

ANALISA SIFAT MEKANIS DAN TOPOGRAFI PADA MATERIAL KOMPOSIT SERAT KARBON DAN RESIN POLYESTER

Ginanjari Hadi Sukma¹, Soeparno Djiwo², Bagus Setyo Widodo³

Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Email : ginanjarhadi48@gmail.com

ABSTRAK

Komposit adalah gabungan dua atau lebih material yang mempunyai sifat dan karakteristik yang berbeda, komposit terdiri dari dua penyusun yaitu matriks dan penguat. Komposit memiliki keuntungan dimana tahan terhadap korosi, memiliki kekuatan dan kekakuan yang baik dan juga dapat sebagai pengganti logam pada body mobil, sehingga dapat mereduksi beban mobil tersebut. Serat karbon dan resin polyester BQTN 157 menjadi fokus penelitian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bentuk topografi, kekuatan tarik dan kekuatan Impact dengan variasi spesimen 2, 4 dan 6 layer/lapisan serat karbon. Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif, yaitu dengan menganalisa data hasil pengujian secara matematis dan sistematis. Dari hasil penelitian didapatkan Pada Pengujian Scanning Electron Microscopy menunjukkan semakin banyak jumlah layer maka semakin sedikit rongga udara (*Void*) yang terbentuk. pengujian Kekuatan Tarik didapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi pada variasi 6 layer serat karbon yaitu sebesar 9,91 Kgf/mm² dan beban maksimal 2079 Kgf, kemudian pada pengujian kekuatan Impact didapatkan nilai Harga Impact (HI) tertinggi pada variasi 6 layer serat karbon yaitu sebesar 0,0371 Joule/mm dan energi yang terserap 3,716 Joule.

Kata Kunci : Serat Karbon, Layer, Pengujian *Scanning electron microscopy* Kekuatan Tarik dan Kekuatan Impact.

ANALYSIS OF MECHANICAL PROPERTIES AND TOPOGRAPHY IN CARBON FIBER AND POLYESTER RESIN COMPOSITE MATERIALS

Ginanjar Hadi Sukma¹, Soeparno Djiwo², Bagus Setyo Widodo³

Departement of Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology
National Institute of Technology Malang

Email : ginanjarhadi48@gmail.com

ABSTRACT

Composites are a combination of two or more materials that have different properties and characteristics. Composites consist of two constituents, namely matrix and reinforcement. Composites have the advantage of being corrosion-resistant, having good strength and stiffness, and being a substitute for metal in the car body to reduce the car's load. Carbon fiber and polyester resin BQTN 157 are the focus of the research. This study aims to determine the topographic shape, tensile strength, and impact strength with a specimen variation of 2, 4, and 6 layers of carbon fiber. This research method uses descriptive quantitative methods by analyzing the test data mathematically and systematically. The study results found that in Scanning Electron Microscopy Testing, the more the number of layers, the less air voids (Void) formed. In tensile strength testing, the highest tensile strength value is obtained in the variation of 6 layers of carbon fiber which is 9.91 Kg/mm² and the maximum load is 2079 Kgf. In the impact strength test, the highest Impact Price (HI) value is obtained in the variation of 6 carbon fiber layers, 0.0371 Joule/mm, and the energy absorbed is 3.716 Joule.

Keywords: *composite, carbon fiber, polyester resin, tensile strength, impact strength, scanning electron microscopy.*

PENDAHULUAN

Semakin banyaknya jumlah populasi penduduk menyebabkan semakin meningkatkan penggunaan alat transportasi, hal itu berdampak pada penggunaan bahan bakar fosil yang semakin hari semakin menipis. Pemakaian bahan bakar fosil dapat dikurangi dengan tidak selalu menggunakan bahan bakar fosil, maka dari itu terciptanya inovasi baru yaitu dengan menciptakan kendaraan yang menggunakan energi listrik sebagai sumber tenaga penggerak.

Dengan motor listrik sebagai sumber penggerak, maka perlu dibuat bodi yang ringan mungkin supaya mengurangi beban kerja dari motor listrik, sehingga mobil listrik dapat bekerja secara maksimal. Menurut (Armory B. Lovins.,2013) membuktikan bahwa berat mobil dan tenaga mesin merupakan dua faktor penting yang memengaruhi tingkat konsumsi energi,

Material komposit telah diterapkan di beberapa produk otomotif khususnya bodi mobil, dikarenakan sifat materialnya yang kuat dan ringan. Penyusunan serat karbon dan matriks resin polyester dapat diatur berdasarkan persentase volume, Persentase volume campuran serat karbon dan resin polyester dapat diatur sesuai kebutuhan dan akan menghasilkan data sifat material yang berbeda, oleh karena itu penelitian ini akan berfokus pada kekuatan mekanis dan bentuk topografi material komposit dengan cara melakukan pengujian Scanning Electron Microscopy, kekuatan tarik dan kekuatan impact. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan data properti material komposit untuk setiap

variasi layer antara serat karbon dan resin polyester.

Tempat dan Waktu Penelitian

- Tempat Penelitian

Pembuatan spesimen komposit serat karbon dilakukan di bengkel kreativitas teknik mesin S-1 ITN MALANG.

Pengujian SEM dilakukan di Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya, untuk pengujian kekuatan tarik dan impact dilakukan di Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang.

- Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 3 Maret 2023 sampai 8 Agustus 2023.

Variabel Penelitian

- Variabel bebas : Serat Karbon

- Variabel tetap :

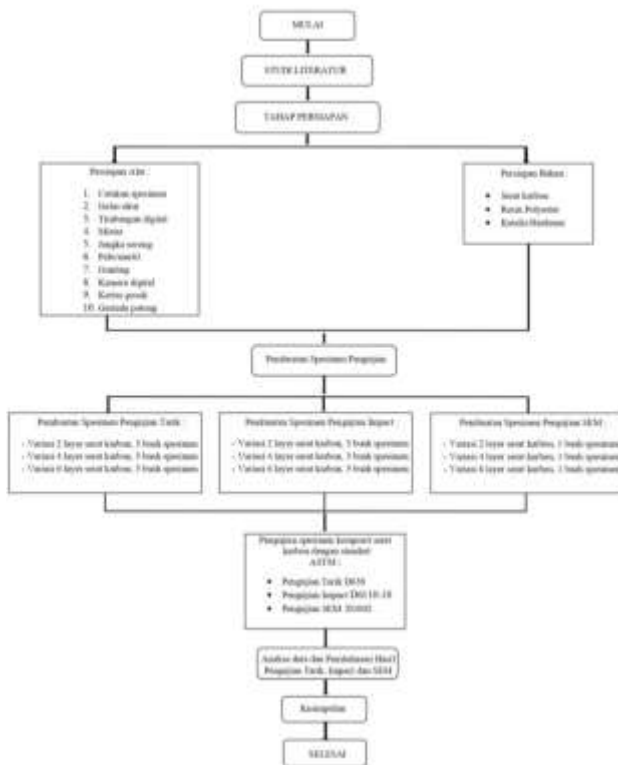
- a. Pengujian SEM
- b. Pengujian Kekuatan Tarik
- c. Pengujian Kekuatan Impact

- Variabel terkontrol :

- a. Matriks resin polyester BQTN 157 dan hardener
- b. Serat Karbon

METODE PENELITIAN

- Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

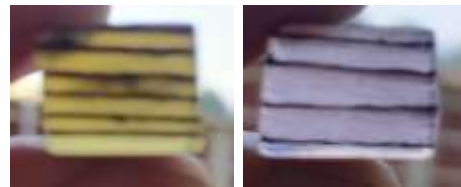
Prosedur Pengujian

1. Pengujian SEM

Pengujian SEM pada penelitian ini menggunakan standart ASTM D1002, prosedur yang dilakukan dalam pengujian SEM adalah :

- Pengembangan model teoritis
- Pengembangan diagram jalur
- Konversi diagram jalur ke persamaan structural
- Memilih matriks input dan jenis estimasi
- Mengidentifikasi model

- Menilai kriteria *goodness of fit*
- Menginterpretasikan hasil.



Gambar 2. Spesimen pengujian SEM

2. Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian kekuatan tarik pada penelitian ini menggunakan standart ASTM D638 tipe 3, prosedur yang dilakukan dalam pengujian kekuatan tarik adalah :

- Mempersiapkan spesimen dan alat uji kekuatan tarik.
- Mengukur dimensi spesimen.
- Menempatkan spesimen pada penjepit ragum mesin uji.
- memberikan beban secara continue secara perlahan hingga putus.
- Mencatat beban maksimum pengujian.



Gambar 3. Spesimen pengujian kekuatan tarik

3. Pengujian Kekuatan Impact

Pengujian kekuatan impact pada penelitian ini menggunakan standart ASTM D6110-10, prosedur yang dilakukan dalam pengujian kekuatan impact adalah :

- Mempersiapkan spesimen dan alat pengujian.
- Mengukur dimensi dari skin yaitu tebal, lebar dan panjang.
- Mengangkat bandul pendulum.
- Mengatur kemiringan bandul sebesar 45°.
- Meletakkan spesimen pada batang uji.
- Melepaskan pendulum dengan cara menekan handel-nya.
- Catat energi yang ditunjukkan oleh jarum pada alat uji.



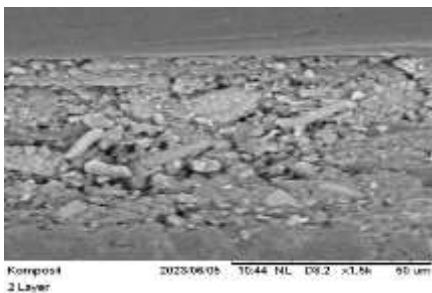
Gambar 4. Spesimen pengujian kekuatan impact

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengujian, dilakukan pembahasan hasil pengujian, data yang diperoleh kemudian dilakukan pengolahan dan analisa sehingga didapat hasil yang optimum.

1. Pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM)

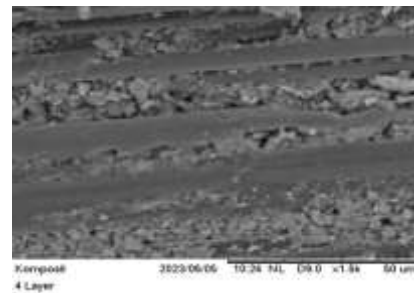
- Data hasil pengujian SEM 2 layer serat karbon



Gambar 5. Data hasil pengujian SEM 2 layer serat karbon

Pada gambar 5. merupakan hasil uji SEM komposit 2 layer serat karbon, dengan menggunakan perbesaran 1500x menunjukkan struktur susunan antara matriks dengan serat, dengan tebal serat karbon sebesar 59,8 μm , hasil tersebut memperlihatkan bahwa susunan antara serat dan matriks tersusun rapat secara sempurna, meskipun terdapat titik-titik hitam yang merupakan rongga udara atau kekosongan (*Void*) yang terbentuk diantara matriks dan serat, terlihat bahwa terdapat banyak rongga udara yang terbentuk,

- Data hasil pengujian SEM 4 layer serat karbon

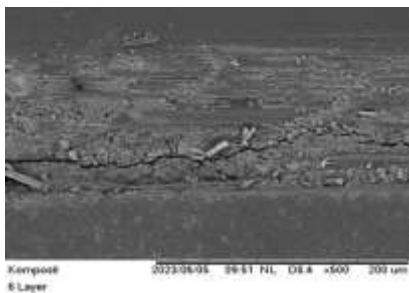


Gambar 6. Data hasil pengujian SEM 4 layer serat karbon

Pada gambar 6. merupakan hasil uji SEM komposit variasi 4 layer serat karbon, dengan menggunakan perbesaran 1500x menunjukkan struktur susunan antara matriks dengan serat, dengan tebal serat karbon sebesar 140 μm , meskipun terdapat titik-titik hitam yang terjadi pada matriks yang merupakan rongga udara (*Void*) yang terjebak diantara matriks dan serat, hal tersebut dapat mengurangi kekuatan rekatan antar layer (*Interface*) dikarenakan pada bagian tersebut penguat tidak didukung oleh matriks,

sedangkan matriks selalu mentransfer tegangan ke penguat, hal seperti ini yang menjadi penyebab terjadinya *crack* sehingga komposit akan gagal lebih awal.

- c. Data hasil pengujian SEM 6 layer serat karbon



Gambar 7. Data hasil pengujian SEM 6 layer serat karbon

Pada gambar 7. merupakan hasil uji SEM komposit variasi 6 layer serat karbon, dengan menggunakan perbesaran 1500x menunjukkan struktur susunan antara matriks dengan serat tersusun secara sempurna. rongga udara yang terbentuk sangatlah sedikit sehingga membuat variasi 6 layer memiliki kekuatan yang paling tinggi ketimbang variasi lainnya, semakin banyak *Void* maka komposit semakin rapuh dan apabila sedikit *Void* yang terbentuk semakin kuat,

2. pengujian Kekuatan Tarik

- a. Data hasil pengujian kekuatan tarik 2 layer serat karbon

Tabel 1. Data hasil pengujian kekuatan tarik 2 layer serat karbon

Jumlah Layer	Number Specimen	Area (mm ²)	0,2% Y.S (Kgf/mm ²)	Max Force (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm ²)	Elongation (%)
2 Layer Serat Karbon	A	200	1,34	976	4,87	7,4
	B	195	3,31	1052	5,36	14,6
	C	210	2,05	949	4,56	13,2
Rata-Rata				964,3	4,81	11,6

komposit dengan jumlah 2 layer serat karbon menghasilkan kekuatan tarik sebesar $4,82 \text{ Kgf/mm}^2$, regangan sebesar 11,6 % dan beban maksimal sebesar 984,3 Kgf. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. hasil pengujian SEM 2 layer serat karbon, memperlihatkan banyak terjadi rongga udara (*void*) hal tersebut menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan dari komposit tersebut. Pada hasil pengujian kekuatan tarik 2 layer serat karbon ini sudah melebihi dari standar minimal dari beban yang dapat diterima oleh komposit adalah 350 – 390 MPa atau setara dengan 35 – 40 Kgf menurut (Sri Mulyono Bondan Respati.,2020)

- b. Data hasil pengujian kekuatan tarik 4 layer serat karbon

Tabel 2. Data hasil pengujian kekuatan tarik 4 layer serat karbon

Jumlah Layer	Number Specimen	Area (mm ²)	0,2% Y.S (Kgf/mm ²)	Max Force (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm ²)	Elongation (%)
4 Layer Serat Karbon	A	200	6,37	1570	7,85	13,0
	B	215	6,56	1657	7,70	15,8
	C	190	3,06	1471	7,76	13,3
Rata-Rata				1578	7,78	14,76

komposit dengan jumlah 4 layer serat karbon menghasilkan kekuatan tarik sebesar $7,78 \text{ Kgf/mm}^2$ hal tersebut mengalami peningkatan dan regangan sebesar 14,76 % dan beban maksimal sebesar 1570 Kgf. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 6. hasil pengujian SEM 4 layer serat karbon, memperlihatkan rongga udara (*void*) yang terbentuk tidak terlalu banyak hal tersebut dapat meningkatkan kekuatan dari komposit.

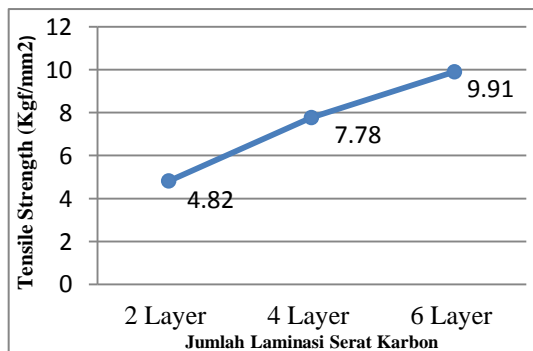
Pada hasil pengujian kekuatan tarik 4 layer serat karbon ini sudah melebihi dari standar minimal dari beban yang dapat diterima oleh komposit.

- c. Data hasil pengujian kekuatan tarik 6 layer serat karbon

Tabel 3. Data hasil pengujian kekuatan tarik 6 layer serat karbon

Jumlah Layer	Numre Specimen	Area (mm ²)	0,2% Y.S (Kgf/mm ²)	Max Force (Kgf)	Tensile strength (Kgf/mm ²)	Elongasi (%)
4 Layer Serat Karbon	A	200	5,18	2174	10,87	14,3
	B	211	5,07	2166	11,00	15,2
	C	226	3,51	1758	7,80	12,3
Rata-Rata				2079	9,91	14,7

komposit dengan jumlah 6 layer serat karbon menghasilkan kekuatan tarik sebesar 9,91 Kgf/mm² dan regangan sebesar 14,7 % dan memperoleh beban maksimal 2079 Kgf. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 7. hasil pengujian SEM EDX 6 layer serat karbon, memperlihatkan rongga udara (*void*) yang terbentuk sangat sedikit hal tersebut dapat meningkatkan kekuatan dari komposit, selain itu penambahan jumlah layer serat karbon dapat meningkatkan kekuatan dari komposit. Pada hasil pengujian kekuatan tarik 6 layer serat karbon ini sudah melebihi dari standar minimal dari beban yang dapat diterima oleh komposit



Gambar 8. Grafik rata-rata kekuatan tarik

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan tarik di atas, dapat kita ketahui bahwa masing-masing variasi memiliki perbedaan berdasarkan rata-rata hasil pengujian kekuatan tarik komposit. Harga tensile strength rata-rata pada variasi 2 layer serat karbon sebesar 4,82 Kgf/mm², variasi 4 layer serat karbon mengalami peningkatan nilai sebesar 61 % menjadi 7,82 Kgf/mm² dengan, variasi 6 layer serat karbon juga mengalami peningkatan yang cukup signifikan yaitu sebesar 27 % menjadi 9,91 Kgf/mm². Dapat Dilihat dari grafik rata-rata nilai Tensile strength, nilai Tensile strength terbesar dihasilkan pada variasi 6 layer serat karbon yaitu sebesar 9,91 Kgf/mm², sedangkan Tensile strength terkecil dihasilkan pada variasi 2 layer serat karbon yaitu sebesar 4,82 Kgf/mm². Penyebab hasil dari beban maksimal komposit berada di atas batas minimal disebabkan karena semakin banyak jumlah layer serat karbon pada material komposit menyebabkan komposit menjadi keras dan transfer beban tegangan gaya tarik dapat tersalurkan secara sempurna ke setiap serat penguat komposit. Pernyataan ini sesuai dengan teori yang ada (Lohdy Diana.,2020) yaitu semakin banyak jumlah serat penguat yang diberikan pada komposit maka akan meningkatkan nilai kekuatan material komposit tersebut.

3. Pengujian Kekuatan Impact

- a. Data hasil pengujian kekuatan impact 2 layer serat karbon

Jumlah Layer	Numre Specimen	A ⁰ (mm ²)	α (°)	β (°)	Energy (Joule)	II (Joule/mm)
2 Layer Serat Karbon	A	100	45	41	1,167	0,0116
	B	100	45	41	1,167	0,0116
	C	100	45	41,5	1,026	0,0102
Rata-Rata					1,12	0,0111

Gambar 9. Data hasil pengujian kekuatan impact 2 layer serat karbon

hasil pengujian kekuatan impact komposit serat karbon 2 layer menghasilkan nilai rata-rata harga impact sebesar 0,0111 Joule/mm, rata-rata energi yang terserap oleh komposit sebesar 1,12 Joule. Berdasarkan pengujian SEM pada gambar 5. komposit dengan jumlah 2 layer serat karbon menunjukkan terbentuknya bintik-bintik hitam yang banyak hal itu merupakan rongga udara (*Void*) yang terbentuk. variasi ini tidak dapat mencapai nilai dari standar minimal kekuatan impact yang dapat diterima oleh komposit adalah $0,01384 J/mm^2$ menurut (Supriyanto.,2019)

- b. Data hasil pengujian kekuatan impact 4 layer serat karbon

Jumlah Layer	Numor Specimen	A^* (mm ²)	α (°)	β (°)	Energi (Joule)	HI (Joule/mm)
4 Layer Serat Karbon	A	100	45	36,5	1,871	0,0185
	B	100	45	30	1,984	0,0198
	C	100	45	37,5	2,115	0,0211
Rata-Rata					1,983	0,0198

Gambar 10. Data hasil pengujian kekuatan impact 4 layer serat karbon

hasil pengujian kekuatan impact komposit serat karbon 4 layer, nilai rata-rata harga impact mengalami peningkatan menjadi sebesar 0,0198 Joule/mm, kemudian terjadi kenaikan rata-rata energi yang terserap oleh komposit sebesar 1,983 Joule. Berdasarkan pengujian SEM pada gambar 6. komposit dengan jumlah 4 layer serat karbon menunjukkan sedikit terbentuknya bintik-bintik hitam hal itu merupakan rongga udara (*Void*) yang terbentuk, hal tersebut menyebabkan transfer energi beban dari matriks tidak dapat tersalurkan secara

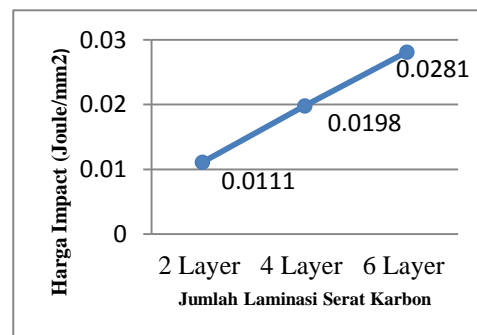
sempurna. variasi ini dapat mencapai dan melebihi nilai dari standar batas minimal kekuatan impact yang dapat diterima oleh komposit.

- c. Data hasil pengujian kekuatan impact 6 layer serat karbon

Jumlah Layer	Numor Specimen	A^* (mm ²)	α (°)	β (°)	Energi (Joule)	HI (Joule/mm)
6 Layer Serat Karbon	A	100	45	36,5	2,372	0,0237
	B	100	45	33	3,226	0,0322
	C	100	45	34,3	2,809	0,0280
Rata-Rata					2,822	0,0281

Gambar 11. Data hasil pengujian kekuatan impact 6 layer serat karbon

Data hasil pengujian kekuatan impact komposit serat karbon 6 layer, nilai rata-rata harga impact mengalami peningkatan kembali menjadi sebesar 0,0281 Joule/mm, rata-rata energi yang terserap oleh komposit juga mengalami kenaikan menjadi sebesar 2,822 Joule. Berdasarkan pengujian SEM pada gambar 7. komposit dengan jumlah 6 layer serat karbon menunjukkan terbentuknya rongga udara yang sangat sedikit. variasi ini dapat mencapai dan melebihi nilai dari standar batas minimal kekuatan impact yang dapat diterima oleh komposit



Gambar 12. Grafik rata-rata harga impact

Harga impact rata-rata pada variasi 2 layer serat karbon sebesar $0,0111 \text{ Joule/mm}^2$ dan energi yang terserap 1,12 Joule, variasi 4 layer serat karbon mengalami peningkatan sebesar $0,0198 \text{ Joule/mm}^2$ dengan energi yang terserap sebesar 1,983 Joule, variasi 6 layer serat karbon sebesar $0,0281 \text{ Joule/mm}^2$ dengan energi sebesar 2,822 Joule. Dapat Dilihat dari grafik rata-rata nilai harga impact (HI), nilai harga impact terbesar dihasilkan pada variasi 6 layer serat karbon yaitu sebesar $0,0281 \text{ Joule/mm}^2$, sedangkan harga impact terkecil dihasilkan pada variasi 2 layer serat karbon yaitu sebesar $0,0111 \text{ Joule/mm}^2$. Hal ini disebabkan karena semakin banyak jumlah layer serat karbon pada material komposit menyebabkan komposit menjadi keras dan transfer beban tegangan gaya impact dapat tersalurkan secara sempurna ke setiap serat penguat komposit. Pernyataan ini sesuai dengan teori yang ada menurut (Ainur Rosyidin.,2021) yaitu semakin banyak jumlah serat penguat yang diberikan pada komposit maka akan meningkatkan nilai kekuatan material komposit tersebut, hal itu terjadi disebabkan karena jika komposit memiliki jumlah serat penguat yang sedikit maka sedikit pula transfer beban yang dapat disalurkan dari matriks ke serat penguat, begitu pula sebaliknya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM), Kekuatan Tarik dan Kekuatan Impact terhadap sifat mekanik dan topografi komposit polyester

berpenguat serat karbon, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dari seluruh variasi menunjukkan bahwa ikatan antar matriks dan serat terikat secara sempurna, meskipun terjadi beberapa rongga udara (*Void*) yang terjadi pada setiap variasi, hal tersebut dapat mengurangi kekuatan dari komposit tersebut. Kekuatan dari material komposit dapat dipengaruhi oleh kerapatan antar serat karbon dengan matriks, ketidakerapatan dapat menyebabkan terjadinya rongga udara yang terbentuk diantara serat dan matriks. Semakin kecil rongga yang terbentuk maka menunjukkan semakin baik ikatan yang terjadi antara serat dengan matriks.
2. Pada pengujian kekuatan tarik menunjukkan bahwa jumlah laminasi serat karbon dapat meningkatkan kekuatan tarik dari komposit tersebut, diperlihatkan pada grafik hasil pengujian tarik menunjukkan pada spesimen variasi 2 layer serat karbon menghasilkan Kekuatan Tarik sebesar $4,82 \text{ kgf/mm}^2$ dan beban maksimal 984,3 Kgf kemudian pada spesimen 4 layer serat karbon menghasilkan Kekuatan Tarik sebesar $7,78 \text{ kgf/mm}^2$ dan beban maksimal 1570 Kgf, nilai kekuatan tarik tersebut mengalami peningkatan sebesar 61 %, nilai Kekuatan Tarik terbesar di dapat pada spesimen 6 layer serat karbon dengan menghasilkan nilai kekuatan Tarik sebesar $9,91 \text{ kgf/mm}^2$ dan beban maksimal 2079 Kgf. Nilai beban maksimal dari setiap variasi

pengujian kekuatan tarik ini, melebihi batas standart minimal dari beban yang dapat diterima oleh komposit.

3. Berdasarkan hasil pengujian kekuatan Impact didapatkan fakta bahwa dengan melakukan penambahan jumlah layer serat karbon dapat meningkatkan kekuatan Impact, hal ini terlihat dari grafik nilai rata-rata terkecil terjadi di variasi 2 layer yaitu sebesar $0,0111 \text{ Joule}/\text{mm}^2$ dan energi yang terserap $1,12 \text{ Joule}$, kemudian variasi 4 layer mendapat nilai harga impact sebesar $0,0198 \text{ Joule}/\text{mm}^2$ dan energi terserap sebesar $1,983 \text{ Joule}$ nilai tersebut mengalami peningkatan, harga impact terbesar didapat dari variasi 6 layer yaitu sebesar $0,0281 \text{ Joule}/\text{mm}^2$ dengan energi sebesar $2,822 \text{ Joule}$. Berdasarkan hasil nilai harga impact yang didapat maka hanya variasi 2 layer serat karbon yang tidak mencapai batas minimal standart kekuatan impact yang dapat diterima oleh komposit.
4. Adanya pengaruh jumlah laminasi terhadap kekuatan komposit polyester berpenguat serat karbon, Pernyataan ini sesuai dengan teori yang ada, yaitu semakin banyak jumlah serat penguat yang diberikan pada komposit maka akan meningkatkan nilai kekuatan material komposit tersebut, hal itu terjadi disebabkan karena jika komposit memiliki jumlah serat penguat yang sedikit maka sedikit pula transfer beban yang dapat disalurkan dari matriks ke serat penguat, juga sebaliknya jika semakin banyak jumlah serat penguat yang diberikan pada material komposit maka akan

meningkatkan kekuatan komposit tersebut dikarenakan matriks dapat mentransfer beban ke serat penguat secara lebih luas.

Saran

Ada beberapa kekurangan dalam penelitian ini dan masih sangat jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis menyarankan beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penelitian komposit serat karbon, antara lain :

1. Perlu adanya pengujian lebih lanjut secara masif dengan menggunakan jumlah laminasi dan variasi lain yang berbeda, agar didapatkan nilai data kekuatan bahan yang beragam.
2. Pada proses meletakkan serat karbon dilakukan dengan perlahan dengan memberi penekanan secara perlahan agar serat tidak tenggelam kedalam resin.
3. Meminimalisir terjadinya rongga udara (*Void*) pada komposit yang akan dibuat sehingga akan meningkatkan kekuatan komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainur Rosyidin. 2021. *Pengaruh Jumlah Lapisan Dengan Penguat Serat Karbon Fiber Dan Resin 1011 Dengan Proses Vacum Infusion*. (Skripsi Sarjana Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang).
- Alamsyah. 2021. *Pengaruh Perbandingan Resin Dan Katalis Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Fiberglass-Polyester Untuk Bahan Pembuatan Kapal*. Jurnal Inovasi Sains Dan Teknologi Kelautan Institut Teknologi Kalimantan.
- Ari Wahyu Gunandar. 2021. *Analisis Kekuatan Tarik Dan Impak Bahan Komposit Hibrid Berpenguat Serbuk Kayu Akasia Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit*. (Tugas Akhir D III, Universitas Islam Riau).

- Alif Basharudin. 2019. *Analisa Patahan Komposit Polyester Berpenguat Serat Karbon, Agave, Rami Dengan Metode SEM Dan XRD*. (Skripsi Sarjana Teknik, Institut Teknologi Nasional Malang).
- Ahmad Fahrul Umam., Mochammad Arif. 2019. *Studi Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Berpenguat Serat Karbon*. Jurnal Teknik Mesin Vol. 07 No. 01 Universitas Negri Surabaya.
- Agung Widhi Kurniawan., Zarah Puspitaningtyas. 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Yogyakarta : Pandiva Buku.
- Abdullah., Ma'ruf. 2015. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Yogyakarta : Aswaja Pressindo.
- Armory B. Lovins. 2013. *Reinventing Fire Bold Business Solutions For The New Energy Era*. Vermont USA : Chelsea Green Publishing.
- Dedhe Jumriladin Putra Susila. 2021. *Pengaruh Serat Karbon Terhadap Sifat Mekanik Dan Topografi Pada Komposit Bermatriks Polyester BQTN 157*. (Tugas Akhir D IV, Politeknik Manufaktur Bangka Belitung).
- Ervan Hidayat. 2016. *Pengaruh Filler Nano Partikel White Karbon Kulit Bambu Terhadap Struktur Dan Kekuatan Tarik Komposit Polyester*. (Skripsi Sarjana Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Fahrizal Farikhin. 2016. *Analisa Scanning Electron Microscope Komposit Polyester Dengan Filler Karbon Aktif Dan Karbon Non Aktif* (Skripsi Sarjana Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Hartono., Mochammad Rifai., dkk. 2016. *Pengenalan Teknik Komposit*. Yogyakarta : CV Budi Utama.
- I Made Oka Sucita Anggayana. 2020. *Analisa Uji Impact Komposit Matriks Epoxy-Karet 30%, 40%, 50% Penguat Serat Rami, Anyaman Kawat, Dan Karbon Sebagai Body Armor*. (Skripsi Sarjana Teknik, Institut Teknologi Nasional Malang).
- Jefri S Bale. 2022. *Material Komposit Polimer Berpenguat Serat*. Yogyakarta : Deep Publish.
- John Evangelical Matheos. 2019. *Analisis Jumlah Lapisan Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Fiberglass wr 200*. (Skripsi Sarjana, Universitas Sanata Dharma).
- Kurniawan Robiansyah., Mochammad Arif Irfa'i. 2021. *Pengaruh Orientasi Arah Serat Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat Karbon Dengan Matriks Epoxy*. Jurnal Teknik Mesin Vol. 09 No. 03 Universitas Negri Surabaya.
- Kaleb Priyanto. 2019. *Ketangguhan Impak Dan Kekuatan Tarik Komposit Fiberglass/Clay Filler Bermatriks Unsaturated Polyester Bqtn-Ex 157*. Jurnal Teknik Vol. 22 Akademi Teknologi Warga Surakarta.
- Lohdy Diana. 2020. *Analisis Kekuatan Tarik Pada Material Komposit Dengan Serat Penguat Polimer*. Jurnal Engine Vol. 4 No. 2 Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta.
- Muhammad Thinora Marantika. 2022. *Analisa Uji Tarik Komposit Berpenguat Serat Daun Nanas Dengan Variasi Susunan Menggunakan Perlakuan Alakali*. Jurnal Teknologi Rekayasa Vol. 3 No. 1 Universitas Tanjungpura Pontianak.
- Sofyan Djamil. 2014. *Karakteristik Mekanik Komposit Serat Bambu Kontinyu Dengan Perlakuan Alkali*. Jurnal Teknik Mesin Universitas Tarumanegara Jakarta.
- Syahrum., Salim. 2012. *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. Bandung : Citapustaka Media.
- Sulistijono. 2012. *Mekanika Material Komposit*. Surabaya : ITS Press. Handbook.