

Analisis Dampak Penambahan Filler Abu Sekam Padi Pada Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Rami Terhadap Ketangguhan Impak

Michael Yossia Gultom¹, Sri Hastuti^{2*}, Faiz Listyanda³, Xander Salahudin⁴, Eko Saputra⁵, Wahyu Isti Nugroho⁶, Farika Tono Putri⁷, Ragil Tri Indrawati⁸

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tidar

Jln. Kapten Suparman No.39, Kota Magelang, 56116, Indonesia

²Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang

Jln. Prof. Soedarto, Tembalang, Kota Semarang, 50275, Indonesia

*E-mail: hastutisrimesin@untidar.ac.id²

Abstrak

Plastik telah berkembang menjadi material utama pengganti kayu, logam, dan bahan konvensional lainnya, termasuk pada industri otomotif, karena memiliki kekuatan yang cukup baik, fleksibilitas, ketahanan terhadap korosi dan bahan kimia, serta biaya produksi yang relatif ekonomis. Namun, peningkatan penggunaannya berkontribusi terhadap akumulasi limbah plastik yang berpotensi mencemari lingkungan. Salah satu solusi yang dikaji adalah pengembangan komposit berbasis serat alam dengan penambahan *filler* abu sekam padi (ASP). Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi abu sekam padi (ASP) terhadap sifat mekanik komposit serat rami bermatriks polipropilena (PP) yang diproduksi menggunakan metode *hot press*. Pengujian dan analisis sifat mekanik dilakukan melalui uji impak ASTM D5942 dan analisis foto makro permukaan patahan. Hasil menunjukkan komposisi optimum pada 5% ASP, 85% PP, dan 10% serat rami dengan energi serap 0,798 J dan ketangguhan 0,024 J/mm². Pengamatan makro memperlihatkan dominasi mekanisme *fiber pull-out* dan adanya beberapa *void*, yang menunjukkan penyerapan energi melalui pelepasan serat dan gesekan antarmuka sehingga retakan tidak berkembang secara signifikan.

Kata kunci: Abu sekam padi, Komposit, Polipropilena, Sifat mekanik

1. Pendahuluan

Pesatnya perkembangan industri otomotif mendorong kebutuhan akan material yang ringan, memiliki kekuatan yang memadai, ramah lingkungan, serta ekonomis [1]. Dalam konteks ini, polimer termoplastik seperti polipropilena (PP) semakin banyak dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti material konvensional karena bobotnya yang rendah, kemudahan dalam proses pembentukan, dan ketahanan terhadap bahan kimia [2]. Meskipun demikian, penggunaan PP tanpa modifikasi masih menghadapi keterbatasan, terutama pada aspek kekuatan mekanik. Oleh sebab itu, diperlukan upaya penguatan maupun rekayasa material untuk meningkatkan performanya agar dapat memenuhi spesifikasi teknis yang dibutuhkan pada komponen otomotif, khususnya untuk aplikasi bagian interior [3]. Komposit yang diperkuat serat alam terus dikembangkan sebagai pengganti material konvensional karena menawarkan berbagai kelebihan, seperti bobot yang lebih ringan, sifat lebih ramah lingkungan, serta biaya produksi yang relatif lebih ekonomis [4].

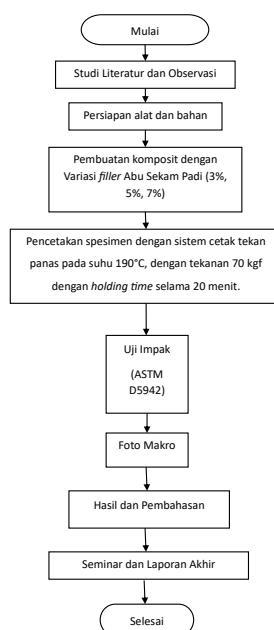
Pemanfaatan serat alam sebagai penguat dalam material komposit pada industri otomotif, terutama dalam produksi berbagai komponen kendaraan, telah terbukti mampu menyeimbangkan performa kendaraan dengan mengurangi bobot sekaligus meningkatkan keselamatan penumpang [5]. Secara intrinsik, serat alam sebagai biomassa lignoselulosa tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang memberikan sifat khas berupa kekuatan spesifik dan kekakuan yang relatif tinggi [6]. Salah satu jenis serat alam yang berpotensi digunakan sebagai penguat dalam material komposit adalah serat rami. Pemilihan jenis material serta pemahaman terhadap karakteristik setiap komponennya menjadi faktor krusial yang memengaruhi kinerja dan sifat mekanik komposit yang dihasilkan [7]. Dalam industri otomotif, material komposit banyak digunakan pada komponen non-struktural seperti *dashboard* karena mampu mengombinasikan kekuatan, ketangguhan, serta aspek keselamatan dalam satu sistem material [8]. Komposit berbasis serat alam menjadi alternatif yang

menjanjikan, dengan serat rami berperan sebagai penguat dan polipropilena (PP) sebagai matriks. Pemilihan PP didasarkan pada karakteristiknya yang memiliki densitas rendah ($\pm 0,90 \text{ g/cm}^3$), ketahanan kimia yang baik, serta kemudahan dalam proses manufaktur seperti ekstrusi dan *injection molding* [9].

Polipropilena memiliki titik leleh sekitar 165–170 °C, disertai sifat mekanik yang baik, fleksibilitas tinggi, serta ketahanan terhadap kelembapan dan pelarut kimia. Selain itu, PP dapat dimodifikasi dengan penambahan serat atau *filler* untuk meningkatkan kinerja mekanik dan termalnya tanpa kehilangan stabilitas dimensi secara signifikan [10]. Untuk lebih meningkatkan performa sekaligus mendukung aspek keberlanjutan, abu sekam padi (ASP) digunakan sebagai *filler* karena ketersediaannya yang melimpah, biaya rendah, serta kemampuannya mengurangi limbah pertanian. Abu sekam padi juga berpotensi meningkatkan sifat mekanik komposit apabila terdispersi secara merata, meskipun sifat abrasif dan kecenderungannya membentuk aglomerasi dapat menurunkan ketangguhan impact serta menyebabkan ketidakseragaman struktur [11]. Abu sekam padi juga dapat meningkatkan ketahanan aus dan kekakuan komposit; namun, penambahan *filler* yang berlebihan dapat menyebabkan penurunan ketangguhan impact [12]. Kebaruan penelitian ini terletak pada kombinasi abu sekam padi berukuran 200 *mesh* dan serat rami sepanjang 5 mm dalam matriks polipropilena, yang belum dikaji secara simultan pada penelitian sebelumnya [9].

2. Metodologi

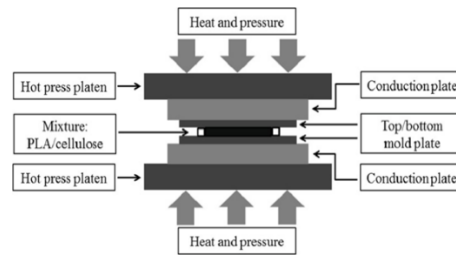
Penelitian ini menggunakan polipropilena (PP) sebagai matriks, serat rami (SR) sebagai penguat, dan abu sekam padi (ASP) sebagai *filler*. Sebelum proses pencampuran, serat rami dipotong sepanjang 5 mm dan dikeringkan menggunakan oven untuk menurunkan kadar air, sedangkan abu sekam padi diayak dengan saringan 200 *mesh* guna memperoleh ukuran partikel yang lebih seragam.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

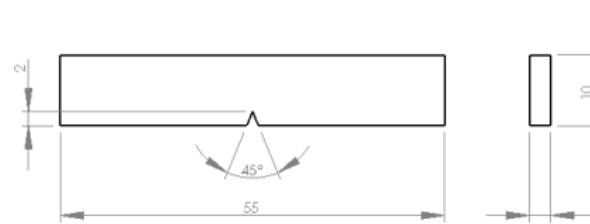
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposisi komposit dengan variasi kandungan ASP sebesar 3%, 5%, dan 7%, masing-masing dengan komposisi 87% PP : 10% SR, 85% PP : 10% SR, dan 83% PP : 10% SR. Variabel terikat didasarkan pada hasil pengujian spesimen komposit sesuai standar uji impact mengacu pada ASTM D5942. Spesimen dibuat menggunakan metode *hot press* dengan orientasi serat acak pada suhu 190 °C dan tekanan 70 kgf selama 20 menit, kemudian didinginkan pada suhu ruang sebelum dilakukan pemotongan sesuai dengan ketentuan.

Skema metode *hot press* yang digunakan dalam proses pembuatan spesimen komposit pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar tersebut memperlihatkan tahapan utama proses pengepresan, mulai dari penempatan material dalam cetakan hingga proses pemanasan dan pemberian tekanan.



Gambar 2. Metode *Hot Press*

Komposit yang telah selesai melalui proses manufaktur selanjutnya dibentuk menjadi spesimen untuk pengujian impak sesuai dengan standar ASTM D5942 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Dimensi Pengujian Impak

Penelitian ini menggunakan pengujian impak yang mengacu pada standar ASTM D5942, dengan spesimen uji disiapkan sesuai dimensi standar, menggunakan *v-notch* dengan panjang 55 mm, lebar 10 mm, dan tebal 3 mm. Seluruh pengujian dilaksanakan di Laboratorium Material Universitas Tidar. Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis secara sistematis. Pada pengujian impak, parameter yang dievaluasi meliputi energi serap dan ketangguhan impak, sehingga perilaku mekanik material hingga mengalami kegagalan dapat ditentukan [13]. Selain itu, dilakukan pengamatan makroskopis pada permukaan patahan untuk mengidentifikasi karakteristik dan mekanisme kegagalan komposit. Setelah seluruh tahapan pengujian spesimen selesai, proses dilanjutkan dengan analisis data melalui perhitungan terhadap hasil pengujian yang diperoleh. Nilai kekuatan tarik komposit selanjutnya dihitung menggunakan Persamaan berikut [14];

$$\text{Energi serap} = \text{Energi awal} - \text{Energi sisa} \quad (1)$$

$$\text{Energi serap} = m \cdot g \cdot h_0 - m \cdot g \cdot h_1$$

$$\text{Energi serap} = m \cdot g(\ell \cdot \cos \beta) - (\ell \cdot \cos \alpha)$$

$$\text{Energi serap} = m \cdot g \cdot \ell (\cos \beta - \cos \alpha)$$

Di mana:

m = Massa Pendulum (kg)

g = Percepatan Gravitasi (m/s^2)

ℓ = Jarak lengan pengayun (m)

h_0 = Jarak awal antara pendulum dengan benda uji (m)

h_1 = Jarak akhir antara pendulum dengan benda uji (m)

$\cos \alpha$ = Sudut ayun pendulum sebelum mengenai beban ($^\circ$)

$\cos \beta$ = Sudut ayun pendulum setelah mengenai beban ($^\circ$)

Dari persamaan rumus diatas didapatkan besarnya harga impak dari rumus dibawah ini:

$$HI = \frac{E}{A} \quad (2)$$

Dimana:

E = Energi Serap (J)

HI = Harga Impak (J/mm²)

A = Luas penampang (mm²)

3. Hasil dan pembahasan

Material komposit dibuat dari polipropilena–serat rami dengan penambahan abu sekam padi sebagai *filler*. Untuk mengkarakterisasi sifat mekaniknya, dilakukan pengujian impact dan foto makro. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terhadap spesimen komposit, diperoleh data hasil eksperimen beserta hasil analisisnya.

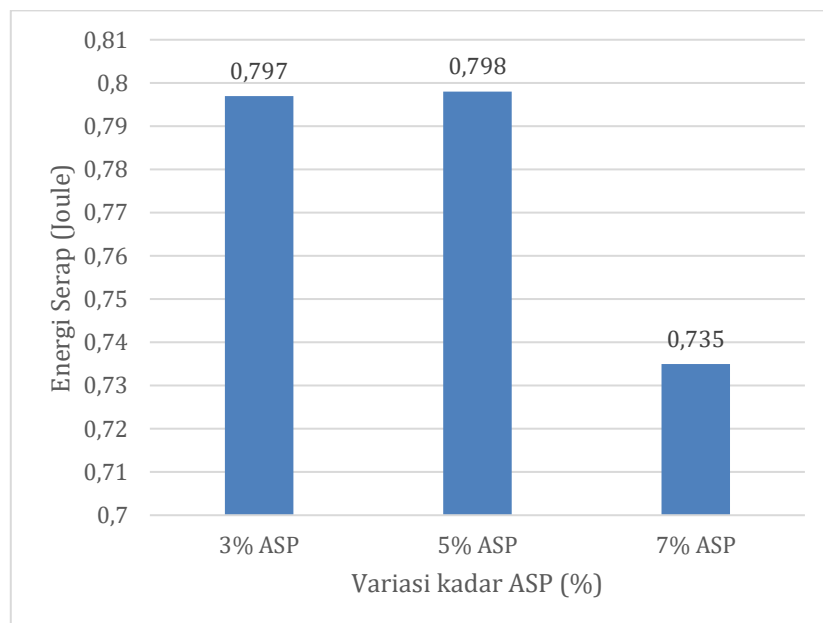
3.1. Pengujian Impact

Hasil pengujian impact material komposit polipropilena–serat rami disajikan pada Tabel berikut.

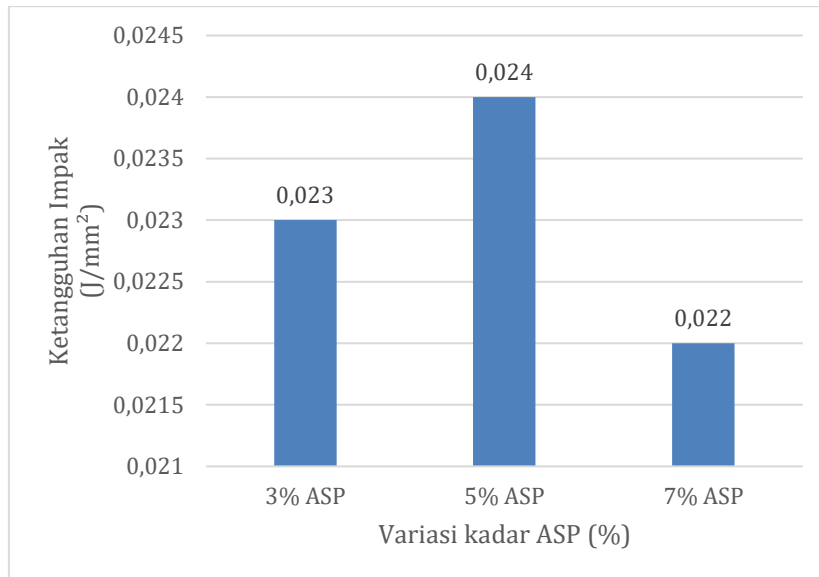
Tabel 1. Data hasil pengujian impact

No.	Variasi Komposisi	Energi serap rata-rata	Harga Impact rata-rata
1	3% ASP: 87% PP: 10% SR	0,797	0,023
2	5% ASP: 85% PP: 10% SR	0,798	0,024
3	7% ASP: 83% PP: 10% SR	0,735	0,022

Data yang telah didapatkan selanjutnya divisualisasikan dalam bentuk grafik. Gambar 4 menyajikan diagram energi serap, sedangkan Gambar 5 menampilkan diagram ketangguhan impact.



Gambar 4. Grafik Nilai Energi Serap



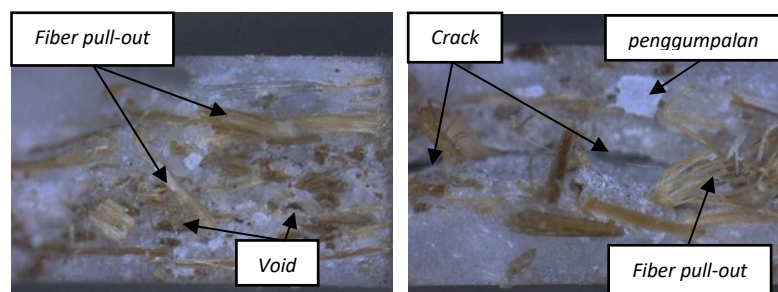
Gambar 5. Grafik Nilai Ketangguhan Impak

Berdasarkan rata-rata hasil uji impact sesuai ASTM D5942, setiap variasi spesimen menunjukkan nilai ketangguhan yang berbeda, menandakan bahwa perubahan kadar abu sekam padi (ASP) dalam komposit polipropilena (PP) berpenguat serat rami berpengaruh terhadap kemampuan material menyerap energi benturan. Komposisi 5% ASP: 85% PP: 10% SR memberikan performa terbaik dengan energi serap rata-rata 0,798 J dan ketangguhan impact 0,024 J/mm². Hal ini menunjukkan tercapainya keseimbangan antara matriks, serat, dan *filler* sehingga mekanisme penyerapan energi berlangsung efektif. Sebaliknya, peningkatan kadar ASP hingga 7% menurunkan nilai impact akibat kemungkinan aglomerasi partikel dan meningkatnya konsentrasi tegangan dalam matriks.

Pengujian impact komposit *dashboard* mengacu pada SNI ISO 179/ISO 180 dan menghasilkan nilai tertinggi 0,0249 J/mm² (24,9 kJ/m²), jauh di atas rentang referensi material *dashboard* otomotif (4–10 kJ/m²), termasuk ABS. Hasil ini menegaskan bahwa komposisi 5% ASP memiliki ketangguhan tinggi, tidak bersifat getas, serta memenuhi persyaratan dasar untuk aplikasi *dashboard* otomotif non-struktural [15].

3.2. Foto Makro

Dokumentasi dan pengamatan spesimen pasca-pengujian dilakukan menggunakan mikroskop foto makro Meiji Techno EM-51M2. Hasil dokumentasi foto makro pada penampang patahan komposit pasca uji impact disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Foto Makro (a) Variasi 5%ASP: 85%PP: 10%SR dan (b) Variasi 7%ASP: 83%PP: 10%SR

Hasil pengamatan foto makro pada penampang patahan uji impact menunjukkan perbedaan pola kerusakan yang dipengaruhi oleh variasi fraksi volume ASP. Pada spesimen dengan 5% ASP yang memiliki nilai impact tertinggi, permukaan patahan didominasi oleh fenomena *fiber pull-out* disertai beberapa *void*. Kondisi ini menunjukkan bahwa energi benturan dapat diserap melalui mekanisme pelepasan serat dari matriks dan gesekan pada antarmuka, sehingga

retak tidak langsung berkembang secara signifikan. Penyebaran *filler* yang relatif merata pada komposisi ini turut mendukung distribusi tegangan yang lebih homogen dan meningkatkan efektivitas penyerapan energi.

Sebaliknya, spesimen dengan 7% ASP yang memiliki nilai dampak terendah memperlihatkan retakan memanjang, *fiber pull-out*, dan beberapa *void*. Kehadiran retak panjang mengindikasikan konsentrasi tegangan yang lebih tinggi akibat kemungkinan aglomerasi *filler* dan meningkatnya cacat mikro. Kondisi ini melemahkan ikatan antarmuka serta mempermudah pembentukan dan propagasi retak saat pembebanan dampak, sehingga kemampuan material dalam menyerap energi menurun [14].

4. Kesimpulan

Hasil uji dampak menunjukkan bahwa variasi komposisi memberikan pengaruh signifikan terhadap ketangguhan dampak komposit. Komposisi 5% ASP : 85% PP : 10% SR menghasilkan performa terbaik dengan energi serap rata-rata 0,798 J dan nilai ketangguhan dampak sebesar 0,024 J/mm². Hasil ini didukung oleh pengamatan foto makro yang memperlihatkan dominasi mekanisme *fiber pull-out* dan distribusi *filler* yang relatif merata, sehingga energi benturan dapat diserap secara efektif melalui pelepasan serat dan gesekan antarmuka. Sebaliknya, peningkatan kadar ASP hingga 7% menurunkan performa dampak yang ditandai dengan munculnya retak memanjang, aglomerasi partikel, dan bertambahnya *void*, yang mengindikasikan meningkatnya konsentrasi tegangan serta kerapuhan material.

Secara keseluruhan, komposisi *filler* memiliki batas optimum dalam meningkatkan kinerja komposit. Penambahan ASP sebesar 5% memberikan keseimbangan terbaik antara matriks, serat, dan *filler* sehingga menghasilkan ketangguhan dampak yang optimal. Sementara itu, penambahan *filler* yang berlebihan justru menurunkan homogenitas struktur dan kemampuan material dalam menyerap energi benturan.

Ucapan terima kasih

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada seluruh pihak, baik individu maupun institusi, yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan hingga penyelesaian penelitian ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada Universitas Tidar dan Politeknik Negeri Semarang atas penyediaan fasilitas penelitian, lingkungan akademik yang kondusif, serta dukungan administratif dan teknis selama proses penelitian berlangsung. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan pendanaan, memfasilitasi perizinan penelitian, serta membantu dalam proses pengambilan dan pengolahan data, sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik dan menghasilkan temuan yang bernilai secara ilmiah.

Daftar Pustaka

- [1] F. Rahman, Mulianti, Rifelino, And Z. Abadi, "Karakteristik Sifat Mekanik Komposit Serat Bambu Dan Serabut Kelapa Sebagai Material Bumper Mobil Program Studi Teknik Mesin , Universitas Negeri Padang," Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Padang, Vol. 9, Pp. 2942–2952, 2025.
- [2] T. Siagian, "Jurnal Al Ulum Lppm Universitas Al Washliyah Medan Jurnal Al Ulum Lppm Universitas Al Washliyah Medan," Jurnal Al Ulum Lppm Universitas Al Washliyah Medan, Vol. 13, No. 1, Pp. 21–28, 2025.
- [3] W. Sujana And K. A. Widi, "Peran Abu Sekam Padi Pada Komposit Polimer Jenis Pet," Jurnal Flywheel, 8(1). 15-24). 2017.
- [4] M. Rusly, R. Sulistyowati, And P. Lumban Toruan, "Analisis Uji Tarik Komposit Serat Batang Kelakai Dengan Variasi Katalis Untuk Pembuatan Material Bumper Mobil," Journal Online Of Physics, Vol. 9, No. 1, Pp. 43–44, 2023, Doi: 10.22437/Jop.V9i1.27670.

- [5] M. Pramudia, T. Prasetyo, R. M. Yusron, And M. Safiudin, “Analisa Beban Penekanan Hidrolis Terhadap Kekerasan Komposit Resin Epoksi Berpenguat Serbuk Kulit Jagung Dan Fly Ash Menggunakan Metode Compression ...,” *Infotekmesin*, Vol. 14, No. 02, Pp. 69–75, 2024, Doi: 10.35970/Infotekmesin.V15i1.2153.
- [6] R. Ramful, “Mechanical Performance And Durability Attributes Of Biodegradable Natural Fibre-Reinforced Composites—A Review,” *Journal Of Materials Science: Materials In Engineering*, Vol. 19, No. 1, 2024, Doi: 10.1186/S40712-024-00198-0.
- [7] A. Kuriakose Mani Et Al., “Mechanical Properties And Microstructure Of Ramie Fiber-Reinforced Natural Rubber Composites,” *Journal Of Composites Science*, Vol. 9, No. 7, Pp. 1–16, 2025, Doi: 10.3390/Jcs9070332.
- [8] S. B. Mohd Yasin, J. S. Terry, And A. C. Taylor, “Fracture And Mechanical Properties Of An Impact Toughened Polypropylene Composite: Modification For Automotive Dashboard-Airbag Application,” *Rsc Adv.*, Vol. 13, No. 39, Pp. 27461–27475, 2023, Doi: 10.1039/D3ra04151d.
- [9] T. Hermawan And N. Iskandar, “Analisis Kekuatan Impak Komposit Berpenguat Serat Rami Dengan Matriks Gondorukem Pada Fraksi Massa 15% Dan 30%,” 2023.
- [10] A. Dwi Supriono, D. Wicaksono, And Sehono, “Analisa Kekuatan Polypropylene Dengan Campuran Hdpe Dan Serat Karbon Menggunakan Uji Impact,” *Teknika Sttkd: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, Vol. 8, No. 2, Pp. 251–256, Nov. 2022, Doi: 10.56521/Teknika.V8i2.640.
- [11] R. Fatah And Y. Umardani, “Karakterisasi Abu Sekam Padi (Rice Husk Ash) Hasil Pembakaran Sekam Padi.”
- [12] I. Fayzullin Et Al., “Influence Of Different Dosages Of Rice Husk Particles On Thermal, Physical, Mechanical And Rheological Properties Of Polypropylene-Based Composites,” *Journal Of Composites Science*, Vol. 9, No. 8, Pp. 1–26, 2025, Doi: 10.3390/Jcs9080443.
- [13] W. Fitri And R. Putra, “The Effect Of Rice Husk Volume Fraction On The Mechanical Properties Of Composites,” *International Journal Of Polymer And Plastics Technology (Ijplast)*, Vol. 01, No. 01, Pp. 1–05, 2025, [Online]. Available: <https://doi.org/10.29103/Ijplast.V1n1.20476>
- [14] P. Ilmu Purboputro, A. Hariyanto, And J. I. Ayani Tromol Pos Pabelan, “Analisis Sifat Tarik Dan Impak Komposit Serat Rami Dengan Perlakuan Alkali Dalam Waktu 2, 4, 6, Dan 8 Jam Bermatrik Poliester,” *Media Mesin: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol. 18, No. 2, Pp. 64–75, 2017.
- [15] H. F. Annisa And A. Mahyudin, “Pengaruh Fraksi Volume Serat Pinang Dan Serat Rami Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanik Komposit Hibrid Sebagai Bahan Dasar Dashboard Mobil,” *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 14, No. 1, Pp. 68–74, 2025, Doi: 10.25077/Jfu.14.1.68-74.2025.