



## **Analisa Pengaruh Variasi Penambahan Fly Ash Terhadap Kekuatan Impact Pada Material Komposit Resin Polyester Berpenguat Serat Kulit Jagung**

### ***Effect Analysis of Fly Ash addition variations on Impact strength behaviour on Polyester Resin Composite Material with Corn Husk Fiber-Reinforced***

**Tito Arif Sutrisno<sup>1\*</sup>, Nanang Dwi Cahyono<sup>1</sup>, Komang Astana Widi<sup>1</sup>, Febi Rahmadiano<sup>1</sup>, Rosadila Febritasari<sup>1</sup>, Gerald Adityo Pohan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institut Teknologi Nasional Malang, Indonesia

Diterima: 04-07-2022

Disetujui: 27-04-2023

Dipublikasikan: 30-05-2023

\*Corresponding author: [titoarifsutrisno@lecturer.itn.ac.id](mailto:titoarifsutrisno@lecturer.itn.ac.id)

---

#### **Abstrak**

Komposit adalah suatu jenis paduan material yang dikembangkan berbagai macam aplikasi. Keunggulan bahan polimer dibandingkan dengan keramik dan logam adalah mudah dibentuk sesuai aplikasi yang dibutuhkan. Bahan polimer juga memiliki kekurangan yaitu kurang baik apabila diaplikasikan pada suhu dan beban tinggi. Adanya kekurangan tersebut perlu ditambahkan material lain untuk memperbaiki sifat material polimer. Resin polyester memiliki sifat diantaranya kaku dan rapuh, perlu adanya pengembangan untuk meningkatkan sifat mekanik dengan menambahkan serat kulit jagung. Penggunaan partikel fly ash memiliki fungsi untuk meningkatkan ketangguhan komposit dalam menahan beban kejut. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan variasi 0, 5, 10, 15 % fly ash. Untuk memperoleh data dilakukan pengujian impact dan foto makro. Berdasarkan data yang telah dianalisa, rata-rata harga impact secara berturut-turut 0,0450 J/mm<sup>2</sup>, 0,0543 J/mm<sup>2</sup>, 0,0600 J/mm<sup>2</sup>, dan 0,0411 J/mm<sup>2</sup>. Spesimen terbaik pada penambahan 10% fly ash dengan harga impact sebesar 0,0600 J/mm<sup>2</sup>. Hal ini dikarenakan kandungan kimia didalam fly ash membuat material komposit menjadi tangguh dalam menahan beban impact. Foto makro patahan spesimen mengalami patahan getas. Pada variasi 15% mengalami penurunan harga impact dikarenakan terdapat porositas yang membuat ketangguhan komposit menurun.

**Kata Kunci:** Fly ash; Foto makro; Impact; Komposit

#### **Abstract**

Composite is a kind of alloy material that has been developed for numerous applications. Compared to ceramic and metal, polymer material can be constructed easily to be required shape. However, it can not be applied in high temperature and load. So it should be added other material to recover the polymer material properties. Polyester resin has rigid and brittle characteristic so mechanical properties should be repaired by adding corn husk fiber. The use of fly ash particle has a function to increase the toughness behaviour of the composite in shock load holding. The research was conducted experimentally by 0, 5, 10, 15 % fly ash variations. Data was gotten from impact testing and macro photos. Based on the analyzed data, the means of impact value are 0.0450 J/mm<sup>2</sup>, 0.0543 J/mm<sup>2</sup>, 0.0600 J/mm<sup>2</sup>, and 0.0411 J/mm<sup>2</sup>, respectively. The best specimen was gotten from 10% fly ash addition with 0.0600 J/mm<sup>2</sup> of impact value. This is caused by the chemical content in fly ash makes the composite material tough for impact load holding. The Macro photo of specimen shows brittle fracture. The 15% fly ash variation specimen had impact value decline because the porosity made the composite toughness declinment.

**Keywords:** Fly ash; Macro photo; Impact; Composite

**How to Cite:** Sutrisno, T.A. 2023, Analisa Pengaruh Variasi Penambahan Fly Ash Terhadap Kekuatan Impact Pada Material Komposit Resin Polyester Berpenguat Serat Kulit Jagung, JMEMME (Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy), 7 (1): 27-35.

---

## PENDAHULUAN

Komposit adalah suatu jenis paduan material yang digunakan untuk berbagai macam aplikasi. Komposit merupakan material yang diperoleh dengan cara menggabungkan dua material atau lebih yang mempunyai perbedaan secara makroskopik [1], [2]. Bahan komposit ini menjadi salah satu alternatif pengganti bahan logam [3], [4]. Dalam pembuatan komposit, resin merupakan salah satu bahan material yang sering digunakan sebagai matrik pada pembuatan komposit yang disebut dengan *Polimer Matrix Composite* (PMC). Salah satu keunggulan dari bahan polimer dibandingkan dengan keramik dan logam adalah mudah dibentuk sesuai aplikasi yang dibutuhkan [5]–[7]. Akan tetapi bahan polimer juga memiliki kekurangan yaitu kurang baik apabila diaplikasikan di suhu dan beban yang tinggi [8], [9]. Sifat mekanik komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya (suhu, massa, tekanan) dan bahan penyusun komposit [10], [11].

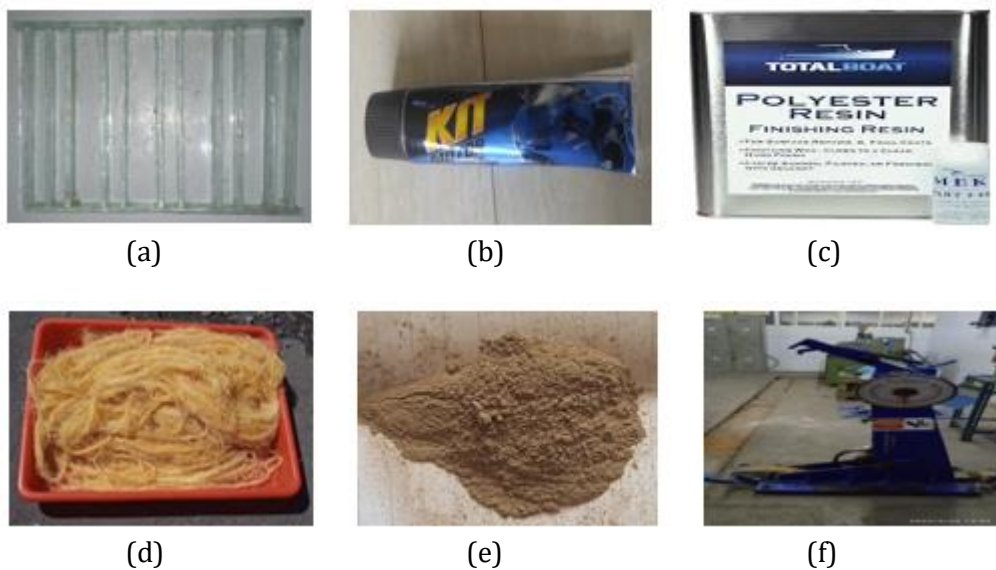
Jagung merupakan salah satu tanaman pangan penghasil karbohidrat yang penting di dunia, selain padi dan gandum. Tanaman jagung terdiri dari batang, daun jagung, kulit jagung, isi jagung, dan tongkol jagung. Tanaman jagung menghasilkan limbah diantaranya kulit jagung [12], [13]. Kulit jagung merupakan bagian yang menutupi isi dan tongkol jagung (kelobot). Kulit jagung memiliki kandungan senyawa kimia meliputi lignin 15%, abu 5,09%, alkohol-sikloheksana 4,57% dan selulosa 44,08% [14], [15]. Pemanfaatan serat kulit jagung dapat digunakan sebagai penguat dalam sebuah komposit [16], [17]. Penggunaan serat alami sebagai bahan penguat dalam komposit bertujuan untuk mendapatkan hasil yang efisien [18], [19].

*Fly ash* merupakan sisa dari hasil pembakaran batu bara. Pemanfaatan abu terbang sebagai penguat pada komposit yang disebut PMC (*Polimer Matriks Composite*) menguntungkan. *Fly ash* memiliki kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), ferro oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), dan Kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) dan juga mengandung unsur lain seperti magnesium oksida ( $\text{MgO}$ ), titanium oksida ( $\text{TiO}_2$ ), alkalin ( $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ ), sulfur terioksida ( $\text{SO}_3$ ), pospor oksida ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) dan carbon [20]. Penambahan Fly ash pada material komposit dapat meningkatkan ketangguhan pada komposit [21]. Resin *polyester* merupakan salah satu jenis resin cair yang memiliki viskositas rendah dan akan mengeras pada temperatur kamar dengan menggunakan katalis. Selain harga yang murah resin polyester juga

memiliki sifat yang kaku, rapuh, ketahanan terhadap cuaca yang baik, tahan terhadap kelembaban, transparan, dan kuat terhadap asam kecuali asam pengoksid [22].

### METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dipakai adalah metode eksperimen dengan pengujian impact. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1. Tahap yang dilakukan pada penelitian ini yaitu membandingkan hasil dari hasil uji *impact*. Variabel-variabel penelitian dalam studi ini diperlihatkan pada tabel 1.



Gambar 1. Alat dan Bahan Penelitian A). Cetakan, B). Pelumas Cetakan, C). Resin Polyester, D). Serat Kulit Jagung, E). Fly Ash, F). Alat Uji Impact

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Presentase Serat	Presentase Fly ash	Presentase Resin
1		0%	95%
2	5% Serat Kulit	5%	90%
3	Jagung	10%	85%
4		15%	80%

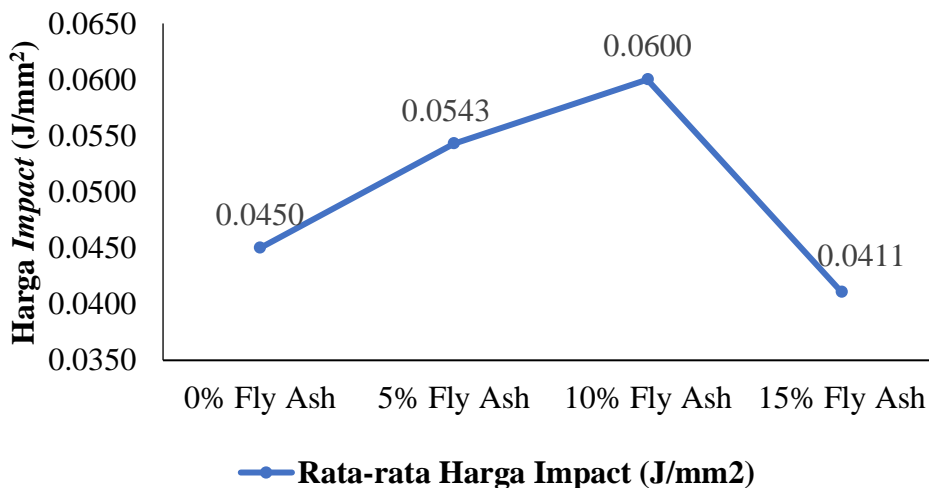
Dalam studi ini, sifat mekanik bahan diperoleh berdasarkan hasil pengujian impact charpy. Pola kerusakan hasil uji diamati dengan menggunakan foto makro.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam studi ini, hasil uji impak diperlihatkan pada tabel 2. Berdasarkan tabel 2, kekuatan impak untuk specimen A1, A2, dan A3 secara berturut-turut ialah 0,0431 J/mm<sup>2</sup>, 0,0489 J/mm<sup>2</sup>, dan 0,0431 J/mm<sup>2</sup>. Kekuatan impak untuk specimen B1, B2, dan B3 secara berturut-turut ialah 0,0542 J/mm<sup>2</sup>, 0,0600 J/mm<sup>2</sup>, dan 0,0489 J/mm<sup>2</sup>. Kekuatan impak untuk specimen C1, C2, dan C3 secara berturut-turut ialah 0,0600 J/mm<sup>2</sup>, 0,0600 J/mm<sup>2</sup>, dan 0,0600 J/mm<sup>2</sup>. Akhirnya, kekuatan impak untuk specimen D1, D2, dan D3 secara berturut-turut ialah 0,0431 J/mm<sup>2</sup>, 0,0372 J/mm<sup>2</sup>, dan 0,0431 J/mm<sup>2</sup>

Tabel 2. Data hasil uji Impact

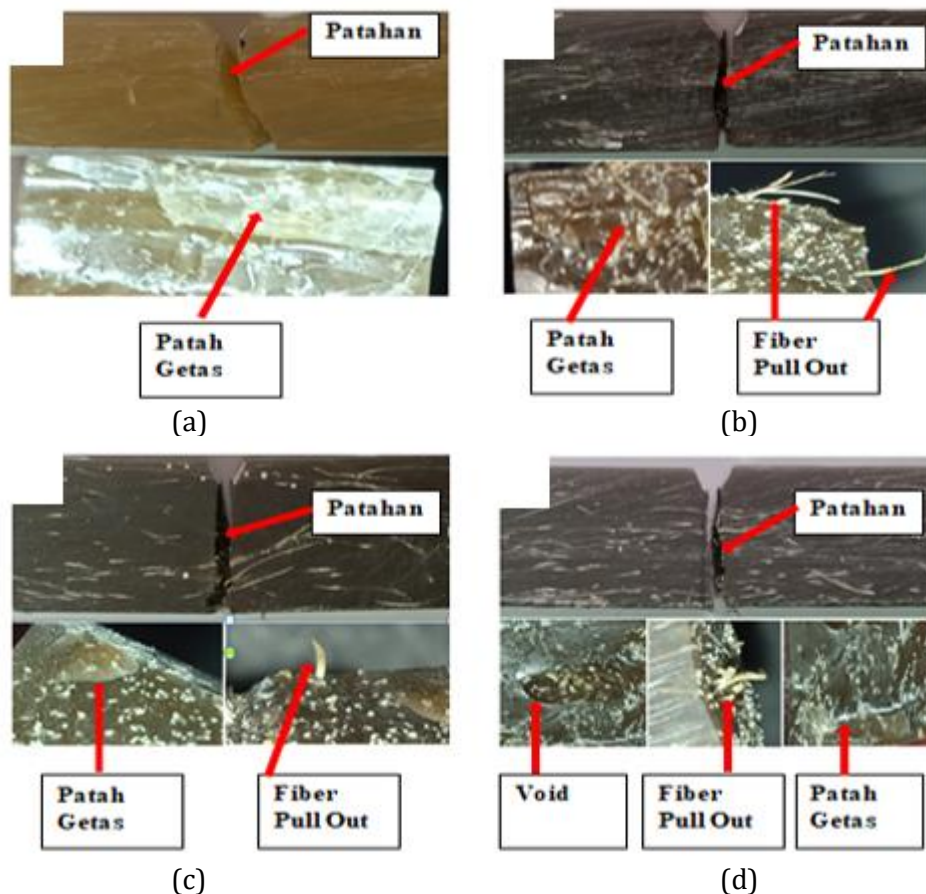
Spesimen	P (mm)	L (mm)	T (mm)	H (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	A (°)	B (°)	Energi Impact (J)	Harga Impact (J/mm <sup>2</sup> )	Rata - rata HI
A1	127	10	12,7	10,16	101,6	50	43	4,380	0,0431	
A2	127	10	12,7	10,16	101,6	50	42	4,970	0,0489	0,0450
A3	127	10	12,7	10,16	101,6	50	43	4,380	0,0431	
B1	127	10	12,7	10,16	101,6	50	41	5,512	0,0542	
B2	127	10	12,7	10,16	101,6	50	40	6,102	0,0600	0,0543
B3	127	10	12,7	10,16	101,6	50	42	4,970	0,0489	
C1	127	10	12,7	10,16	101,6	50	40	6,102	0,0600	
C2	127	10	12,7	10,16	101,6	50	40	6,102	0,0600	0,0600
C3	127	10	12,7	10,16	101,6	50	40	6,102	0,0600	
D1	127	10	12,7	10,16	101,6	50	43	4,380	0,0431	
D2	127	10	12,7	10,16	101,6	50	44	3,789	0,0372	0,0411
D3	127	10	12,7	10,16	101,6	50	43	4,380	0,0431	



Gambar 2. Grafik Harga Impact

Dari hasil pengujian impact pada material komposit serat kulit jagung dan *fly ash* dengan matriks resin polyester dengan variasi campuran *fly ash* 0%, 5%, 10%, dan 15%,

didapatkan rata-rata harga impact tertinggi pada presentase campuran *fly ash* sebanyak 10% dengan hasil 0,0600 J/mm<sup>2</sup>. Didalam gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya presentase *fly ash* yang digunakan didalam material komposit semakin meningkatkan harga *impact* dari komposit tersebut, hal ini disebabkan karena ada unsur atau kandungan senyawa yang ada didalam *fly ash* memiliki ketangguhan yang lebih baik dari matriks [21]. *Fly ash* memiliki kandungan kimia Silika, alumina, ferro oksida, kalsium oksida [20], dari kandungan yang dimiliki *fly ash* tersebut mempengaruhi kenaikan harga impact pada material komposit. Akan tetapi pada fraksi volume *fly ash* sebesar 15% mengalami penurunan harga *impact*, hal ini kemungkinan disebabkan karena penambahan *fly ash* yang terlalu banyak sehingga harga impact mengalami penurunan. *Fly ash* sendiri memiliki sifat kekerasan yang tinggi akan tetapi memiliki sifat yang getas, karena didalam *fly ash* terdapat kandungan kimia yang salah satunya terdapat unsur carbon sehingga membuat material tersebut menjadi keras [23]. Penurunan harga *impact* bisa juga disebabkan oleh kurang baiknya ikatan permukaan antara resin dan serat kulit jagung sehingga mengakibatkan penurunan sifat mekanis pada material komposit [24].



Gambar 3. Foto Patahan Uji Impact A). 0% Fly ash, B). 5%Fly ash, C). 10% Fly ash, D). 15% Fly ash

Pada gambar 3. A dapat dilihat bentuk patahan spesimen uji impact material komposit resin polyester dengan penguat serat kulit jagung merupakan patah getas (*Brittle Fracture*), karena pada permukaan patahan spesimen uji mengkilap dan tanpa adanya *fiber pull out* [25]. Terlihat bahwa didalam patahan tidak terjadi *fiber pull out* maupun porositas, karena pada spesimen ini ikatan antara serat dengan matrik cukup baik sehingga tidak adanya serat yang terlepas dari matrik.

Berdasarkan gambar 3. B spesimen uji *impact* tersebut mengalami patah getas, karena didalam gambar spesimen tersebut terdapat kilauan cahaya berwarna putih mengindikasikan bahwa komposit mengalami patah getas [26]. Spesimen dengan 5% *fly ash* lebih sedikit area yang mengalami patahan getas dibandingkan dengan spesimen yang tanpa menggunakan campuran *fly ash*. Pada spesimen uji *impact* dengan penambahan 5% *fly ash* hanya mengalami sedikit *fiber pull out* dan didalam gambar tersebut tidak adanya kekosongan (*void*) hal ini dimungkinkan karena saat pencampuran resin dengan *fly ash* tidak banyak menghasilkan gelembung udara sehingga tidak terdapat kekosongan pada komposit. Proses terjadinya patahan tersebut secara bersamaan antara serat dengan resin. Akan tetapi didalam gambar 2. B tersebut dapat dilihat terdapat *fiber pull out* yang terjadi antara serat kulit jagung dengan resin *polyester* karena tidak menyatunya antara serat dengan matrik dengan sempurna [27].

Berdasarkan gambar 3. C diatas spesimen uji *impact* tersebut mengalami patah getas, karena didalam gambar foto makro penampang patahan uji *impact* tersebut memiliki ciri – ciri patah getas, pada gambar foto makro penampang uji impak tersebut terdapat warna yang mengkilap [28]. Pada spesimen uji *impact* dengan penambahan 10% *fly ash* hanya mengalami sedikit *fiber pull out* dan didalam spesimen tersebut area yang mengalami patah getas lebih sedikit dibandingkan dengan dibandingkan dengan penambahan *fly ash* 5% sehingga harga *impact* mengalami kenaikan pada presentase *fly ash* 10%. Proses terjadinya patahan tersebut secara bersamaan antara serat dengan resin. Akan tetapi didalam gambar 3. C tersebut masih terdapat *fiber pull out* yang terjadi antara serat kulit jagung dengan resin *polyester* karena matrik tidak mampu menahan beban yang diterima sehingga menyebabkan serat terlepas dan kemudian terjadi kegagalan/patah [29].

Berdasarkan gambar 3. D diatas spesimen uji *impact* tersebut mengalami patah getas, karena didalam gambar tersebut terdapat kilauan cahaya berwarna putih / terlihat mengkilap sehingga termasuk kedalam patah getas [25]. Pada spesimen uji *impact* dengan

penambahan 15% *fly ash* didalam gambar 3. D dapat dilihat adanya kekosongan (*void*) hal ini karena saat proses pembuatan komposit dengan terdapat gelembung udara yang terjebak didalam matrik sehingga terdapat kekosongan (*Void*) pada komposit. Keberadaan *void* didalam komposit menyebabkan harga *impact* pada komposit mengalami penurunan. Proses terjadinya patahan tersebut secara bersamaan antara serat dengan resin. Akan tetapi didalam gambar 3. D tersebut dapat dilihat terdapat *fiber pull out* yang terjadi antara serat kulit jagung dengan resin *polyester* karena matrik tidak mampu menahan beban yang diterima sehingga menyebabkan serat terlepas dan kemudian terjadi kegagalan/patah [29]. Ikatan antarmuka antara matrik dengan serat tidak mampu menahan kenaikan laju tegangan, sehingga saat matrik mengalami patah harga *impact* menurun [30].

## KESIMPULAN

Penambahan *fly ash* 15% dapat menyebabkan harga *impact* komposit semakin menurun dengan harga *impact* sebesar 0,0411 J/mm<sup>2</sup>. Hal ini disebabkan karena *fly ash* sendiri memiliki sifat yang keras akan tetapi getas. Pada presentase 0% *fly ash* memiliki harga *impact* sebesar 0,0450 J/mm<sup>2</sup>, kandungan *fly ash* 5% mengalami kenaikan harga *impact* sebesar 0,0543 J/mm<sup>2</sup>, dan pada kandungan *fly ash* 10% juga mengalami kenaikan harga *impact* sebesar 0,0600 J/mm<sup>2</sup>. Kenaikan harga *impact* tersebut disebabkan adanya beberapa kandungan senyawa yang ada didalam *fly ash* sendiri. Jenis patahan yang dihasilkan berdasarkan foto makro termasuk ke dalam jenis patah getas.

## REFERENSI

- [1] Achmad Jusuf Zulfikar, "ANALISA EKSPERIMENTAL MODULUS ELASTISITAS BAHAN KOMPOSIT GLASS FIBER REINFORCED PLASTIC (GFRP) BERDASARKAN VARIASI DIAMETER SERAT AKIBAT BEBAN IMPAK LAJU REGANGAN TINGGI," (*Journal Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*), vol. 2, no. 1, pp. 47-56, 2017.
- [2] R. A. Purba, A. J. Zulfikar, and I. Iswandi, "Analisis Kekuatan Komposit Laminat Hybrid Jute E-Glass Berdasarkan Pola Kerusakan dengan Metode Split Tensile Test," *IRA J. Tek. Mesin dan Apl.*, vol. 1, no. 3, pp. 83-91, 2022.
- [3] F. T. S. Sihombing, C. Hutasoit, and T. I. Padang, "Desain dan Pembuatan Papan Tiruan dari Bahan Komposit Laminat Diperkuat Lembaran Batang Pisang," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 5, no. 1, pp. 1-7, 2021, doi: 10.31289/jmemme.v5i1.4094.
- [4] A. J. Zulfikar, D. A. A. Ritonga, S. Pranoto, F. A. K. Nasution, Z. Arif, and J. Junaidi, "Analisis Kekuatan Mekanik Komposit Polimer Diperkuat Serbuk Kulit Kerang," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 6, no. 1, pp. 30-40, 2023.

- [5] H. Hermawan, "Pengenalan pada biomaterial," pp. 1–8, 2019, doi: 10.31227/osf.io/v3z5t.1/8.
- [6] D. Derlini and A. J. Zulfikar, "Penyelidikan Kegagalan pada Alat Pemisah Karet Alam Jenis LRH 410," *IRA J. Tek. Mesin dan Apl.*, vol. 1, no. 3, pp. 51–61, 2022.
- [7] M. I. Tambusay, A. J. Zulfikar, and I. Iswandi, "Analisis Metode Split Tensile Test Komposit Laminat Hybrid Jute E-Glass Akibat Beban Tarik Beton Kolom Silinder," *IRA J. Tek. Mesin dan Apl.*, vol. 1, no. 2, pp. 45–54, 2022.
- [8] R. Manurung, S. Simanjuntak, J. Sembiring, R. A. M. Napitupulu, and S. Sihombing, "Analisa Kekuatan Bahan Komposit Yang Diperkuat Serat Bambu Menggunakan Resin Polyester Dengan Memvariasikan Susunan Serat Secara Acak Dan Lurus Memanjang," *Sprocket J. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 28–35, 2020, doi: 10.36655/sproket.v2i1.296.
- [9] M. A. Rasyid, A. J. Zulfikar, and I. Iswandi, "Analisis Kekuatan Tarik Komposit Laminat Jute Berdasarkan Pola Kerusakan Kolom Silinder Metode Split Tensile Test Analysis," *IRA J. Tek. Mesin dan Apl.*, vol. 1, no. 2, pp. 27–34, 2022.
- [10] N. H. Sari, I. Yudhyadi, and S. Emmy, "Karakteristik Kekuatan Bending Kayu Komposit Polyester Diperkuat Serat Pandan Wangi dengan Filler Serbuk Gergaji Kayu," *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 6, no. 2, pp. 157–164, 2014.
- [11] N. Hidayat, A. J. Zulfikar, and I. Iswandi, "Analisis Metode Split Tensile Test Komposit Laminat Jute Terhadap Kekuatan Tarik Belah Beton Kolom Silinder," *IRA J. Tek. Mesin dan Apl.*, vol. 1, no. 2, pp. 18–26, 2022.
- [12] E. C. F. REDA, "EFEK FRAKSI VOLUME DAN ARAH SERAT TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT SERAT KULIT JAGUNG," UNIVERSITAS MATARAM, 2019.
- [13] A. J. Zulfikar and I. Iswandi, "Analisis Kekuatan Tarik Belah Komposit Laminat Jute sebagai Penguat Beton Kolom Silinder Berdasarkan Metode Penyerapan Energi Bahan," *IRA J. Tek. Mesin dan Apl.*, vol. 1, no. 2, pp. 55–64, 2022.
- [14] T. K. Fagbemigun, O. D. Fagbemi, O. Otitoju, E. Mgbachiuozor, and C. C. Igwe, "Pulp and paper-making potential of corn husk," *Int. J. AgriScience*, vol. 4, no. 44, pp. 209–213, 2014.
- [15] D. A. Siregar, A. J. Zulfikar, M. Y. R. Siahaan, and R. A. Siregar, "Analisis Kekuatan Tekan Selubung Komposit Laminat E-glass pada Beton Kolom Silinder dengan Metode Vacuum Bagging," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 5, no. 1, pp. 20–25, 2022.
- [16] N. H. Sari, J. Fajrin, and I. P. Lokantara, "Komposit Poliester Diperkuat Serat Kulit Jagung : Analisa Sifat Mekanik dan Morfologi," *Pros. Konf. Nas. Eng. Perhotelan X*, vol. 2019, pp. 6–11, 2019.
- [17] A. J. Zulfikar, M. Y. R. Siahaan, and R. B. Syahputra, "Analisis Signifikansi Roda Skateboard Berbahan Komposit Serbuk Batang Pisang Terhadap Perfoma Kecepatan Dengan Metode Anova," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 4, no. 2, pp. 83–90, 2021.
- [18] Darianto, A. Siregar, B. Umroh, and D. Kurniadi, "Simulasi Kekuatan Mekanis Material Komposit Tempurung Kelapa Menggunakan Metode Elemen Hingga," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 3, no. 1, p. 39, 2019, doi: 10.31289/jmemme.v3i1.2443.
- [19] A. J. Zulfikar, "The Flexural Strength of Artificial Laminated Composite Boards made from Banana Stems," *Budapest Int. Res. Exact Sci. J.*, vol. 2, no. 3, pp. 334–340, 2020.
- [20] S. Wardani, "Pemanfaatan Limbah Batu Bara ( Fly Ash ) Untuk Stabilitas Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Manggurangi Pencemaran Lingkungan," *Penguahan Guru Besar Fak. Tek. Univ. Diponegoro*, pp. 1–71, 2008.
- [21] Q. Hadi and Gunawan, "PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLUME ABU TERBANG ( FLY ASH ) SEBAGAI PENGUAT Al 6061 MATRIX COMPOSITE TERHADAP SIFAT MAKANIK DAN FISIK METAL MATRIX COMPOSITE Al 6061-FLY ASH," *Semin. Nas. Tah. Tek. Mesin ke-9*, pp. 119–205, 2010.
- [22] T. Surdia and S. Saito, *Pengetahuan Bahan Teknik*. Balai Pustaka (Persero), 2013.
- [23] Y. Sari and C. D. C. Prasetyo, "PENGARUH PENAMBAHAN CARBON DAN PROSES QUENCHING DENGAN COOLANT PADA HASIL PENGELASAN ELEKTRODA E6013 TERHADAP TINGKAT KEKERASAN," no. April, pp. 9–12, 2019, doi: <https://doi.org/10.21009/JKEM.6.1.3>.
- [24] N. H. Sari, I. N. G. Wardana, Y. S. Irawan, and E. Siswanto, "Corn Husk Fiber-Polyester Composites as Sound Absorber : Nonacoustical and Acoustical Properties," *Hindawi*, vol. 2017, pp. 1–8, 2017, doi: <https://doi.org/10.1155/2017/4319389>.
- [25] Rendy and Syahrizal, "KEKUATAN MATERIAL KOMPOSIT TERMOSET," *J. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 1, pp. 51–55, 2021.



- [26] Sunardi, M. Fawaid, R. Lusiani, and Cahyadi, "MATRIK POLYESTER TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKUATAN IMPAK UNTUK APLIKASI BODY KENDARAAN MOTOR," pp. 151-160, 2014.
- [27] M. I. Taufik, Sugiyanto, and Zulhanif, "PERILAKU CREEP PADA KOMPOSIT POLYESTER DENGAN SERAT KULIT BAMBU APUS," *J. FEMA*, vol. 1, pp. 8-15, 2013.
- [28] Yeni, E. D. Sulistyowati, and Sugiman, "UJI IMPACT DAN BENDING PAPAN KOMPOSIT SERAT PANDAN DURI DENGAN VARIASI CARA PENGAMBILAN SERAT DAN JENIS PEREKAT," *Tugas Akhir*, no. September, pp. 1-15, 2016.
- [29] Muhammad Agung Lutfinandha, "PENGARUH WAKTU PERENDAMAN SERAT PADA LARUTAN NATRIUM BIKARBONAT ( $\text{NaHCO}_3$ ) TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO KOMPOSIT SERAT KULIT BATANG KERSEN - POLIESTER," *J. JTM*, vol. 08, pp. 9-18, 2020.
- [30] A. Y. Leiwakabessy, A. Purnowidodo, and R. Soenoko, "Perubahan Sifat Mekanis Komposit Hibrid Polyester yang Diperkuat Serat Sabut Kelapa dan Serat Ampas Empulur Sagu," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 4, no. 3, pp. 235-240, 2013.