

PENGARUH SUSUNAN LAMINA KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT KARBON-PELEPAH PISANG TERHADAP UJI *BENDING* DAN UJI GESER

Wisnu Putra Wardhana

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: wisnu.22042@mhs.unesa.ac.id

Mochamad Arif Irfa'i

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: arifirfai@unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan material komposit saat ini membuka peluang untuk menghadirkan papan *skateboard* yang kuat dan ramah lingkungan dibandingkan material konvensional yang terbuat dari kayu lapis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh susunan lamina komposit *hybrid* serat karbon dan serat pelepah pisang terhadap kekuatan *bending* dan kekuatan geser untuk aplikasi papan *skateboard*. Komposit dibuat menggunakan metode *Vacuum Infusion* untuk memperoleh distribusi resin yang merata dan meminimalkan cacat struktur. Spesimen disusun dalam empat variasi susunan lamina yang berbeda antara serat karbon dan serat pelepah pisang. Pengujian sifat mekanik dilakukan melalui uji *bending* menggunakan metode *three point bending* dan uji geser menggunakan metode *V-notched beam shear test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa susunan lamina berpengaruh signifikan terhadap performa mekanik komposit. Kekuatan *bending* tertinggi diperoleh pada variasi dengan susunan serat pelepah pisang–serat karbon–serat pelepah pisang–serat karbon dengan nilai tegangan *bending* sebesar 133,970 MPa, sedangkan nilai terendah diperoleh pada variasi dengan serat pelepah pisang di lapisan luar. Kekuatan geser tertinggi diperoleh pada variasi dengan susunan serat karbon pada lapisan luar dan serat pelepah pisang pada lapisan dalam dengan nilai tegangan geser sebesar 35,32 MPa. Perbedaan hasil ini disebabkan oleh peran serat karbon yang lebih efektif dalam menahan tegangan ketika ditempatkan pada lapisan terluar. Berdasarkan hasil tersebut, susunan lamina dengan serat karbon di bagian luar direkomendasikan untuk meningkatkan kekuatan *bending* dan geser papan *skateboard* berbasis komposit *hybrid*.

Kata Kunci: komposit *hybrid*, serat pelepah pisang, uji *bending*, uji geser, *vacuum infusion*

Abstract

The development of composite materials has created opportunities to produce skateboard decks that are stronger and more environmentally friendly than conventional laminated wood materials. This study aims to analyze the effect of hybrid composite lamina stacking sequences of carbon fiber and banana stem fiber on bending strength and shear strength for skateboard deck applications. The composites were fabricated using the Vacuum Infusion method to ensure uniform resin distribution and minimize structural defects. Specimens were arranged in four different lamina stacking variations combining carbon fiber and banana stem fiber. Mechanical properties were evaluated through bending tests using the three-point bending method and shear tests using the V-notched beam shear test. The results indicate that the lamina stacking sequence has a significant effect on the mechanical performance of the composite. The highest bending strength was obtained from the stacking sequence of banana stem fiber–carbon fiber–banana stem fiber–carbon fiber, with a bending stress value of 133.970 MPa, while the lowest value was observed in the variation with banana stem fiber on the outer layers. The highest shear strength was achieved in the configuration with carbon fiber on the outer layers and banana stem fiber on the inner layers, resulting in a shear stress of 35.32 MPa. These differences are attributed to the more effective role of carbon fiber in resisting stress when placed on the outer layers. Based on these findings, lamina stacking sequences with carbon fiber on the outer surfaces are recommended to enhance the bending and shear strength of hybrid composite skateboard decks.

Keywords: hybrid composite, banana fiber, bending test, shear test, vacuum infusion

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi material telah mendorong upaya pengembangan material alternatif yang memiliki bobot ringan namun tetap memiliki kekuatan tinggi untuk berbagai keperluan aplikasi (Firmansyah dkk., 2018). Dalam pembuatan papan *skateboard*, tradisionalnya, papan terbuat dari kayu lapis (*plywood*) yang memiliki keterbatasan dalam kekuatan mekanik (Borysiuk dkk., 2015). Oleh karena itu, material komposit mulai banyak dikembangkan sebagai solusi karena karakteristik mekaniknya dapat direkayasa dan disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi tertentu (Prasetya & Sukma, 2024).

Material komposit didefinisikan sebagai material hasil penggabungan dua atau lebih bahan yang memiliki karakteristik berbeda, dengan tujuan memperoleh sifat mekanik yang lebih unggul dibandingkan masing-masing material penyusunnya (Shaleh dkk., 2023). Secara garis besar, material komposit dapat diklasifikasikan menjadi komposit berbasis material sintetis dan komposit berbasis material alam. Salah satu pengembangannya adalah komposit *hybrid*, yaitu komposit yang memadukan kedua jenis penguat tersebut dalam satu sistem matriks untuk memperoleh peningkatan kinerja mekanik, termal, maupun sifat fungsional lainnya dibandingkan dengan komposit non-*hybrid* (Feriyanto dkk., 2022).

Serat karbon adalah material yang terbuat dari 90% *Poliakrilonitril* dan 10% *Rayon* atau *Petroleum Pitch* (Roszaini & Othman, 2023). Material ini dikenal memiliki kombinasi kekuatan dan ketangguhan yang tinggi dengan massa jenis yang rendah, sehingga sangat sesuai digunakan pada aplikasi struktural yang memerlukan material ringan namun kuat, seperti papan *skateboard* (Prasetya & Sukma, 2024).

Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat, produksi buah pisang di Indonesia mencapai 9,335 juta ton pada 2023 (BPS, 2024). Akan tetapi, untuk bagian pelepah pisang saat ini belum dapat dimanfaatkan secara optimal dan akan menjadi limbah yang tidak terpakai (Fiatul dkk., 2023). Serat pelepah pisang merupakan serat yang mempunyai sifat mekanik yang baik yakni kekuatan tarik rata-rata mencapai 600 MPa, dengan modulus tarik sekitar 17,85 GPa. Serat pelepah pisang mempunyai densitas hanya 1,35 gr/cm³, kandungan selulosanya 63-64% dengan kandungan lignin rendah ~5 % (Sembodo, 2013).

Pengaturan susunan serat yang sesuai berperan penting dalam meningkatkan karakteristik mekanik material komposit. Salah satu konfigurasi yang umum diterapkan dalam pembuatan komposit adalah penggunaan susunan lamina. Lamina merupakan satu lapisan yang terdiri atas matriks dan material penguat yang tersusun secara terintegrasi. Proses penggabungan beberapa lapisan lamina hingga membentuk struktur berlapis dikenal sebagai proses laminasi. Jenis komposit berlapis ini banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang teknologi dan aplikasi industri karena kemampuannya dalam memenuhi kebutuhan sifat mekanik tertentu (Fikran dkk., 2022).

Dalam Proses fabrikasi komposit, *Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI)* menjadi salah satu teknik yang banyak diterapkan karena tingkat efisiensinya yang tinggi. Distribusi resin yang merata, mengurangi kandungan *void* hingga di bawah 2%, dan meningkatkan homogenitas struktur hingga 90% dibandingkan metode konvensional seperti *hand lay-up* (Grisin dkk., 2024). Selain keunggulan dari sisi kualitas material, proses *VARI* juga bersifat lebih ramah lingkungan karena sistemnya yang tertutup dapat meminimalkan pelepasan zat kimia ke lingkungan sekitar (Abdurohman dkk., 2023).

Dalam pemakaiannya, papan *skateboard* mengalami berbagai jenis pembebanan, terutama ketika digunakan untuk melakukan manuver atau trik tertentu. Kondisi ini menyebabkan material papan harus mampu menahan gaya lentur, sehingga pengujian *bending* menjadi salah satu metode yang penting untuk menilai ketahanan struktur material terhadap beban lentur tersebut (Gautama dkk., 2022). Selain beban lentur, papan *skateboard* juga mengalami gaya geser yang cukup signifikan, khususnya saat melakukan trik seperti slide. Tegangan geser yang terjadi dapat memicu terjadinya delaminasi pada struktur material, yang pada akhirnya berpengaruh terhadap kekuatan dan keandalan struktur papan secara keseluruhan (Firmansyah dkk., 2022).

Bersumber pada hal-hal tersebut, maka butuh terdapatnya riset pengaruh susunan lamina komposit *hybrid* serat karbon - serat pelepah pisang terhadap uji *bending* dan geser untuk aplikasi papan *skateboard*. Penelitian ini diharapkan dapat mengevaluasi potensi serat

pelepah pisang sebagai komposit untuk penerapan papan *skateboard*, serta pemanfaatan sumber daya yang melimpah dari serat pelepah pisang.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menerapkan metode eksperimental sebagai dasar pelaksanaannya. Menurut Ratminingsih (2010) penelitian eksperimental adalah penelitian yang mencari hubungan kausal (sebab-akibat) dari satu perlakuan (variabel bebas) terhadap variabel lain (variabel terikat), di mana dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah variasi susunan lamina, sedangkan variabel terikatnya meliputi kekuatan *bending* dan kekuatan geser.

Tempat dan Waktu Penelitian

- Lokasi Penelitian
Tempat Manufaktur dilakukan di Laboratorium Pengecoran Gedung A.8 lantai 1, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Untuk pengujian *Bending* dan Geser dilakukan di Gedung Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang.
- Waktu Penelitian
Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2025 hingga Desember 2025.

Variabel Penelitian

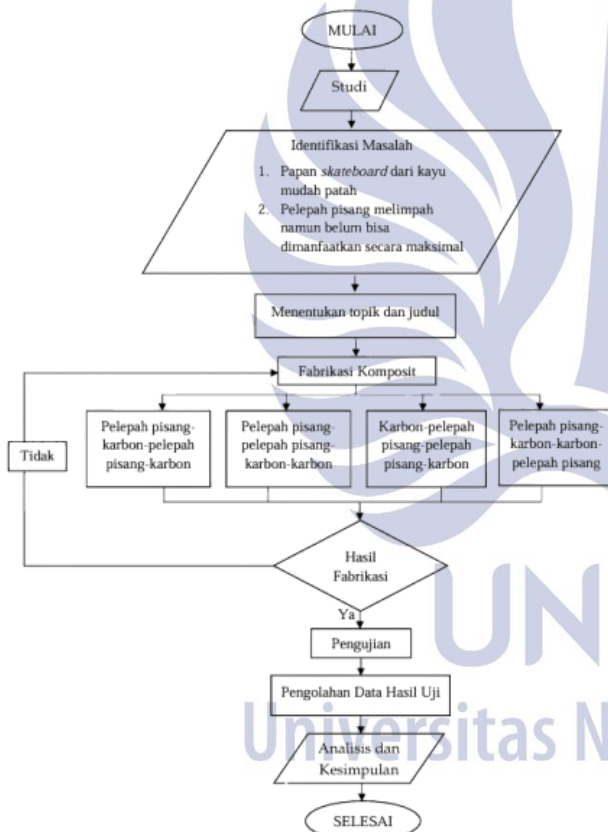
- Variabel Bebas
Pada penelitian ini menggunakan variabel bebas variasi susunan lamina serat karbon dan serat pelepah pisang. Variasi susunan lamina terdiri dari: Variasi 1 (Serat pelepah pisang-serat karbon-serat pelepah pisang-serat karbon). Variasi 2 (Serat pelepah pisang-serat pelepah pisang-serat karbon-serat karbon). Variasi 3 (Serat karbon-serat pelepah pisang-serat pelepah pisang-serat karbon). Variasi 4 (Serat pelepah pisang-serat karbon-serat karbon-serat pelepah pisang).
- Variabel Terikat
 - Uji *Bending*
 - Uji Geser
- Variabel Kontrol
 - Menggunakan matriks epoxy.
 - Susunan lamina berjumlah 4 lapis.
 - Perlakuan serat menggunakan NaOH 5% selama 30 menit.
 - Dimensi cetakan spesimen uji *Bending* memiliki panjang 125 mm, lebar 38,1 mm.
 - Dimensi cetakan spesimen uji geser memiliki panjang 76 mm, lebar 60 mm.
 - Proses fabrikasi menggunakan metode VARI.
 - Sudut orientasi serat adalah 0° dan 90° (Nurdiansyah dkk., 2021).
 - Mesin VARI menggunakan tenaga 1 hp.

- Standart uji geser menggunakan ASTM D5379 dan standart uji *Bending* menggunakan ASTM D790.

Teknik Pengumpulan Data

- *Pre-Processing*
 - Studi Literatur dan Identifikasi Variabel
 - Pengumpulan Data Serat dan Spesifikasi Serat
- *Processing*
 - Simulasi fabrikasi *vacuum infusion*
 - Pembuatan spesimen sesuai variasi yang telah ditentukan
 - Pengujian *bending* ASTM D790, dan pengujian geser ASTM D5379
- *Post Processing*
 - Validasi hasil

Flow Chart Penelitian



Gambar 1 Flowchart Penelitian

Teknik Analisa Data

Data yang diambil melalui metode ini merupakan data yang valid..

- Rumus Tegangan *Bending*

$$\sigma = \frac{3PL}{2b \cdot a^2}$$

Keterangan

σ = Tegangan *Bending* (MPa)

P = Beban /Load (N)

L = Panjang *Span* / *Support span* (mm)

b = Lebar/ *Width* (mm)

d = Tebal / *Depth* (mm)

- Rumus Tegangan Geser

$$\tau = \frac{P}{ct}$$

Keterangan

τ = Tegangan geser maksimal (MPa)

P = Beban geser maksimal (N)

c = Jarak antar *V-notched* (mm)

t = Ketebalan specimen (mm)

- Perhitungan Masing-masing Bahan

$$V_f = V_{\text{serat}} \% \times V_{\text{cetak}}$$

$$M_f = \rho_f \times V_f$$

$$V_m = V_m \% \times V_{\text{cetak}}$$

Keterangan :

V_f = Volume serat (cm³)

$V_{\text{serat}} \%$ = Volume serat (%)

V_{cetak} = Volume cetakan (cm³)

M_f = Massa serat (gr)

ρ_f = Massa jenis serat (gr/cm³)

V_m = Volume resin (cm³)

$V_m \%$ = Volume resin (%)

$$V_{pp} = \frac{V_{pp} \%}{100 \%} \times V_f$$

$$V_k = \frac{V_k \%}{100 \%} \times V_f$$

Keterangan :

V_{pp} = Volume serat pelepah pisang (cm³)

$V_{pp} \%$ = Volume serat pelepah pisang (%)

V_k = Volume serat karbon (cm³)

$V_k \%$ = Volume serat karbon (%)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji *Bending* ASTM D790

Tabel 1 Data Hasil Uji *Bending* ASTM D790

No	Variasi	Note	Beban Maks (Kg)	Beban Maks (N)	Tegangan <i>Bending</i> (MPa)
1	Pelepah pisang-karbon-pelepah pisang-karbon	A1	24,60	241,326	133,608
		A2	24,80	243,288	134,694
		A3	24,60	241,326	133,608
		Rata-rata			133,97
2	Pelepah pisang-pelepah pisang-karbon-karbon	B1	21,20	207,972	115,143
		B2	21,60	211,896	117,314
		B3	20,80	204,048	112,969
		Rata-rata			115,142
3	Karbon-pelepah pisang-pelepah pisang-karbon	C1	23,60	231,516	128,176
		C2	23,20	227,592	126,004
		C3	23,40	229,554	127,090
		Rata-rata			127,09
4	Pelepah pisang-karbon-karbon-pelepah pisang	D1	15,80	154,998	85,813
		D2	15,40	151,074	83,640
		D3	15,60	153,036	84,727
		Rata-rata			84,726

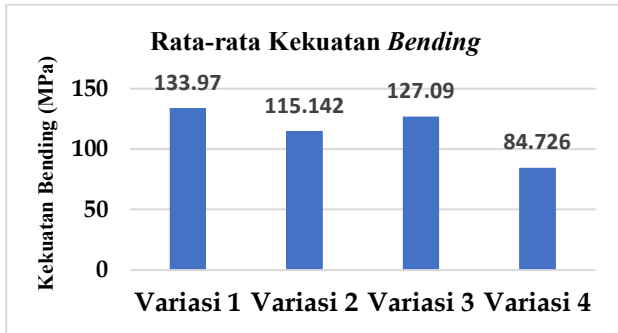


Diagram 1 Rata-rata Kekuatan Bending

Berdasarkan pada Tabel dan Diagram 1 diatas dapat dilihat nilai kekuatan *Bending* komposit tertinggi didapat Variasi 1 yaitu dengan susunan lamina pelepah pisang-karbon-pelepah pisang-karbon mendapatkan hasil kekuatan *bending* sebesar 133,970 MPa, dikarenakan saat pengujian *bending* lapisan terluar komposit mendapatkan tegangan terbesar, dan jika serat dengan kuat dan kekakuan yang lebih baik (serat karbon) ditempatkan di lapisan luar, dapat menahan tegangan *bending* lebih efektif (Kasim et al., 2021).

Diurutan kedua yakni Variasi 3 dengan susunan lamina karbon-pelepah pisang-pelepah pisang-karbon mendapatkan hasil kekuatan *Bending* sebesar 127,09 MPa, lalu Variasi 2 dengan susunan lamina pelepah pisang-pelepah pisang-karbon-karbon mendapatkan hasil kekuatan *bending* sebesar 115,142 MPa

Variasi dengan hasil terendah yaitu Variasi 4 dengan susunan lamina pelepah pisang-karbon-karbon-pelepah pisang mendapatkan hasil kekuatan *bending* sebesar 84,726 MPa, hal ini dikarenakan penempatan lapisan dengan kekuatan dan kekuatan lebih tinggi (karbon) di bagian tengah, dan lapisan luar yang menerima tegangan *bending* lebih tinggi didominasi serat pelepah pisang yang memiliki sifat mekanik lebih rendah, sehingga kekuatan *bending* bisa lebih rendah (Kasim et al., 2021).

Hasil Foto Makro Uji Bending



Gambar 2 Foto Makro Uji Bending

Pada Gambar 2 memperlihatkan setelah menerima tegangan *bending* saat pengujian, terdapat delaminasi diantara lapisan pelapah pisang dan karbon yang ditandai oleh terjadinya pelepasan antar lapisan laminasi. Namun, terlihat penyebaran resin pada spesimen tersebar secara

merata, yang ditandai dengan tidak terdapatnya *void* dan tidak terdapat *fiber breakage*, hal tersebut dapat diinterpretasikan sebagai indikator perilaku material yang lebih tangguh dan tidak getas (Subadra & Yousef, 2025).

Hasil Uji Geser ASTM D5379

Tabel 2 Data Hasil Uji Geser ASTM D5379

No	Variasi	Note	Beban Maks (Kg)	Beban Maks (N)	Tegangan Geser (MPa)
1	Pelepah pisang-karbon-pelepah pisang-karbon	A1	122,10	1197,80	32,83
		A2	118,80	1165,42	31,94
		A3	120,60	1183,08	32,43
		Rata-rata			32,4
2	Pelepah pisang-pelepah pisang-karbon-karbon	B1	90,20	884,86	24,25
		B2	85,20	835,81	22,91
		B3	82,30	807,36	22,13
		Rata-rata			23,1
3	Karbon-pelepah pisang-pelepah pisang-karbon	C1	130,60	1281,18	35,12
		C2	129,30	1268,43	34,77
		C3	134,20	1316,50	36,09
		Rata-rata			35,32
4	Pelepah pisang-karbon-karbon-pelepah pisang	D1	98,30	964,32	26,43
		D2	95,30	934,89	25,62
		D3	92,80	910,36	24,96
		Rata-rata			25,67

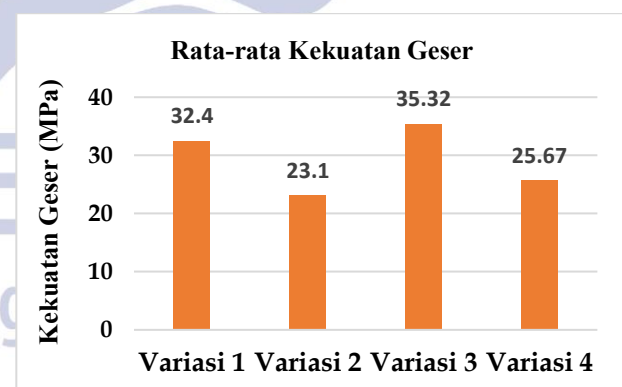


Diagram 2 Rata-rata Kekuatan Geser

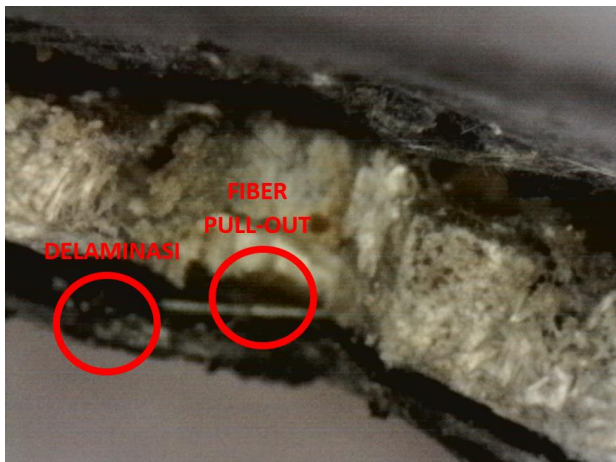
Berdasarkan pada Tabel dan Diagram 2 di atas dapat dilihat nilai kekuatan geser komposit tertinggi didapat pada Variasi 3 dengan susunan lamina karbon-pelepah pisang-pelepah pisang-karbon mendapatkan hasil kekuatan *Bending* sebesar 35,32 MPa, hal ini dikarenakan lapisan yang kuat dan kaku (karbon) berada di sisi luar akan meningkatkan kemampuan mekanik (Subagia et al., 2014).

Pada urutan kedua didapat oleh Variasi 1 dengan susunan lamina pelepah pisang-karbon-pelepah pisang-karbon mendapatkan hasil kekuatan geser sebesar 32,4 MPa. Urutan ketiga didapat oleh Variasi 4 dengan susunan

lamina pelepah pisang–karbon–karbon-pelepah pisang mendapatkan hasil kekuatan *Bending* sebesar 25,67 MPa.

Variasi terlemah didapatkan oleh Variasi 2, dengan susunan lamina pelepah pisang–pelepah pisang–karbon–karbon, dengan kekuatan geser hanya sebesar 23,10 MPa. Hal ini disebabkan bagian serat yang lebih kuat dan kaku (karbon) hanya ada di salah satu sisi, yang menyebabkan distribusi tegangan geser menjadi tidak merata (Subagia et al., 2014).

Hasil Foto Makro Uji Geser



Gambar 3 Foto Makro Uji Bending

Pada gambar 3 terdapat delaminasi dan fiber pull out akibat dari tegangan geser saat pengujian. Fenomena ini menunjukkan bahwa saat terkena beban geser, retak awal muncul pada matriks dan merambat menuju antarmuka serat–matriks sebelum menyebabkan terjadinya delaminasi *pull-out*. Selain itu (Huang & Bobyr, 2023). Tidak terdapat *void* yang mengindikasikan homogenitas komposit.

SIMPULAN

Susunan lamina terbukti berpengaruh terhadap kinerja mekanik komposit *hybrid* berpenguat serat karbon dan serat pelepah pisang. Perbedaan urutan penempatan serat menghasilkan variasi kemampuan material dalam menahan beban lentur dan geser, yang menentukan kesesuaiannya untuk aplikasi papan *skateboard*. Komposit dengan susunan lamina yang menempatkan serat karbon pada posisi yang strategis menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam menahan beban dibandingkan susunan lainnya. Hal ini disebabkan oleh sifat mekanik serat karbon yang lebih unggul dibandingkan serat pelepah pisang, sehingga lebih efektif dalam menahan tegangan yang timbul selama pembebanan. Penempatan serat karbon pada lapisan luar laminat memungkinkan distribusi tegangan yang lebih optimal, baik pada pembebanan lentur maupun geser, sehingga meningkatkan kekuatan dan keandalan struktur komposit. Oleh karena itu, untuk aplikasi papan *skateboard*, susunan lamina dengan serat berkekuatan dan berkekakuan tinggi pada lapisan terluar direkomendasikan guna memperoleh performa mekanik yang lebih optimal.

SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian dengan variasi fraksi volume serat dan resin untuk mengetahui komposisi optimum yang dapat menghasilkan kekuatan mekanik maksimum sekaligus efisiensi material.
2. Disarankan untuk menambahkan pengujian mekanik lain seperti uji impak, guna mengetahui performa komposit pada penerapan papan *skateboard* secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurohman, K., Pratomo, R. A., Hidayat, R., Ramadhan, R. A., Nurtiasto, T. S., Ardiansyah, R., & P.P.P., M. G. (2023). A Comparison of Vacuum Infusion, Vacuum Bagging, and Hand Lay-Up Process on The Compressive and Shear Properties of GFRP Materials. *Indonesian Journal of Aerospace*, 21(1), 39–50. <https://doi.org/10.55981/ijoa.2023.286>
- Borysiuk, P., Tereszczak, P., Jencyk-to, I., Boruszewski, P., & Wilkowski, J. (2015). *Selected construction and material aspects of moulded plywood production for use in sports equipment*. 22(90), 17–22.
- Feriyanto, R., Mujiyanto, A., Waluyo, H. T., & Nugroho, A. (2022). Pengaruh Susunan Serat pada Komposit Serat Hibrid Laminat Berpenguat Serat Kaca dan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Kekuatan Bending. *Jurnal Uhamka*, 7(2502), 1–8.
- Fiatul, A., Politeknik, I., Surabaya, P. N., Wangi, A., Politeknik, S., Negeri, P., Danang, S., Suhadak, H., Perkapalan, P., Surabaya, N., Ayu, V., Politeknik, M., Denny, S., & Radianto, O. (2023). Analisis Limbah Serat Pelepah Pisang untuk dijadikan Bahan Pendukung Komposit Fiber Terhadap Uji Tarik. *Journal of Student Research (JSR)*, 1(4), 138–147. <https://doi.org/10.55606/jsr.v1i4>
- Fikran, Balfas, M., & Mardin. (2022). Analisis Sifat Mekanis Bahan Komposit Lamina Serat Sisal (Sisalana Agave) Bermatriks Polimer. *Journal of Technology Process*, 2(1), 1–13.
- Firmansyah, H. I., Purnowidodo, A., Setyabudi, S. A., Mesin, T., & Brawijaya, U. (2018). Pengaruh Mechanical Bonding Pada Aluminium Dengan Serat. 9(2), 127–134.
- Firmansyah, H. I., Wirawan, W., & Hariyanto, M. N. (2022). Analysis of Fiber Metal Composite Shear Strength Using Independent Variables of Fiber Angle Orientation and Metal Surface Roughness. *Jurnal Energi Dan Teknologi Manufaktur (JETM)*, 5(02), 29–34. <https://doi.org/10.33795/jetm.v5i02.136>
- Gautama, C., Fa'iz Alfatih, M., & Alimi, S. (2022). Eksperimen Uji Bending Pada Komposit Resin Polyester Dan Epoxy Serat Jerami Padi Dengan Proses Hand Lay Up. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 8(2), 237–242. <https://doi.org/10.56521/teknika.v8i2.623>
- Grisin, B., Carosella, S., & Middendorf, P. (2024). Vacuum Chamber Infusion for Fiber-Reinforced

- Composites. *Polymers*, 16(19).
<https://doi.org/10.3390/polym16192763>
- Huang, T., & Bobyr, M. (2023). *A Review of Delamination Damage of Composite Materials*.
- Kasim, F. H., Thariq, M., & Sultan, H. (2021). *The Effect of Stacking Sequence and Ply Orientation on the Mechanical Properties of Pineapple Leaf Fibre (PALF)/Carbon Hybrid Laminated Composites*.
- Nurdiansyah, F. F., Sulardjaka, & Iskandar, N. (2021). Pengaruh Fraksi Massa Dan Arah Orientasi Serat Terhadap Kekuatan Lentur Komposit Berpenguat Serat Rami Dengan Matriks Gondorukem. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(1), 81–90.
- Nurul Farhana Roszaini, & Othman, S. A. (2023). The Investigation of General Properties of Carbon Fiber (CF) Composites - Preliminary Study. *Journal of Applied Science & Process Engineering*, 10(1), 59–65. <https://doi.org/10.33736/jaspe.5528.2023>
- Prasetya, N. H., & Sukma, D. N. (2024). PENGARUH VARIASI ANYAMAN SERAT DAN RESIN TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKUATAN BENDING KOMPOSIT SANDWICH SERAT KARBON DENGAN CORE HONEYCOMB Hary Prasetya Nugraha Novi Sukma Drastiawati *Abstrak*. 12, 63–68.
- Sembodo, B. S. T. (2013). Dekomposisi Pelepah Pisang Menjadi Glukosa Secara Termokimia Dalam Air Panas Bertekanan (Hot Compressed Water). *Ekulibrium*, 12(2), 55–58.
<https://doi.org/10.20961/ekuilibrium.v12i2.2184>
- Shaleh, Y., Mujiyanto, A., Waluyo, H. T., Setiawan, K., Kalimantan Timur JIIRHJuanda, M., Ulu, K., Samarinda, K., & Timur, K. (2023). Karakterisasi Kekuatan Tarik Dan Bending Komposit Hybrid Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Serat Gelas. *Jurnal Mechanical*, 14, 181.
- Subadra, S. P., & Yousef, S. (2025). *Flexural and Pseudo-Ductile Performance of Unidirectional and Bidirectional Carbon Fabric-Reinforced Mortar*.
- Subagia, I. D. G. A., Kim, Y., Tijjing, L. D., Sang, C., & Kyong, H. (2014). Effect of stacking sequence on the flexural properties of hybrid composites reinforced with carbon and basalt fibers. *COMPOSITES PART B*, 58, 251–258.
<https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2013.10.027>