

## PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT KOMPOSIT HIBRID BERPENGUAT SERAT *E-GLASS* DAN SERAT IJUK (ACA-K-ANYAM-ACA-K) TERHADAP KEKUATAN TARIK DENGAN MatriK POLIESTER

**Okta Sakti Laviyanda**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : [oktalaviyanda@mhs.unesa.ac.id](mailto:oktalaviyanda@mhs.unesa.ac.id)

**Mochammad Arif Irfa'i**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: [arifrfai@unesa.ac.id](mailto:arifrfai@unesa.ac.id)

### Abstrak

Komposit hibrid yang merupakan gabungan dari beberapa lapisan penguat serat berbeda yang disusun dengan jumlah dan urutan tertentu dan diikat dengan matrik polimer, dimana sifat mekanis dari masing-masing serat berbeda. Dalam penelitian ini digunakan matriks *polyester* BQTN 157, serat pohon aren (ijuk), serat *E-Glass* dan katalis *methyl ethyl ketone peroxide*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat komposit hibrid berpenguat serat *E-Glass* acak dan serat ijuk anyam susunan lamina acak-anyam-acak terhadap kekuatan tarik bermatrik poliester. Bahan komposit hibrid dibuat dengan metode cetak tekan (*press mold*). Pengujian tarik komposit menggunakan standart ASTM D638. Pengamatan visual dengan foto makro dilakukan untuk mengetahui bentuk penampang patahan akibat beban pengujian tarik dan pengujian geser. Hasil penelitian komposit hibrid berpenguat serat ijuk dan serat *E-Glass* acak-anyam-acak dengan resin *polyester* menggunakan fraksi volume serat 10:35, 15:30, 22.5:22.5, 30:15, dan 35:10 (% volume). Pada fraksi volume serat 10:35 memperoleh kekuatan tarik tertinggi yaitu 129.02 MPa, sedangkan pada fraksi volume 35:10 menghasilkan kekuatan tarik terendah yaitu 77.48 MPa.

**Kata kunci :** *Komposit Hibrid, Fraksi Volume, E-Glass, Ijuk, Kekuatan Tarik, Poliester.*

### Abstract

Composite hybrid are combination of several different fiber reinforcement layers arranged in a certain number and sequence and bound with a polymer matrix, where the mechanical properties of each fiber are different. This study used 157 BQTN polyester matrix, palm tree fibers, E-Glass fibers and methyl ethyl ketone peroxide catalyst. The purpose of this study was to investigate the influence of the volume fraction of hybrid composite fibers reinforced with E-Glass random fibers and sugar palm woven fibers random-woven-random lamina arrangement against tensile strength with polyester matrix. The hibrid composite material made with print press ( *press mold* ) . Tensile testing composites using standard ASTM D638. Visual observation with a macro photograph conducted to determine the cross-sectional shape examination fracture due to bending loads and impact testing. Composites research results of sugar palm fibers and E-Glass fiber random-woven-random with polyester using a fiber volume 10:35, 15:30, 22.5:22.5, 30:15, and 35:10 (% volume). The fiber volume fraction of 10:35 obtained the highest tensile strength of 129.02 MPa, where as the volume fraction of 35:10 obtained the lowest tensile strength of 77.48 MPa.

**Keywords:** *Hybrid Composite, Volume Fraction, E-Glass, Sugar Palm, Tensile Strength, Polyester*

## PENDAHULUAN

Selama ini industri lebih banyak menggunakan material logam yang mempunyai sifat mekanis yang baik, akan tetapi harga logam lebih mahal, susah dibentuk, dan susah difabrikasi. Salah satu material yang bisa menggantikan material logam adalah material komposit. Pada lambung kapal yang terbuat dari komposit pada umumnya terjadi kerusakan yang disebabkan oleh tarikan antar sambungan lambung kapal dan benturan benda lain yang menyebabkan keretakan, lubang, dan patah. Kerusakan tersebut terjadi disebabkan karena lambung kapal menerima beban tarik.

Adanya komposit hibrid yang merupakan gabungan dari beberapa lapisan penguat serat berbeda yang disusun dengan jumlah dan urutan tertentu dan diikat dengan matrik polimer, dimana sifat mekanis dari masing-masing serat berbeda. Belum optimalnya penggunaan komposit hibrid merupakan peluang yang baik untuk diteliti lebih lanjut untuk pemakaian aplikasi struktur komposit secara lebih luas. Serat yang dapat dijadikan penguat dalam pembuatan komposit hibrid bisa berupa serat alam dan serat sintetis.

Serat alam memiliki keunggulan jumlahnya melimpah, lebih murah, dapat diperbaharui dan didaur ulang serta tidak mencemari lingkungan. Serat ijuk (*Arenga Pinmata Merr*) merupakan salah satu serat alam yang sudah banyak dimanfaatkan dalam industri-industri meubel dan kerajinan rumah tangga karena mudah didapat, elastis, keras, murah, dan tahan air. Dari sifat-sifat tersebut, serat ijuk bisa digunakan sebagai penguat dalam komposit hibrid. Serat ijuk diperoleh dari tanaman pohon aren dan secara alamiah telah berbentuk serat.

Menurut Campilho (2016:8) serat sintetis berupa *E-Glass* memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi sebesar 3,5 GPa jika dibandingkan dengan serat alam berupa serat flax sebesar 2 GPa. Serat sintetis yang umumnya digunakan dalam dunia industri manufaktur adalah serat *E-Glass*. Dengan demikian penggabungan serat sintetis dengan serat alam untuk menutupi kekurangan masing-masing serat agar memiliki sifat yang ramah lingkungan, dapat diperbaharui, dan sifat mekanis yang baik.

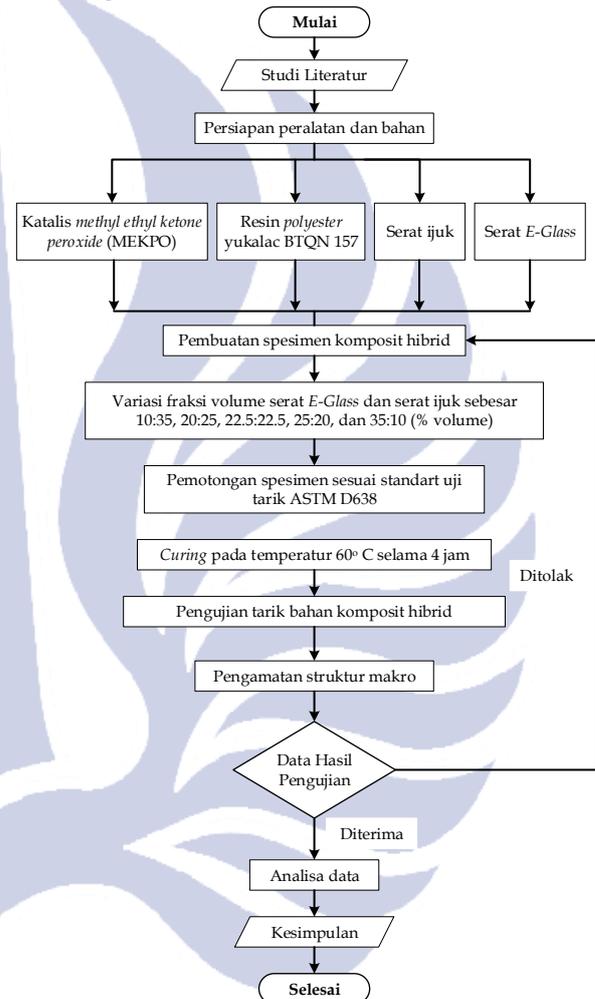
Jenis matrik juga akan berpengaruh terhadap sifat fisiknya, sementara yang akan berpengaruh dalam kekuatan mekanis ialah serat penguat dari bahan komposit hibrid. Matrik yang umumnya digunakan adalah resin poliester. Matrik poliester merupakan jenis polimer termoset yang memiliki sifat tidak bisa terurai dan tidak bisa didaur ulang. Poliester memiliki

beberapa kelebihan diantaranya ringan, mudah dibentuk, tahan korosi dan harganya relatif murah.

Timbul suatu pemikiran mengenai penelitian komposit hibrid dengan penguat serat *E-Glass* acak dan serat ijuk anyam dengan variasi susunan lamina acak-anyam-acak, dengan menggunakan variasi fraksi volume serat untuk mendapatkan kekuatan tarik optimal.

## METODE

### Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

### Waktu dan tempat penelitian ini dilakukan di:

- Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2018 sampai Maret 2018.
- Proses pembuatan bahan komposit dilakukan di Laboratorium Fabrikasi Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.
- Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS Solo.

Pengaruh Fraksi Volume Serat Komposit Hibrid Berpenguat Serat *E-Glass* dan Serat Ijuk (Acak-Anyam-Acak) terhadap Kekuatan Tarik dengan Matrik Poliester

- Pengujian geser dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS Solo.

#### Peralatan, Bahan, dan Instrumen Penelitian

- Peralatan  
Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:
  - Kuas
  - Oven
  - Kertas Amplas
  - Gerinda
  - Jarum Suntik
  - Cutter
  - Cetakan
  - Dongkrak hidrolis
- Bahan  
Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:
  - Serat pohon aren (ijuk)
  - Serat *E-Glass*
  - Resin *Unsaturated Polyester Yukalac BQTN Type 157*
  - Katalis jenis *Methyl Ethyl Keton Peroksida (MEKPO)*
  - *Mirror Glaze*
- Instrumen Penelitian  
Instrumen penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
  - *Universal Testing Machine (UTM)*
  - Jangka Sorong
  - Timbangan Digital
  - Gelas Ukur

#### Teknik Pengumpulan Data

- Metode Eksperimen  
Metode eksperimen digunakan dalam penelitian ini karena dapat memberikan data yang valid dan dapat dipertanggung jawabkan. Dalam penelitian ini dilakukan eksperimen bahan komposit benda uji dengan variasi fraksi volume serat yang berbeda.
- Metode Literatur  
Metode Literatur merupakan suatu acuan atau pedoman dalam melaksanakan kegiatan penelitian agar penelitian dapat sesuai dengan dasar ilmu yang melatar belakangnya dan tidak menyimpang dari azaz-azaz yang telah ada. Dalam metode literatur ini dilakukan pengumpulan data berupa teori, gambar dan tabel yang diperoleh dari buku-buku yang berkaitan dengan penelitian ini.

#### Variabel Penelitian

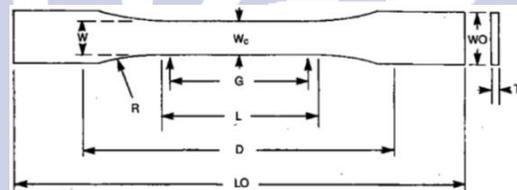
- Variabel bebas  
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposisi serat *E-Glass* dan serat ijuk yang ditentukan dengan perhitungan fraksi volume

serat *E-Glass* dan serat ijuk sebesar 10:35, 15:30, 22.5:22.5, 30:15, dan 35:10 (% volume).

- Variabel control  
Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :
  - Proses manufaktur pembuatan komposit hibrid dalam cetakan.
  - Fraksi volume serat ijuk *E-Glass* dan resin poliester yaitu 45:55 (% volume).
  - Proses pembuatan spesimen dengan metode hand lay up dan press mold, pada metode press mold bahan komposit dilakukan selama 24 jam.
  - Suhu setelah proses press mold pada suhu 60<sup>0</sup> C selama 4 jam.
  - Diameter dan ukuran serat.
  - Variasi susunan lamina komposit hibrid acak-anyam-acak.
- Variabel terikat  
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah hasil dari kekuatan tarik komposit hibrid yang dinyatakan dalam satuan gaya per satuan luas (Pa).

#### Ukuran Spesimen

Ukuran dan dimensi specimen disesuaikan dengan pengujian tarik. Untuk prngujian tarik menggunakan standart ASTM D 638.



Gambar 2. Spesimen Uji Tarik

- Keterangan :
- LO = 165 mm
  - WO = 19 mm
  - L = 57 mm
  - W = 13 mm
  - R = 76 mm
  - T = variabel (mm)
  - G = 50 mm
  - D = 115 mm

#### Prosedur Penelitian

- Persiapan Penelitian
  - Persiapan Bahan
  - Persiapan Alat-alat
- Proses pembuatan komposit *polyester*  
Pada penelitian ini proses pembuatan bahan komposit *polyester* berpenguat serat pohon aren (ijuk) dan serat *E-Glass* dilakukan menggunakan

dua metode, yaitu metode *press mold*. Proses *press mold* dilakukan selama 24 jam. Proses ini dilakukan pada setiap variasi fraksi volume serat yang telah ditentukan yaitu 10:35, 15:30, 22.5:22.5, 30:15, dan 35:10 (% volume).

$$v_f = \frac{m_f / \rho_f}{m_f / \rho_f + m_m / \rho_m} \dots\dots\dots(1)$$

$$m_f = \frac{\rho_f V_f}{\rho_f V_f + \rho_m V_m} \dots\dots\dots(2)$$

- Proses pemotongan bahan komposit  
Setelah bahan komposit jadi, dilakukan pemotongan sesuai dimensi standart uji tarik ASTM D 638 menggunakan gerinda.
- Proses *post curing*  
Proses *post curing* bertujuan untuk mempercepat proses reaksi rantai ester di dalam bahan komposit. Proses *post cure* dilakukan pada temperatur 60<sup>0</sup> C selama 4 jam. Setelah proses *post cure* selesai maka spesimen uji bahan komposit siap untuk diuji.
- Proses pengujian bahan  
Pengujian dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS Solo.

**Analisis Data**

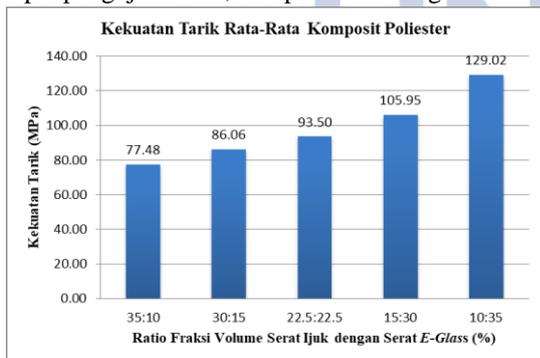
Setelah data pengujian diperoleh selanjutnya adalah menganalisa data dengan menggunakan metode statistik deskriptif. Dilanjutkan dengan pengujian hipotesis dengan menggunakan anava tunggal Anava tunggal

$$F_{hitung} = \frac{MK_{antar}}{MK_{dalam}} \dots\dots\dots(3)$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan kekuatan tarik**

Setelah dilakukan proses pengujian *destructive test* berupa pengujian tarik, didapat hasil sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram hasil uji tarik

Tabel 1. Data uji tarik

No.	Spesimen Uji		Beban Maksimal (N)	Kekuatan Maksimal (MPa)	Regangan Maksimal (%)	
	V <sub>f</sub> (% volume) Ijuk	E-Glass				
1.	35	10	1	4320	80.27	4.44
			2	4220	78.41	3.96
			3	4170	77.48	3.88
			4	4120	76.55	3.3
			5	4020	74.69	3.26
			$\bar{x}$	-	77.48	-
2.	30	15	1	4790	89	4.22
			2	4680	86.96	5.8
			3	4620	85.84	4.78
			4	4570	84.91	6.22
			5	4500	83.61	4.62
			$\bar{x}$	-	86.06	-
3.	22.5	22.5	1	5160	95.88	4.18
			2	5110	94.95	5.14
			3	5080	94.39	5.62
			4	4920	91.42	5.12
			5	4890	90.86	4.98
			$\bar{x}$	-	93.5	-
4.	15	30	1	5890	109.44	5.58
			2	5880	109.25	5.3
			3	5700	105.91	4.88
			4	5610	104.24	5.04
			5	5430	100.89	5.46
			$\bar{x}$	-	105.95	-
5.	10	35	1	7140	132.66	6.86
			2	7070	131.36	6.36
			3	6910	128.39	6.44
			4	6810	126.53	6.58
			5	6790	126.16	6.08
			$\bar{x}$	-	129.02	-

Dari diagram diatas dapat dilihat rata-rata kekuatan tarik dari masing-masing fraksi volume serat, mulai dari fraksi volume 35:10 dengan rata-rata kekuatan tarik 77.48 MPa, fraksi volume 30:15 dengan rata-rata kekuatan tarik 86.06 MPa, fraksi volume 22.5:22.5 dengan rata-rata kekuatan tarik 93.5 MPa, fraksi volume 15:30 dengan rata-rata kekuatan tarik 105.95 MPa, dan fraksi volume 10:35 dengan rata-rata kekuatan tarik 129.02 MPa.

Dari hasil pengujian dan diagram diatas diketahui bahwa komposit poliester berpenguat serat ijuk anyam dan serat E-Glass acak susunan lamina acak-anyam-acak dengan fraksi volume 10:35 menghasilkan kekuatan tarik rata-rata tertinggi sebesar 129.02 MPa, sedangkan fraksi volume 35:10 menghasilkan kekuatan tarik rata-rata terendah sebesar 77.48 MPa. Dari data hasil dan diagram diatas dapat disimpulkan bahwa fraksi volume serat ijuk anyam dan serat E-Glass acak susunan lamina acak-anyam-acak memberikan pengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik komposit poliester. Hal tersebut dapat diketahui dari hasil data pengujian tarik tiap fraksi volume memiliki kekuatan tarik rata-rata yang berbeda-beda. Pernyataan tersebut juga didukung oleh analisis data menggunakan anova tunggal (*one way anova*) menggunakan software SPSS 22 yang dijelaskan pada analisis data.

Pengaruh Fraksi Volume Serat Komposit Hibrid Berpenguat Serat *E-Glass* dan Serat Ijuk (Acak-Anyam-Acak) terhadap Kekuatan Tarik dengan Matrik Poliester

**One way Anova (Tarik)**

Tabel 2. Hasil perhitungan *one way anova* (tarik)

ANOVA					
tarik					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8041.799	4	2010.450	289.105	.000
Within Groups	139.081	20	6.954		
Total	8180.880	24			

Nilai F tabel adalah 289.105 dengan nilai signifikansi 0.00 sementara nilai statistik tabel dapat ditemukan pada tabel F, dalam uji anova ini menggunakan tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%. Untuk menentukan nilai F tabel memerlukan dk pembilang dan dk penyebut. Cara untuk mendapatkan dk pembilang adalah dengan menghitung jumlah variabel kelompok dikurangi satu maka  $5 - 1 = 4$ . Sedangkan dk penyebut adalah jumlah seluruh sampel dikurangi jumlah variabel kelompok maka  $25 - 5 = 20$ . Dengan nilai dk pembilang 4 dan dk penyebut 20 maka didapatkan nilai F tabel yaitu 2.87.

Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan bahwa nilai F hitung lebih besar daripada nilai F tabel ( $289.105 > 2.87$ ) dan nilai signifikan kurang dari 0.05 ( $0.00 < 0.05$ ) maka  $H_a$  diterima dan  $H_o$  ditolak. Dengan kata lain ada pengaruh fraksi volume serat ijuk dan serat *E-Glass* secara signifikan terhadap kekuatan tarik komposit hibrid dengan matrik poliester.

**Penampang Patahan Pengujian Tarik**

Dari hasil pengujian tarik komposit hibrid berpenguat serat pohon aren (ijuk) dan serat *E-Glass* susunan acak-anyam-acak, dapat dilihat beberapa mekanisme patahan dan bentuk patahan spesimen uji yang beragam. Untuk mengamati bentuk patahan pada masing-masing spesimen akibat dilakukan pengujian tarik, maka dilakukan pengamatan visual (foto makro) pada masing-masing permukaan patahan spesimen uji.

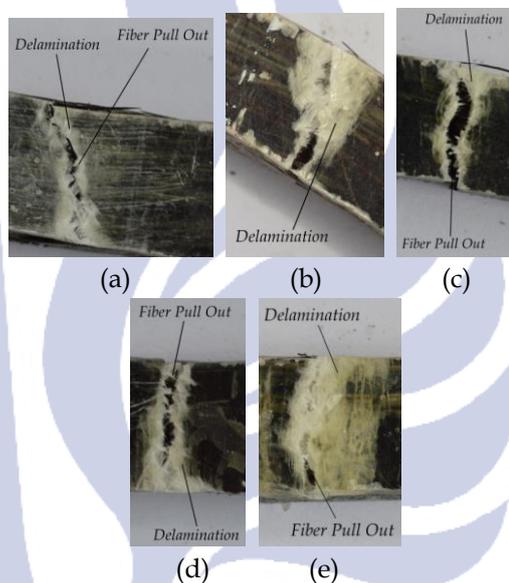
Tujuan dilakukan foto makro yaitu untuk mengetahui kegagalan yang terjadi pada bahan komposit akibat beban tarik.

Pada penampang patahan terjadi kegagalan berupa *fiber pull out* dan *delamination*. Selain itu, lamina serat ijuk retak dan terpisah, sedangkan pada lamina serat *E-Glass* mengalami retak akan tetapi tidak terpisah dengan sepenuhnya. Hal ini karena arah orientasi dari serat *E-Glass* memiliki orientasi secara acak sedangkan pada ijuk memiliki orientasi secara anyam dengan susunan lamina acak-anyam-acak, sehingga serat yang letaknya searah dengan arah beban tarik akan mengalami pelepasan serat dari bahan komposit (*fiber pull out*). Sedangkan serat yang letaknya tidak searah atau berlawanan dengan arah beban tarik tidak terlepas dari bahan komposit, namun

matriks mengalami pecah menjadi pecahan kecil-kecil atau yang disebut *delamination* dan matriks terlepas dari serat. Pada serat ijuk lepasnya serat (*fiber pull out*) berbentuk panjang karena ikatan antara serat ijuk dengan matrik kurang baik, sedangkan serat *E-Glass* lepasnya serat (*fiber pull out*) berbentuk pendek karena ikatan antara serat *E-Glass* dan matrik sangat baik.



Gambar 4. Spesimen tarik sebelum diuji



Gambar 5. Penampang patahan uji tarik fraksi volume : (a) 10:35; (b) 15:30; (c) 22.5:22.5; (d) 30:15; (e) 35:10

**PENUTUP**

**Simpulan**

Berdasarkan analisis data pada pengujian tarik bahan komposit poliester berpenguat serat ijuk anyam dan serat *E-Glass* acak dengan susunan lamina acak-anyam-acak, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- Terdapat pengaruh variasi fraksi volume serat ijuk dan serat *E-Glass* (acak-anyam-acak) terhadap kekuatan tarik, semakin meningkatnya fraksi volume serat *E-Glass* dan penurunan fraksi volume serat ijuk maka semakin tinggi kekuatan tariknya. Peningkatan kekuatan tarik terbesar diperoleh pada fraksi volume serat 10:35 sebesar 129.02 MPa, sedangkan kekuatan tarik terendah diperoleh pada fraksi volume serat 35:10 sebesar 77.48 MPa.

- Model kegagalan pada pengujian tarik yang terlihat melalui foto makro berupa *fiber pull out* dan *delamination*. Model kegagalan komposit hibrid dipengaruhi oleh fraksi volume serat ijuk dan *E-Glass*, semakin besar fraksi volume serat ijuk dan semakin kecil fraksi volume serat *E-Glass* maka semakin serius kegagalan yang terjadi.

#### Saran

Pada penelitian pengaruh fraksi volume komposit hibrid berpenguat serat ijuk dan serat *E-Glass* (acak-anyam-acak) terhadap kekuatan tarik dengan resin poliester ini, saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut :

- Perlu adanya penelitian lebih lanjut bisa dilakukan proses alkali pada serat alam, agar serat alam dan matriks dapat mengikat.
- Proses pemotongan spesimen harus sepresisi mungkin agar didapat data yang bagus dalam pengujian bahan.
- Dalam proses manufaktur komposit, hindari terjadinya rongga udara seminimal (*void*) mungkin, karena hal tersebut mempengaruhi kekuatan bahan komposit.

#### DAFTAR PUSTAKA

Akovali, Guneri. 2001. Handbook of Composite Fabrication. Ankara: Rapra Technology LTD.

Annual Book of ASTM Standards. 2002. D 638. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Material.

Bachtiar, D. Sapuan, S. Zainudin, E. Khalina, A. Dahlan, K. 2010. "The tensile properties of single sugar palm (*Arenga pinnata*) fibre". Materials Science and Engineering 11.

Callister, William D. 2007. Material Science and Engineering. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Campilho, R.D.S.G. 2016. Natural Fiber Composites. New York: CRC Press.

EL-Wazerya, M. S. EL-Elamya, M. I. Zoalfakarb, S. H. 2017. "Mechanical Properties of Glass Fiber Reinforced Polyester Composites". International Journal of Applied Science and Engineering.

Gay, Daniel. Hoa, Suong V. Tsai, Stephen W. 2003. Composite Materials Design and Applications. New York: CRC Press.

Jones, Robert M. 1999. Mechanic of Composite Material-2nd Edition. USA: Taylor & Francis.

Norizan, Mohd Nurazzi. Abdan, Khalina. Salit, Mohd Sapuan. Mohamed, Rahmah. 2017. "Physical, Mechanical and Thermal Properties of Sugar Palm Yarn Fibre Loading on Reinforced Unsaturated Polyester Composites". Journal of Physical Science Volume 28(3), 115-136.

Rijswijk, K. van. Brouwer, W.D. Beukers, A. 2001. Natural Fibre Composites. Structures and Materials Laboratory Faculty of Aerospace Engineering Delft University of Technology.

Sugiyono. 2015. Statistika untuk Penelitian. Bandung: Alfabeta.

Surdia, Tata. Shiroku, Saito. 1999. Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: Pradnya Piramita.

Tim Penyusun. 2014. Pedoman Penulisan Skripsi Program Sarjana Strata 1 Universitas Negeri Surabaya. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.

Widyanto. 2012. "Analisis Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit Serat Gelas Jenis Woven Dengan Matriks Epoxy dan Polyester Berlapis Simetri dengan Metode Hand Lay-Up". Teknis Volume 7 Nomor 1: 31-35

Yudhanto, Ferriawan. Sudarisman. Ridlwan. M. 2016. "Karakterisasi Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Lamina Serat Anyam Sisal dan Gelas Diperkuat Polyester". Jurnal Ilmiah Semesta Teknika Volume 19 Nomor 01: 48-54.