

PENGARUH KEKUATAN LAPISAN SERAT KARBON DENGAN INTI LANTOR SORIC MENGGUNAKAN UJI TARIK

Achmad Daruqutni Salam

D4 Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya

Email: achmaddaruqutni.21004@mhs.unesa.ac.id

Firman Yasa Utama

D4 Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya

Email: firmanutama@unesa.ac.id

Abstrak

Material komposit memungkinkan sebagai alternatif yang mengganti bahan baku logam. Plat logam aluminium sering digunakan karena ringan dan tahan lama. Sebagai alternatif, komposit karbon fiber bisa digunakan karena lebih kuat dan ringan dibandingkan logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah lapisan serat karbon terhadap kekuatan uji tarik. Serat karbon dipilih sebagai kulit komposit karena sifatnya yang ringan dan kuat, sementara lantor soric digunakan sebagai inti karena memiliki struktur yang mendukung kekakuan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Spesimen dibuat dengan proses laminasi tertutup vacuum infusion untuk menjamin kualitas laminasi yang baik dan minim cacat. Uji tarik dilakukan berdasarkan standar ASTM D3039, dengan tiga variasi lapisan. Setiap variasi ada 3 spesimen untuk mendapatkan nilai rata-rata. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini, penambahan jumlah lapisan serat karbon mengalami kenaikan terhadap tegangan tarik. Data pengujian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah lapisan serat karbon berpengaruh langsung terhadap peningkatan kekuatan tarik. Spesimen dengan tiga lapisan memiliki kekuatan tarik tertinggi dengan rata-rata 156,46 MPa, dan lapisan terendah terdapat pada satu lapisan dengan nilai regangan tarik sebesar 76,77 MPa.

Kata Kunci: Lantor soric, serat karbon, uji tarik, vacuum infusion.

Abstract

Composite materials can be used as an alternative to metal raw materials. Aluminum metal plates are often used because they are lightweight and durable. As an alternative, carbon fiber composites can be used because they are stronger and lighter than metal. This study aims to determine the effect of varying the number of carbon fiber layers on tensile strength. Carbon fiber was chosen as the composite skin due to its lightweight and strong properties, while lantor soric was used as the core due to its structure that supports stiffness. This study employed an experimental method with a quantitative approach. Specimens were fabricated using a vacuum infusion closed-lamination process to ensure good lamination quality and minimal defects. Tensile tests were conducted according to ASTM D3039 standards, with three variations in the number of layers. Each variation had three specimens to obtain the average value. The results of this study showed that increasing the number of carbon fiber layers resulted in an increase in tensile strength. Test data showed that an increase in the number of carbon fiber layers directly affects an increase in tensile strength. Specimens with three layers had the highest tensile strength with an average of 156.46 MPa, while the lowest tensile strength was found in a single-layer specimen with a tensile strength value of 76.77 MPa.

Keywords: Carbon fiber, lantor soric, tensile test, vacuum infusion.

PENDAHULUAN

Material komposit memungkinkan sebagai alternatif yang mengganti bahan baku logam. Material komposit terdiri dua atau lebih bahan yang digabungkan pada tingkat makroskopik dan tidak larut satu sama lain (Nugroho & Wantogia, 2019). Dalam industri otomotif, plat logam aluminium sering digunakan karena ringan, tahan lama, dan meningkatkan akselerasi kendaraan. Sebagai alternatif, komposit karbon fiber bisa digunakan karena lebih kuat dan ringan dibandingkan logam. Karbon fiber adalah bahan yang terdiri dari serat yang sangat tipis sekitar (0,005 - 0,010mm) dan sebagian besar terdiri dari atom karbon (Firmansyah et al., 2018).

Untuk menentukan karakteristik dari sandwich panel yang ingin dibuat, faktor utama yang harus

dipertimbangkan adalah perbandingan matriks, penguat, pengisi, kulit serta inti yang digunakan. Perbandingan ini dapat ditunjukkan dalam bentuk lapisan kulit. Susunan komposit, seperti sandwich panel, berpengaruh terhadap kekuatan material dengan menghasilkan struktur ringan namun kuat dan kaku.

Susunan struktural menggunakan sandwich panel yang tersusun dari 2 lapisan terdiri dari kulit permukaan (skin) serta material inti (core) di bagian tengahnya (berada di antaranya). Metode pembuatan menggunakan vacuum infusion untuk mengurangi jumlah udara yang terperangkap pada komposit. Metode vacuum infusion ini dilakukan dengan memasukkan perekat terlebih dahulu, lalu menggunakan vacuum pump untuk memasukkan resin dalam cetakan. Karena perbedaan tekanan pada kantung

yang digunakan, resin dapat mengalir dari tempat penampungan resin mengalir melalui spesimen komposit.

Penelitian yang dilakukan (Ridho Akhmal Saleh, 2019) dengan menambahkan serat bulu ayam dan penelitian (Setiyawan et al., 2020) dengan penambahan lapisan serat menemukan nilai yang dihasilkan mengalami peningkatan. Perbedaan hasil penelitian tersebut, mengindikasikan bahwa pemilihan material juga memiliki pengaruh besar terhadap sifat mekanik sandwich panel. Hal ini menekankan pentingnya pemilihan material yang tepat untuk menghasilkan produk yang berkualitas.

Dalam penelitian ini penulis akan menyoroti tentang pengaruh lapisan kulit dengan material serat karbon menggunakan inti lantor soric dengan susunan sandwich panel. Maka penulis meneliti tentang “Pengaruh Kekuatan Lapisan Serat Karbon Dengan Inti Lantor Soric Menggunakan Uji Tarik” dengan harapan penggunaan inti lantor soric dan penambahan lapisan kulit diharapkan meningkatkan kekuatan tarik.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu suatu pendekatan ilmiah yang dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung terhadap objek melalui perlakuan tertentu untuk melihat pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat (Sugiyono, 2017). Dalam hal ini, penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi ketebalan lapisan serat karbon terhadap kekuatan tarik sandwich panel dengan inti Lantor Soric menggunakan metode vacuum infusion.

Tempat dan Waktu Penelitian

• Tempat Penelitian

Pembuatan spesimen dilakukan di Workshop Garnesa Racing Team Universitas Negeri Surabaya, pengujian spesimen dilakukan di laboratorium pengujian bahan, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang.

• Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan 3 bulan pada Maret - Mei 2025. Setelah proposal tugas akhir disetujui.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian terdiri dari tiga macam yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol.

• Variabel Bebas

Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas variasi lapisan serat karbon dengan 1, 2, dan 3 lapis

• Variabel Kontrol

Variabel terikat pada penelitian ini adalah hasil uji tarik spesimen komposit sandwich dengan menggunakan variasi lapisan serat karbon.

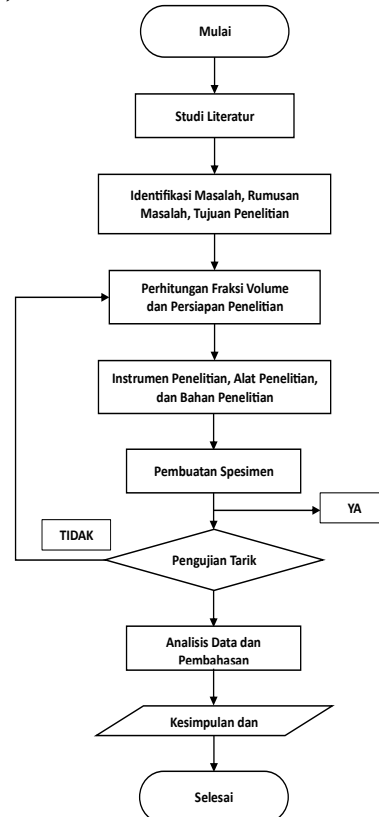
• Variabel Kontrol

1. Matriks yang digunakan berjenis epoxy dengan campuran hardener yang diproduksi oleh Chempoxy.
2. Perbandingan resin dan hardener sesuai pabrikan yaitu 2:1.

3. Pengerasan dilakukan pada suhu ruang selama 24 jam.
4. Menggunakan serat karbon sebagai kulit dengan komposisi weave 4x4 twill, berat 10,2oz/240gsm, tebal 0,3mm, dan ukuran filamen 3K.
5. Menggunakan inti Lantor soric jenis XF dengan ketebalan 3mm.

Rancangan Penelitian

Proses penelitian dilakukan seperti diagram alir (Flowchart) dibawah



Gambar 1. Diagram Alir (Flowchart) Penelitian

Penjelasan Diagram Alir

- a. Dimulai dengan studi literatur dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, dan skripsi.
- b. Menentukan identifikasi masalah, rumusan masalah, dan tujuan penelitian berdasarkan hasil dari penelitian sebelumnya, dan studi literatur.
- c. Menentukan perhitungan fraksi volume cetakan dan fraksi volume matriks yang digunakan agar sesuai dengan kebutuhan persiapan pembuatan spesimen.
- d. Persiapan penelitian meliputi instrument penelitian, alat, dan bahan penelitian
- e. Pembuatan spesimen dengan metode vacuum infusion dan melakukan pemotongan ukuran spesimen sesuai standart uji.
- f. Melakukan pengujian tarik dan tahap akhir penelitian adalah pengambilan data dan kesimpulan berdasarkan pembahasan yang sudah ada serta menyertakan saran untuk penelitian selanjutnya.

Persiapan Penelitian

1. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan mengumpulkan data meliputi timbangan digital, jangka sorong, dan penggaris.

2. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan untuk pembuatan specimen meliputi cetakan, mesin gerinda, peralatan K3, gunting, gelas plastic, pompa vacuum, dan tabung penyimpanan.

3. Bahan Penelitian

a. Serat Karbon (Karbon Fiber)

Sebagai lapisan kulit pada sandwich panel dengan spesifikasi weave 4x4 twill, berat 10,2oz/240gsm, tebal 0,3 mm, dan ukuran filamen 3K.

b. Lantor Soric

Sebagai lapisan inti pada sandwich panel dengan jenis XF ukuran ketebalan 3 mm.

c. Resin dan Hardener

Menggunakan jenis resin epoxy yang di produksi oleh Chempoxy sebagai laminasi untuk merekatkan skin dengan inti.

d. Mirror glaze

Merupakan bahan yang digunakan untuk mempermudah pelapasan komposit pada cetakan setelah proses pendinginan.

e. Thinner A

Digunakan untuk membersihkan sisa resin dan parafin wax pada cetakan.

f. Selang Infusion

Selang semi transparan yang tahan hingga 100°C dengan diameter dalam 100mm dan ketebalan 2mm. Berfungsi sebagai jalur vacuum dan aliran resin.

g. Selang Spiral

Selang spiral yang berfungsi untuk mengalirkan resin dibawah vacuum bagging film, ukuran diameter dalam 10mm. Resin akan mengalir melalui sela-sela spiral.

h. Spray Adhesive

Spray adhesive digunakan untuk perekat inti dan serat karbon ke molding.

i. Resin Infus Mesh

Jaring tiga dimensi dari plastik PE Berfungsi mengalirkan resin ke seluruh permukaan laminasi pada proses vacuum infusion.

j. Kain Peeling

Berfungsi untuk melepaskan specimen yang dicetak dari resin infus mesh dan plastic vacuum serta membuat permukaan specimen tidak kasar.

k. Plastik bag

Lembaran plastik PE tebal 75 mikron dengan lebar 200mm dan tahan hingga temperatur 1500°C. Berfungsi untuk menutup semua permukaan laminasi supaya kedap udara pada proses vakum.

l. Sealant Tape

Sealant tape berwarna hitam dengan ketebalan 5mm berfungsi untuk menempelkan plastik bag ke cetakan sehingga tidak terjadi kebocoran resin epoxy atau udara yang masuk.

Proses Pembuatan Spesimen

1. Metode Vacuum Infusion

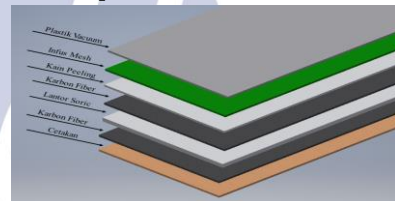
Proses pembuatan sandwich panel dilakukan dengan metode vacuum infusion. Resin yang digunakan berjenis epoxy dengan campuran hardener yang diproduksi oleh Chempoxy. Perbandingan resin dan hardener sesuai panduan yaitu 2:1. Dengan fraksi volume yang sudah ditentukan. Dilanjutkan dengan langkah-langkah proses pembuatan sandwich panel.

a. Persiapan alat, bahan, dan cetakan.

b. Pemotongan serat karbon, lantor soric, kain peeling, dan resin infus mesh menggunakan gunting sesuai dengan ukuran dari cetakan.

c. Peletakan serat karbon, lantor soric, kain peeling, dan resin infus mesh selang spiral secara berurutan dan ditutup oleh plastik vacuum kecetakan yang direkatkan menggunakan sealant tape.

d. Bahan yang telah disiapkan lalu disusun pada cetakan secara berlapis dengan urutan pada gambar ilustrasi komposit dibawah ini.



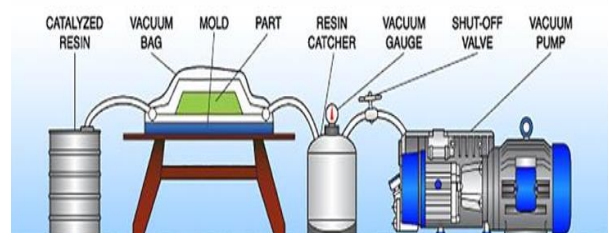
Gambar 2. Susunan Proses Vacuum

e. Pemasangan selang infusion dibagian yang menghubungkan wadah resin epoxy dan cetakan, cetakan dan tabung reservoir, serta tabung reservoir dan pompa vacuum.

f. Cetakan yang telah disusun, terlebih dahulu dilakukan proses pemvakuman yang bertujuan untuk menghilangkan udara yang terjebak didalam cetakan, dan juga mengetahui ada tidaknya kebocoran dari plastik vacuum, konektor T, dan selang. Tahap selanjutnya adalah resin divakum/dialirkan ke dalam cetakan hingga merata.

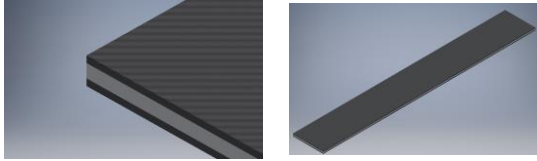
g. Pencampuran resin dan hardener sesuai takaran dan perhitungan yang ditentukan.

h. Melakukan proses laminasi resin menggunakan mesin vacuum. Proses vacuum dilakukan dengan memasukan resin yang telah tercampur oleh hardener menunggu hingga seluruh permukaan specimen terlaminasi oleh resin.



Gambar 3. Proseses Vacuum Infusion

- i. Proses vacuum infusion sudah selesai dilanjutkan proses pemngneringan yang dilakukan didalam ruangan. Kondisi spesimen masih dalam keadaan mengalami tekanan dari hasil proses vacuum infusion.
- j. Spesimen komposit yang sudah jadi.



Gambar 4. Simulasi Spesimen Jadi

2. Pemotongan Spesimen

Komposit dibentuk sesuai standart spesimen uji. Pembentukan spesimen uji menggunakan alat bantu gerinda tangan. Proses pembantukan harus dilakukan secara berhati-hati, supaya material komposit tidak cacat. Dimensi spesimen yang dibentuk mengacu terhadap standart ASTM D3039 dengan ukuran panjang 175mm dan lebar 25mm.

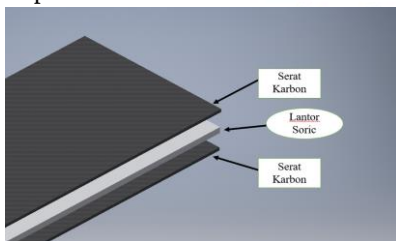
3. Pengamatan Bentuk Fisik Komposit

Pengamatan dilakukan melalui menggunakan indera penglihatan. Apabila terdapat cacat pada komposit seperti retak, terjadi porositas pada permukaan, resin tidak merata, skin tidak merekat sempurna pada inti, dan terdapat bahan lain yang melekat pada permukaan komposit. Maka komposit tersebut tidak dapat digunakan dan proses pembentukannya harus diulang dari awal.

Susunan Variasi Lapisan Spesimen

Variasi lapisan yang akan diteliti oleh penulis memiliki ketebalan yang berbeda-beda. Susunan lapisan tersebut dijelaskan oleh gambar berikut ini.

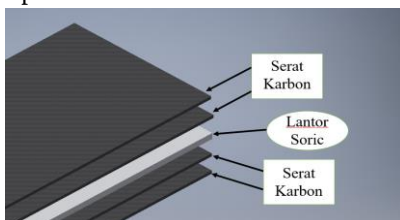
1. Variasi Lapisan 1



Gambar 5. Simulasi Susunan Variasi 1

Susunan dari variasi lapisan 1 terdiri dari 1 susunan serat–inti–1 susunan serat. Diperoleh ketebalan awal yaitu 3,6 mm.

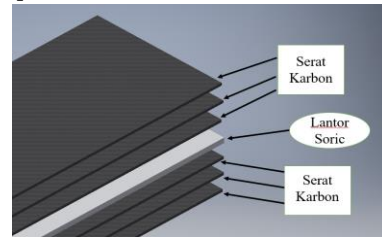
2. variasi lapisan 2



Gambar 6. Simulasi Susunan Variasi 2

Susunan dari variasi lapisan 2 terdiri dari 2 susunan serat–inti–2 susunan serat. Diperoleh ketebalan awal yaitu 4,2 mm.

3. variasi lapisan 3



Gambar 7. Simulasi Susunan Variasi 3

Susunan dari variasi lapisan 3 terdiri dari 3 susunan serat–inti–3 susunan serat. Diperoleh ketebalan awal yaitu 4,9 mm.

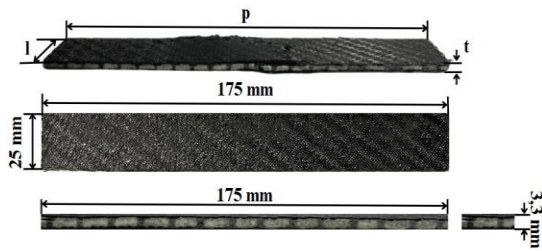
Pengujian Tarik

Komposit yang sudah dibentuk, diuji menggunakan metode pengujian tarik. Langkah-langkah untuk pengujian tarik dari spesimen uji komposit (Muhi, 2021) adalah:

1. Spesimen uji yang sudah dibentuk, disiapkan dengan memberi tanda parameter pada daerah perhitungan.
2. Kertas milimeter blok diletakkan pada printer mesin uji tarik.
3. Mesin kemudian dinyalakan, lalu benda uji dipasang pada grip.
4. Grip dikencangkan dan diatur dengan kekuatan sekucupnya agar tidak merusak benda uji.
5. Pemasangan extensometer pada benda uji.
6. Nilai beban diatur menjadi nol.
7. Kecepatan uji diatur, area start ditekan sebanyak dua kali kemudian tombol down ditekan.
8. Setelah data dari pengujian tarik didapatkan, proses pengujian tarik diulang untuk benda uji komposit selanjutnya sampai selesai.



Gambar 8. Mesin Uji Tarik UPH 100 KN



Gambar 9. Ukuran Spesimen

Bentuk spesimen persegi panjang, pada gambar diatas spesimen uji tarik ASTM D3039 ukuran lebar 25mm dan panjang 175mm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Tarik

Lapisan Serat	Spesimen	Beban Tarik Maksimum (kg)	Elongasi (mm)
Lapisan 1	1	601,4	8,47
	2	596,4	9,13
	3	741,4	9,51
	Rata-rata	646,4	9,03
Lapisan 2	1	991,6	16,34
	2	1083,8	13,30
	3	1254,6	14,47
	Rata-rata	1110	14,70
Lapisan 3	1	1344,8	10,77
	2	1484,6	12,13
	3	1840,8	12,31
	Rata-rata	1556,7	11,73

Pengujian kekuatan tarik dilakukan pada spesimen sandwich panel menggunakan serat karbon dan inti lantor soric yang diproses menggunakan metode vacuum infusion dengan tiga variasi lapisan. Pengujian dilakukan sesuai standar ASTM D3039, dimana setiap spesimen dipasang pada Universal Testing Machine (UTM) dan dilengkapi extensometer.

Selama proses ini, mesin secara otomatis mencatat beban tarik yang mampu ditahan oleh spesimen. Nilai ini menunjukkan seberapa kuat material dalam menahan gaya tarik. Sementara itu, elongasi menunjukkan seberapa panjang material dapat meregang sebelum mengalami kerusakan. Nilai ini memberikan gambaran tentang keuletan atau kemampuan material untuk mengalami perubahan bentuk/ukuran sebelum rusak. Dari data tersebut, setiap variasi lapisan diuji pada tiga spesimen untuk memperoleh nilai rata-rata.

Berdasarkan data tersebut untuk mendapatkan nilai tegangan tarik (Mpa) dan regangan tarik (%). Dihitung dengan rumusan (Beer et al., 2012):

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

Dimana:

σ : Tegangan tarik (MPa)

F : Beban tarik maksimum (N)

A : Luas penampang spesimen uji (mm²).

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

ϵ : Regangan Tarik (%)

ΔL : Pertambahan panjang (mm)

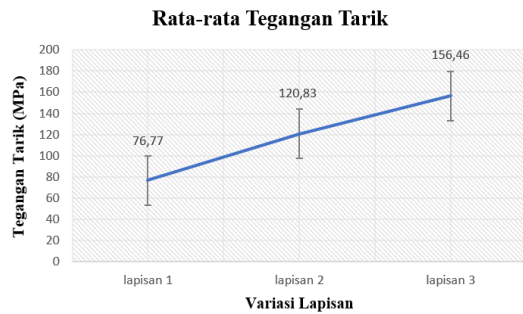
L_0 : Panjang awal (mm)

Tabel 4.2 adalah nilai perhitungan yang didapatkan dari hasil pengujian tarik setiap spesimen variasi lapisan 1, 2, dan 3. Hasil perhitungan menunjukkan kemampuan material dalam menahan gaya tarik, dan deformasi.

Tabel 4. 2 Hasil Tegangan dan Regangan Tarik

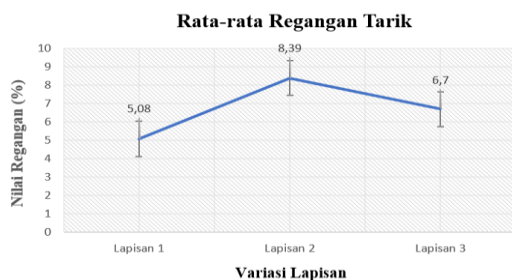
Lapisan Serat	Spesimen	Tegangan Tarik (MPa)	Regangan Tarik (%)
Lapisan 1	1	71,4	4,84
	2	70,8	5,21
	3	88,1	5,21
	Rata-rata	76,77	5,08
Lapisan 2	1	107,9	9,33
	2	118	7,6
	3	136,6	8,26
	Rata-rata	120,83	8,39
Lapisan 3	1	135,2	6,15
	2	149,2	6,93
	3	185	7,03
	Rata-rata	156,46	6,70

Dapat dilihat nilai dari setiap spesimen uji tarik yang berbeda-beda padahal komposisi dan proses pembuatannya sama, hal itu bisa jadi disebabkan perbedaan ketebalan spesimen meskipun dalam skala kecil dapat memengaruhi nilai pengujian yang tidak konsisten antar spesimen (Mazlan et al., 2020). Nilai yang didapat dari setiap spesimen akan diambil rata-rata dan disajikan dalam bentuk grafik guna memberikan visualisasi yang lebih jelas terhadap perbandingan performa mekanik antar spesimen. Untuk grafik dari rata-rata tegangan tarik dan regangan tarik dapat dilihat pada berikut ini.



Gambar 10. Grafik Rata-rata Tegangan Tarik (MPa)

Spesimen dengan tiga lapisan serat karbon menunjukkan nilai rata-rata tertinggi, yaitu sebesar 156,43 MPa, mengindikasikan peningkatan performa mekanik seiring bertambahnya jumlah lapisan. Sebaliknya, spesimen dengan satu lapisan serat karbon menunjukkan kekuatan tarik terendah, yaitu 76,77 MPa, yang berarti lapisan kurang mampu menahan beban tarik.



Gambar 11. Grafik Rata-rata Regangan Tarik

Nilai rata-rata regangan tarik tertinggi tercatat pada spesimen lapisan 2, yaitu sebesar 8,39%, sedangkan nilai terendah terdapat pada spesimen lapisan 1 dengan regangan sebesar 5,08%. Menariknya, penambahan lapisan kulit tidak menunjukkan peningkatan terhadap regangan tarik. Hal ini ditunjukkan oleh fakta bahwa spesimen lapisan 3 yang memiliki jumlah serat karbon lebih banyak, tapi tidak menghasilkan regangan tarik yang tertinggi dengan nilai sebesar 6,7%,

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian terhadap spesimen sandwich panel serat karbon dengan inti lantor soric, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan dalam kekuatan tarik pada spesimen sandwich panel dengan variasi jumlah lapisan serat karbon. Spesimen dengan tiga lapisan serat karbon menunjukkan kekuatan tarik rata-rata tertinggi, yaitu 156,46 MPa, sedangkan spesimen dengan satu lapisan serat karbon menunjukkan kekuatan tarik rata-rata terendah, yaitu 76,77 MPa. Hal ini membuktikan bahwa penambahan jumlah lapisan serat karbon secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan tegangan tarik sandwich panel.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka diperoleh saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengujian mekanik tambahan, seperti uji tekan (compression test), uji bending (flexural test), dan uji impak (impact test) guna untuk menganalisa karakteristik mekanik sandwich panel.
2. Berdasarkan referensi buku standar test method for tensile properties of polymer matrix composite materials, untuk uji tarik sandwich panel disarankan menggunakan ASTM C297.

DAFTAR PUSTAKA

- Nugroho, G., & Wantogia, M. S. R. R. (2019). Proses Fabrikasi dan Sifat Mekanik Komposit Polimer dengan Metode Bladder Compression Moulding. *Journal of Mechanical Design and Testing*, 1(2), 95.
- Firmansyah, H. I., Purnowidodo, A., Setyabudi, S. A., Mesin, T., & Brawijaya, U. (2018). *Pengaruh Mechanical Bonding Pada Aluminium Dengan Serat*. 9(2), 127–134.
- Muhi, A. (2021). *Pemanfaatan Serat Buah Pinang Sebagai Penguat Susunan Acak (Random) Dan Resin Poliester Sebagai Matriks Pada Material Biokomposit*.
- Ridho Akhmal Saleh. (2019). Analisis Kekuatan Dan Pengujian Terhadap. Yogyakarta.
- Setiyawan, D., Respati, S. M. B., & Dzulfikar, M. (2020). Analisa Kekuatan Komposit Sandwich Karbon Fiber Dengan Core Styrofoam Sebagai Material Pada Model Pesawat Tanpa Awak (Uji Tarik & Uji Bending). *Jurnal Ilmiah Momentum*, 16(1), 1–5. <https://doi.org/10.36499/mim.v16i1.3345>
- Berthelot, J.-M. (1999). *Composite materials: Mechanical behavior and structural analysis*. New York: Springer.
- Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2012). *Mechanics of materials* (6th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Mazlan, N., Ishak, M. R., Leman, Z., Sapuan, S. M., & Anwar, U. M. K. (2020). Effects of thickness variation on mechanical properties of natural fiber reinforced composites. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(2), 2752–2760.
- Hazhari, F. (2022). Pengaruh Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending Komposit Hybrid Dan Non-Hybrid Menggunakan Metode Vacuum Bagging. *Injection: Indonesian Journal of Vocational Mechanical Engineering*, 2(2), 53–58. <https://doi.org/10.58466/injection.v2i2.531>
- International., A. (n.d.). *Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*.