

PENGARUH SUSUNAN LAMINA KOMPOSIT *HYBRID* SERAT KARBON - SERAT NANAS TERHADAP UJI *BENDING* DAN UJI *IMPACT*

Tedy Pramudya Laksana

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: tedypramudya.22029@mhs.unesa.ac.id

Mochamad Arif Irfa'i

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: arifirfai@unesa.ac.id

Abstrak

Komposit merupakan material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih bahan dengan karakteristik mekanik yang berbeda sehingga menghasilkan sifat yang lebih unggul. Penelitian ini mengkaji komposit *hybrid* berpenguat serat karbon dan serat nanas sebagai alternatif material dashboard mobil. Serat nanas dipilih karena melimpah di Indonesia dan berpotensi sebagai penguat alami, sedangkan serat karbon digunakan karena memiliki kekuatan mekanik yang tinggi. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi susunan lamina terhadap kekuatan *bending* dan *impact* pada komposit *hybrid* bermatriks resin epoksi. Metode yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan variasi susunan lamina. Proses fabrikasi dilakukan menggunakan metode *vacuum infusion* untuk memperoleh distribusi resin yang merata dan meminimalkan cacat. Pengujian *bending* dan *impact* dilaksanakan sesuai standar ASTM D790 dan ASTM D5942-96. Hasil penelitian menunjukkan bahwa susunan lamina berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit *hybrid*. Kekuatan *bending* tertinggi diperoleh pada variasi 4 dengan susunan karbon–nanas–karbon–nanas sebesar 81,8304 MPa, sedangkan nilai terendah diperoleh pada variasi 2 sebesar 37,6565 MPa. Kekuatan *impact* tertinggi juga diperoleh pada variasi 4 sebesar 0,12277 J/mm², sedangkan nilai terendah terdapat pada variasi 2 sebesar 0,05601 J/mm². Hasil tersebut menunjukkan bahwa penempatan serat karbon pada lapisan luar mampu meningkatkan kemampuan komposit dalam menahan beban mekanik.

Kata Kunci: komposit *hybrid*, serat karbon, serat nanas, uji *bending*, uji *impact*.

Abstract

A composite is a material formed by combining two or more materials with different mechanical characteristics to produce superior properties. This study examines a hybrid composite reinforced with carbon fiber and pineapple fiber as an alternative material for car dashboards. Pineapple fiber was chosen because it is abundant in Indonesia and has potential as a natural reinforcing material, while carbon fiber was used because of its high mechanical strength. This study aims to analyze the effect of variations in laminate configuration on the bending and impact strengths of hybrid composites with an epoxy resin matrix. The method used was a quantitative experiment with variations in laminate configuration. The fabrication process was carried out using the vacuum infusion method to achieve uniform resin distribution and minimize defects. Bending and impact tests were conducted in accordance with ASTM D790 and ASTM D5942-96 standards. The results of the study indicate that the laminate arrangement affects the mechanical properties of the hybrid composite. The highest bending strength was obtained in variation 4 with a carbon–pineapple–carbon–pineapple arrangement at 81.8304 MPa, while the lowest value was obtained in variation 2 at 37.6565 MPa. The highest impact strength was also obtained in variation 4 at 0.12277 J/mm², while the lowest value was found in variation 2 at 0.05601 J/mm². These results indicate that placing carbon fibers in the outer layers enhances the composite's ability to withstand mechanical loads.

Keywords: hybrid composite, carbon fiber, pineapple fiber, bending test, impact test.

PENDAHULUAN

Perkembangan material komposit terus mengalami kemajuan di berbagai sektor industri, khususnya di industri otomotif, seperti pada penggunaan material untuk dashboard mobil. Perkembangan material penyusun dashboard mobil saat ini menjadi perhatian dalam penelitian di bidang otomotif. Pada umumnya, dashboard kendaraan dibuat menggunakan material sintesis berupa plastik polimer. Seiring kemajuan teknologi, penggunaan material tersebut mulai dikembangkan dengan memadukan bahan alami, seperti serat alam, kayu, maupun material daur ulang dalam proses pembuatannya. Penggunaan bahan alternatif ini bertujuan untuk mengurangi

dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh material sintesis sekaligus meningkatkan kualitas dan performa dashboard mobil. Pemilihan material yang tepat sangat berpengaruh terhadap kualitas dashboard, kenyamanan, dan keselamatan pengemudi (Annisa & Mahyudin, 2025).

Komposit merupakan material yang tersusun dari perpaduan dua atau lebih bahan berbeda yang memiliki karakteristik mekanik masing-masing, sehingga menghasilkan struktur material yang tidak homogen (Zulkifli dkk., 2018).

Serat pada material komposit secara umum terbagi menjadi dua jenis, yaitu serat alami dan serat sintesis. Serat alami banyak dipilih sebagai penguat komposit polimer karena lebih mudah didapat, harganya murah,

mudah diproses, ringan, dan ramah lingkungan (Siagian *et al.*, 2024). Salah satu contoh serat alami yang potensial adalah serat nanas yang berasal dari daun tanaman nanas (*Ananas comosus*). Daun nanas berbentuk panjang dan runcing dengan warna hijau kehitaman serta memiliki duri tajam di bagian tepinya (Dahlan *et al.*, 2018).

Serat karbon adalah serat sintetis yang memiliki kekuatan *bending* dan kekuatan *impact* yang tinggi. Serat ini juga ringan, memiliki koefisien ekspansi termal rendah, dan banyak digunakan di berbagai industri (Samudra *et al.*, 2023). Serat karbon memiliki beberapa keunggulan, seperti tahan terhadap korosi, mudah dibentuk, memiliki bobot ringan, serta kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan logam, sehingga sangat sesuai digunakan sebagai bahan penguat pada komposit polimer berbasis serat sintetis (Umam & Arif Irfa'i, 2019). Namun, kekurangan utamanya harganya yang cukup mahal (Rahmatulloh & Irfa'i, 2020).

Dalam penelitian ini menggunakan alat *vacuum infusion*, yaitu metode yang digunakan untuk proses pembuatan cetakan dengan cara menghisap udara dari plastik yang berisi bahan komposit. Setelah udara terhisap, resin yang telah dicampur kemudian dimasukkan ke dalam wadah dan dialirkan melalui selang hingga mengalir otomatis ke dalam plastik yang telah divakum oleh pompa. Selain itu, digunakan juga *bagging film* sebagai penutup seluruh cetakan. *Bagging film* ini dipasang menggunakan *sealant tape* khusus untuk mencegah kebocoran selama proses berlangsung (Wisnujati & Yudhanto, 2018).

Bersumber pada hal-hal tersebut, penelitian mengenai pengaruh susunan lamina pada komposit *hybrid* berbahan serat karbon dan serat nanas menjadi penting untuk dilakukan. Oleh sebab itu, penelitian ini berfokus pada analisis karakteristik mekanik komposit tersebut melalui pengujian *bending* dan *impact* untuk diaplikasikan pada *dashboard* mobil. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan inovasi material untuk *dashboard* mobil yang memiliki kekuatan mekanik tinggi, ramah lingkungan, serta ringan sehingga mendukung efisiensi energi dan kenyamanan berkendara.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggabungkan dua pendekatan, yakni metode kuantitatif dan eksperimental, karena dianggap paling tepat untuk mengevaluasi pengaruh variasi susunan lamina serat karbon dan serat nanas terhadap sifat mekanik komposit. Menurut Sugiyono, metode penelitian eksperimen kuantitatif adalah pendekatan yang digunakan untuk mengevaluasi pengaruh suatu perlakuan terhadap objek penelitian, dengan membandingkan kelompok eksperimen dalam kondisi yang terkendali. Data dikumpulkan dalam format numerik dan dianalisis menggunakan metode statistik (Sugiyono, 2019).

Tempat dan Waktu Penelitian

- Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengecoran, Gedung A.8 Lantai 1, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

- Waktu Penelitian

Waktu yang digunakan untuk mengerjakan penelitian dimulai pada Juni 2025 – Juni 2026 hingga segala data dan analisa yang dibutuhkan terpenuhi.

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas

Dalam penelitian ini, variabel bebas yang digunakan adalah variasi susunan lamina yang terdiri dari serat nanas dan serat karbon diantaranya:

1. Karbon-Nanas-Nanas-Karbon
2. Nanas-Karbon-Karbon-Nanas
3. Nanas-Karbon-Nanas-Karbon
4. Karbon-Nanas-Karbon-Nanas

- Variabel Terikat

1. Uji *Bending*.
2. Uji *Impact*.

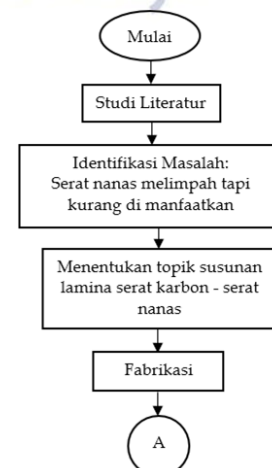
- Variabel Kontrol

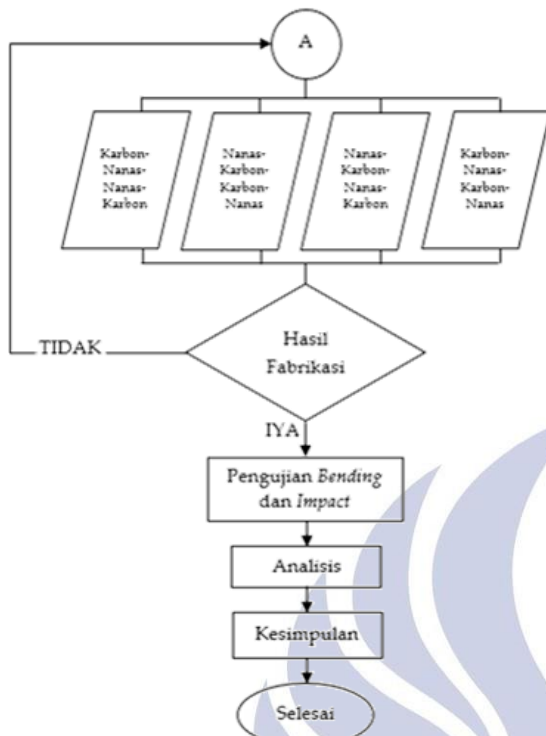
1. Resin *epoxy* digunakan sebagai bahan matriks
2. Serat disusun sebanyak 4 lapis
3. Menggunakan metode *vacuum infusion*
4. Standart uji *bending* ASTM D790
5. Standart uji *impact* ASTM D 5942-96

Teknik Pengumpulan Data

- *Pre-Processing*
 - Studi literatur dan identifikasi variabel
 - Pengumpulan data serat dan spesifikasi serat
- *Processing*
 - Simulasi fabrikasi *vacuum infusion*
 - Analisis hasil simulasi dan penentuan ketebalan
 - Uji eksperimen susunan lamina
- *Post Processing*
 - Validasi hasil

Flow Chart Penelitian





Gambar 1 Flow Chart Penelitian

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh melalui pendekatan ini memiliki tingkat validitas yang tinggi dan menjadi dasar dalam penarikan kesimpulan penelitian. Proses analisis data dilakukan secara cermat untuk menilai tingkat keberhasilan serta pengaruh perlakuan terhadap variabel yang diteliti.

Data yang diperoleh setelah pengujian dihitung menurut persamaan sesuai dengan standart ASTM.

1. Uji *Bending*

1. Energi Serap

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Keterangan:

σ = Kekuatan *bending* (N/mm² = Mpa)

F = Beban (N)

L = Panjang spesimen uji (mm)

b = Lebar spesimen uji (mm)

d = Ketebalan spesimen uji (mm)

2. Uji *Impact*

2. Energi Serap

$$W = m.g.R (\cos\beta - \cos\alpha)$$

Keterangan:

W = Energi yang diserap benda uji (J)

m = Berat Pendulum (N)

g = Gravitasi bumi

R = Jarak pendulum ke pusat rotasi (m)

β = Sudut pendulum setelah tabrak benda uji

α = Sudut pendulum tanpa benda uji (o)

3. Kekuatan *Impact*

$$I = \frac{W}{bi \times hi}$$

Keterangan:

I = Kekuatan *impact* (J/mm)

W = Energi terserap benda uji (J)

bi = Lebar benda uji *impact* (mm)

hi = Tebal benda uji *impact* (mm)

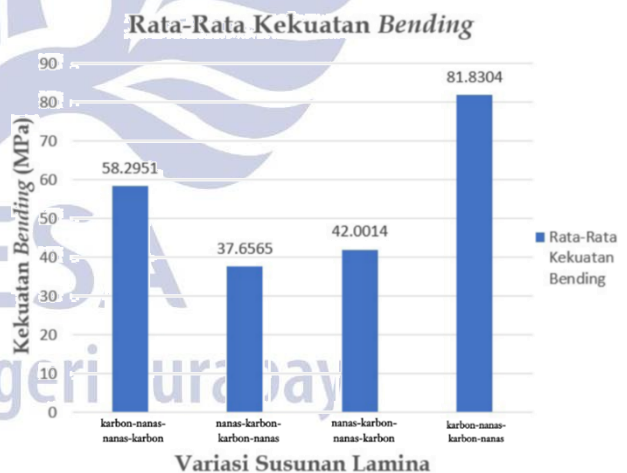
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian *Bending*

Tabel 1 Data Hasil Pengujian *Bending*

No	Variasi	Note	Beban Maks (Kg)	Beban Maks (N)	Tegangan <i>Bending</i> (MPa)
1	Karbon-Nanas-Nanas-Karbon	1.1	10,2	100,062	55,3985
		1.2	10,8	105,948	58,6572
		1.3	11,2	109,872	60,8297
		Rata-Rata	10,7	105,294	58,2951
2	Nanas-Karbon-Karbon-Nanas	2.1	7,4	72,594	40,1910
		2.2	6,6	64,746	35,8460
		2.3	6,8	66,708	36,9323
		Rata-Rata	6,9	68,016	37,6565
3	Nanas-Karbon-Nanas-Karbon	3.1	8,2	80,442	44,5360
		3.2	7,6	74,556	41,2773
		3.3	7,4	72,594	40,1910
		Rata-Rata	7,7	75,864	42,0014
4	Karbon-Nanas-Karbon-Nanas	4.1	14,6	143,226	79,2958
		4.2	14,8	145,188	80,3821
		4.3	15,8	154,998	85,8133
		Rata-Rata	15,06	147,804	81,8304

Pada tabel 1 memberikan informasi perbedaan variasi terhadap susunan lamina, beban maks dan tegangan *bending*.



Gambar 2 Diagram Rata-Rata Kekuatan *Bending*

Berdasarkan Diagram 2, setiap variasi susunan lamina komposit *hybrid* serat karbon-serat nanas menunjukkan nilai kekuatan *bending* yang berbeda. Variasi dengan susunan karbon-nanas-karbon-nanas memperoleh nilai kekuatan *bending* tertinggi, yang menunjukkan bahwa susunan tersebut memiliki kemampuan paling baik dalam menahan pembebanan lentur. Kondisi ini dipengaruhi oleh penempatan serat karbon pada lapisan terluar, sehingga lapisan tersebut menerima tegangan tarik dan tekan terbesar selama proses pembebanan. Posisi serat karbon tersebut memungkinkan distribusi tegangan berlangsung lebih

efektif sehingga kemampuan komposit dalam menahan beban menjadi lebih tinggi. Hasil pengamatan setelah pengujian juga menunjukkan bahwa spesimen hanya mengalami lendutan disertai retak awal pada matriks (*matrix cracking*) tanpa mengalami patah secara keseluruhan. Hal ini mengindikasikan bahwa lapisan serat karbon masih mampu mempertahankan integritas struktur komposit dan memperlambat penyebaran retak selama pengujian berlangsung.

Sebaliknya, variasi dengan susunan nanas–karbon–karbon–nanas menghasilkan nilai kekuatan *bending* paling rendah. Hal tersebut disebabkan oleh lapisan terluar yang didominasi serat nanas, sehingga kemampuan spesimen dalam menahan tegangan tarik dan tekan lebih rendah dibandingkan apabila menggunakan serat karbon pada bagian luar. Berdasarkan hasil pengamatan, spesimen pada variasi ini mengalami lendutan yang lebih besar disertai retak pada daerah pembebanan, sehingga kemampuan menahan beban lentur menurun lebih cepat. Sementara itu, dua variasi susunan lamina lainnya menghasilkan nilai kekuatan *bending* yang berada di antara kedua variasi tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa urutan penyusunan lapisan serat berpengaruh terhadap distribusi tegangan dan mekanisme kerusakan selama pembebanan. Oleh karena itu, penggunaan serat karbon pada lapisan terluar terbukti lebih efektif dalam meningkatkan kekuatan *bending* sekaligus memperlambat perkembangan retak pada komposit *hybrid*.



Gambar 3 Material *Bending* Sebelum Diuji

Selanjutnya, variasi dengan susunan karbon–nanas–nanas–karbon menempati posisi kedua dengan nilai rata-rata kekuatan *bending* sebesar 58,2951 MPa. Kemudian, susunan nanas–karbon–nanas–karbon berada pada urutan berikutnya dengan nilai rata-rata kekuatan *bending* sebesar 42,0014 MPa. Sementara itu, variasi nanas–karbon–karbon–nanas menghasilkan nilai kekuatan *bending* paling rendah yaitu sebesar 37,6565 MPa dibandingkan dengan variasi susunan lamina lainnya.



Gambar 4 Material *Bending* Sesudah Diuji

Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan urutan penyusunan lamina memberikan pengaruh terhadap karakteristik mekanik komposit, terutama pada kemampuan material dalam menerima beban *bending*. Susunan karbon–nanas–karbon–nanas memiliki performa mekanik paling baik, sedangkan susunan nanas–karbon–karbon–nanas menunjukkan kemampuan menahan beban lentur yang paling rendah.

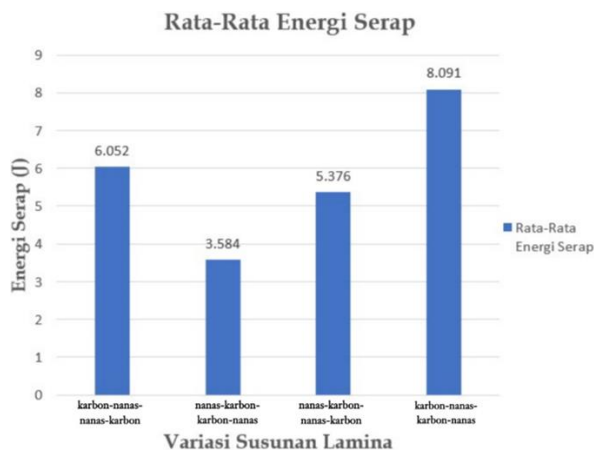
Oleh karena itu, keunggulan susunan karbon–nanas–karbon–nanas pada pengujian *bending* disebabkan oleh posisi serat karbon yang berada pada lapisan luar komposit (Hashim dkk., 2021). Pada saat proses pembebanan *bending* berlangsung, bagian terluar mengalami tegangan tarik dan tekan terbesar sehingga membutuhkan material dengan kekuatan serta kekakuan tinggi. Serat karbon memiliki sifat mekanik yang lebih unggul sehingga mampu menahan tegangan tersebut secara lebih efektif. Selain itu, keberadaan serat nanas pada lapisan bagian dalam berperan dalam membantu mendistribusikan beban serta mengurangi konsentrasi tegangan yang terjadi di dalam material. Kondisi tersebut menyebabkan penyebaran tegangan menjadi lebih merata, memperlambat terjadinya kerusakan, serta meningkatkan kemampuan komposit dalam menahan beban lentur dibandingkan variasi susunan lainnya.

Hasil Pengujian *Impact*

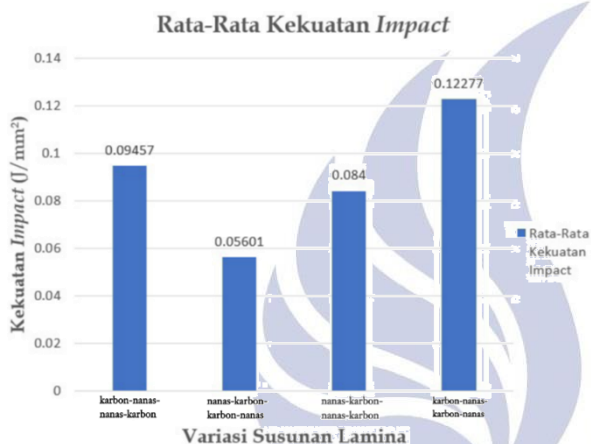
Tabel 2 Data Hasil Pengujian *Impact*

No	Variasi	Note	Sudut Awal (α)	Sudut Akhir (β)	Luas Penampang (mm^2)	Energi Serap (J)	Kekuatan <i>Impact</i> (J/mm 2)
1	Karbon-Nanas-Nanas-Karbon	1.1	120,0	111,8	64	6,487	0,101036
		1.2	120,0	111,5	64	5,916	0,09244
		1.3	120,0	112,7	64	5,753	0,0899
		Rata-Rata	120,0	112,3	64	6,052	0,09457
2	Nanas-Karbon-Karbon-Nanas	2.1	120,0	114,7	64	4,142	0,06472
		2.2	120,0	115,7	64	3,345	0,05228
		2.3	120,0	115,8	64	3,266	0,05104
		Rata-Rata	120,0	115,4	64	3,584	0,05601
3	Nanas-Karbon-Nanas-Karbon	3.1	120,0	113,8	64	4,864	0,076
		3.2	120,0	112,7	64	5,753	0,0899
		3.3	120,0	113	64	5,510	0,0861
		Rata-Rata	120,0	113,1	64	5,376	0,084
4	Karbon-Nanas-Karbon-Nanas	4.1	120,0	110,7	64	7,389	0,011546
		4.2	120,0	110,2	64	7,801	0,1219
		4.3	120,0	109,5	64	8,381	0,13096
		Rata-Rata	120,0	110,1	64	8,091	0,12277

Pada tabel 2 memberikan informasi perbedaan variasi terhadap susunan lamina, sudut akhir, energi serap dan kekuatan *impact*.



Gambar 5 Diagram Rata-Rata Energi Serap



Gambar 6 Diagram Rata-Rata Kekuatan Impact

Berdasarkan hasil pengujian *impact* pada Diagram 5 dan 6, variasi susunan lamina pada komposit *hybrid* serat karbon–nanas menunjukkan adanya pengaruh terhadap nilai energi serap dan kekuatan *impact* yang dihasilkan. Susunan lapisan pada komposit berperan dalam menentukan kemampuan material untuk menerima beban kejut serta menyerap energi akibat pembebanan *impact*.



Gambar 7 Material *Impact* Sebelum Diuji

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi 4 dengan susunan karbon–nanas–karbon–nanas memiliki performa *impact* terbaik, dengan nilai rata-rata energi serap sebesar 8,091 J dan kekuatan *impact* sebesar 0,12277 J/mm². Selanjutnya, variasi susunan

karbon–nanas–nanas–karbon menghasilkan nilai energi serap sebesar 6,052 J dengan kekuatan *impact* 0,09457 J/mm². Kemudian, susunan nanas–karbon–nanas–karbon memperoleh nilai energi serap sebesar 5,376 J dan kekuatan *impact* sebesar 0,084 J/mm². Sementara itu, susunan nanas–karbon–karbon–nanas menunjukkan nilai terendah dengan energi serap sebesar 3,584 J dan kekuatan *impact* sebesar 0,05601 J/mm².



Gambar 8 Material *Impact* Sesudah Diuji

Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa urutan susunan lamina memiliki pengaruh terhadap kemampuan komposit *hybrid* dalam menyerap energi benturan dan menahan beban *impact*. Penempatan serat karbon pada lapisan luar menghasilkan kemampuan penahanan *impact* yang lebih baik dibandingkan susunan lainnya, sehingga variasi karbon–nanas–karbon–nanas memiliki karakteristik mekanik paling unggul dalam pengujian *impact*, sedangkan susunan nanas–karbon–karbon–nanas menunjukkan kemampuan performa mekanik yang paling rendah.

Oleh karena itu, keunggulan susunan karbon–nanas–karbon–nanas pada pengujian *impact* dipengaruhi oleh penempatan serat karbon pada lapisan luar komposit (Hashim dkk., 2021). Saat proses pengujian *impact* berlangsung, lapisan terluar material menjadi bagian pertama yang menerima beban kejut, sehingga diperlukan material dengan kekuatan dan ketahanan terhadap beban kejut yang tinggi. Serat karbon yang memiliki sifat mekanik lebih baik mampu menahan beban kejut serta menyerap energi benturan secara lebih efektif (Umam & Arif Irfa'i, 2019). Selain itu, keberadaan serat nanas pada lapisan bagian dalam membantu mendukung distribusi beban dan mengurangi terjadinya pemusatan tegangan pada material. Kombinasi kedua jenis serat tersebut menyebabkan energi benturan dapat terserap lebih optimal, sehingga kerusakan pada komposit dapat diminimalkan dan kemampuan material dalam menahan beban *impact* menjadi lebih baik dibandingkan variasi susunan lainnya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian *bending* yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa variasi susunan lamina pada komposit *hybrid* berpenguat serat karbon–serat nanas berpengaruh terhadap nilai kekuatan lentur material. Susunan karbon–nanas–karbon–nanas (variasi 4) menghasilkan kekuatan *bending* tertinggi sebesar 81,8304 MPa karena serat karbon di lapisan luar (*skin*) efektif menahan tegangan maksimum. Sebaliknya, susunan nanas–karbon–karbon–nanas (variasi 2) mencatat nilai terendah sebesar 37,6565 MPa akibat dominasi serat alam berkarakteristik kaku rendah pada permukaan luar.

Hasil pengujian *impact* juga menunjukkan bahwa variasi susunan lamina juga berpengaruh terhadap kemampuan komposit *hybrid* dalam menyerap energi akibat beban kejut. Susunan karbon–nanas–karbon–nanas (variasi 4) menunjukkan ketahanan terbaik dengan nilai kekuatan *impact* 0,12277 J/mm². Sementara itu, kekuatan *impact* terendah ada pada susunan nanas–karbon–karbon–nanas (variasi 2) dengan nilai 0,05601 J/mm².

Kombinasi kekuatan *bending* 81,8304 MPa dan kekuatan *impact* 0,12277 J/mm² pada variasi ini dinilai berpotensi memenuhi standar struktural interior kendaraan yang membutuhkan aspek kekuatan sekaligus proteksi benturan.

SARAN

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan lebih banyak variasi susunan serat agar dapat diketahui secara lebih mendalam pengaruh perbedaan susunan lamina terhadap karakteristik dan sifat mekanik komposit *hybrid*.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi fraksi volume serat dan resin untuk mengetahui komposisi optimum yang dapat menghasilkan kekuatan mekanik maksimum sekaligus efisiensi material.
3. Pengujian mikrostruktur menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) disarankan untuk dilakukan pada penelitian berikutnya untuk mengetahui karakteristik permukaan patahan, mekanisme kerusakan material, kualitas ikatan antara serat dan matriks, serta penyebaran resin pada komposit *hybrid*.

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, H. F., & Mahyudin, A. (2025). Pengaruh Fraksi Volume Serat Pinang dan Serat Rami Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Hibrid Sebagai Bahan Dasar Dashboard Mobil. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, 14(1), 68–74.
<https://doi.org/10.25077/jfu.14.1.68-74.2025>.

- Dahlan, H., Islahuddin, I., & Rusli, M. (2018). Kaji Eksperimental Sifat Mekanik Pipa Material Komposit Polyester Berpenguat Serat Daun Nanas. *METAL: Jurnal Sistem Mekanik Dan Termal*, 2(1), 15–20.

- Hashim, M. K. R., Abdul Majid, M. S., Jamir, M. R. M., Kasim, F. H., & Sultan, M. T. H. (2021). *The Effect Of Stacking Sequence And Ply Orientation On The Mechanical Properties Of Pineapple Leaf Fibre (PALF)/Carbon Hybrid Laminate Composites*. *Polymers*, 13(3), 455.

- Rahmatulloh, A. G., & Irfa'i, M. A. (2020). Pengaruh Fraksi Volume Komposit Hybrid Dengan Penguat Serat Rami Dan Serat Karbon Bermatriks Polyester Terhadap Kekuatan Bending Dan Kekuatan Tarik. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), 61–66.

- Samudra, E. W., Setiawan, F., & Wicaksono, D. (2023). Pengujian Keausan Material Komposit Serat Karbon Pada Fuselage Uav Skywalker 1900. *Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 9(2), 223–230.

- Sasmito, C. P. (2024). Karakteristik Komposit Hybrid Dengan Matriks Tunggal Epoxy Menggunakan Serat Rami Dan Serat Karbon Sebagai Penguat. 4–6.

- Siagian, D. E. N., & Putra, M. H. S. (2024). Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan / Natural Fiber as an Environmentally Friendly Composite Material. *Civeng*, 5(1), 55–60.

- Sugiyono. (2019). Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D (p.).

- Umam, A. F., & Irfa'i, M. A. (2019). Studi Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Berpenguat Serat Karbon. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(1), 67–72.

- Wisnujati, A., & Yudhanto, F. (2018). Analisis Kekuatan Mekanik Exhaust Cover Komposit Hybrid untuk Sepeda Motor dengan Metode Vacuum Infusion. *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, 7(1), 48–56.
 URL:
<http://ojs.ummctro.ac.id/index.php/turbo>.

- Zulkifli, Hermansyah, H., & Mulyanto, S. (2018). Analisa Kekuatan Tarik Dan Bentuk Patahan Komposit Serat Sabuk Kelapa Bermatriks Epoxy terhadap Variasi Fraksi Volume Serat. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 6(2), 90–95.