposit hasil sintesis dengan arah serat longitudinal memiliki tingkat keuletan yang baik dibandingkan dengan bahan komposit hasil sintesis arah serat acak.

Hasil yang di dapatkan pada Tabel 1 cukup jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Fajri *et al* (2013). Pada penelitian Fajri *et al* (2013) diperoleh bahan komposit dengan kekuatan tarik sebesar 45,698 N/mm² dengan fraksi serat 20%. Hal ini dikarenakan adanya beberapa variasi fraksi massa yang digunakan, pada fraksi massa serat tertentu bahan komposit akan lebih kuat, menurut Firman *et al* (2015) semakin besar fraksi massa serat yang digunakan mampu meningkatkan sifat mekanik dari komposit tersebut, namun setelah melampaui nilai optimum maka akan cenderung menurun, ini disebabkan karena ikatan antar matriks dan serat yang rendah, hal ini dapat diketahui dengan melakukan uji SEM. Namun hasil diatas akan lebih besar jika dibanding dengan

penelitian yang telah dilakukan oleh Ali (2014) yaitu diperoleh bahan komposit dengan kekuatan tarik terbesar dengan komposisi penguat serbuk kayu sengon 0% dan resin selulosa bakteri 100% yakni sebesar 5,12 Mpa, ini menunjukkan bahwa penggunaan serat lidah mertua (*Sansevieria trifasciata*) dalam komposit dengan matriks selulosa bakteri mampu meningkatkan kekuatan tarik bahan.

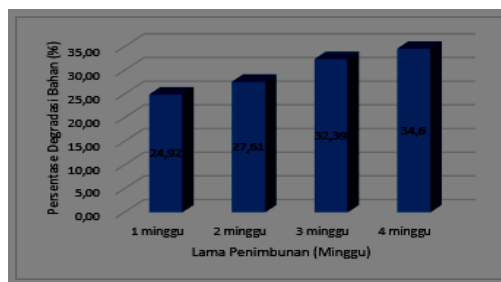
Tabel 2. Nilai Tegangan Luluh, Regangan Luluh dan Modulus Elastisitas Bahan Komposit Hasil Sintesis.

Arah serat	Bahan	ϵ (%)	σ (MPa)	E (MPa)
Lurus	1	2,28	3,60	1,58
	2	1,12	4,80	4,29
	3	1,24	7,60	6,13
	Rata-rata			4,00 ± 1,32
Acak	1	1,04	0,90	0,87
	2	1,56	1,60	1,03
	3	1,32	2,20	1,67
	Rata-rata			1,19 ± 0,24

Menurut Zemansky (1962) modulus elastisitas menunjukkan sifat kekakuan yang dimiliki oleh suatu bahan. Oleh sebab itu semakin kaku suatu bahan, maka semakin tinggi nilai modulus elastisitasnya. Sehingga semakin besar pula nilai tegangan yang diperlukan untuk memperoleh regangan tertentu. Berdasarkan tabel 4.2 nilai modulus elastisitas bahan komposit dengan arah penguat longitudinal dan acak masing-masing adalah $4,00 \pm 1,32$ N/mm², $1,19 \pm 0,24$ N/mm². Hal ini menunjukkan bahwa bahan komposit dengan arah serat longitudinal memiliki nilai modulus elastisitas lebih besar dibandingkan dengan bahan komposit arah serat acak. Ini berarti bahwa arah serat menentukan nilai kekuatan bahan komposit tersebut dalam menahan gaya.

Pada pengujian biodegradasi bahan dilakukan dengan cara menimbun bahan komposit dengan variasi waktu penimbunan 1 minggu, 2 minggu, 3 minggu dan 4 minggu. Dari hasil pengujian

biodegradasi didapatkan data massa (m) bahan komposit hasil sintesis sebelum penimbunan dan setelah penimbunan dilakukan. Dari data tersebut maka dapat ditentukan kemampuan biodegradasi bahan dengan menggunakan persamaan 4. Adapun data kemampuan rata-rata biodegradasi bahan komposit hasil sintesis dalam grafik batang yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 4 adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Batang Uji Biodegradasi Bahan Komposit Hasil Sintesis

Dari Gambar 2. tampak persentase massa bahan semakin meningkat seiring dengan lamanya waktu penimbunan. Persentase massa bahan terdegradasi terbesar terjadi setelah dilakukan penimbunan selama 4 minggu. hal ini menunjukkan bahwa semakin lama penimbunan suatu bahan komposit maka semakin besar persentase degradasi bahan komposit tersebut. Peningkatan persentase degradasi bahan komposit seiring dengan lamanya proses penimbunan disebabkan oleh aktifitas mikroorganisme yang menguraikan bahan komposit. Pada penelitian ini bahan komposit terbuat dari bahan penyusun alami, yakni serat lidah mertua dan matriks selulosa bakteri. Selulosa bakteri *Acetobakter* yang terkandung dalam *Nata de coco* merupakan resin organik sehingga mikroorganisme yang terdapat dalam komposit mudah untuk menguraikan bahan tersebut.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan

yang telah dilakukan di peroleh kesimpulan kekuatan tarik dan modulus elastisitas maksimum diperoleh pada bahan komposit hasil sintesis dengan arah penguat longitudinal yakni $7,91 \pm 1,46$ N/mm² dan $4,00 \pm 1,32$ N/mm² sedangkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas bahan komposit dengan arah penguat acak yakni $2,64 \pm 0,26$ N/mm² dan $1,19 \pm 0,24$ N/mm². Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan bahan komposit dipengaruhi oleh arah serat bahan. Bahan komposit dengan bahan penyusun serat lidah mertua sebagai penguatnya dan selulosa bakteri sebagai matriks merupakan bahan komposit yang ramah lingkungan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai (dG) $34,60 \pm 0,15\%$ dengan waktu penimbunan bahan selama 4 minggu.

Dari hasil penelitian ini, perlu dilakukan perbaikan dengan memperbanyak variasi fraksi massa serat, variasi tekanan, dan memvariasikan waktu perendaman NaOH pada proses sintesis bahan komposit, serta penggunaan bahan penyusun ramah lingkungan lainnya agar dapat dihasilkan bahan komposit ramah lingkungan yang memiliki sifat mekanik lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. 2014. *Sifat Mekanik Selulosa Bakteri dengan Penguat Serbuk Kayu Sengon*. Skripsi. Jurusan Fisika FMIPA UNEJ, Jember.
- Astika, I. M., Lokantara, I. P., dan Karohika, I. M. G. 2013. Sifat Mekanis Komposit Poliester dengan Penguat Serat Sabut Kelapa. *Jurnal Energi dan Manufaktur*. Vol 6(2): 95-202.
- Clareyna, E. D., dan Marwani, L. J. 2013. Pembuatan dan Karakteristik Komposit Berpenguat Bagasse. *Jurnal Teknik POMITS*. Vol 2(2): F208- F213.

- Djiwo, S., dan Hiunsiustio. 2010. Penggunaan Serat Jute (Chorcorus Capsularis) Sebagai Bahan Penguat Komposit Matrik Polyester. *Jurnal Flywheel* . Vol 3(1): 1-7.
- Fajri, R. I., Tarkono, dan Sugiyanto. 2013. Studi Sifat Mekanik Komposit Serat Sansevieria *Cylindrica* dengan Variasi fraksi Volume Bermatrik Polyester. *Jurnal Fema*. Vol 1(2): 85- 93.
- Firman, S. H., Muris, dan Subaer. 2015. Studi Sifat Mekanik dan Morfologi Komposit Serat Daun Nanas- Epoxy Ditinjau dari Fraksi Massa dengan Orientasi Serat Acak. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. Vol 11(2):185-191.
- Fatkhurrohman, dan Irfa'i, M.A. 2016. Studi Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Berpenguat Serat Pohon Aren. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol 4(2):161- 168.
- Gaol, L. L., dan Moltan. 2016. Pengujian Sifat Mekanik Komposit Polypropilena (Pp) dengan Filer Serat Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieras Trifasciata*).*Jurnal Einstein*. Vol 4(3): 8-14.
- Ignk, Y., dan Nasmi, H. S. 2013. Analisa Kekuatan Impac Komposit Polyester Diperkuat Serat Pandan Wangi dengan Pengisi Serbuk Gergaji Kayu. *Jurnal Energi dan Manufaktur*. Vol 6(2): 95- 200.
- Mardiyati, Steven, Rizkiyansyah, R.R., dan Purnomo, I. 2016. Sifat Mekanik Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Sansevieria Unidirectional. *Jurnal Mesin*. Vol 25(2): 63-82.
- Muslim, J., Sari, N. H., dan Dyah, E. 2013. Analisis Sifat Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending Komposit Hibryd Serat Lidah Mertua Dan Karung Goni Dengan Filler Abu Sekam Padi 5% Bermatrik Epoxy. *Jurnal Dinamika Tenik Mesin*. Vol. 3(1): 26-33.
- Nopriantina, N., dan Astuti. 2013. Pengaruh Ketebalan Serat Pelepah Pisang Kepok (Mussa Paradisiaca) Terhadap Sifat Mekanik Material Komposit Poliester- Serat Alam. *Jurnal Fisika UNAD*. Vol 2(3): 195- 203.
- Prabowo, A. B. 2011. *Evaluasi Sifat Material Komposit Serat Nata De Coco dengan pemasukan Filler Nanosilika Menggunakan Metode Post Modification*. Depok: Fakultas Teknik UI.
- Sujito. 2014. Fabrication and Characterization of Short Single Bamboo Fibers Reinforced Poly-Latic Acid (PLA) Green Composites (GC). *Internasional Jurnal of Basic & Applied Sciences IJBAS- IJENS*. Vol 14(2): 33-36.
- Sujito, Sumarji, Sudarmaji, dan E. Purwandari, 2014. *Pengembangan Bahan Komposit Ramah Lingkungan Berpenguat Serat Ampas Tembu dan Resin Bacterial Cellulose*. Jember: Lembaga Penelitian Universitas Jember.
- Zemansky,S. 1962. *Fisika Untuk Universitas 1*. Jakarta: Binacipta.