

## PENGARUH SUSUNAN LAMINA KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT KARBON - SERAT JUTE TERHADAP UJI TARIK DAN UJI BENDING

**Abrar Fani Mumtazah**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: [abrar.22067@mhs.unesa.ac.id](mailto:abrar.22067@mhs.unesa.ac.id)

**Mochamad Arif Irfai'i**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: [arifirfai@unesa.ac.id](mailto:arifirfai@unesa.ac.id)

### Abstrak

Komposit hybrid merupakan material yang mengombinasikan dua jenis serat dengan karakteristik berbeda untuk memperoleh sifat mekanik yang lebih optimal. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh susunan lamina komposit hybrid berpenguat serat karbon dan serat jute terhadap kekuatan tarik dan kekuatan bending sebagai alternatif material spakbor sepeda motor. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan variasi susunan lamina menggunakan matriks resin epoksi. Proses fabrikasi dilakukan dengan metode Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI) untuk meminimalkan cacat dan meningkatkan kualitas ikatan serat-matriks. Pengujian mekanik dilakukan menggunakan uji tarik ASTM D638 dan uji bending ASTM D790. Hasil penelitian menunjukkan bahwa susunan lamina berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik komposit. Susunan karbon-jute-karbon-jute menghasilkan kekuatan tarik dan kekuatan bending paling optimal dibandingkan variasi lainnya. Dengan demikian, komposit hybrid karbon-jute dengan susunan tersebut dinyatakan layak digunakan sebagai material spakbor sepeda motor.

**Kata Kunci:** komposit hybrid, serat karbon, serat jute, uji tarik, uji bending.

### Abstract

Hybrid composites combine two types of fibers with different characteristics to achieve improved mechanical properties. This study investigates the effect of laminate stacking sequence of carbon fiber-jute fiber hybrid composites on tensile and bending strength for motorcycle fender applications. A quantitative experimental method was employed with variations in laminate stacking using epoxy resin as the matrix. The composites were fabricated using the Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI) method to minimize defects and enhance fiber-matrix bonding. Mechanical testing was conducted according to ASTM D638 for tensile testing and ASTM D790 for bending testing. The results indicate that the laminate stacking sequence significantly affects the mechanical properties of the hybrid composite. The carbon-jute-carbon-jute configuration exhibited the highest tensile and bending strength among the tested variations. Therefore, this hybrid composite configuration is considered suitable for motorcycle fender applications..

**Keywords:** hybrid composite, carbon fiber, jute fiber, tensile test, bending test.

### PENDAHULUAN

Permintaan terhadap performa yang tinggi, Saat ini, bahan komposit yang memanfaatkan serat alam makin banyak dipakai di dunia otomotif (Haniel et al., 2023). Salah satu contoh penggunaan material komposit di dunia otomotif adalah pada spakbor motor. Biasanya, spakbor ini terbuat dari plastik yang rentan pecah saat terkena benturan atau tekanan. Oleh karena itu, dilakukan pengembangan material baru dengan memanfaatkan komposit agar komponen tersebut tetap memiliki fungsi serta sifat fisik dan mekanis yang baik tanpa mengurangi kualitasnya. (Qudratullah dkk., 2024)

Komposit tersusun atas serat dan matrik sebagai komponennya (Diana dkk., 2020). Komposit *hybrid* merupakan material yang dibentuk melalui penggabungan dua atau lebih macam serat dalam satu campuran (Dosoputranto dkk., 2021).

Secara umum, serat dibagi menjadi dua jenis, yaitu serat alam dan serat sintetis (Siagian et al.,

2024). Contoh dari serat alam yakni serat jute, yang diperoleh dari kulit batang tanaman jute (Kurniawan Nasution, 2017). Serat jute (*corchorus capsularis* dan *corchorus olitorius*) adalah salah satu jenis serat yang berasal dari Afrika dan sudah dikenal penggunaannya sejak zaman Mesir kuno. Secara fisik, serat ini memiliki permukaan yang bertekstur kasar dan dikenal memiliki kekuatan yang memadai. (Hazhari, 2022).

Serat karbon merupakan serat sintetis yang banyak dikembangkan guna sebagai komponen penguat dalam komposit. Karena memiliki kekuatan tarik yang tinggi, bobot yang ringan, serta tingkat ekspansi termal yang rendah, serat ini sangat diminati untuk berbagai aplikasi, termasuk di bidang otomotif (Sihombing, 2019). Serat karbon mempunyai sejumlah keunggulan, seperti ketahanan terhadap korosi, kemampuan untuk dibentuk sesuai kebutuhan, serta beratnya ringan dan kekuatannya lebih tinggi dibanding logam. Karena kelebihan-kelebihan tersebut, serat karbon sering digunakan untuk bahan penguat dalam komposit berbasis serat sintetik (Umam dan Arif Irfai'i, 2019).

Metode yang digunakan yakni metode *vacuum assisted resin infusion*. Cara kerja metode tersebut adalah dengan memakai pompa vakum untuk mengosongkan udara pada wadah. Tekanan udara dari luar kemudian mendorong resin kedalam, sehingga jumlah udara yang tertinggal di dalam spesimen komposit dapat dikurangi seminimal mungkin. Metode ini efektif dalam meningkatkan ikatan antara serat dan resin, dan umumnya diterapkan dalam pembuatan komponen otomotif (Malik dan Rasyid, 2023)

Untuk pengujian material komposit yang dilakukan yaitu menggunakan uji tarik dan juga uji *bending*. Uji tersebut dipilih karena berpacu pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yudha dkk, 2023 dan Pokhrel, 2024. Selain itu, uji tarik mampu memberikan data penting tentang perubahan sifat mekanis, terutama dalam hal kemampuan material komposit untuk menahan gaya tarik (Saidah dkk., 2018). Uji *bending* juga memberikan informasi tentang modulus elastisitas dalam lenturan, yang mencerminkan kekakuan material terhadap beban lentur seperti penelitian yang dilakukan oleh (Fatkhurrohman dkk., 2022). Spakbor sepeda motor berfungsi melindungi roda, perlu tahan terhadap tekanan angin, getaran, serta benturan ringan. Oleh karena itu, pengujian yang tepat untuk komponen ini adalah uji tarik dan uji *bending*.

## METODE

### Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah menggabungkan jenis metode kuantitatif dan eksperimental karena sangat relevan dalam studi material komposit, khususnya terkait susunan lamina. Menurut Sugiyono dalam bukunya pengertian dari penelitian kuantitatif eksperimental adalah metode yang sistematis dan terukur untuk menguji pengaruh suatu perlakuan melalui data numerik yang dianalisis secara statistik, sehingga memungkinkan peneliti memperoleh kesimpulan sebab-akibat yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah sesuai prinsip penelitian kuantitatif dan eksperimen. (Sugiyono, 2020).

### Tempat dan Waktu Penelitian

- Lokasi Penelitian**  
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengecoran Gedung A8, Universitas Negeri Surabaya.
- Waktu Penelitian**  
Waktu yang digunakan untuk mengerjakan penelitian dimulai pada Juni 2025 – Desember 2025 hingga segala data dan analisa yang dibutuhkan terpenuhi.

### Variabel Penelitian

- Variabel Bebas**

Variabel independen yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan variasi susunan lamina yang terdiri dari serat karbon

dan serat jute diantaranya:

1. Karbon-Jute-Karbon-Jute
  2. Jute-Karbon-Karbon-Jute
  3. Karbon-Jute-Jute-Karbon
  4. Karbon-Karbon-Jute-Jute
- Variabel Terikat
    1. Uji Tarik.
    2. Uji *Bending*.
  - Variabel Kontrol
    1. Matriks yang digunakan resin epoksi
    2. Jumlah susunan lamina 4 lapis
    3. Menggunakan metode VARI
    4. Standart uji tarik ASTM D 638
    5. standart uji *bending* ASTM D 790

### 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 fraksi volume
- *Post Processing*
  - Validasi hasil

### Flow Chart Penelitian



Gambar 1 Flowchart Penelitian

## Teknik Analisis Data

Data yang didapat melalui metode ini dianggap memiliki tingkat keakuratan yang tinggi. Proses analisis data sangat berguna untuk menghasilkan kesimpulan yang akurat serta dan interpretasi hasil secara menilai keberhasilan dari penelitian yang dilakukan.

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

### 1. Uji Tarik

#### 1. Rumus tegangan uji tarik

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

$\sigma$  = Tegangan tarik maksimum (N/mm<sup>2</sup>)

P = Beban yang diberikan (N)

A = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)

#### 2. Rumus regangan uji tarik

$$\epsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0} \times 100\%$$

$$\epsilon = \frac{\ell_1 - \ell_0}{\ell_0} \times 100\%$$

Keterangan :

$\epsilon$  = Regangan (%)

$\Delta \ell$  = Pertambahan Panjang (mm)

$\ell_0$  = Panjang mula (mm)

$\ell_1$  = Panjang sesudah patah (mm)

#### 3. Rumus modulus elastisitas uji tarik

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Keterangan :

E = Elastisitas (MPa)

$\sigma$  = Tegangan tarik maksimum (N/mm<sup>2</sup>)

$\epsilon$  = Regangan (%)

### 2. Uji Bending

#### 1. Kekuatan Bending

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

Keterangan :

$\sigma$  = Kekuatan bending (MPa)

P = Beban (N)

L = Panjang (mm)

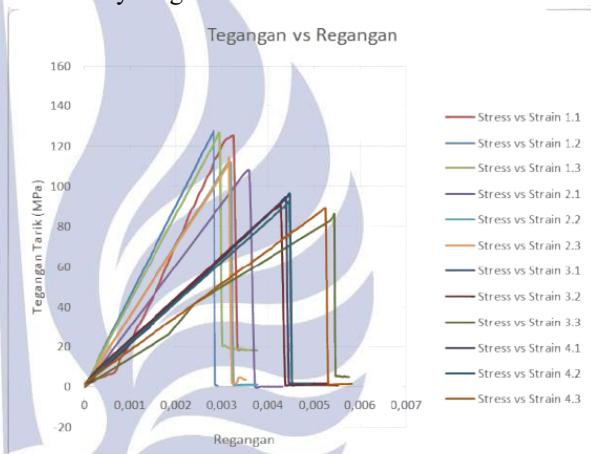
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Tarik

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Tarik

No	Variasi	Note	Beban Maks (N)	Displacement (mm)	Tegangan Tarik (MPa)	Regangan Tarik	Modulus Young (GPa)
1	Karbon-Jute-Karbon-Jute	1.1	4695,06	0,522	125,2	0,00316	39,62
2		1.2	4791,2	0,462	127,76	0,0028	45,62
3		1.3	4750	0,486	126,66	0,00294	43,08
1	Jute-Karbon-Karbon-Jute	2.1	4039,75	0,592	107,72	0,00359	30,01
2		2.2	4190,83	0,526	111,75	0,00318	35,14
3		2.3	4283,05	0,52	114,21	0,00315	36,25
1	Karbon-Jute-Jute-Karbon	3.1	3617,93	0,738	96,47	0,00447	21,58
2		3.2	3400,14	0,706	90,67	0,00427	21,23
3		3.3	3233,37	0,898	86,22	0,00544	15,84
1	Karbon-Karbon-Jute-Jute	4.1	3549,25	0,724	94,64	0,00438	21,6
2		4.2	3460,97	0,736	92,29	0,00446	20,69
3	Jute	4.3	3341,28	0,864	89,1	0,00523	17,03

Pada tabel 1 memberikan informasi perbedaan variasi terhadap susunan lamina, beban maks, displacement, tegangan tarik, regangan tarik, dan modulus young.



Grafik 1 Tegangan dan Regangan Uji Tarik

Berdasarkan hasil pengujian tarik pada Grafik 4.1, dapat disimpulkan bahwa susunan lamina dalam komposit memberikan pengaruh dominan terhadap peningkatan kekuatan tarik, kekakuan material, serta penurunan regangan patah. Variasi 1.2 dengan susunan lamina karbon-jute-karbon-jute, menghasilkan performa mekanik yang paling unggul. Hal ini terlihat dari nilai tegangan maksimum tertinggi sebesar 127,76 MPa, serta modulus elastisitas tertinggi mencapai 45,62 GPa, menunjukkan bahwa material susunan lamina karbon-jute-karbon-jute memiliki ketahanan tarik dan kekakuan paling baik. Namun demikian, variasi ini memiliki regangan terendah, yaitu hanya 0,0028, mencerminkan sifat material yang kuat tetapi relatif lebih kaku dan kurang elastis.

Urutan performa berikutnya ditempati oleh variasi 1.3, yang menunjukkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas berada pada peringkat kedua dengan nilai tegangan sebesar 126,66 MPa dan modulus elastisitas sebesar 43,08 GPa dengan susunan yang sama. Sementara itu, variasi 3.3 menunjukkan performa terendah dengan tegangan sebesar 86,22 MPa dan modulus elastisitas hanya 15,82 GPa. Meskipun demikian, variasi 3.3 memiliki regangan tertinggi yaitu

sebesar 0,00544, menunjukkan bahwa susunan lamina karbon-jute-jute-karbon lebih elastis namun sangat kurang untuk kekuatan tariknya.

Secara keseluruhan, susunan lamina terbukti berpengaruh pada kekuatan tarik material komposit. Susunan lamina karbon-jute-karbon-jute merupakan susunan lamina dengan performa mekanis yang terbaik, sementara susunan lamina karbon-jute-jute-karbon memiliki tingkat regangan patah yang tinggi dan kekuatan tarik yang kurang baik.

Dengan demikian variasi dengan susunan karbon-jute-karbon-jute merupakan variasi terbaik pada uji tarik. Hal tersebut dapat terjadi karena lapisan serat karbon yang ditempatkan di bagian luar mampu menahan tegangan tarik terbesar akibat sifatnya yang memiliki kekuatan dankekakuan tinggi, sehingga meningkatkan nilai tegangan maksimum. Sementara itu, lapisan serat jute di bagian dalam berperan dalam mendistribusikan tegangan secara lebih merata dan menunda terjadinya retak karena sifatnya yang lebih ulet. Kombinasi ini menghasilkan ikatan antar lapisan yang lebih baik, mekanisme kegagalan yang lebih bertahap, serta kemampuan material menahan beban tarik yang lebih optimal dibandingkan variasi susunan lainnya (Pokhrel, 2024).

### Hasil Pengujian Makro *Bending*

Tabel 2 Data Hasil Pengujian *Bending*

No	Variasi	Note	Beban Maks (Kg)	Beban Maks (N)	Tegangan <i>Bending</i> (MPa)
1	Karbon-Jute-Karbon-Jute	1.1	39,6	388,476	215,0765
2		1.2	39,4	386,514	213,99
3		1.3	39,2	384,552	212,904
4		Rata - Rata	39,4	386,514	213,99
1	Jute-Karbon-Karbon-Jute	2.1	12,8	125,568	69,51969
2		2.2	12,4	121,644	67,3472
3		2.3	12,6	123,606	68,43344
4		Rata - Rata	12,6	123,606	68,43344
1	Karbon-Jute-Jute-Karbon	3.1	24,4	239,364	132,522
2		3.2	24,8	243,288	134,6944
3		3.3	24,2	237,402	131,4357
4		Rata - Rata	24,46	239,953	132,848
1	Karbon-Karbon-Jute-Jute	4.1	27,4	268,791	148,8156
2		4.2	27,6	270,756	149,902
3		4.3	27,8	272,718	150,9881
4		Rata - Rata	27,6	270,756	149,902

Pada tabel 2 memberikan informasi perbedaan variasi terhadap susunan lamina, beban maks dan tegangan *bending*.

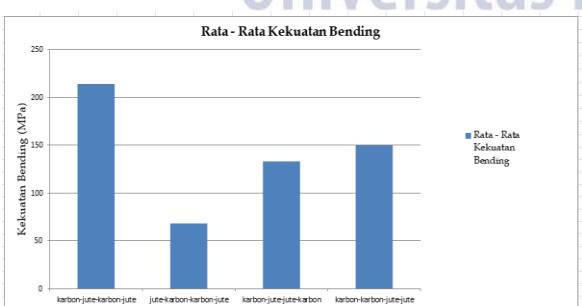


Diagram 1 Rata-Rata Kekuatan *Bending*

Berdasarkan hasil pengujian *bending* pada Diagram 1, dapat disimpulkan bahwa susunan lamina dalam komposit memberikan pengaruh

dominan terhadap peningkatan kekuatan *bending*. Variasi 1 dengan susunan lamina karbon-jute-karbon-jute, menghasilkan performa mekanik yang paling unggul. Hal ini terlihat dari nilai rata-rata kekuatan *bending* maksimum tertinggi yaitu sebesar 213,99 MPa, menunjukkan bahwa material susunan lamina karbon-jute-karbon-jute memiliki kekuatan lentur paling baik.

Urutan performa berikutnya ditempati oleh variasi 4 dengan susunan lamina karbon-karbon-jute-jute, yang menunjukkan kekuatan *bending* berada pada peringkat kedua dengan nilai rata-rata kekuatan *bending* sebesar 149,902 MPa. Disusul pada variasi 3 yaitu dengan susunan lamina karbon-jute-jute-karbon menempati urutan ketiga dengan rata-rata kekuatan *bending* sebesar 132,848 MPa. Sementara itu, variasi 2 dengan susunan lamina jute-karbon-karbon-jute menunjukkan performa terendah dengan rata-rata kekuatan *bending* hanya sebesar 68,43344 MPa.

Secara keseluruhan, susunan lamina terbukti berpengaruh pada kekuatan lentur komposit. Susunan lamina karbon-jute-karbon-jute merupakan susunan lamina dengan performa mekanis yang terbaik, sementara susunan lamina jute-karbon-karbon-jute memiliki kekuatan lentur yang paling rendah.

Dengan demikian, variasi dengan susunan karbon-jute-karbon-jute merupakan variasi terbaik pada uji bending. Hal tersebut dapat terjadi karena karena pada pembebanan lentur, lapisan terluar material mengalami tegangan tarik dan tekan paling besar. Penempatan serat karbon pada lapisan luar membuat komposit mampu menahan tegangan maksimum tersebut secara efektif karena serat karbon memiliki kekuatan dankekakuan yang tinggi. Sementara itu, lapisan serat jute di bagian dalam berperan sebagai peredam dan pendistribusi tegangan, sehingga mampu mengurangi konsentrasi tegangan dan menunda terjadinya retak. Kombinasi ini menghasilkan distribusi tegangan yang lebih merata, mekanisme kegagalan yang lebih bertahap, serta nilai kekuatan bending yang lebih tinggi dibandingkan variasi lainnya (Khalid et al., 2021).

### SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian tarik yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa susunan lamina komposit hybrid berpenguat serat karbon-serat jute

berpengaruh terhadap kekuatan tarik material. Variasi susunan lamina menunjukkan perbedaan nilai tegangan tarik, regangan, dan modulus elastisitas, susunan karbon-jute-karbon-jute menghasilkan nilai kekuatan tarik tertinggi dibandingkan variasi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa penempatan serat karbon pada lapisan luar mampu meningkatkan kemampuan material dalam menahan beban tarik secara optimal. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk menganalisis pengaruh susunan lamina terhadap kekuatan tarik komposit hybrid telah tercapai.

Hasil pengujian bending juga menunjukkan bahwa susunan lamina komposit hybrid berpenguat serat karbon-serat jute berpengaruh terhadap kekuatan lentur material. Susunan karbon-jute-karbon-jute memberikan nilai kekuatan bending paling optimal karena serat karbon pada lapisan luar efektif menahan pembebanan lentur. Hal tersebut membuktikan bahwa susunan lamina berperan penting dalam meningkatkan performa mekanik komposit untuk aplikasi struktural. Oleh karena itu, tujuan penelitian untuk menganalisis pengaruh susunan lamina terhadap kekuatan bending serta menentukan susunan yang paling sesuai untuk aplikasi spakbor sepeda motor dinyatakan telah tercapai.

## SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi fraksi volume serat dan resin untuk mengetahui komposisi optimum yang dapat menghasilkan kekuatan mekanik maksimum sekaligus efisiensi material.
2. Disarankan melakukan variasi tambahan jumlah lapisan serat untuk meningkatkan kompatibilitas antarmuka dan juga meningkatkan kekuatan material.
3. Menambahkan pengujian mekanik lain seperti uji impak dengan tujuan untuk mengetahui ketahanan material terhadap beban kejut yang umum terjadi pada aplikasi spakbor sepeda motor.
4. Pengamatan mikrostruktur menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) perlu dilakukan pada penelitian selanjutnya untuk menganalisis mekanisme kegagalan, ikatan serat-matriks, serta distribusi resin pada komposit *hybrid*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Diana, L., Ghani Safitra, A., & Nabil Ariansyah, M. (2020). Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 4(2), 59–67.
- Dosoputranto, E., Musanif, I., Bawono, F., & Sumolang, E. (2021). Karakteristik Kekuatan Tarik Dan Bending Komposit Hybrid Serat Dan Lidi Kelapa. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 15(2), 136. <https://doi.org/10.24853/sintek.15.2.136-142>
- Eka Saudur Sihombing, R. S. (2019). 1,2 1 2. *Eka Saudur Sihombing , Rindi Sitepu*, 15(11), 102–106.
- Fatkhirrohman, F., Ismail, I., & Yudhanto, F. (2022). Analisis Kekuatan Bending Komposit Lamina Serat Ijuk Anyam dan Serat Ijuk Acak bermatriks Polyester. *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 4(1), 55–61. <https://doi.org/10.18196/jqt.v4i1.16593>
- Haniel, H., Bawono, B., & Anggoro, P. W. (2023). Perilaku Penyerapan Air Terhadap Sifat Mekanik Biokomposit Serat Kenaf/Rami. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 18(1), 29. <https://doi.org/10.32497/jrm.v18i1.3997>
- 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>
- Khalid, M. Y., Arif, Z. U., Sheikh, M. F., & Nasir, M. A. (2021). Mechanical characterization of glass and jute fiber-based hybrid composites fabricated through compression molding technique. *International Journal of Material Forming*, 14(5), 1085–1095. <https://doi.org/10.1007/s12289-021-01624-w>
- Kurniawan Nasution, F. A. (2017). Penyelidikan Karakteristik Mekanik Tarik Komposit Serbuk Kasar Kenaf. *Jurnal Inotera*, 2(1), 1–8.
- Malik, H. R., & Rasyid, A. H. (2023). Analisis Pengaruh Suhu Rendaman NaOH dan Waktu Pengeringan Terhadap Kekuatan Impact Komposit Berbahan Daun Nanas dengan Metode Pembuatan Vacuum Infusion. *Inovasi Teknologi Manufaktur, Energi, Dan Otomotif*, 2(1), 8–14.
- Pokhrel, S. (2024). *Ayan*, 15(1), 37–48.
- Qudratullah, F., Zariatin, D. L., Sukmara, S., Hakim, M. A., Studi, P., Teknik, M., Teknik, F., Jakarta, U. P., Studi, P., Mesin, T., Studi, P., Teknik, M., Teknik, F., & Jakarta, U. P. (2024). *PENGEMBANGAN SPAKBOR SEPEDA MOTOR DARI MATERIAL*. 7(4).
- Saidah, A., Susilowati, S. E., & Nofendri, Y. (2018). Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Serat Jerami Padi Epoxy Dan Serat Jerami Padi Resin Yukalac 157. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 5(2), 96–101. <https://doi.org/10.21009/jkem.5.2.7>
- Siagian, D. E. N., Hakiem, M., & Putra, S. (2024). Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan Natural Fiber As an Environmentally Friendly Composite Material. *CIVeng*, 5(1), 55–60. <http://jurnalnasional.ump.ac.id?index.php/civeng>

Sugiyono. (2020). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. In 2 (pp. III–434).

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