



Sifat Mekanis Komposit Limbah Masker Berpenguat Serat Bambu

Ade Pangestu^{1*}, Yuyun Estriyanto², Indah Widiastuti³ 

^{1,2,3} Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received May 28, 2023

Revised June 11, 2023

Accepted July 13, 2023

Available online July 25, 2023

Kata Kunci:

Sifat Mekanis, Komposit, Limbah Masker, Serat Bambu.

Keywords:

Mechanical Properties, Composite, Waste Mask, Bamboo Fiber.



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

ABSTRAK

Daur ulang limbah masker menjadi material komposit berpenguat serat bambu merupakan cara alternatif untuk mengurangi penumpukan limbah masker yang membahayakan lingkungan selama pandemi covid-19. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis pengaruh variasi fraksi massa campuran serat bambu terhadap sifat mekanis pada komposit limbah masker. Pada penelitian dengan menggunakan metode eksperimen ini, dikembangkan komposit berbasis limbah masker medis berpenguat serat bambu dengan variasi fraksi massa serat sebesar 0%, 4%, 8%, 12%, dan 16%. Sifat mekanik diukur dari nilai rata-rata kekuatan tarik dan kekuatan impak dari lima spesimen pada tiap variasi. Analisis hasil penelitian dilakukan secara deskriptif berdasarkan nilai kekuatan material dan visualisasi patahan spesimen dari Scanning Electron Microscopy (SEM). Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh fraksi masa serat bambu terhadap kekuatan material komposit berbasis limbah masker. Kekuatan tarik tertinggi terdapat pada variasi 0% sebesar 18,6 MPa dan terendah pada variasi 8% sebesar 10,3 MPa. Sedangkan, kekuatan impak tertinggi terdapat pada variasi 0% sebesar 7,84 kJ/ dan terendah pada variasi 8% sebesar 1,76 kJ/ . Meningkatnya jumlah serat bambu pada matriks limbah masker menyebabkan penurunan sifat mekanik material.

ABSTRACT

The use of disposable face mask as the matrix for natural fiber-reinforced polymer composite is an alternative way to reduce the environmental pollution during the COVID-19 pandemic. This study aims to analyze the mechanical properties of polymer composites derived from waste of disposable face mask reinforced with different loadings of bamboo fiber. Bamboo fiber with a size of 40 mesh was treated with 5% NaOH for 10 minutes then dried in an oven for 24 hours at a temperature of up to 105°C to remove the lignin. The composites were manufactured through an extrusion with a screw speed of 25 rpm and barrel temperatures of 175°C, 180°C, 185°C, and 190°C. The mixtures were then processed in an injection molding with a barrel temperature of 220°C and a mold temperature of 90°C. It showed that the highest tensile and impact strength was found at 0% fraction of bamboo fiber with 18.6 MPa and 7.84 kJ/m², respectively. Meanwhile the lowest strength was on the 8% fiber loading with 10.3 MPa and 1.76 kJ/m² for tensile and impact properties. In accordance with the results of this study, the use of mask waste can be considered as an alternative matrix material in natural fibre-reinforces polymer composites.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan masker sekali pakai mulai diterapkan untuk mengurangi penyebaran virus di masa pandemi (Hartanto et al., 2021; Kirk et al., 2020; Nugraheni et al., 2022; Rubio-Romero et al., 2020). Penggunaan masker yang ekstensif ini telah berkembang di seluruh dunia sehingga permintaan masker diperkirakan akan meningkat (Rowan et al., 2021). Peningkatan produksi dan penggunaan masker sekali pakai secara signifikan menimbulkan tantangan lingkungan baru (Fadare et al., 2020). Hal tersebut dapat terjadi karena limbah masker mengandung polipropilen atau polietilen, poliuretan, polistirena, polikarbonat, poliakrilonitril yang mengakibatkan pencemaran lingkungan dan sulit untuk terurai (Akber Abbasi et al., 2020; Maderuelo-Sanz et al., 2021; Yu et al., 2021). Selain itu, penggunaan masker yang mengalami peningkatan secara signifikan dapat menambah jumlah sampah plastik (Crespo et al., 2021). Masalah lain yang ditimbulkan masker bekas dapat membunuh bagi satwa liar dan merusak ekosistem laut (Saberian et al., 2021). Oleh karena itu, sangat diperlukan upaya untuk mengurangi risiko lingkungan karena penggunaan masker sekali pakai (Selvaranjan et al., 2021). Baru-baru ini banyak penelitian yang dilakukan untuk mengurangi limbah plastik dari masker, untuk mengganti bahan masker dengan *biodegradable* karena *biodegradable* memiliki sifat mekanik, fisik, dan kimia yang serupa seperti kekuatan tarik tinggi, keamanan ekologis, dan biaya rendah (Glukhikh et al., 2020; Selvaranjan et al., 2021). Akan

*Corresponding author.

E-mail addresses: adepangestu487@student.uns.ac.id (Ade Pangestu)

tetapi, bahan ini mudah terdegradasi. Dengan keterbatasan tersebut menjadikan tantangan untuk mendaur ulang limbah plastik dari masker (Crespo et al., 2021). *Polypropylene* (PP) merupakan polimer termoplastik yang menjadi bahan utama dari masker sekali pakai yang berpotensi untuk didaur ulang antara 78% sampai 91% dari total berat. Mendaur ulang *polypropylene* dari limbah masker menjadi material komposit dalam berbagai aplikasi dari semua alternatif lain akan menjadi pendekatan yang cukup baik (Battezzore et al., 2020; Selvaranjan et al., 2021). Komposit merupakan material yang tersusun dari dua campuran material dengan sifat yang berbeda untuk menghasilkan material baru. Komposit limbah masker berpenguat *spons loofah* telah dikembangkan pada penelitian sebelumnya dengan variasi fraksi massa 0%, 4%, 8%, 12%, dan 16% (Xiang et al., 2021). Hasilnya kekuatan tarik meningkat 326% pada variasi fraksi 12%. Akan tetapi belum ditemukan penelitian daur ulang polipropilen dari masker menjadi komposit dengan campuran serat bambu sebagai penguat. Padahal jumlah bambu sangat melimpah tetapi belum dimanfaatkan secara maksimal. Serat bambu berpotensi baik menjadi bahan komposit yang kuat, murah, ramah lingkungan, dan dapat didaur ulang. Serat bambu merupakan bahan yang menarik untuk fabrikasi komposit karena kekuatan tarik tinggi, bobot yang ringan, modulus yang tinggi, dan tidak mudah terbakar (Guo et al., 2019). Selain itu komposit dengan penguat serat bambu lebih ramah lingkungan (Gu et al., 2018). Serat bambu telah dimanfaatkan sebagai bahan penguat komposit dikombinasikan dengan serat sisal pada komponen dengan presentase 75% : 25% mampu menunjukkan kekuatan tarik dan kekuatan lentur maksimal masing-masing sebesar 88,43 MPa dan 149,1 Mpa (Getu et al., 2020).

Beberapa penelitian lain juga mengungkapkan bahwa, penggunaan serat bambu sebagai komponen otomotif menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan serat alam yang lain. Dengan membandingkan serat bambu, pisang, dan goni yang dicampur dengan polimer dari plastik *polypropylene* (PP) sebagai komponen peredam suara pada kendaraan mobil hasilnya menunjukkan bahwa koefisien penyerapan bambu lebih besar. Dari hasil pengujian kekuatan tarik juga menunjukkan serat bambu/PP lebih tinggi 510% dari pisang/PP dan 97,3% dari goni/PP. Studi lain dengan melakukan perbandingan komposit *polypropylene* yang diperkuat antara serat bambu dan serat rami juga pernah dilakukan. Hasilnya pada sifat mekanik dengan komposit serat bambu/PP memiliki kekuatan tarik dan lentur lebih tinggi dibandingkan komposit serat rami/PP. Sedangkan dari hasil pengujian penyerapan air serat bambu/PP lebih baik dalam mempertahankan sifat mekaniknya dibandingkan dengan serat rami/PP yang memiliki sifat hidrofilik yang sangat kuat. Struktur antarmuka komposit dari serat bambu/PP juga menunjukkan memiliki adhesi matriks serat yang lebih baik dibandingkan dengan serat rami/PP. Oleh karena itu, daur ulang masker menjadi komposit dengan serat bambu sebagai penguat sangat menjanjikan (Hao et al., 2021). Berdasarkan pemaparan diatas sangat penting untuk mengurangi jumlah sampah plastik yang dihasilkan dari limbah masker. Salah satunya dengan mendaur ulang limbah masker. Studi ini berfokus dengan mendaur ulang masker menjadi komposit berpenguat serat bambu. Hal tersebut dilakukan karena komponen utama dari masker yaitu polipropilen yang sangat cocok untuk dibuat komposit. Pemilihan serat bambu sebagai bahan campuran karena jumlah yang melimpah akan tetapi belum dimanfaatkan secara optimal dan belum ditemukan di penelitian sebelumnya. Untuk memperbaiki sifat serat bambu diperlukan pre-treatment menggunakan alkali NaOH untuk menghilangkan hemiselulosa dan lignin. Secara terperinci, penelitian ini ditujukan untuk mengevaluasi pengaruh variasi fraksi massa campuran serat bambu pada komposit limbah masker terhadap kekuatan tarik (*tensile strength*) dan kekuatan impak (*impact strength*) material.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental yang memanipulasi kondisi-kondisi tertentu dan memberikan kontrol spesimen uji komposit. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah spesimen komposit limbah masker (mPP) dengan menggunakan penguat serat bambu. Sampel dibuat dengan perbandingan fraksi massa serat bambu dan limbah masker (mPP) berturut – turut sebesar (0:100) wt%; (4:96) wt%; (8:92) wt%; (12:88) wt%; (16:84) wt%. Pengambilan sampel didapatkan dari pengujian kekuatan tarik ASTM D638 dan uji kekuatan impak ASTM D256. Pengambilan sampel dilakukan dengan menguji lima variasi perbandingan fraksi massa serat bambu limbah masker (mPP) yang berbeda. Jumlah pengambilan masing – masing sampel untuk pengujian dilakukan lima kali pengulangan, sehingga didapatkan data sejumlah 50 (lima puluh) untuk dua jenis pengujian. Limbah masker yang diperoleh dari beberapa rumah kost di sekitar kampus UNS Surakarta dicuci bersih dan dipotong berukuran 10 mm (Battezzore et al., 2022). Jenis Masker yang digunakan adalah 3-ply dari berbagai merek dengan bahan non kain atau yang terbuat dari dominan *polypropylene*. Bagian *ear loop* dan kawat masker tidak digunakan dalam penelitian ini. Setelah itu, masker dilelehkan menggunakan oven dengan suhu 200°C selama 15 menit. Ketika sudah menjadi benda padat kembali masker dicacah menggunakan mesin crusher

agar memudahkan dalam proses ekstrusi. Hal ini ditujukan agar didalam proses ekstrusi masker dan serat bambu dapat mencampur dengan sempurna. *Dendrocalamus asper* dipilih karena memiliki kelenturan yang lebih baik dan serat yang lebih lembut . Perlakuan alkalisasi serat bambu dilakukan dengan menambahkan larutan zat kimia berupa NaOH sebesar 5%. Tahap tersebut dilakukan setelah melalui proses pemotongan bambu dengan gergaji berukuran ± 2 cm. Kemudian bambu dicacah sampai didapatkan ukuran ±40 mesh. Setelah itu, serat bambu direndam didalam larutan NaOH selama 10 menit dengan temperatur kamar. Perbandingan yang dipakai antara serat bambu dan larutan NaOH berturut-turut adalah 1 : 20. Setelah direndam, serat bambu kemudian dinetralsir menggunakan aquades untuk menghilangkan sisa larutan NaOH. Setelah dinetralsir, serat bambu kemudian dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu mencapai 105°C.

Persiapan spesimen, spesimen komposit dibuat menggunakan mesin *extrusion moulding* dan *injection moulding*. Pada mesin *extrusion moulding* suhu barrel diatur 175, 180, 185, dan 190 °C dan putaran ulir 25 rpm. Sedangkan pada *injection moulding* diatur suhu 220°C dan *mould* 90°C Spesimen komposit dengan pembebanan serat yang berbeda sebesar 0%, 4%, 8%, 12%, dan 16% dari massa total pada masing-masing spesimen kemudian dipotong sesuai dengan ukuran standar untuk pengujian tarik dan impak. Pada penelitian ini pengujian kekuatan tarik mengacu pada standar ASTM D638 tipe V. Spesimen komposit ditarik vertikal dengan kecepatan penarikan 5 mm/menit sampai putus. Data pengujian berupa tegangan, modulus Young, dan regangan. Prinsip pengujian impak adalah menghitung energi yang diterima untuk mematahkan spesimen. Pengujian impak mengacu pada standar ASTM D 256 (un-notched) dengan metode Izod. Spesimen berukuran 65 mm x 13 mm x 3 mm. Scanning electron microscopy (SEM) digunakan untuk menganalisis morfologi, struktur mikro, dan sifat fisik kristalografi suatu material. Hal ini dilakukan pada spesimen patah setelah uji tarik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Nilai yang menunjukkan sifat mekanis material ditentukan berdasarkan nilai rata-rata hasil pengujian *impact* dan tarik dari 5 (spesimen). Hasil tabulasi menunjukkan adanya nilai pengujian spesimen di luar batas atas dan batas bawah melalui perhitungan rata-rata dan standar deviasi. Oleh karena itu, nilai yang dinyatakan *outlier* tersebut dianggap diabaikan untuk memastikan keseragaman data (variabilitas rendah). Pengujian impak pada material komposit limbah masker berpenguat serat bambu menggunakan alat uji impak tipe izod dengan merek Zwick Roell. Pada pengujian impak ini bentuk spesimen menyesuaikan standar yang ada. Standar pengujian yang digunakan yaitu ASTM D256. Pengujian impak ini digunakan untuk mengetahui kemampuan suatu material komposit dalam menahan beban impak. Hasil impak pada penelitian disajikan pada [Tabel 1](#).

Tabel 1. *Impact Strength*

Specimen	Variasi				
	0%	4%	8%	12%	16%
1	7,88	-	2,52	-	3,48
2	9,69	3,08	-	3,53	-
3	-	2,67	2,45	3,14	2
4	-	2,83	1,35	3,49	2,02
5	5,85	2,68	1,78	3,64	3,35
Rata-rata	7,81	2,82	2,03	3,45	2,71
Standar Deviasi	1,92	0,19	0,56	0,22	0,81

Pengujian tarik digunakan untuk menguji kekuatan mekanik suatu material komposit seperti kekuatan tarik (*tensile strength*), kekakuan (*stiffness*), dan regangan putus (*strain at break*). Spesimen yang digunakan untuk pengujian tarik yaitu jenis tulang anjing. Pada penelitian ini spesimen menggunakan standar ASTM D6438 tipe V. Pengujian tarik dilakukan dengan menjepit spesimen pada alat uji yang kemudian diberikan gaya tarik sampai spesimen mengalami uji patah. Hasil dari pengujian tarik digunakan untuk menentukan grafik stress dan strain. Hasil dari pengujian tarik ditunjukkan pada [Tabel 2](#), [Tabel 3](#), dan [Tabel 4](#).

Tabel 2. Tensile Strength

Spesimen	Variasi				
	0%	4%	8%	12%	16%
1	19,1	16,7	11,3	16,3	13,5
2	-	-	9,33	17,7	15,2
3	17,9	15,4	10,9	16,2	15,3
4	16,7	15,2	-	-	-
5	16,5	14,2	11,5	16,4	12,9
Rata-rata	17,55	15,38	10,76	16,65	14,23
Standar Deviasi	1,20	1,03	0,98	0,70	1,21

Tabel 3. Modulus Elastisitas

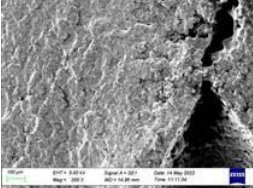

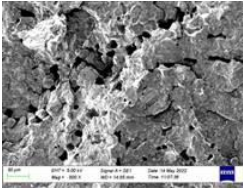
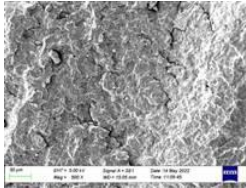
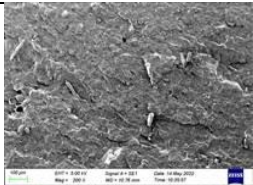

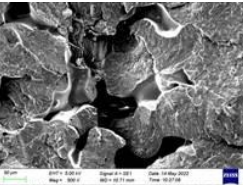
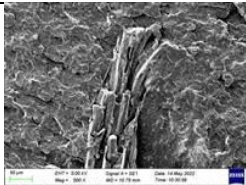
Specimen	Variasi				
	0%	4%	8%	12%	16%
1	-	161	250	255	263
2	125	191	-	215	-
3	137	190	221	-	215
4	126	187	244	-	258
5	-	-	269	187	-
Rata-rata	129,33	182	246,0	219,0	245
Standar Deviasi	6,66	14,27	19,78	34,18	26,39

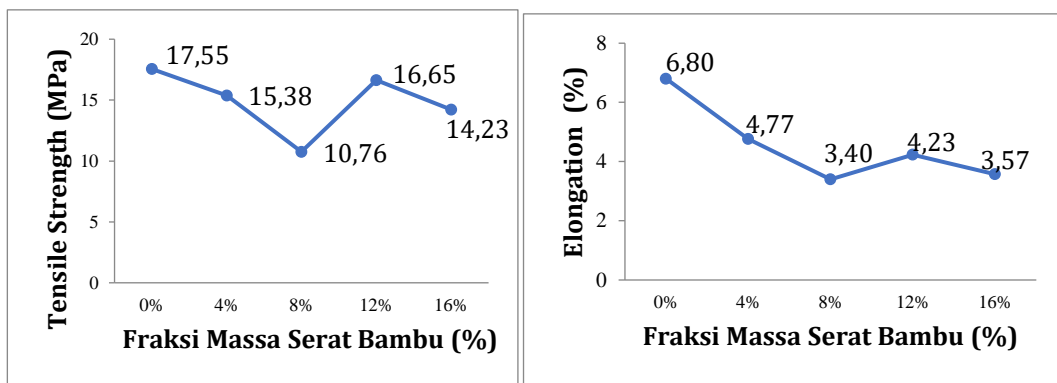
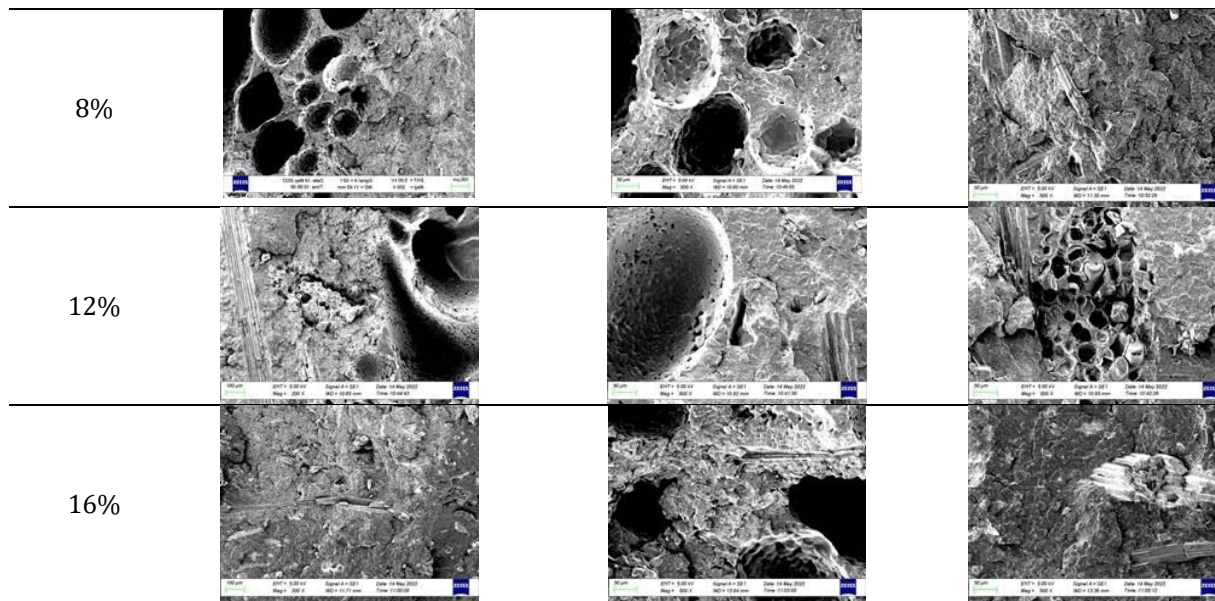
Tabel 4. Elongation

Specimen	Variasi				
	0%	4%	8%	12%	16%
1	-	4,7	3,3	4,2	3,6
2	6,4	-	-	4,5	3,5
3	7	4,6	3,9	-	-
4	7	5	-	4	-
5	-	-	3	-	3,6
Rata-rata	6,80	4,77	3,40	4,23	3,57
Standar Deviasi	0,35	0,21	0,46	0,25	0,06

Pengujian SEM pada penelitian ini digunakan untuk melihat struktur permukaan komposit limbah masker berpenguat serat bambu dengan standar ASTM D6348 tipe V. Bentuk struktur permukaan dilihat dengan perbesaran 200x dan 500x. Hasil struktur permukaan material komposit hasil dari pengujian SEM disajikan pada Tabel 5.

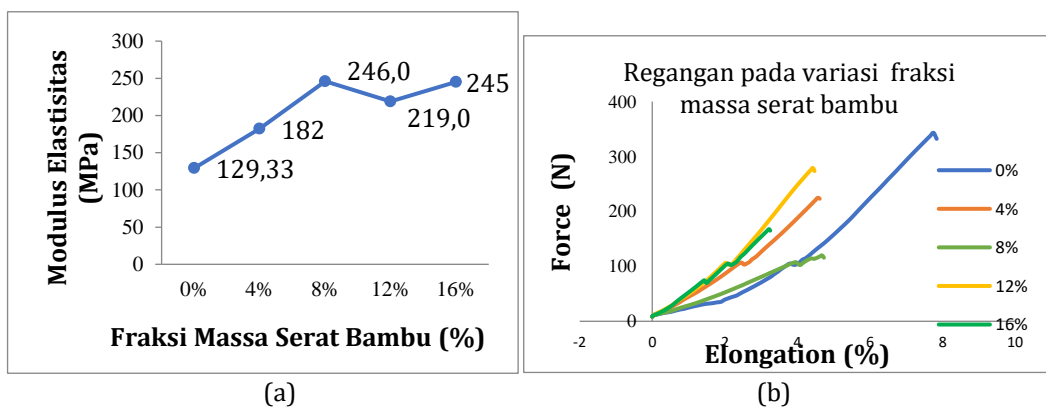
Tabel 5. Hasil Pengamatan Uji SEM

Variasi	200x		500x	
0%				
4%				



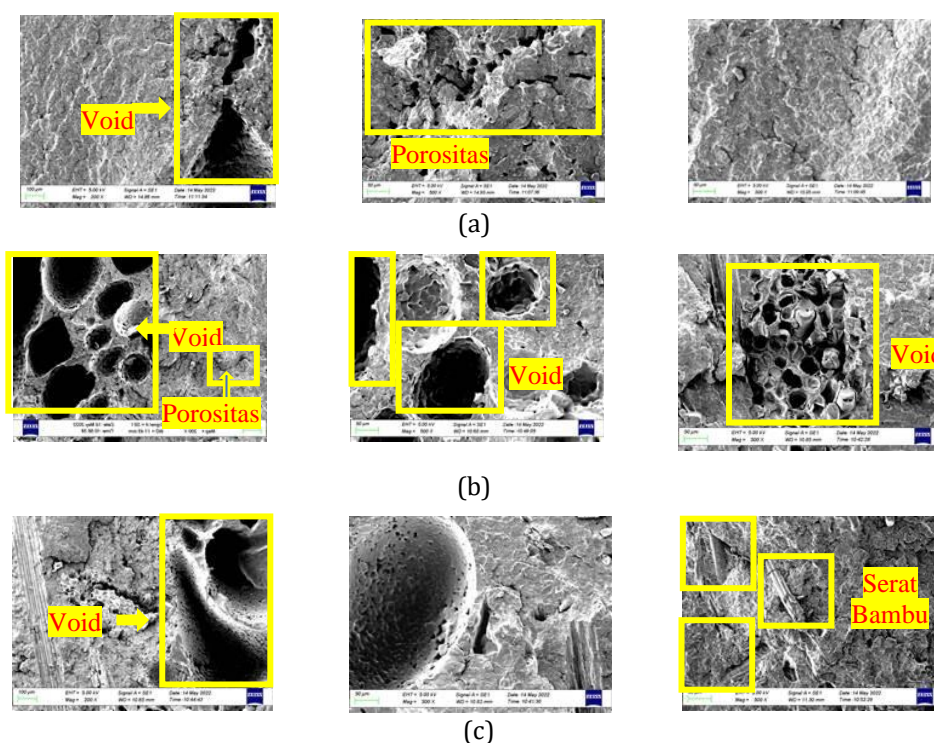
Gambar 1. Grafik Tensile Strength dan Elongation

Dapat diamati pada Gambar 1 bahwa dari kelima variasi fraksi massa mengalami patahan *brittle* yang menandakan bahwa polimer limbah masker ketika diberi campuran serat bambu memiliki sifat yang getas dan kaku. Pada penelitian ini didapatkan hasil nilai antara kekuatan tarik dan modulus elastisitas memiliki kecenderungan berbanding terbalik. Hal tersebut dapat diamati pada Gambar 2 bahwa semakin banyak penambahan serat bambu cenderung semakin tinggi nilai modulus elastisitasnya. Modulus elastisitas menunjukkan tren yang meningkat dengan fraksi serat yang lebih besar (Widiastuti et al., 2022). Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak serat bambu cenderung menyebabkan komposit menjadi lebih kaku dan rapuh.



Gambar 2. Grafik Modulus Elastisitas dan Hubungan Elongation terhadap Force Material Komposit Limbah Masker Berpenguat Serat Bambu

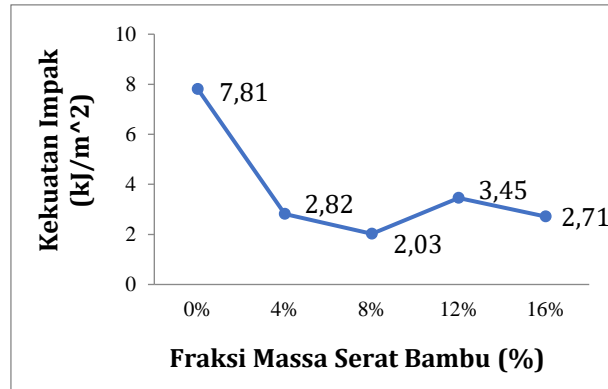
Nilai modulus elastisitas tertinggi terdapat pada fraksi massa 8% dengan nilai 246 MPa dan terendah terdapat pada fraksi massa 0% dengan nilai 129,33 MPa. Nilai modulus elastisitas yang tinggi diakibatkan oleh penurunan regangan tarik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2** (b) grafik *elongation*. Hal ini mengindikasikan bahwa material komposit dengan fraksi massa 8% mempunyai sifat yang getas dan kaku dibandingkan dengan fraksi massa 0%, 4%, 12%, dan 16%. Semakin tinggi nilai modulus maka material komposit mempunyai sifat yang semakin getas dan kaku (Ubaidillah et al., 2019). Untuk memperjelas hasil uji yang diamati dalam kekuatan tarik, permukaan patahan uji tarik diperiksa menggunakan uji SEM. Komposisi dengan fraksi massa 0% atau polimer limbah masker tanpa campuran menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sedangkan dengan penambahan fraksi massa 8% menghasilkan kekuatan tarik terendah. Sedangkan pada fraksi massa 12% terjadi anomali dimana kekuatan tarik komposit mengalami peningkatan. Dapat diamati pada **Gambar 3** (a) dimana pada fraksi massa 0% ditemukan lebih sedikit porositas dan void sehingga kekuatan tariknya lebih tinggi dibandingkan dengan variasi lain. Pengamatan pada **Gambar 3** (b) dengan fraksi massa 8% terlihat lebih banyak porositasnya dibandingkan yang lain dan terdapat void. Selain itu persebaran bambu juga kurang merata sehingga menyebabkan kekuatan tarik menurun. Pada **Gambar 3** fraksi massa 12% diamati terdapat void akan tetapi persebaran serat bambu lebih merata. Hal ini yang menyebabkan ikatan antarmuka matriks dengan serat bambu lebih baik sehingga dapat meningkatkan kekuatan tariknya.



Gambar 3. Morfologi Komposit Variasi Fraksi Massa 0%, 8%, dan 12%

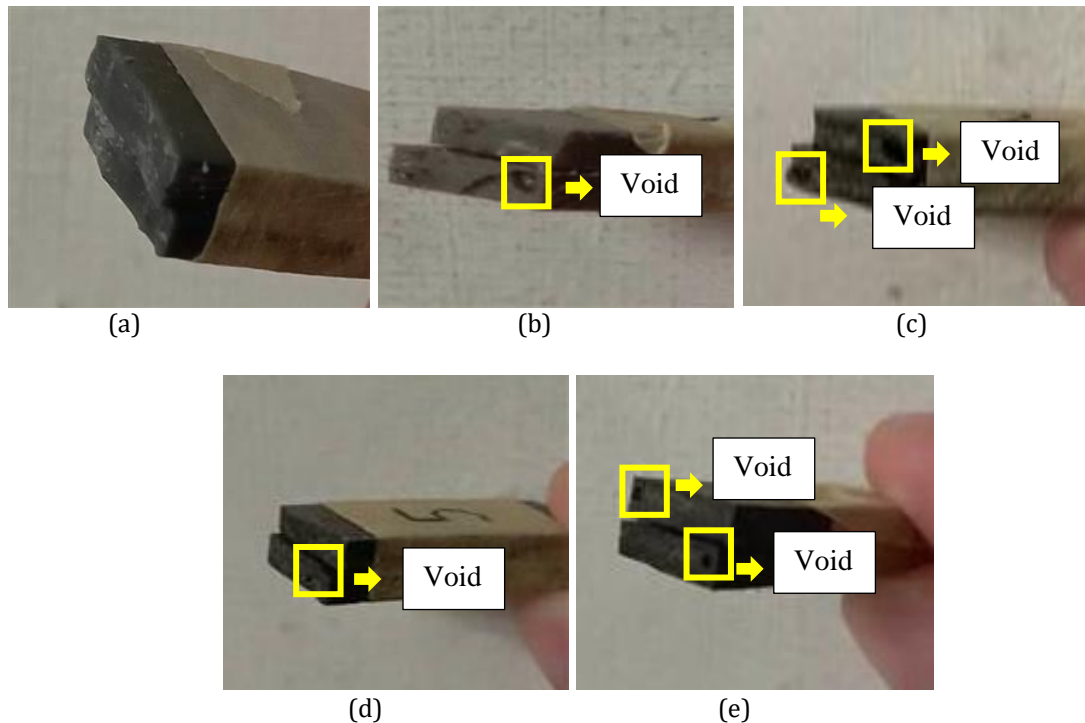
Dapat dilihat pada **Gambar 4** bahwa kekuatan impak tertinggi terdapat pada komposisi limbah masker murni tanpa penambahan yaitu 7,81 kJ/m². Data menunjukkan bahwa dengan penambahan serat bambu 4% dan 8% menurunkan kekuatannya dengan hasil masing-masing 2,82 kJ/m² dan 2,03 kJ/m². Pada fraksi massa serat bambu 12% memiliki kekuatan impak tertinggi kedua sebesar 3,45 kJ/m². Hal ini memungkinkan bahwa pada fraksi massa 12% persebaran serat bambu lebih merata dibandingkan dengan fraksi massa 4% dan 8%. Akan tetapi, pada pada fraksi massa 16% menurun kembali sebesar 2,71 kJ/m². Hasil penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan penurunan kekuatan impak dengan penambahan serat alam. Yang et al (2004) menemukan bahwa material komposit polimer berpenguat tepung sekam padi seiring bertambahnya filler 10%, 20%, 30%, dan 40% mengalami penurunan kekuatan impak secara linear. Akan tetapi, dalam beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan peningkatan kekuatan impak dengan penambahan serat alam. Komposit rPP berpenguat serat rumput eleusine indica dengan fraksi 20%, 25%, dan 30% secara berurutan meningkatkan kekuatannya (Lokantara et al., 2019). Komposit yang diperkuat serat bambu dengan fraksi 0%, 30%, 40%, 50%, dan 60% dengan dan tanpa *compatibilizer* meningkatkan kekuatannya (Chattopadhyay et al., 2011). Hal ini dikarenakan adhesi antarmuka baik antara matriks dan serat yang

baik. Komposit berpenguat serat ampas tebu seiring bertambahnya fraksi massa 0%, 2,5%, dan 5% meningkatkan kekuatannya. Akan tetapi, terdapat fenomena pada fraksi massa 10% dimana kekuatan impak mengalami penurunan. Pembebanan serat 10% memiliki kekuatan impak lebih tinggi dibandingkan dengan rHDPE tanpa serat bambu pada nilai 37,7155 kJ/mm², tetapi kekuatan impak cenderung menurun dengan meningkatnya fraksi serat lebih dari besar. Hal ini menunjukkan bahwa beban serat yang tinggi menyebabkan komposit menjadi lebih getas (Widiastuti et al., 2022). Hasil kekuatan impak disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kekuatan Impak

Penurunan kekuatan impak dengan penambahan serat bambu kemungkinan disebabkan persebaran serat bambu yang kurang merata dan menggumpal sehingga ikatan antarmuka kurang baik. Selain itu, adanya void atau ruang kosong yang terjadi diantara bambu dan polimer limbah masker juga berpotensi menurunkan kekuatan material. Bentuk patahan material komposit pada pengujian impak dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Bentuk Patahan Komposit Fraksi Massa (a) 0%, (b) 4%, (c) 8%, (d) 12%, dan (e) 16%

Dapat dilihat pada gambar bahwa hasil pengujian impak menghasilkan patahan sempurna yakni patahan brittle atau getas disemua variasi fraksi massa. Ditunjukkan pada Gambar 5 bahwa semua spesimen terlihat mengkilap dan terdapat butiran-butiran halus pada sekitar patahan.

Pembahasan

Kekuatan tarik merupakan tegangan maksimum yang dapat ditahan suatu material saat diregangkan sebelum putus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *tensile strength* tertinggi berada pada spesimen dengan fraksi massa 0% atau masker murni dengan kekuatan 17,55 MPa. Material komposit yang ditambah serat bambu dengan variasi fraksi massa 4% mengalami penurunan kekuatan tariknya sebesar 15,38 MPa. Pada fraksi massa 8% juga mengalami penurunan sebesar 10,76 MPa dan merupakan nilai terendah dibandingkan dengan campuran fraksi lain. Akan tetapi, pada fraksi 12% terdapat anomali yakni mengalami peningkatan kekuatan tarik dari fraksi 4% dan 8% sebesar 16,65 MPa. Material komposit mengalami penurunan kembali pada fraksi massa 16% sebesar 14,23 MPa. Dalam penelitian ini polimer limbah masker tanpa penambahan *filler* mempunyai kekuatan tarik tertinggi yang berarti dapat menahan tegangan tertinggi saat ditarik sebelum mulai putus. Hal ini menunjukkan bahwa serat bambu tidak cukup kuat untuk menjadi serat penguat dan matriks polymer limbah masker itu sendiri memiliki ikatan yang lebih tinggi sehingga menyebabkan komposit menjadi rapuh dan kurang ulet.

Hasil penelitian ini memiliki kesamaan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang menunjukkan penurunan sifat mekanik dengan penambahan serat alam. Material komposit yang diperkuat serbuk kayu gergaji mengalami penurunan linear seiring dengan penambahan fraksi massa 10%, 30%, dan 50% (E. Indra, 2013). Pada komposit berpenguat lignin jerami yang mengalami penurunan kekuatan tarik secara linear seiring dengan penambahan variasi fraksi massa 0, 10, 20, 30%, 40%, 50%, 60%, dan 70% (Karina et al., 2017). Pada komposit PP berpenguat serat ampas tebu memiliki kekuatan tarik tertinggi berada pada polimer murni yaitu 19,60 Mpa (Amran et al., 2016). Kekuatan tarik menurun dengan penambahan serat bambu (Widiastuti et al., 2022). Material dengan serat bambu 0% memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 8,298 N/mm², sedangkan komposit r-HDPE dengan fraksi serat bambu 30% menunjukkan kuat tarik terendah sebesar 4,880 N/mm². Akan tetapi, beberapa penelitian lain menunjukkan adanya pengaruh penambahan serat dalam peningkatan sifat mekanis komposit, pada pengembangan material komposit berbasis limbah masker yang diperkuat *spons loofah*. Kekuatan tarik komposit bertambah secara bertahap dengan penambahan fraksi massa *spons loofah* yang mencapai nilai maksimal pada fraksi massa 12% dengan peningkatan kekuatan tariknya sebesar 326% (Xiang et al., 2021). Akan tetapi, pada penambahan fraksi massa 16% kekuatan tarik material komposit limbah masker mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena terlalu banyak kandungan *spons loofah* sehingga material komposit mengalami aglomerasi dalam matriks *mask polypropylene* (mPP). Penurunan kekuatan tarik pada pengembangan komposit limbah masker berpenguat serat bambu dalam penelitian ini disebabkan adanya pencampuran yang kurang homogen atau kurang sempurna. Hal ini bisa terjadi karena tingkat kompatibilitas lignin yang rendah dan pembentukan retakan akibat aglomerasi lignin. Selain itu, penurunan kekuatan tarik bisa disebabkan juga karena ditemukan banyak porositas dan adanya void yang mempengaruhi antara ikatan serat dan matriks (Amran et al., 2016; Saidah et al., 2018). Adanya void ini menyebabkan matriks tidak akan mampu mengisi ruang kosong pada cetakan sehingga akan mengurangi kekuatan tarik komposit.

4. SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan pengaruh fraksi massa serat bambu terhadap sifat mekanis material komposit polimer limbah masker dengan serat bambu sebagai material pengisi. Kekuatan tarik dan kekuatan impak tertinggi dicapai pada fraksi massa 0% limbah polimer masker tanpa campuran dan terendah pada fraksi massa 8%. Hal ini menunjukkan bahwa seiring bertambahnya fraksi massa mengalami penurunan kekuatan tarik dan kekuatan impak bertambahnya fraksi massa mengalami penurunan kekuatan tarik dan kekuatan impak. Material komposit dengan fraksi massa serat yang semakin besar cenderung bersifat lebih getas dan kaku. Pada material ini, serat bambu tidak cukup kuat untuk menjadi material penguat dan matriks polymer limbah masker itu sendiri memiliki ikatan yang lebih tinggi sehingga menyebabkan komposit menjadi rapuh dan kurang ulet. Untuk itu perlu dilakukan upaya seperti penambahan *compatibilizer* dalam meningkatkan struktur ikatan antara matriks limbah masker dan serat bambu sebagai *filler* komposit.

5. DAFTAR PUSTAKA

Akber Abbasi, S., Khalil, A. B., & Arslan, M. (2020). Extensive Use Of Face Masks During Covid-19 Pandemic: Microplastic Pollution And Potential Health Concerns In The Arabian Peninsula. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(12), 3181–3186. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.09.05>.

- Amran, M., Sivakumar, L. D., Salleh, S., & Rajaizam, A. (2016). Effect Of Fiber Loading On The Mechanical Properties Of Bagasse Fiber-Reinforced Polypropylene Composites. *Advances in Mechanical Engineering*, 8(8), 1–5. <https://doi.org/10.1177/1687814016664258>.
- Battegazzore, D., Cravero, F., & Frache, A. (2020). Is It Possible To Mechanical Recycle The Materials Of The Disposable Filtering Masks? *Polymers*, 12(11), 1–18. <https://doi.org/10.3390/polym12112726>.
- Battegazzore, D., Cravero, F., & Frache, A. (2022). Development Of Disposable Filtering Mask Recycled Materials: Impact Of Blending With Recycled Mixed Polyolefin And Their Aging Stability. *Resources, Conservation and Recycling*, 177, 105974. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105974>.
- Chattopadhyay, S. K., Khandal, R. K., Uppaluri, R., & Ghoshal, A. K. (2011). Bamboo Fiber Reinforced Polypropylene Composites And Their Mechanical, Thermal, And Morphological Properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 119(5), 1619–1626. <https://doi.org/10.1002/app.32826>.
- Crespo, C., Ibarz, G., Sáenz, C., Gonzalez, P., & Roche, S. (2021). Study Of Recycling Potential Of FFP2 Face Masks And Characterization Of The Plastic Mix-Material Obtained. A Way Of Reducing Waste In Times Of Covid-19. In *Waste and Biomass Valorization*. <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01476-0>.
- E. Indra. (2013). Studi Kekuatan Dielektrik Pada Bahan Campuran Abu Sekam Padi Dengan Resin Epoksi. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura (Jurnal Untan)*, 1(1), 4.
- Fadare, O. O., & Okoffo, E. D. (2020). Covid-19 Face Masks: A Potential Source Of Microplastic Fibers In The Environment. *Science of the Total Environment*, 737, 140279. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140279>.
- Getu, D., Babu, R., Masresha, M., & Kishan, S. (2020). Materials Today : Proceedings Production and characterization of bamboo and sisal fiber reinforced hybrid composite for interior automotive body application. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.780>.
- Glukhikh, V. V., Buryndin, V. G., Artyemov, A. V., Savinovskih, A. V., Krivonogov, P. S., & Krivonogova, A. S. (2020). Plastics: Physical-Mnd-mechanical Properties And Biodegradable Potential. *Foods and Raw Materials*, 8(1), 149–154. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-149-154>.
- Guo, W., Kalali, E. N., Wang, X., Xing, W., Zhang, P., Song, L., & Hu, Y. (2019). Processing Bulk Natural Bamboo Into A Strong And Flame-Retardant Composite Material. *Industrial Crops and Products*, 138, 111478. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111478>.
- Hao, J., Yi, X., Zong, G., Song, Y., Wang, W., Cheng, H., & Wang, G. (2021). Fabrication Of Long Bamboo Fiber-Reinforced Thermoplastic Composite by Extrusion And Improvement Of Its Properties. *Industrial Crops and Products*, 173, 11412. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114120>.
- Hartanto, B. W., & Mayasari, D. S. (2021). Environmentally Friendly Non-Medical Mask: An Attempt To Reduce The Environmental Impact From Used Masks During Covid-19 Pandemic. *Science of the Total Environment*, 760, 144143. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144143>.
- Karina, M., Syampurwadi, A., Satoto, R., Irmawati, Y., & Puspitasari, T. (2017). Physical And Mechanical Properties Of Recycled Polypropylene Composites Reinforced With Rice Straw Lignin. *BioResources*, 12(3), 5801–5811. <https://doi.org/10.15376/biores.12.3.5801-5811>.
- Kirk, C. P., & Rifkin, L. S. (2020). I'll trade you diamonds for toilet paper: Consumer reacting, coping and adapting behaviors in the COVID-19 pandemic. *Journal of Business Research*, 117(May), 124–131. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.05.028>.
- Lokantara, I. P., Suardana, N. P. G., Surata, I. W., & Winaya, I. N. S. (2019). The Effect Of Fiber Volume Fraction On Tensile And Impact Properties Of Eleusine Indica Grass Reinforced Polypropylene Bio Composite. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 539(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/539/1/012028>.
- Maderuelo-Sanz, R., Acedo-Fuentes, P., García-Cobos, F. J., Sánchez-Delgado, F. J., Mota-López, M. I., & Meneses-Rodríguez, J. M. (2021). The Recycling Of Surgical Face Masks As Sound Porous Absorbers: Preliminary Evaluation. *Science of the Total Environment*, 786, 147461. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147461>.
- Nugraheni, D. M. K., Noranita, B., Adhy, S., & Nugroho, A. . (2022). Adopting COBIT 2019 for Information Technology Risks in University Online Learning During COVID-19. In: Alaali, M. (eds) *COVID-19 Challenges to University Information Technology Governance*. 192–209. https://doi.org/10.1007/978-3-031-13351-0_9.
- Rowan, N. J., & Laffey, J. G. (2021). Unlocking The Surge In Demand For Personal And Protective Equipment (PPE) And Improvised Face Coverings Arising From Coronavirus Disease (Covid-19) pandemic – Implications For Efficacy, Re-Use And Sustainable Waste Management. *Science of the Total Environment*, 752, 142259. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142259>.

- Rubio-Romero, J. C., Pardo-Ferreira, M. del C., Torrecilla-García, J. A., & Calero-Castro, S. (2020). Disposable Masks: Disinfection And Sterilization For Reuse, And Non-Certified Manufacturing, In The Face Of Shortages During The Covid-19 Pandemic. *Safety Science*, 129, 104830. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104830>.
- Saberian, M., Li, J., Kilmartin-Lynch, S., & Boroujeni, M. (2021). Repurposing Of Covid-19 Single-Use Face Masks For Pavements Base/Subbase. *Science of the Total Environment*, 769, 145527. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145527>.
- 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>.
- Selvaranjan, K., Navaratnam, S., Rajeev, P., & Ravintherakumaran, N. (2021). Environmental challenges induced by extensive use of face masks during COVID-19: A review and potential solutions. *Environmental Challenges*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100039>.
- Ubaidillah, A., Sujito, S., & Purwandari, E. (2019). Pengaruh Fraksi Massa Terhadap Sifat Mekanik Material Komposit Binderless Dari Ampas Tebu Dan Serbuk Kayu Sengon. *Jurnal Sains Dasar*, 8(2), 70–74. <https://doi.org/10.21831/jsd.v8i2.23676>.
- Widiastuti, I., Saputra, H. C., Sidik, S., Kusuma, W., & Harjanto, B. (2022). *Mechanical And Thermal Properties Of Recycled High-Density Polyethylene/Bamboo With Different Fiber Loadings*. 151–156. <https://doi.org/10.1515/eng-2022-0010>.
- Xiang, M., Yang, Z., Zhou, S., Lu, T., Zhang, S., Sun, L., & Dong, S. (2021). Polymer Composites Completely Derived from Waste: The Crystalline Structure And The Mechanical Enhancement Effect. *ACS Applied Polymer Materials*, 3(7), 3679–3684. <https://doi.org/10.1021/ACSAPM.1C00696>.
- Yu, R., Wen, X., Liu, J., Wang, Y., Chen, X., Wenelska, K., Mijowska, E., & Tang, T. (2021). A Green And High-Yield Route To Recycle Waste Masks Into CNTs/Ni Hybrids Via Catalytic Carbonization And Their Application For Superior Microwave Absorption. *Applied Catalysis B: Environmental*, 298, 120544. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2021.120544>.