

**PENINGKATAN KUALITAS KOMPOSIT *FIBERGLASS* UNTUK MATERIAL BODI
KENDARAAN LISTRIK**

Rizal Duheri Rohaeni¹, Catur Pramono², Xander Salahudin³

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

Jl. Jalan kapten Suparman 39 Magelang 56116

Email:-rizalduherirohaeni72@gmail.com; caturpramono@untidar.ac.id; xander@untidar.ac.id

ABSTRAK

Material yang digunakan untuk pembuatan bodi kendaraan pada umumnya yaitu material komposit *fiberglass-polyester*. Material ini perlu ditingkatkan kekuatannya agar terbentuk bodi kendaraan yang ulet dan tahan benturan. Material komposit dapat ditingkatkan dengan cara menambahkan serat alam, serat yang digunakan pada penelitian ini ialah serat daun nanas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan tarik, ketangguhan impact, dan bentuk patahan variasi penambahan serat daun nanas terhadap komposit *fiberglass*. Metode awal pembuatan komposit dilakukan dengan perendaman serat daun nanas menggunakan NaOH 10% selama 3 jam. Metode yang digunakan dalam pembuatan komposit yaitu metode *hand lay-up*. Fraksi volume serat fiberglass yang digunakan sebesar 30% dan penambahan serat daun nanas sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%. Matrik yang digunakan yaitu resin *unsaturated polyester* dan katalis MEPOXE. Standar uji yang digunakan untuk pengujian tarik dan impact menggunakan standar ASTM A370. Hasil penelitian didapatkan nilai tegangan tarik tertinggi pada fraksi volume 10% serat daun nanas dengan nilai tegangan tarik rata-rata sebesar 96,052 MPa, sedangkan nilai ketangguhan impact tertinggi pada fraksi volume 5% serat daun nanas dengan nilai ketangguhan impact rata-rata sebesar 0,158 J/mm². Hasil tersebut bisa dilihat bahwa penambahan serat daun nanas terhadap komposit fiberglass dapat meningkatkan tegangan tarik dan ketangguhan impactnya.

Kata kunci : komposit, *fiberglass*, serat daun nanas, *hand lay-up*.

ABSTRACT

The material used for the manufacture of vehicle bodies in general is a fiberglass-polyester composite material. This material needs to be increased its mechanical strength in order to form a ductile and impact-resistant vehicle body. Composite materials can be improved by adding natural fibers, the fiber used in this study is pineapple leaf fiber. This study aims to determine the value of tensile stress, impact toughness, and fracture shape variations of the addition of pineapple leaf fiber to fiberglass composites. The initial method of making composites was done by soaking pineapple leaf fibers using 10% NaOH for 3 hours. The method used in the manufacture of composites is the hand lay-up method. The volume fraction of fiberglass used is 30% and the addition of pineapple leaf fiber is 0%, 5%, 10%, and 15%. The matrix used is unsaturated polyester resin and MEPOXE catalyst. The test standard used for tensile and impact testing uses the ASTM A370 standard. The results showed that the highest tensile stress value was in the 10% volume fraction of pineapple leaf fiber with an average tensile stress value of 96,052 MPa, while the highest impact toughness value was in the 5% volume fraction of pineapple leaf fiber with an average impact toughness value of 0.158 J/mm². These results can be seen that the addition of pineapple leaf fiber to fiberglass composites can increase the tensile stress and impact toughness.

Keywords: composite, fiberglass, pineapple leaf fiber, hand lay-up.

PENDAHULUAN

Bodi kendaraan saat ini mengalami peningkatan seiring dengan berkembangnya dunia industri otomotif. Kendaraan membutuhkan bodi yang ringan untuk mengurangi beban kerjanya. Bodi dapat didesain dengan desain yang menarik, tetapi perlu memikirkan keamanan dan kenyamanan pada saat berkendara dari kondisi wilayah yang sedang mengalami hujan, cuaca panas, berdebu dan berbagai hal yang dapat memecahkan konsentrasi pengendaranya, sehingga keadaan ini sangat dibutuhkan dalam menciptakan bodi yang lentur, kuat, dan ringan. Material yang sering digunakan untuk pembuatan bodi kendaraan pada umumnya yaitu material komposit *fiberglass-polyester* [7].

Komposit ialah material yang terdiri dari dua bahan atau lebih dengan sifat mekanik melebihi bahan pembentuknya (Pramuko, 2006). Komposit *fiberglass* memiliki kekurangan diantaranya mudah pecah/retak jika mengalami bengkok yang terlalu banyak dibandingkan komposit *fibercarbon* dan tidak tahan lama dibandingkan logam [1].

Peningkatan material komposit dapat dilakukan dengan penambahan serat alam untuk memperkuat sifat mekaniknya [7]. Serat daun nanas memiliki keunggulan sebagai bahan penguat.

Ananas comocus atau nanas ialah tumbuhan yang menghasilkan serat dan berperan sebagai sumber pangan untuk buahnya, serta berperan sebagai material penghasil serat tekstil untuk daun nanas [4].

Indonesia merupakan negara dengan produksi nanas terbesar keenam di dunia. Terdapat 1.84 juta ton produksi nanas pada tahun 2014 berdasarkan Angka Tetap (ATAP). Indonesia merupakan produsen nanas terbesar ketiga untuk wilayah Asia Tenggara [2].

Penelitian terdahulu tentang penambahan *clay filler* sebesar 5% pada komposit *fiberglass* bermatrik *unsaturated polyester*. Hasil penelitian didapatkan penambahan *clay filler* sebesar 5% pada komposit *fiberglass* menyebabkan penurunan

nilai tegangan tarik dan ketangguhan impaknya. Penurunan tersebut dikarenakan berkurangnya interface bonding antara matrik dan penguat ketika presentase resin digantikan dengan *clay filler* [8]. Penelitian lain yang membahas tentang dampak *treatment* kimia pada serat daun nanas. Hasil yang didapat pada penelitian tersebut yaitu nilai kekuatan tarik dan ketangguhan impact paling tinggi pada perlakuan NaOH sebesar 10% selama 3 jam [5]. Penelitian lain mengenai kekuatan tarik material *fibercarbon* dan *fiberglass*. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan nilai kekuatan tarik *fibercarbon* sebesar 620 N/mm² dan nilai kekuatan tarik *fiberglass* sebesar 500 N/mm² [1]. Penelitian tentang kekuatan tarik komposit matrik polimer *polyester* yang dipengaruhi presentase lapisan serat *fiberglass* juga telah dilakukan. Hasilnya nilai kekuatan tarik komposit *fiberglass* sebesar 185,24 MPa pada 6 lapis, 138,99 MPa pada 5 lapis, 127,60 MPa pada 4 lapis dan 25,73 MPa sebagai nilai kekuatan tarik pada matrik. Penelitian ini menyimpulkan semakin banyak jumlah lapisan pada komposit, nilai kekuatan tariknya semakin tinggi [3].

Fokus dari penelitian ini yaitu penelitian ini berharap serat daun nanas dapat berperan sebagai bahan penguat komposit *fiberglass* karena populasi tanaman tersebut sangat besar. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis komposit *fiberglass*. Penelitian ini menggunakan matrik resin *unsaturated polyester* (UPR) dan katalis MEPOXE. Variasi penambahan serat daun nanas yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%. Serat daun nanas dalam penelitian ini dilakukan perendaman NaOH sebesar 10% selama 3 jam. Penelitian ini menggunakan fraksi volume *fiberglass* sebesar 30%. Penelitian ini menggunakan standar ASTM A370 dalam pengujian impact dan pengujian tariknya, sedangkan foto hasil patahan dilakukan sebagai pengujian sifat fisis dalam penelitian ini.

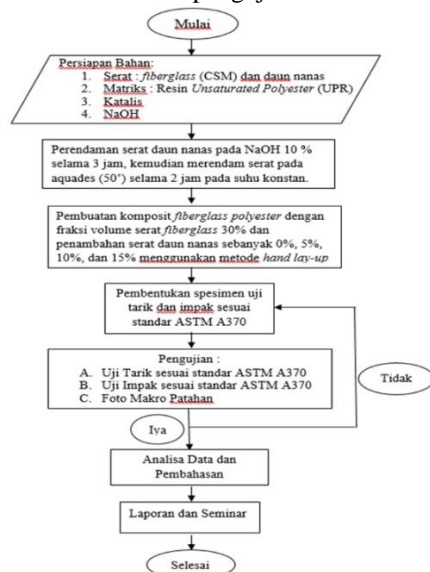
METODE

Penelitian diawali dengan menyiapkan bahan seperti, serat *fiberglass* jenis *chopped strand mat* (CSM), serat daun nanas, matrik *unsaturated polyester* (UPR), katalis, NaOH, dan *release agent*. Alat yang perlu dipersiapkan seperti, cetakan akrilik, timbangan digital, gelas ukur, kuas, gunting, spatula, jangka sorong, sarung tangan, masker, mesin gerinda, amplas, stopwatch, ember, mesin uji tarik, dan mesin uji impact.

Tahap selanjutnya melakukan perendaman serat daun nanas pada NaOH 10% selama 3 jam, kemudian merendam serat pada aquades selama 2 jam pada suhu konstan.

Tahap selanjutnya yaitu pembuatan komposit *fiberglass polyester* dengan fraksi volume serat *fiberglass* sebesar 30% dan penambahan serat daun nanas sebanyak 0%, 5%, 10%, dan 15% menggunakan metode *hand lay-up*. Pembuatan komposit menggunakan susunan *sandwich* 3 lapis diantaranya lapis pertama menggunakan serat *fiberglass*, lapis kedua serat dan nanas, dan lapis ketiga menggunakan serat *fiberglass* kembali.

Tahap selanjutnya yaitu melakukan pembentukan spesimen uji tarik dan uji impact sesuai dengan standar ASTM A370. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan pengujian tarik, impact, dan foto hasil patahan setelah dilakukan pengujian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian tarik, impact dan foto hasil patahan yang telah dilakukan terhadap komposit fiberglass dengan variasi penambahan serat daun nanas dihasilkan data sebagai berikut:

1. Nilai kekuatan tarik

Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Pengujian menggunakan Universal Testing Machine dengan data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian tarik

Variasi Spesimen	Spesimen Ke-	Pmax (KN)	ΔL (mm)
0%_1 – 0%_5	1	7,09	3,44
	2	7,13	3,47
	3	7,16	3,49
	4	7,05	3,41
	5	7,06	3,42
5%_1 – 5%_5	1	7,53	3,85
	2	7,62	3,95
	3	7,57	3,89
	4	7,54	3,86
	5	7,52	3,84
10%_1 – 10%_5	1	8,10	4,26
	2	8,06	4,21
	3	8,03	4,18
	4	8,07	4,22
	5	8,01	4,15
15%_1 – 15%_5	1	6,83	3,21
	2	6,85	3,24
	3	6,78	3,18
	4	6,74	3,14
	5	6,84	3,23

Data hasil pengujian tarik yang diperoleh kemudian diolah dengan perhitungan sebagai berikut :

1. Perhitungan luas penampang komposit dilakukan dengan menggunakan contoh data dari variasi 0% serat daun nanas pada komposit.

Diketahui :

$$\text{Lebar (l)} = 12,55 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal (t)} = 6,58 \text{ mm}$$

Luas penampang (A) komposit dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

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

$$A = 12,55 \text{ mm} \times 6,58 \text{ mm}$$

$$A = 82,579 \text{ mm}^2$$

$$A = 0,00082579 \text{ m}^2$$

2. Perhitungan tegangan tarik (σ) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Diketahui :

$$P = 7,09 \text{ KN}$$

$$P = 7090 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Tegangan tarik (σ) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma = F/A$$

$$= (7090 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2) / (0,00082579 \text{ m}^2)$$

$$= (69552,9 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2) / (0,00082579 \text{ m}^2)$$

$$= 84225892,8 \text{ Pa}$$

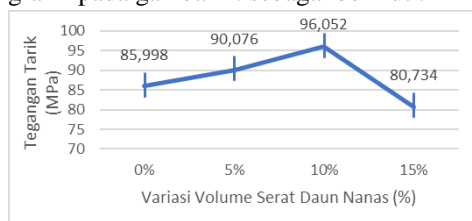
$$= 84,23 \text{ MPa}$$

Hasil uji tarik ditampilkan pada tabel 2. sebagai berikut :

Tabel 2. Data nilai kekuatan tarik

No.	Variasi Spesimen	Pmax (KN)	ΔL (mm)	Tegangan (MPa)
1	0%_1	7,09	3,44	84,23
2	0%_2	7,13	3,47	86,34
3	0%_3	7,16	3,49	86,56
4	0%_4	7,05	3,41	86,13
5	0%_5	7,06	3,42	86,68
Rata-rata		7,098	3,446	85,998
6	5%_1	7,53	3,85	90,22
7	5%_2	7,62	3,95	89,34
8	5%_3	7,57	3,89	88,58
9	5%_4	7,54	3,86	91,87
10	5%_5	7,52	3,84	90,37
Rata-rata		7,556	3,878	90,076
11	10%_1	7,57	4,26	95,41
12	10%_2	7,54	4,21	97,84
13	10%_3	7,52	4,18	95,21
14	10%_4	8,07	4,22	95,08
15	10%_5	8,01	4,15	96,72
Rata-rata		7,742	4,204	96,052
16	15%_1	6,83	3,21	79,66
17	15%_2	6,85	3,24	80,50
18	15%_3	6,78	3,18	81,58
19	15%_4	6,74	3,14	79,11
20	15%_5	6,84	3,23	82,82
Rata-rata		6,808	3,2	80,734

Nilai tegangan tarik disajikan dalam grafik pada gambar 2. sebagai berikut :

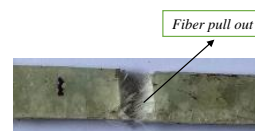


Gambar 2. Grafik hubungan variasi volume serat daun nanas terhadap tegangan tarik

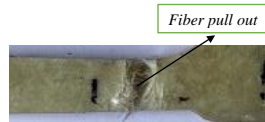
Nilai tegangan tarik pada variasi volume serat daun nanas 0% sebesar 85,998 MPa, kemudian pada variasi volume serat daun nanas 5% mengalami kenaikan nilai tegangan tarik sebesar 90,076 MPa, dan masih mengalami kenaikan pada variasi serat daun nanas 10% sebesar 96,052 MPa, namun pada variasi volume serat daun nanas 15% mengalami penurunan nilai tegangan tarik sebesar 80,734 MPa. Hasil penelitian jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya penambahan serat daun nanas memiliki nilai tegangan tarik yang lebih tinggi dibandingkan penambahan clay filler terhadap komposit fiberglass. Hasil nilai tegangan tarik pada penambahan clay filler 5% sebesar 55,001 MPa sedangkan nilai tegangan tarik pada penambahan serat daun nanas 5% sebesar 90,076 MPa. Peningkatan nilai tegangan tarik dikarenakan beberapa faktor salah satunya yaitu penambahan lapisan pada komposit tersebut. Penurunan nilai tegangan tarik dikarenakan fraksi volume serat yang terlalu besar. Fraksi volume serat yang terlalu besar dapat menurunkan tegangan tariknya dikarenakan komposisi serat akan lebih padat sehingga mempersulit resin/matrik masuk ke sela-sela dan berakibat resin tidak dapat mengikat seluruh bagian serat secara sempurna [6]. Hasil penelitian tersebut dapat dilihat bahwa penambahan serat daun nanas terhadap komposit fiberglass dapat meningkatkan nilai tegangan tariknya.

2. Penampang patahan komposit uji tarik

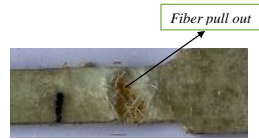
Penampang patahan komposit uji tarik pada komposit fiberglass dengan variasi penambahan serat daun nanas sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% dapat ditunjukkan pada gambar 3 – 6.



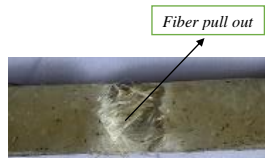
Gambar 3. Penampang Patahan Variasi 0% Uji Tarik



Gambar 4. Penampang Patahan Variasi 5% Uji Tarik



Gambar 5. Penampang Patahan Variasi 10% Uji Tarik



Gambar 6. Penampang Patahan Variasi 15% Uji Tarik

Penampang patahan hasil uji tarik dari setiap variasi menunjukkan patahan *fiber pull out*. Patahan *fiber pull out* menandakan bahwa beban terdistribusi sampai ke serat sehingga membuat serat tertarik keluar, sehingga proses terjadinya patahan tidak berlangsung secara bersamaan. *Fiber pull out* pada spesimen disebabkan karena ketidakmampuan matrik menahan beban yang diterimanya sehingga menyebabkan serat terlepas kemudian patah karena gaya searah yang diterimanya [9].

3. Nilai ketangguhan impact

Pengujian impact dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Spesimen benda uji komposit mengacu pada standar ASTM A370. Data hasil pengujian impact dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian impact

Variasi Spesimen	Spesimen Ke-	Sudut Ayun Pendulum Setelah Mengenai Beban (β)
0%_1 – 0%_5	1	21,0
	2	21,5
	3	21,0
	4	22,0
	5	21,5
5%_1 – 5%_5	1	21,5
	2	21,0
	3	21,0
	4	21,0
	5	21,5
10%_1 – 10%_5	1	23,0
	2	23,0
	3	22,0
	4	22,5
	5	23,0
15%_1 – 15%_1	1	25,0
	2	25,5
	3	25,0
	4	25,5
	5	25,0

Data hasil pengujian yang diperoleh kemudian diolah dengan perhitungan sebagai berikut :

1. Perhitungan energi terserap (E_{srp}) pada spesimen yang telah diuji dihitung dengan mengambil contoh pada variasi 0% serat daun nanas menggunakan rumus sebagai berikut :

Diketahui :

$$\text{Massa (m)} = 20 \text{ kg}$$

$$\text{Kecepatan gravitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Jarak pendulum ke pusat (R)} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Sudut awal pendulum } (\alpha) = 30^\circ$$

$$\text{Sudut ayun pendulum mengenai beban } (\beta) = 21,0^\circ$$

Perhitungan energi terserap (E_{srp}) dapat dihitung sebagai berikut :

$$E_{srp} = E - m \cdot g \cdot [R \cdot (1 + \sin \alpha - 90)]$$

$$E_{srp} = 21 \text{ J} - 20 \text{ Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot [0,8 \text{ m} \cdot (1 + \sin 21 - 90)]$$

$$E_{srp} = 21 \text{ J} - 196,2 \text{ Kg.m/s}^2 \cdot [0,8 \text{ m} \cdot (1 + (-) 0,933580426497202)]$$

$$E_{srp} = 21 \text{ J} - 196,2 \text{ Kg.m/s}^2 \cdot [0,8 \text{ m} \cdot (0,066419573502798)]$$

$$E_{srp} = 21 \text{ J} - 196,2 \text{ Kg.m/s}^2 \cdot [0,053135658802239 \text{ m}]$$

$$E_{srp} = 21 \text{ J} - 10,425221625699921 \text{ Kg.m/s}^2$$

$$E_{srp} = 21 \text{ J} - 10,425221625699921 \text{ J}$$

$$E_{srp} = 10,57478374300079 \text{ J}$$

$$E_{srp} = 10,6 \text{ J}$$

2. Perhitungan nilai ketangguhan impact (HI) pada spesimen yang telah diuji dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

Diketahui :

$$E_{srp} = 10,6 \text{ J}$$

$$A = 65,7 \text{ mm}^2$$

Nilai ketangguhan impact (HI) dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut :

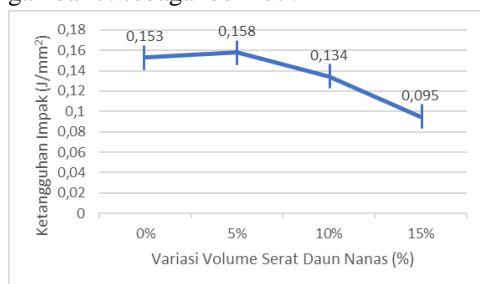
$$HI = E_{srp}/A = (10,6 \text{ J})/(65,7 \text{ mm}^2) = 0,16133942 \text{ J/mm}^2$$

Nilai ketangguhan impact disajikan pada tabel 4. sebagai berikut :

Tabel 4. Data nilai ketangguhan impact

No.	Variasi Spesimen	Sudut α (°)	Energi (J)	Sudut β (°)	Energi Tersedap (J)	Luas (mm ²)	Harga Impact (J/mm ²)
1	0%_1	30	21	21,0	10,6	65,7	0,161
2	0%_2	30	21	21,5	10,1	67,4	0,150
3	0%_3	30	21	21,0	10,6	68,6	0,154
4	0%_4	30	21	22,0	9,6	64,9	0,148
5	0%_5	30	21	21,5	10,1	66,1	0,153
Rata-rata		30	21	21,4	10,2	66,54	0,153
6	5%_1	30	21	21,5	10,1	66,4	0,152
7	5%_2	30	21	21,0	10,6	66,5	0,159
8	5%_3	30	21	21,0	10,6	65,9	0,161
9	5%_4	30	21	21,0	10,6	66,2	0,160
10	5%_5	30	21	21,5	10,1	64,7	0,156
Rata-rata		30	21	21,2	10,4	65,94	0,158
11	10%_1	30	21	23,0	8,5	66,5	0,128
12	10%_2	30	21	23,0	8,5	65,7	0,130
13	10%_3	30	21	22,0	9,6	64,8	0,148
14	10%_4	30	21	22,5	9,0	66,2	0,136
15	10%_5	30	21	23,0	8,5	65,6	0,130
Rata-rata		30	21	22,7	8,82	65,76	0,134
16	15%_1	30	21	25,0	6,3	64,8	0,101
17	15%_2	30	21	25,5	5,7	64,5	0,090
18	15%_3	30	21	25,0	6,3	64,4	0,098
19	15%_4	30	21	25,5	5,7	65,4	0,087
20	15%_5	30	21	25,0	6,3	64,3	0,098
Rata-rata		30	21	25,2	6,06	64,68	0,095

Hasil pengujian nilai ketangguhan impact komposit fiberglass dengan penambahan serat daun nanas sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% dapat dilihat pada grafik gambar 7. sebagai berikut :



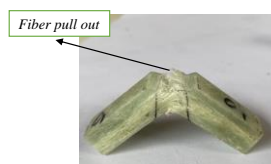
Gambar 7. Grafik hubungan variasi volume serat daun nanas terhadap ketangguhan impact

Nilai ketangguhan impact rata-rata pada variasi volume serat daun nanas 0% sebesar 0,153 J/mm², kemudian mengalami peningkatan pada variasi volume serat daun nanas 5% sebesar 0,158 J/mm², namun nilai ketangguhan impact mengalami penurunan pada variasi volume serat daun nanas 10%

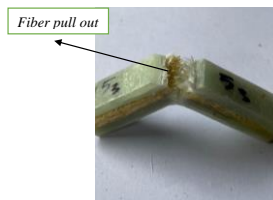
sebesar 0,134 J/mm², dan terus mengalami penurunan pada variasi volume serat daun nanas 15% sebesar 0,095 J/mm². Penurunan nilai ketangguhan impact dikarenakan fraksi volume resin yang kurang. Penurunan harga impact dapat terjadi karena kurangnya interface bonding antara matrik dan penguat ketika presentasi resin berkurang [8]. Hasil penelitian tersebut maka dapat dilihat bahwa penambahan serat daun nanas terhadap komposit fiberglass dapat meningkatkan nilai ketangguhan impactnya.

4. Penampang patahan komposit uji impact

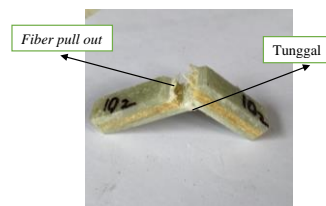
Penampang patahan komposit uji tarik pada komposit fiberglass dengan variasi penambahan serat daun nanas sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% dapat ditunjukkan pada gambar 8 - 11 sebagai berikut :



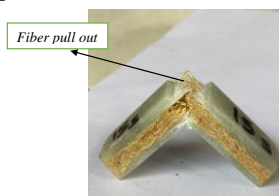
Gambar 8. Penampang patahan variasi 0% uji impact



Gambar 9. Penampang patahan variasi 5% uji impact



Gambar 10. Penampang patahan variasi 10% uji impact



Gambar 11. Penampang patahan variasi 15% uji impact

Penampang patahan komposit uji impak pada gambar diatas dapat dilihat bahwa setiap variasi mengalami patahan secara *fiber pull out*. Variasi penambahan serat daun nanas sebesar 10% terjadi patahan secara *fiber pull out* dan tunggal. Patahan tunggal menandakan komposit bersifat getas. Patahan ulet ini ditunjukkan dengan banyaknya patah *fiber pull out*. Patahan *fiber pull out* menandakan beban terdistribusi sampai ke serat yang menyebabkan serat tertarik keluar. Patahan *fiber pull out* membuat komposit semakin tangguh dalam menyerap beban [9]

SIMPULAN

1. Nilai tegangan tarik yang paling optimal terhadap komposit *fiberglass* dengan fraksi volume 30% adalah pada variasi penambahan 10% serat daun nanas dengan rata-rata tegangan tarik yang didapat sebesar 96,052 MPa. Variasi 0% serat daun nanas didapat tegangan tarik rata-rata sebesar 85,998 MPa dan pada variasi 5% serat daun nanas didapat tegangan tarik rata-rata sebesar 90,076 MPa. Variasi penambahan serat 15% terjadi penurunan tegangan tarik dengan nilai rata-rata sebesar 80,734 MPa.
2. Nilai ketangguhan impak yang paling optimal terhadap komposit *fiberglass* dengan fraksi volume 30% adalah pada variasi penambahan 5% serat daun nanas dengan nilai rata-rata sebesar 0,158 J/mm², sedangkan untuk variasi 0% serat daun nanas mempunyai nilai ketangguhan impak rata-rata sebesar 0,153 J/mm², namun pada variasi 10% serat daun nanas mengalami penurunan dengan nilai ketangguhan impak rata-rata sebesar 0,134 J/mm², kemudian nilai ketangguhan impak masih mengalami penurunan pada variasi 15% serat daun nanas dengan nilai rata-rata sebesar 0,095 J/mm².
3. Bentuk patahan pengujian tarik dan pengujian ketangguhan impak pada komposit *fiberglass* dengan variasi penambahan serat daun nanas menunjukkan patahan ulet dengan adanya patah *fiber pull out* yaitu serat keluar karena beban terdistribusi secara merata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fajarudin, H., & Widodo, R. D. (2021). “Kekuatan Tarik Material Fiber Carbon Dan Fiber Glass Berdasarkan Orientasi Serat Berbasis Matriks Epoxy”. Jurnal Inovasi Mesin, 3(1), 19-24.
- [2] Gustariawan P, Y. (2015). “Pemanfaatan Limbah Mahkota Nenas Sebagai Karbon Aktif dengan Menggunakan Aktivator KOH” (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- [3] Kristianto L. (2018). “Pengaruh Presentase Serat Fiberglass Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Matrik Polimer Polyester”. FST Universitas Sanata Dharma.
- [4] Ningrum, L. Y. (2017). “Potensi Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Komposit Pengganti Fiberglass Pada Pembuatan Lambung Kapal” (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [5] Oktavilla, D. D. Y. (2020). “Pengaruh Alkalisasi Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impak Pada Komposit Epoxy Berpenguat Serat Daun Nanas” (Doctoral dissertation, FAKULTAS TEKNIK)
- [6] Pratama, Y. Y., Setyanto, R. H., & Priadythama, I. (2014). Pengaruh Perlakuan Alkali, Fraksi Volume Serat, dan Panjang Serat terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Sabut Kelapa-Polyester.
- [7] Pribadi, O. S. (2015). “Proses Pembuatan Bodi Pada Mobil Listrik Menggunakan Bahan Komposit”. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
- [8] Priyanto, K., Purwono, A. H., & Cristanto, D. A. (2019). “Ketangguhan Impak Dan Kekuatan Tarik Komposit Fiberglass/Clay Filler Bermatriks Unsaturated Polyester Bqtn-Ex 157. Teknika”, 6(2), 45-53.

[9] Wirawan, W. A., Setyabudi, S. A., & Widodo, T. D. (2017, October). "Pengaruh Jenis Matrik Terhadap Sifat Tarik pada Natural Fiber Komposit". In Seminar Nasional Teknologi Terapan (MESIN) (Vol. 3, No. 01, pp. 29-34).