

Pengaruh Variasi Serat *Fiberglass* Terhadap Kekuatan Tarik Komposit *High Density Polyethylene*

Jhenris Ivanly¹,* M. Dalil¹, Dodi Sofyan Arif¹

1) *Mechanical Engineering, Universitas Riau, Indonesia*

ABSTRACT – This research was aimed to determine the effect of fiberglass fibers in increasing the tensile strength of HDPE composites and their advantages over PVC materials. The specimens were printed using a hot press by pressing and heating at a temperature of 140°C, mixing the materials was carried out by mixing in a measuring cup, then cutting was carried out for tensile testing with the ASTM D3039 standard on the specimen. The results of the study obtained tensile strength with a fraction of 70% vol HDPE resin, 30% vol fiber fiberglass average of 13.774 MPa with short fiber type and fraction 75% vol HDPE resin, 25% vol fiber fiberglass average of 24,334 MPa for this type of fiber the length and tensile strength of PVC material has a value of 7 25 MPa, the tensile strength of HDPE fiberglass composite of 24,334 MPa is sufficient to replace PVC.

Riwayat Artikel:
Diterima: 11 Oktober 2022
Direvisi: 15 Juni 2023
Disetujui: 30 Juni 2023

KEYWORDS: *High Density Polyethylene, Fiber Glass, Tensile Test, Thermoplastic*

1. PENDAHULUAN

Polimer thermoplastik yang direkomendasikan untuk pipa air, pipa minyak, pipa gas, pipa uap, pipa udara adalah PVC dan HDPE karena lebih mendekati kebutuhan lebih ringan, kelenturan, konduktivitas panas yang rendah dan tahan akan tekanan dari berbagai arah (Sulistioso et al. 2012; Janaki et al. 2008). Penggunaan PVC dan HDPE untuk pipa yang berada di dalam tanah (di bawah jalan raya) dengan beban dari kendaraan yang cukup besar, pipa harus mampu menerima beban besar tersebut yang diteruskan melalui tanah dibawah jalan raya ke pipa. Jika digunakan pipa PVC, maka pipa PVC akan pecah dengan beban yang besar, karena sifatnya yang sedikit kaku, sedangkan HDPE tidak pecah karena sifat kelenturannya yang tinggi. Tetapi HDPE mempunyai kekuatan yang lebih rendah dari PVC, maka HDPE harus diberi penguat atau menjadi bahan komposit HDPE, supaya HDPE memenuhi dari segi kekuatan.

Penguat untuk komposit HDPE yang baik adalah serat gelas (*fiberglass*) karena serat gelas tahan korosi, sifat mekanis yang tinggi, dan mempunyai ketahanan yang tinggi di temperature rendah (Gagani, 2019). *Fiberglass* memiliki kekuatan yang cukup tinggi dan memiliki fleksibilitas yang cukup baik (Andi dkk, 2019). Dengan demikian, pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan dari bahan HDPE dengan penguat serat *fiberglass*, dan dilakukan pengujian tarik mengetahui peningkatan kekuatan dibandingkan dengan tanpa serat dan jika menggunakan serat panjang. Diketuainya kekuatan tarik dari komposit HDPE dengan serat gelas yang pendek, diharapkan mampu memberikan solusi dan rekomendasi pipa yang mempunyai ketahanan atau tidak pecah jika digunakan sebagai pipa yang berada di dalam

tanah di bawah jalan raya dengan beban yang cukup besar dari kendaraan.

Penelitian ini memiliki tujuan antara lain:

1. Mengetahui kekuatan tarik serat *fiberglass* dari fraksi volume dengan perbandingan 70% resin HDPE 30% serat *fiberglass*, 75% resin HDPE 25% serat *fiberglass*, 80% resin HDPE 20% serat *fiberglass* yang pendek dan panjang pada komposit HDPE.
2. Mengetahui pengaruh serat *fiberglass* yang pendek dalam meningkatkan kekuatan tarik pada komposit HDPE dan keunggulannya dibandingkan dengan serat *fiberglass* yang panjang dan polimer PVC.

2. METODOLOGI

2.1 Material

2.1.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

a. Serat *Fiberglass*

Serat yang digunakan dalam pembuatan komposit ini menggunakan serat *fiberglass*.

b. Resin HDPE

Resin adalah zat kimiawi yang bersifat agak kental, cenderung transparan, tidak larut dalam air, mudah terbakar dan akan mengeras dan berfungsi untuk mengikat serat agar campuran lebih kuat.

*Corresponding author: jhenris.ivanly0518@student.unri.ac.id

c. Vaseline

Vaseline berfungsi sebagai bahan pelumas yang nantinya digunakan untuk mengolesi cetakan dan alat pemanas agar spesimen tidak lengket pada cetakan dan pada saat pelepasan spesimen mudah dikeluarkan.

d. Aluminium Foil

Aluminium Foil berfungsi untuk melapisi bagian bawah dan atas cetakan untuk mengurangi lengket dan mengurangi gosong pada spesimen.

2.1.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

a. Alat uji tarik (HUNG TA HT-8503)

Alat Uji Tarik digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik spesimen.

b. Alat Hot press Hydraulic

Berfungsi sebagai alat press dan sebagai pemanas yang nantinya digunakan untuk membuat spesimen komposit.

c. Klem C

Klem C berfungsi untuk mengunci cetakan pada alat pemanas agar pada saat pembuatan dan pengepressan spesimen tidak bergeser yang bisa menyebabkan kegagalan pencetakan.

d. Cetakan spesimen

Cetakan spesimen berfungsi sebagai cetakan untuk pembuatan spesimen komposit.

e. Plat besi bagian bawah

Berfungsi untuk menahan cetakan agar pada saat pemanasan bahan spesimen tidak keluar dari bawah.

f. Spidol

Berfungsi untuk menandai bentuk serat pada jenis serat serabut agar sesuai dengan cetakan.

g. Sarung tangan

Berfungsi untuk melindungi tangan dari benda tajam dan mengurangi resiko kecelakaan.

h. Obeng minus

Berfungsi untuk membantu melepas spesimen dari cetakan mengeluarkan sisa-sisa bahan yang ada pada cetakan.

i. Timbangan Digital

Timbangan digital ini berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk menimbang berat serat.

j. Gunting

Gunting berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk memotong serat fiberglass agar sesuai dengan ukuran cetaknya.

k. Amplas

Amplas digunakan untuk menghaluskan benda uji.

l. Gelas Ukur 1000 ml

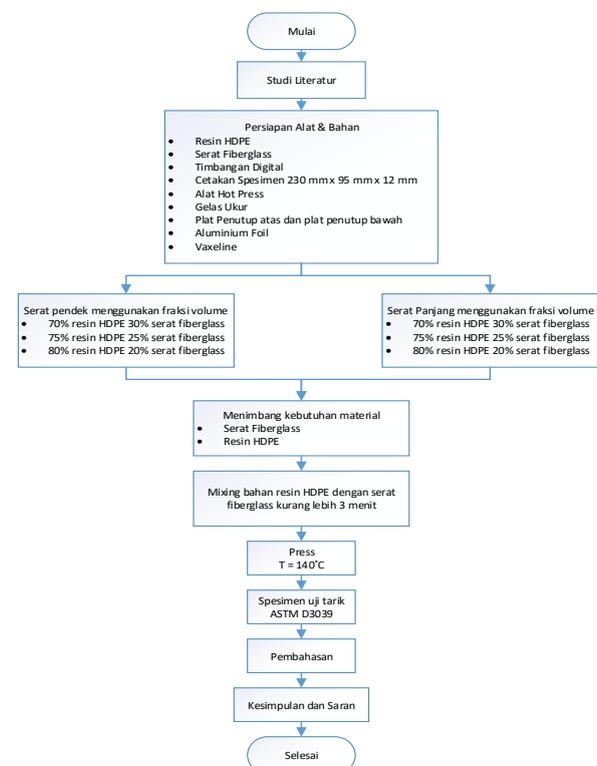
Pada pembuatan benda uji komposit dibutuhkan gelas ukur yang berfungsi untuk dapat mengukur pengukuran jumlah resin agar sesuai dengan perhitungan komposisi yang telah ditentukan.

2.2 Metode

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan penguat serat *fiberglass* dengan variasi komposisi antara resin dan serat *fiberglass* berdasarkan fraksi volume 70% resin HDPE - 30% serat *fiberglass*, 75% resin HDPE- 25% serat *fiberglass*, 80% resin HDPE- 20% serat *fiberglass*.

2.2.1 Alur Diagram Pengujian

Diagram alur pengujian untuk pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.2.2 Perhitungan Fraksi Volume

Perhitungan fraksi volume menggunakan rumus:

*Corresponding author: jhenris.ivanly0518@student.unri.ac.id

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{atau} \quad m = \rho \times v$$

Dimana :

$$\rho = \text{massa jenis (g /cm}^3\text{)}$$

$$m = \text{massa fiberglass (g)}$$

$$v = \text{volume fiberglass (cm}^3\text{)}$$

2.2.3 Hasil Pengujian Benda Uji Tarik

Pada pengujian ini spesimen yang di uji adalah komposit menggunakan serat *fiberglass* arah serat serabut dan acak dengan menggunakan fraksi volume dengan perbandingan 70% resin HDPE 30% serat *fiberglass*, 75% resin HDPE 25% serat *fiberglass*, 80% resin HDPE 20% serat *fiberglass*. Dari hasil pengujian tarik matriks HDPE didapatkan sifat-sifat mekanik yaitu kekuatan tarik, regangan dan modulus elastistas. Berikut ini adalah contoh perhitungan yang digunakan pada penelitian ini :

1. Sebelum dilakukan perhitungan kekuatan tarik pada spesimen, luas penampang spesimen harus dicari terlebih dahulu, dengan cara :

- Spesimen Panjang

$$A = \text{lebar} \times \text{Tebal}$$

$$= 25 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$$

$$= 125 \text{ mm}^2$$

- Kekuatan Tarik = $\frac{\text{Beban (N)}}{\text{Luas Penampang (mm}^2\text{)}}$

$$= \frac{288,7}{125}$$

$$= 2,30(\text{kg/mm}^2)$$

$$\sigma = \frac{288,7}{125} = 2,30 \text{ MPa}$$

2. Setelah diperoleh nilai elongasi atau pertambahan panjang, maka dapat dicari nilai regangan menggunakan cara sebagai berikut :

$$\Delta L = \text{Pertambahan panjang} = 0,97 \text{ mm}$$

$$L_0 = \text{Panjang mula-mula} = 127 \text{ mm}$$

$$\text{Regangan } \epsilon = \frac{\text{Pertambahan panjang}}{\text{Panjang mula mula}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,97 \text{ mm}}{127 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$= 0,76 \%$$

3. Setelah diperoleh nilai regangan, maka dapat dicari nilai modulus elastisitas dengan cara sebagai berikut :

$$\frac{\text{Tegangan (} \sigma \text{)}}{\text{Regangan (} \epsilon \text{)}} = \frac{2,30}{0,76} = 3,02 \text{ MPa}$$

Dengan (σ) adalah tegangan dan (ϵ) adalah regangan yang

diambil dari nilai yang berada pada UTS (titik puncak patahan).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Pengujian tarik telah dilakukan terhadap spesimen uji yang dibuat dari bahan komposit *fiberglass*-HDPE berdasarkan standar ASTM D3039. Spesimen dibuat dengan perbandingan serat dan matriks dalam fraksi volume yaitu 20% serat *fiberglass* - 80% resin HDPE, 25% serat *fiberglass*-75% resin HDPE dan 30% serat *fiberglass* -70% resin HDPE dengan hasil ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1 Hasil uji tarik komposit *Short Fiberglass*-HDPE dengan perbandingan serat-matriks 30%-70%, 25%-75% dan 20%-80%.

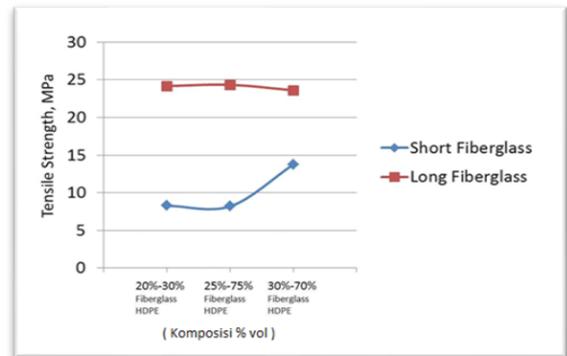
No	Short Fiberglass- HDPE 30% - 70%	Yield Strength (N/mm ²)	Ultimate Tensile Strength (MPa)	Regangan ϵ (%)
1	Spesimen 1	6.78	6.78	0.84
2	Spesimen 2	1.44	1.44	1.12
3	Spesimen 3	7.91	8.26	0.96
4	Spesimen 4	44.44	44.44	1.78
5	Spesimen 5	7.95	7.95	0.91
	Rata-rata	13.704	13.774	1.122
No	Short Fiberglass- HDPE 25% - 75%	Yield Strength (N/mm ²)	Ultimate Tensile Strength (MPa)	Regangan ϵ (%)
1	Spesimen 1	6.96	6.96	0.75
2	Spesimen 2	5.96	5.96	0.63
3	Spesimen 3	7.99	7.99	0.66
4	Spesimen 4	7.33	7.33	0.79
5	Spesimen 5	12.77	12.77	0.87
	Rata-rata	8.202	8.202	0.74
No	Short Fiberglass- HDPE 20% - 80%	Yield strength (N/mm ²)	Ultimate Tensile strength (MPa)	Regangan ϵ (%)
1	Spesimen 1	6.80	6.80	0.57
2	Spesimen 2	12.61	12,61	0.72
3	Spesimen 3	5.03	5.29	0.78
4	Spesimen 4	12.27	12.27	0.82
5	Spesimen 5	4.39	4.39	0.51
	Rata-rata	8.22	8.272	0.68

Tabel 2 Hasil uji tarik komposit *Long Fiberglass*-HDPE dengan perbandingan serat-matriks 30%-70%, 25%-75% dan 20%-80%.

No	Long Fiberglass-	Yield strength	Ultimate Tensile	Regangan ϵ (%)
----	---------------------	-------------------	---------------------	----------------------------

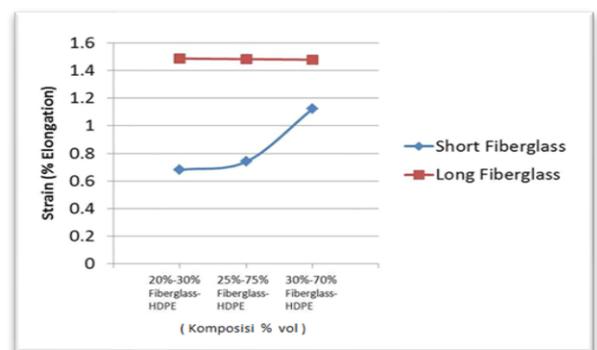
*Corresponding author: jhenris.ivanly0518@student.unri.ac.id

HDPE 30% - 70%		(MPa)	strength (MPa)	
1	Spesimen 1	23.70	23.70	0.97
2	Spesimen 2	17.51	31.24	2.42
3	Spesimen 3	17.53	18.34	1.2
4	Spesimen 4	22.07	22.07	1.49
5	Spesimen 5	22.63	22.63	1.31
Rata-rata		20.688	23.596	1.478
No	Long Fiberglass- HDPE 25% - 75%	Yield strength (MPa)	Ultimate Tensile strength (MPa)	Regangan ε (%)
1	Spesimen 1	18.66	18.66	1.22
2	Spesimen 2	15.11	15.11	1.2
3	Spesimen 3	17.59	17.59	1.32
4	Spesimen 4	30.33	30.33	1.81
5	Spesimen 5	39.98	39.98	1.86
Rata-rata		24.334	24.334	1.482
No	Long Fiberglass- HDPE 20% - 80%	Yield strength (MPa)	Ultimate Tensile strength (MPa)	Regangan ε (%)
1	Spesimen 1	16.48	16.48	1,32
2	Spesimen 2	22.36	22.36	1.46
3	Spesimen 3	36.64	41.18	2.9
4	Spesimen 4	24.97	24.97	1.63
5	Spesimen 5	15.87	15.87	1.44
Rata-rata		23.264	24.172	1.486



Gambar 2 Perbandingan rata-rata kekuatan tarik dari komposit short fiberglass HDPE dengan Long fiberglass HDPE

Begitu juga dengan regangan yang terjadi pada Gambar 3 komposit serat pendek semakin tinggi kekuatan regangannya dengan semakin tinggi jumlah serat. Menurut Triyono dan Diharjo (2000) Serat adalah salah satu bahan utama penyusun komposit yang berfungsi sebagai penahan beban, sehingga besar kecil kekuatan bahan komposit sangat bergantung pada serat pembentuknya. Semakin kecil diameter serat maka akan semakin kuat bahan tersebut, karena minimnya cacat pada material. Dan ini menunjukkan kelihatan ataupun ketangguhan dari komposit serat pendek menuju lebih baik dengan semakin tingginya jumlah serat tetapi pada persentase jumlah serat kecil dari 30%, regangan dari serat panjang lebih baik, sehingga pada persentase serat antara 20%-30% komposit serat panjang mempunyai kekuatan tarik jauh lebih baik dari serat pendek yaitu rata-rata 24.034 MPa lebih tinggi dari komposit serat pendek dengan rata-rata kekuatan tarik 10.082 MPa. Dan juga komposit serat panjang lebih tangguh dari komposit serat pendek dengan perbandingan regangan 1.482 % lebih tinggi dari serat pendek dengan regangan 0.847%.



Gambar 3 Perbandingan Regangan dari komposit short fiberglass HDPE dengan Long fiberglass HDPE

3.2 Pembahasan

3.2.1 Analisa Kekuatan Tarik dan Regang

Hasil pengujian tarik terhadap spesimen uji komposit serat pendek *fiberglass*-HDPE dan serat panjang *fiberglass*-HDPE menunjukkan bahwa kekuatan tarik dari komposit dengan serat panjang lebih tinggi dari serat pendek. Kekuatan tarik serat panjang lebih tinggi rata-rata 57.89 % dengan kekuatan yang lebih besar membuat komposit dengan serat panjang jauh lebih baik dari komposit serat pendek.

Berdasarkan Gambar 2 diketahui juga adanya kecenderungan komposit serat pendek semakin naik kekuatan tariknya dengan semakin besar % serat, sementara pada serat panjang terdapat kecendrungan menurun dengan semakin besar jumlah serat. Sehingga dari kondisi ini komposit dengan serat panjang lebih baik pada fraksi volume kecil dari 30%-70%. Dibandingkan jika jumlah serat terus dinaikkan.

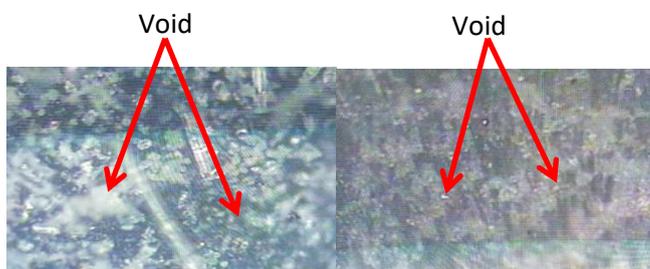
3.2.2 Analisa Struktur Mikro dari Komposit Serat Pendek dan Panjang

Kekuatan tarik dari komposit dengan serat panjang yang jauh lebih tinggi dari serat pendek ditinjau dari struktur mikro yaitu kerapatan atau kepadatan struktur tidak menunjukkan lebih baik, karena pada serat panjang rongga kosong atau void lebih besar dan banyak pada serat panjang, sedangkan pada serat pendek lebih sedikit. Sehingga kekuatan tarik dari serat panjang lebih tinggi adalah karena tidak adanya serat yang terputus sepanjang bidang tarik.



Gambar 4 Micrograph menggunakan Mikroskop Optik Perbesaran 10x

- (a). Permukaan Patahan Komposit *Long Fiberglass-HDPE* 20%-80%, dan
(b). Permukaan Patahan Komposit *Short Fiberglass-HDPE* 20%-80%.



Gambar 5 Micrograph menggunakan Mikroskop Optik Perbesaran 10x

- (a). Permukaan Patahan Komposit *Long Fiberglass-HDPE* 25%-75%, dan
(b). Permukaan Patahan Komposit *Short Fiberglass-HDPE* 25%-75%.



Gambar 6 Micrograph menggunakan Mikroskop Optik Perbesaran 10x

- (a). Permukaan Patahan Komposit *Long Fiberglass-HDPE* 30%-70%, dan
(b). Permukaan Patahan Komposit *Short Fiberglass-HDPE* 30%-70%.

Maka pada serat panjang, kekuatan tarik sangat tergantung dari kekuatan serat sebagai penguat. Sedangkan pada serat pendek kekuatan tergantung dari kerapatan dan kepadatan struktur atau tercampurnya antara serat dan matriks dengan baik. Semakin banyak serat, semakin rapat serat dan terikat dengan baik maka kekuatan akan semakin meningkat. Sedangkan pada serat panjang, dengan semakin meningkat jumlah serat, semakin besar peluang terjadinya kekosongan karena pada saat pembuatan specimen dengan serat panjang tidak dapat dilakukan pengadukan. Menurut Van Vlack (1994) menjelaskan bahwa bahan penguat mengalami penanggungan beban paling besar, oleh karena itu modulus elastisitas bahan penguat harus lebih baik dari bahan matriksnya. Selain itu ikatan antara matriks dan penguat harus kritis dan mengikat, karena apabila pembebanan terjadi matriks dapat meneruskan ke serat penguat. Pembuatan spesimen bergantung kepada penekanan panas yang dilakukan, semakin banyak jumlah serat, resin dari HDPE akan semakin sulit untuk melapisi serat atau mengikat serat. Kemampuan resin HDPE melapisi serat pada komposit serat panjang sangat tergantung kepada temperatur alat penekan. Semakin tebal spesimen, semakin sulit resin HDPE melapisi serat karena resin HDPE cepat mengental dengan turunnya temperatur dan juga akibat sifat isolator dari HDPE yang tinggi sehingga transfer panas dari permukaan tidak cepat dan memerlukan waktu yang lama. Menurut Triyono dan Diharjo (2000) syarat pokok matriks yang digunakan dalam komposit adalah matriks harus bisa meneruskan beban, sehingga serat harus bisa melekat pada matriks dan koMPatibel antara serat dan matriks, artinya tidak ada reaksi yang mengganggu. Umumnya matriks dipilih yang mempunyai ketahanan panas yang tinggi.

Thermoplastic	Yield Strength	Tensile Strength	Elongation	Modulus Elastisitas	Impact	Hardness
	(MPa)	(MPa)	%	(MPa)	(Joule)	
Low Density Polyethylene (LDPE)	-	11	100-600		No fracture	-
High Density Polyethylene (HDPE)	-	31	50-800		5-15	-
Polypropylene (PP)		30-35	50-600		1-10	
Polystyrene (PS)		28-53 30-60	1-35 1-4	3200-3400	0.25-2.5 19.7J/m	130 HR
Polyvinyl Chloride (PVC), Unplasticised		49-56.6	10-130	3000	1.5-18	
Polyvinyl Chloride (PVC), Plasticised		7-25	240-380		Not	
Polytetrafluoroethylene (PTFE), Fluorocarbons	3.4-131	17-25	200-600	69-4100	3-5	42 ShoreD
Polyethyl Methacrylate, PMMA, (perspex), Acrylics		50-70	3-8	2700-3100	0.5-0.7	
Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS)		30-35	10-40		7-12	
Polyamides (nylon)		50-85	60-300		1.5-15	
Polyesters (PET, PETE)		Over 175	60-110		1	
Polycarbonates (PC)		60-70	60-100		10-20	
Cellulose Acetate		24-65	5-55		0.7-7	
Polyacetals		50-70	15-75		0.5-2	
Polyoxymethylene		60-70	15-70		0.5-2	

Gambar 7 Data Sifat Material

sehingga transfer panas dari permukaan tidak cepat dan memerlukan waktu yang lama.

DAFTAR PUSTAKA

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapatkan setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil pengujian tarik terhadap spesimen uji komposit serat pendek *fiberglass*-HDPE dan serat panjang *fiberglass*-HDPE menunjukkan bahwa kekuatan tarik dari komposit dengan serat panjang lebih tinggi dari serat pendek. Kekuatan tarik serat panjang lebih tinggi rata-rata 57.89 %. Dengan kekuatan yang lebih besar membuat komposit dengan serat panjang jauh lebih baik dari komposit serat pendek dan juga komposit serat panjang lebih tangguh dari komposit serat pendek dengan perbandingan regangan 1.482 % lebih tinggi dari serat pendek dengan regangan 0.847%.
2. Ditinjau dari struktur mikro kekuatan tarik dari komposit dengan serat panjang yang jauh lebih tinggi dari serat pendek ditinjau dari struktur mikro yaitu kerapatan atau kepadatan struktur tidak menunjukkan lebih baik, karena pada serat panjang rongga kosong atau void lebih besar dan banyak pada serat panjang, sedangkan pada serat pendek lebih sedikit sehingga kekuatan tarik dari serat panjang lebih tinggi adalah karena tidak adanya serat yang terputus sepanjang bidang tarik. tarik dari serat panjang lebih tinggi adalah karena tidak adanya serat yang terputus sepanjang bidang tarik. Kemampuan resin HDPE melapisi serat pada komposit serat panjang sangat tergantung kepada temperatur alat penekan. Semakin tebal spesimen, semakin sulit resin HDPE melapisi serat karena resin HDPE cepat mengental dengan turunnya temperatur dan juga akibat sifat isolator dari HDPE yang tinggi

- [1] Aditya Wahyu P. 2014 Pengaruh Variasi Panjang Serat Dan Variasi Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Mekanik Material Komposit Polyester Dengan Penguat Serat Daun Nanas. Universitas Jember.
- [2] Diharjo, K., dan Triyono, T., (2000). Buku Pegangan Material Teknik. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [3] Gagani Abedin I dkk. 2019. "The Effect of Temperature and Water Immersion on The Interlaminar Shear Fatigue of Glass Fiber Epoxy Composites Usng The I-beam Method". Composites Science and Technology. 181, 107703.
- [4] Hwang Daekyun, Donghwan Cho, 2019, "Fiber Aspect Ratio Effect on Mechanical and Thermal Properties of Carbon Fiber/ABS Composites via Extrusion and Long Fiber Thermoplastic Processes", Journal of Industrial and Engineering Chemistry 80, pp. 335-344.
- [5] Ichsan, Rusman Nur dan Irfa'i, Moch Arif. (2015). Pengaruh Susunan Lamina Komposit Berpenguat Serat E-Glass dan Serat Carbon Terhadap Kekuatan Tarik Dengan Matriks Polyester. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.
- [6] Kurkin E.I., V.O.Sadykova, 2017, "Application of Short Fiber Reinforced Composite Materials Multilevel Model for Design of Ultra-light Aerospace Structures", Procedia Engineering 185, pp. 182-189.
- [7] Kriatianto laurensius. 2018. Pengaruh Persentase Serat Fiberglass Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Matriks Polimer Polyester. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Yogyakarta.
- [8] Kardos J.L., 1985, "Critical issues in Achieving Desirable Mechanical Properties for Short Fiber Composites", Pure & Application Chemical, Vol. 57, No. 11, pp. 1651-1657.
- [9] Kismono Hadi, Bambang. (2000). Mekanika Struktur Komposit, November
- [10] Mallick P.K., 2010, "Thermoplastics and Thermoplastic-matrix Composites for Lightweight Automotive Structures", Material, Design and Manufacturing for Lightweight Vehicles, Woodhead Publishing Series in Composites Science and

*Corresponding author: jhenris.ivanly0518@student.unri.ac.id

-
- Engineering, pages 174-207.
- [11] Pei Shenli, Kaifeng Wang, Jingjing Li, Yang Li, Danielle Zeng, Xuming Su, Xianghui Xiao, Hui Yang, 2019, "Mechanical Properties Prediction of injection Molded Short/Long Carbon Fiber Reinforced Polymer Composites using Micro-X-Ray Computed Tomography", *Composites: Part A*.
- [12] Schwartz, M.M. (1984). *Composite Materials Handbook*. Mc. Graw-Hill Inc New York.
- [13] Setiawan, Andi Tri, dkk. (2019). "Analisa Sifat Mekanik Komposit Serat Gelas Pada Lapisan Yang Berbeda". *ENTHALPY: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*. Vol. 4, Hal 47-52.
- [14] Sulistioso G. S., D. Ramadhani, M. Christina, N.Marnada. 2012. Pengaruh Radiasi Gamma terhadap sifat HDPE untuk Tibial tray. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*. 8 (2)
- [15] Van Vlack, L. H. (1994), terjemahan Japrie. S. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Edisi kelima, Erlangga, Jakarta.
- [16] Widjarnako, Emanuel Mario. (2017). *Karakteristik Kekuatan Komposit Serat Kulit Pohon Sonokeling Dengan Variasi Jumlah Lapisan Serat Pada Matriks Polyester*. FST. Universitas Sanata Dharma.