



Pengaruh Panjang Serat terhadap Kekuatan Komposit *Sandwich* dengan *Skin* Serat Sabut Kelapa dan *Core* Kayu Sengon Laut

Angga Wildan Setyawan¹⁾, Sri Hastuti^{2*)}, Nurhadi³⁾

¹⁻³⁾ Program Studi Sarjana Teknik Mesin, Universitas Tidar, Magelang, Kode Pos 56116

e-mail: hastutisrimesin@untidar.ac.id

ABSTRAK

Komposit berpenguat serat alam dapat digunakan sebagai alternatif pengganti ubin yang berasal dari batu granit. Serat sabut kelapa dan kayu sengon laut bahan alam yang dapat dimanfaatkan dalam proses pembuatan komposit. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pembuatan komposit yaitu dengan menggunakan komposit tipe sandwich. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat mekanik komposit sandwich dengan skin serat sabut kelapa dan core kayu sengon laut sebagai material pembuatan ubin. Variasi panjang serat yang digunakan yaitu panjang serat 20 mm, 40 mm, dan 60 mm. Tebal core kayu sengon laut sebesar 4 mm. Matriks yang digunakan yaitu resin unsaturated polyester 157 BQTN-EX dengan katalis MEPOXE sebesar 2%. Serat sabut kelapa diberi perlakuan alkali dengan cairan NaOH sebesar 5% selama 2 jam. Fraksi volume serat sebesar 50%. Pembuatan komposit sandwich menggunakan metode press hand lay up. Pengujian uji bending mengacu pada standar ASTM D790 dan pengujian dampak charpy mengacu pada standar ASTM D6110. Hasil pengujian bending tertinggi terdapat pada komposit sandwich variasi panjang serat 40 mm dengan nilai tegangan bending sebesar 48,59 N/mm², nilai modulus elastisitas sebesar 858,71 MPa, dan momen bending sebesar 6,95 N.mm. Hasil pengujian dampak charpy tertinggi terdapat pada komposit sandwich variasi panjang serat 40 mm dengan nilai energi serap sebesar 2,55 J dan nilai ketangguhan dampak sebesar 0,0253 J/mm².

Kata Kunci: komposit sandwich, serat sabut kelapa, kayu sengon laut, hand lay up.

ABSTRACT

Natural fiber-reinforced composites can be used as an alternative to tiles made from granite stone. Coconut fiber and sengon laut wood are natural materials that can be utilized in the composite manufacturing process. One of the methods that can be applied in composite fabrication is the sandwich-type composite structure. This study aims to analyze the mechanical properties of sandwich composites with coconut fiber as the skin and sengon laut wood as the core for tile applications. The fiber length variations used in this research were 20 mm, 40 mm, and 60 mm. The thickness of the sengon laut wood core was 4 mm. The matrix used was BQTN-EX unsaturated polyester resin with 2% MEPOXE catalyst. The coconut fibers were treated with a 5% NaOH alkaline solution for 2 hours. The fiber volume fraction was set at 50%. The sandwich composite was fabricated using the press hand lay-up method. The bending test was conducted based on ASTM D790, and the Charpy impact test followed ASTM D6110. The highest bending test results were obtained from the sandwich composite with 40 mm fiber length variation, which recorded a bending stress of 48,59 N/mm², an elastic modulus of 858,71 MPa, and a bending moment of 6,95 N.mm. The highest Charpy impact test results were also found in the 40 mm fiber length composite, with an absorbed energy of 2,55 J and an impact toughness of 0,0253 J/mm².

Keywords: sandwich composite, coconut fiber, sengon laut wood, hand lay-up.

1. Pendahuluan

Komposit berpenguat serat alam dapat digunakan sebagai alternatif pengganti ubin yang berasal dari batu granit. Serat alam dipilih, karena jumlahnya cukup melimpah dan memiliki kekuatan spesifik yang baik, serta berat jenis yang rendah dan tergolong kedalam material bahan baku yang dapat diperbarui. Serat sabut kelapa merupakan salah

satu tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan komposit. Sabut kelapa memiliki sifat tahan lama, sangat kuat terhadap gesekan, tidak mudah patah, sehingga serat alam ini dapat menjadi alternatif *filler* komposit karena ketersediaan sabut kelapa sangat berlimpah [1]

Bahan alam lain yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan komposit yaitu kayu sengon laut. Batang

kayu sengon laut memiliki karakteristik yang ringan sehingga cocok digunakan dalam kebutuhan industri seperti bahan pembuat peti, papan penyekat, kayu lapis, perabotan rumah tangga, kerajinan seni, serta kayu bakar [2]. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pembuatan komposit yaitu dengan menggunakan komposit tipe *sandwich*. Secara umum komposit *sandwich* memiliki dua komponen pembentuk yaitu, kulit (*skin*) dan inti (*core*), tetapi faktor utama dari komposit ini merupakan *core* yang ringan sehingga memperkecil massa jenis dari material serta *skin* yang memberikan kekuatan pada komposit *sandwich* [3].

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka dilakukan penelitian tentang kekuatan sifat mekanik komposit *sandwich* dengan *skin* serat sabut kelapa dan *core* kayu sengon laut sebagai material pembuatan ubin, yang memiliki sifat ringan, kuat, tahan lama dan lebih ramah lingkungan.

2. Metode

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat sabut kelapa fraksi volume 50% dengan variasi panjang serat 20 mm, 40 mm, dan 60 mm. Serat diberi perlakuan perendaman menggunakan cairan NaOH 5% selama 2 jam. Kayu sengon laut tebal 4 mm. Matrik yang digunakan yaitu resin *unsaturated polyester* dan katalis MEPOXE 2%. Pembuatan komposit *sandwich* menggunakan metode *press hand lay up*.

Komposit *sandwich* diuji bending dengan standar ASTM D790, uji impak *charpy* dengan standar ASTM D6110 dan pengamatan makro. Pengujian bending dilakukan untuk memperoleh nilai lengkung maksimal yang dapat diterima oleh komposit *sandwich*. Nilai tegangan bending dapat dicari melalui persamaan berikut.

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

Dimana:

σ_b = Tegangan bending (N/mm²)

P = Beban (N)

L = Panjang span (mm)

d = Tebal spesimen (mm)

b = Lebar spesimen (mm)

Nilai modulus elastisitas dapat dicari melalui persamaan berikut.

$$E = \frac{L^3 P}{4bd\delta}$$

Dimana:

E = Modulus elastisitas (MPa)

L = Panjang span (mm)

P = Beban (N)

b = Lebar spesimen (mm)

d = Tebal spesimen (mm)

δ = Defleksi (mm)

Nilai momen bending dapat dicari melalui persamaan berikut.

$$M = \frac{PL}{4}$$

Dimana:

M = Momen bending (Nmm)

P = Beban (N)

L = Panjang span (mm)

Pengujian impak *charpy* menunjukkan banyaknya energi yang diserap oleh spesimen uji yang merupakan ukuran ketahanan impak atau ketangguhan bahan tersebut. Nilai energi serap dapat dicari melalui persamaan berikut.

$$E_{srp} = m \cdot g \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha)$$

Dimana:

E_{srp} = Energi serap (Joule)

m = Berat pendulum (kg)

g = Gravitasi (9,81 m/s)

R = Jarak lengan pengayun (m)

$\cos \alpha$ = Sudut posisi awal pendulum (°)

$\cos \beta$ = Sudut posisi akhir pendulum (°)

Nilai luas penampang dapat dicari melalui persamaan berikut.

$$A = d \cdot b - Takik$$

Dimana:

A = Luas penampang (mm²)

d = Tebal spesimen (mm)

b = Lebar spesimen (mm)

Nilai ketangguhan impak dapat dicari melalui persamaan berikut.

$$HI = \frac{E_{srp}}{A}$$

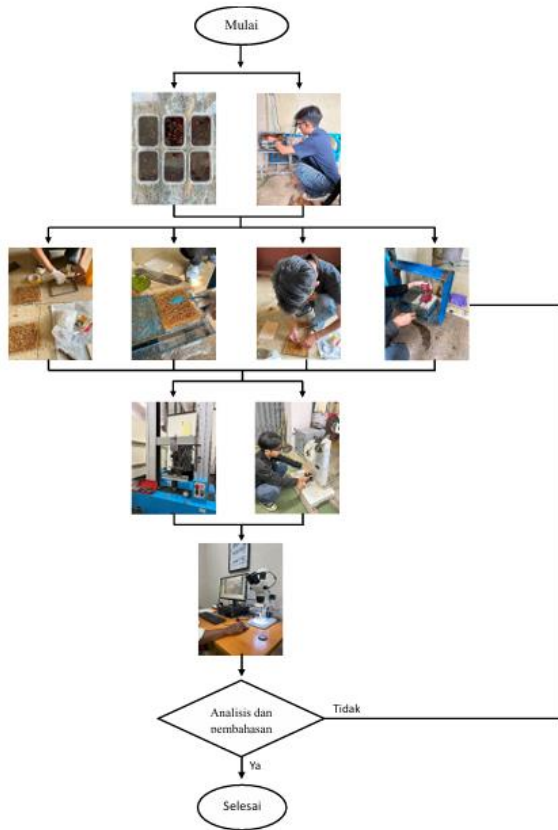
Dimana:

HI = Harga impak (J/mm²)

E_{srp} = Energi yang diserap (Joule)

A = Luas penampang (mm²)

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 2.1.

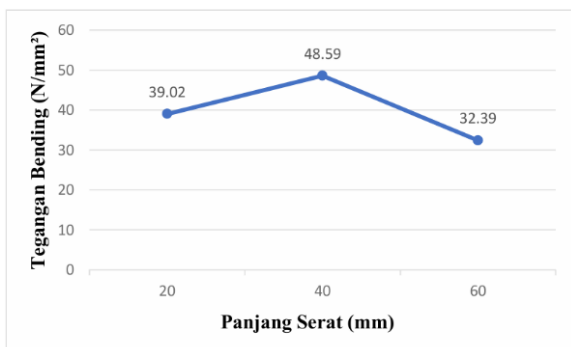


Gambar 2.1 Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Uji Bending

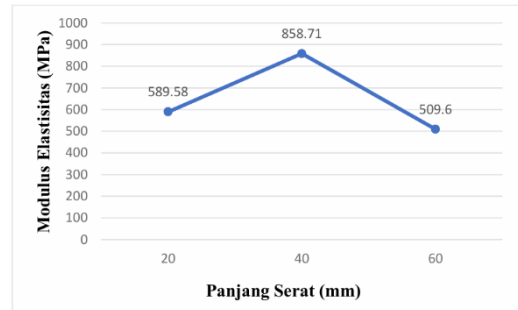
Pengujian bending dilakukan dengan variasi panjang serat 20 mm, 40 mm, dan 60 mm kemudian diambil nilai rata-rata tegangan bending, modulus elastisitas, dan momen bending pada setiap variasi. Hasil perhitungan disajikan dalam bentuk grafik untuk mengetahui pengaruh panjang serat sabut kelapa terhadap tegangan bending, modulus elastisitas, dan momen bending sesuai gambar 3.1, 3.2, dan 3.3.



Gambar 3.1 Grafik tegangan bending

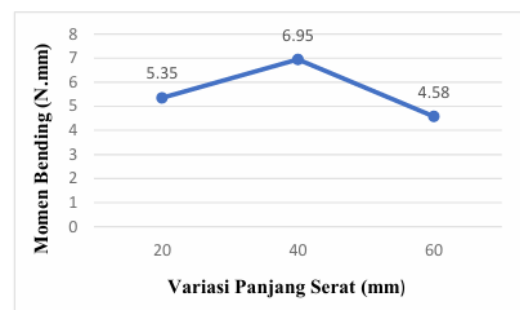
Berdasarkan gambar 3.1 menunjukkan grafik nilai rata-rata tegangan bending pada setiap variasi panjang serat. Pada variasi panjang serat 20 mm mendapatkan nilai rata-rata tegangan bending sebesar 39,02 N/mm². Nilai rata-rata

tegangan bending meningkat dan mencapai titik tertinggi pada variasi panjang serat 40 mm dengan nilai sebesar 48,59 N/mm². Nilai rata-rata tegangan bending menurun dan mencapai titik terendah pada variasi panjang serat 60 mm dengan nilai sebesar 32,39 N/mm². Hal ini disebabkan karena dengan panjang serat 60 mm, matriks cenderung akan lebih sulit mengisi sela-sela serat sehingga menimbulkan rongga udara (*void*) yang lebih banyak dan akan mengurangi kekuatan dari spesimen komposit tersebut [4].



Gambar 3.2 Grafik modulus elastisitas

Pada gambar 3.2 menunjukkan grafik nilai rata-rata modulus elastisitas pada setiap variasi panjang serat. Nilai rata-rata modulus elastisitas bending mengalami peningkatan pada variasi panjang serat 20 mm dan mencapai nilai tertinggi pada variasi panjang serat 40 mm dengan nilai rata-rata modulus elastisitas bending variasi panjang serat 20 mm sebesar 589,58 MPa dan pada variasi panjang serat 40 mm sebesar 858,71 MPa. Nilai rata-rata modulus elastisitas bending menurun dan mencapai titik terendah pada variasi panjang serat 60 mm dengan nilai sebesar 549,32 MPa. Proses fabrikasi yang masih secara manual dapat mempengaruhi banyaknya rongga udara (*void*) pada matriks, sehingga akan mempengaruhi sifat kekuatan dari komposit *sandwich*.



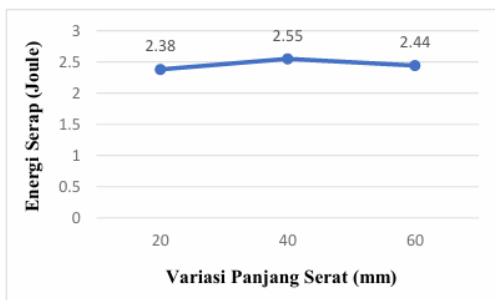
Gambar 3.3 Grafik momen bending

Pada gambar 3.3 menunjukkan grafik nilai rata-rata momen bending pada setiap variasi panjang serat. Nilai rata-rata momen bending mengalami peningkatan pada variasi panjang serat 20 mm dan mencapai nilai tertinggi pada variasi panjang serat 40 mm dengan nilai rata-rata momen bending pada variasi panjang serat 20 mm sebesar 5,35 Nmm dan pada variasi panjang serat 40 mm sebesar 6,95 Nmm. Nilai rata-rata momen bending menurun dan

mencapai titik terendah pada variasi panjang serat 60 mm dengan nilai sebesar 4,58 Nmm. Hal tersebut disebabkan karena dengan variasi panjang serat 60 mm, matriks tidak dapat terdistribusi dengan rata sehingga akan menimbulkan banyaknya rongga udara (*void*) pada spesimen tersebut yang akan mempengaruhi *bonding* antara serat dan matriks menjadi lebih lemah sehingga beban tidak dapat terdistribusi dengan baik jika dibandingkan dengan spesimen dengan variasi panjang serat 20 mm dan 40 mm.

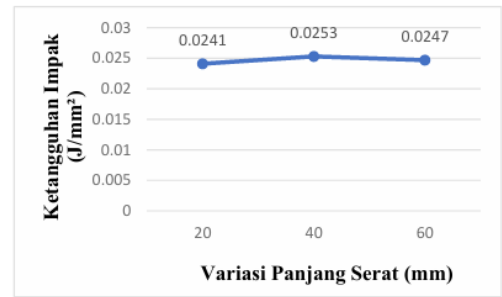
3.2 Hasil Uji Impak Charpy

Pengujian impact *charpy* dilakukan dengan variasi panjang serat 20 mm, 40 mm, dan 60 mm kemudian diambil nilai rata-rata energi serap dan ketangguhan impact pada setiap variasi. Hasil perhitungan disajikan dalam bentuk grafik untuk mengetahui pengaruh panjang serat sabut kelapa terhadap energi serap dan ketangguhan impact sesuai gambar 3. 4 dan 3. 5.



Gambar 3. 4 Grafik energi serap

Pada gambar 3. 4 menunjukkan grafik nilai rata-rata energi serap. Nilai rata-rata energi serap pada variasi panjang serat 20 mm sebesar 2,38 J. Nilai rata-rata energi serap meningkat dan mencapai nilai tertinggi pada variasi panjang serat 40 mm dengan nilai rata-rata energi serap sebesar 2,55 J. Nilai rata-rata energi serap menurun pada variasi panjang serat 60 mm dengan nilai sebesar 2,44 J. Variasi panjang serat 40 mm menunjukkan nilai rata-rata energi serap tertinggi, hal ini disebabkan karena ikatan serat dan matriks yang optimal karena serat tidak terlalu pendek sehingga beban dapat terdistribusi lebih merata jika dibandingkan dengan variasi panjang serat 20 mm. Pada variasi panjang serat 60 mm matriks sulit menjangkau sela-sela serat secara merata, sehingga meningkatkan kemungkinan terbentuknya rongga udara (*void*) pada komposit sandwich yang menyebabkan beban tidak dapat terdistribusi dengan baik.

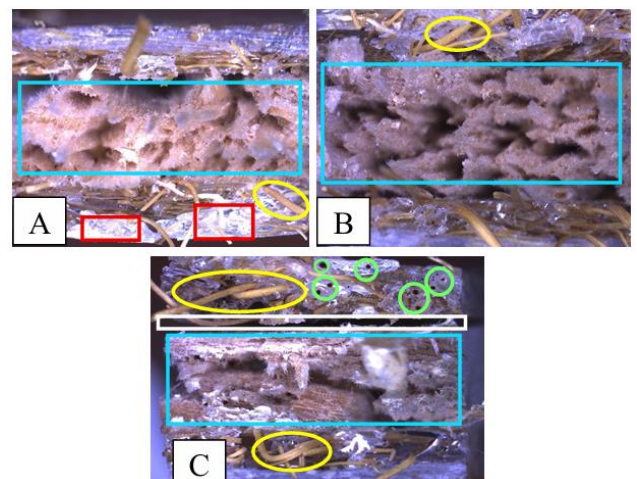


Gambar 3. 5 Grafik ketangguhan impact

Pada gambar 3. 5 menunjukkan grafik nilai rata-rata ketangguhan impact. Nilai rata-rata ketangguhan impact pada variasi panjang serat 20 mm sebesar 0,0241 J/mm². Nilai rata-rata ketangguhan impact meningkat dan mencapai nilai tertinggi pada variasi panjang serat 40 mm dengan nilai rata-rata energi serap sebesar 0,0253 J/mm². Nilai rata-rata ketangguhan impact menurun pada variasi panjang serat 60 mm dengan nilai sebesar 0,0247 J/mm². Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh [5] yang menyatakan bahwa spesimen dengan variasi panjang serat 40 memiliki *bonding* yang lebih baik karena distribusi antara serat dan matriks yang lebih merata dibandingkan dengan variasi panjang serat 20 mm dan panjang serat 60 mm.

3.3 Hasil Uji Struktur Makro

Patahan spesimen hasil uji impact *charpy* dari setiap variasi dilakukan pengamatan dengan foto makro dengan pembesaran 1 kali untuk dianalisis penyebab patahannya yang ditunjukkan oleh Gambar 3. 6.



Gambar 3. 6 Hasil foto makro komposit sandwich sampel variasi A, variasi B, dan variasi C

- Kuning** : *Fiber pull out*
- Merah** : *Matriks rich*
- Hijau** : *Void*
- Biru** : *Core shear*
- Putih** : *Delaminasi*

Pada gambar 3. 6 menunjukkan hasil foto makro pada komposit *sandwich* variasi A untuk panjang serat 20 mm, variasi B untuk panjang serat 40 mm, dan variasi C untuk panjang serat 60 mm. Hasil foto makro menunjukkan kegagalan pada spesimen komposit *sandwich* yaitu dengan adanya *fiber pull out*, matriks *rich*, *void*, *core shear* dan delaminasi. Fiber pull out banyak ditemukan pada sampel 53 variasi C untuk panjang serat 60 mm. Hal ini disebabkan, karena serat dan matriks tidak mengikat dengan sempurna sehingga saat spesimen komposit menerima beban, serat terlepas dari ikatan matriks.

Matriks *rich* banyak ditemukan pada sampel variasi A dengan panjang serat 20 mm. Hal ini disebabkan panjang serat yang terlalu pendek, sehingga pendistribusian antara serat dan resin kurang merata. *Void* banyak ditemukan pada sampel variasi C untuk panjang serat 60 mm. Hal ini disebabkan oleh gelembung udara yang terjebak didalam matriks saat proses percetakan. *Core shear* disebabkan karena *skin* tidak mampu menahan beban berlebih sehingga beban didistribusikan ke bagian *core* [6] Kegagalan delaminasi terjadi pada sampel variasi C untuk panjang serat 60 mm. Hal ini terjadi, karena beban yang diterima *skin* tidak terdistribusikan dengan baik pada *core* karena adanya *void* yang mengakibatkan lapisan *skin* menjadi rusak dan terlepas dari *core* [7]

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai kekuatan sifat mekanik komposit *sandwich* dengan *skin* serat sabut kelapa dan *core* kayu sengon laut sebagai material pembuatan ubin, berdasarkan uji bending menunjukkan bahwa nilai tegangan bending, modulus elastisitas, dan momen bending tertinggi didapatkan pada komposit *sandwich* variasi panjang serat 40 mm dengan nilai tegangan bending sebesar 48,59 N/mm², nilai modulus elastisitas sebesar 858,71 MPa, dan momen bending sebesar 6,95 N.mm. Hasil uji impak *charpy* menunjukkan bahwa nilai energi serap dan ketangguhan impak tertinggi didapatkan pada komposit *sandwich* variasi panjang serat 40 mm dengan nilai energi serap sebesar 2,55 J dan nilai ketangguhan impak sebesar 0,025 J/mm². Berdasarkan hasil uji bending dan uji impak *charpy*, variasi panjang serat optimal ditunjukkan pada variasi panjang serat 40 mm karena dengan panjang serat 40 mm, distribusi antara serat dan matriks akan merata sehingga beban yang diterima akan terdistribusi lebih optimal dibandingkan dengan variasi panjang serat 20 mm dan variasi panjang serat 60 mm.

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyusunan penelitian ini.

Daftar Pustaka

[1] Y. Y. Pratama, R. H. Setyanto, and I. Priadythama, "Pengaruh Perlakuan Alkali , Fraksi Volume Serat ,

dan Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Sabut Kelapa - Polyester," 2014, Accessed: Apr. 16, 2025. [Online]. Available: <https://journals.ums.ac.id/jiti/article/view/304>

- [2] S. Hardiatmi, "Investasi Tanaman Kayu Sengon dalam Wanatani Cukup Menjanjikan," 2010. Accessed: Apr. 16, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal.unisri.ac.id/index.php/innofarm/article/view/26>
- [3] H. P. Nugraha and N. S. Drastiawati, "Pengaruh Variasi Anyaman Serat dan Resin Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending Komposit Sandwich Serat Karbon dengan Core Honeycomb," 2024. Accessed: Apr. 16, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/61286>
- [4] I. Surya and E. Gusnawan, "Pengaruh Fraksi Volume Komposit Serat Ampas Tebu terhadap Kekuatan Bending dan Kekuatan Impact Bermatrik Polyester," 2021, Accessed: Jun. 11, 2025.. Available: <https://jurnal.ubl.ac.id/index.php/JTMe/view/2340>
- [5] Yuliyanto and Masdani, "Analisis Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Kekuatan Impak Dan Model Patahan Komposit Polyester Berpenguat Serat Gaharu," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 4, no. 2, 2018, Accessed: Jun. 11, 2025. [Online]. Available: <https://journal.ubb.ac.id/machine/article/view/642/589>
- [6] S. Hastuti, C. Pramono, and J. Sudarto, "Peningkatan Kekuatan Mekanik Komposit Sandwich Serat Kenaf dengan Core Kayu Albizzia Falcataria untuk Material Dinding Komposit," 2022. [Online]. Available: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>
- [7] D. Alda Prayoga and N. Sukma Drastiawati, "Pengaruh Jumlah Laminasi Core Komposit Sandwich Serat Kenaf dengan Core Kayu Sengon Terhadap Kekuatan Bending," 2021. Accessed: Apr. 16, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/37509>