

Analisis Pengaruh Komposisi Plastik HDPE Dengan Penguat ASP Pada Mesin *Injection Molding* Semi Otomatis Terhadap Uji *Impact* Dan Struktur Makro

Komang Bramastya Anandhita^{1,*}, I Komang Astana Widi¹

¹ Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang, Jawa Timur, Indonesia

Kata kunci

Plastik
Abu sekam padi
HDPE
Uji *impact*
Struktur makro

ABSTRAK

Limbah plastik menjadi salah satu isu lingkungan yang sangat memprihatinkan. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dan eksperimen fokus penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh komposisi HDPE murni dan daur ulang dengan penguat abu sekam padi 5%, 7,5%, 10% terhadap kekuatan *impact* dan struktur makro, dengan menggunakan proses *injection molding* semiotomatis. Proses pencetakan dilakukan menggunakan mesin *injection molding* semiotomatis, diikuti dengan pengujian kekuatan *impact* menggunakan metode *Charpy* sesuai standar ISO 179-1 dan pengamatan struktur makro dengan mikroskop digital. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *impact* tertinggi sebesar 0,108 J/mm² diperoleh pada komposisi 100% HDPE murni + 0% ASP dan 0,0933 J/mm² diperoleh pada komposisi 90% HDPE daur ulang + 10% ASP, sementara nilai terendah sebesar 0,0818 J/mm² terjadi pada 100% HDPE daur ulang + 0% ASP. Struktur makro menunjukkan bahwa spesimen dengan nilai *impact* tinggi permukaan patahan yang getas dan porositas merata, sedangkan spesimen dengan nilai rendah menunjukkan patahan getas dan porositas tidak teratur. Komposisi paling ideal adalah 90% HDPE daur ulang + 10% ASP yang memberikan keseimbangan antara kekuatan mekanik dan struktur visual, serta mendukung upaya pengolahan material yang berkelanjutan.

* Corresponding author:

Komang Bramastya Anandhita (email: komangbramastya01@gmail.com)

Diterima: 20 Agustus 2025

Disetujui: 27 Januari 2026

Dipublikasikan: 31 Maret 2026

1 Pendahuluan

Penggunaan plastik di Indonesia sangat besar pada industri makanan dan minuman, dengan 892 industri kemasan plastik yang memproduksi *rigid packaging*, *flexible packaging thermoforming*, dan *extrusion* berkapasitas $\pm 23,5$ juta ton per tahun, utilitas 70%, dan produksi rata-rata 1,65 juta ton per tahun [1].

Limbah plastik menjadi isu lingkungan yang memprihatinkan, sehingga diperlukan langkah seperti mengurangi penggunaan plastik dan mendaur ulang produk menjadi barang baru [2].

HDPE merupakan termoplastik dari monomer *polyethylene* yang kaku, tidak berbau, tahan terhadap bahan kimia pelarut, asam, dan basa, digunakan dalam berbagai aplikasi seperti otomotif, pengeras suara, peralatan laboratorium, dan wadah berulang [3]. HDPE dapat didaur ulang tanpa kehilangan signifikan sifat mekaniknya, meski HDPE murni memiliki modulus elastisitas dan kekuatan *impact* lebih tinggi (20–30 J/m²) dibandingkan HDPE daur ulang (15–25 J/m²). Dengan kekuatan tarik 20–37 MPa dan tekan 30–40 MPa, HDPE lebih unggul dibanding PET yang lebih mahal dan LDPE yang kurang kuat, sehingga dipilih untuk penelitian ini.

Abu sekam padi adalah limbah pengolahan padi menjadi beras yang kaya silika amorf (71,1–99,4%) dari pembakaran sekam, bermanfaat meningkatkan kekuatan tekan dan lentur komposit. Pencampuran abu sekam padi dengan HDPE, baik murni maupun daur ulang, dapat menjadi solusi dua masalah limbah sekaligus melalui pembuatan *particulate composite*. Produksi dilakukan menggunakan mesin *injection molding* yang mencairkan

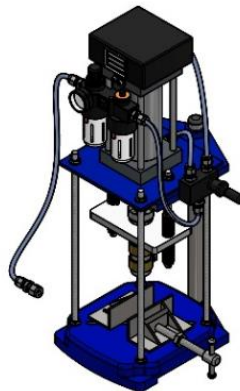
bahan, menekan ke cetakan, dan mendinginkannya. Mesin semi-otomatis dipilih karena lebih terjangkau, fleksibel dalam pengaturan, dapat mengeksplorasi formula dan komposisi, serta menghasilkan kualitas produk lebih konsisten dibanding mesin manual [4].

Oleh karena itu, fokus penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi HDPE murni dan daur ulang dengan penambahan abu sekam padi 5%, 7,5%, 10% terhadap sifat mekanis komposit HDPE dan bagaimana dengan kekuatan *impact* dan struktur makro.

2 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, metode penelitian eksperimental nyata yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi pada plastik HDPE murni dan daur ulang dalam proses *injection molding* semi-otomatis. Metode ini digunakan untuk melakukan pengamatan guna mengumpulkan data tentang hubungan sebab-akibat dalam suatu proses melalui eksperimen, sehingga dapat mengetahui kekuatan *impact* optimal pada plastik *high-density polyethylene* (HDPE) yang diperkuat dengan abu sekam padi dapat ditentukan dan mengamati struktur makro.

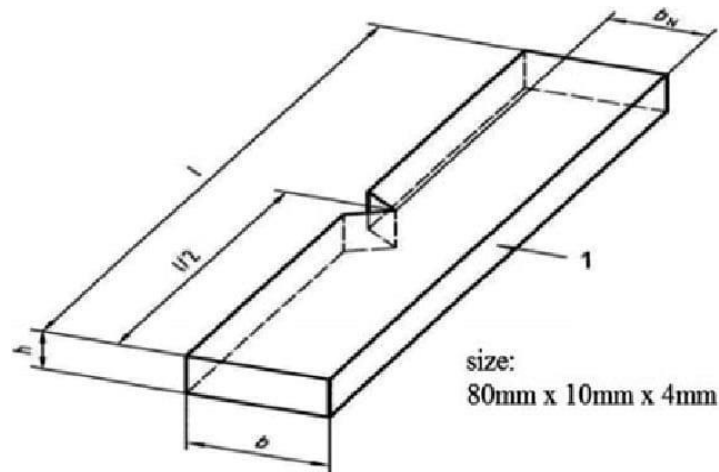
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perbandingan campuran fraksi berat dari plastik *high-density polyethylene* (HDPE) dengan abu sekam padi, yang terdiri dari komposisi murni HDPE (100% murni HDPE, 95% murni HDPE : 5% abu sekam padi, 92,5% murni HDPE : 7,5% abu sekam padi, dan 90% murni HDPE : 10% abu sekam padi) serta komposisi daur ulang HDPE (100% daur ulang HDPE, 95% daur ulang HDPE : 5% abu sekam padi, 92,5% daur ulang HDPE : 7,5% abu sekam padi, dan 90% daur ulang HDPE : 10% abu sekam padi). Variabel terikat adalah analisis terhadap sifat mekanik material, yang mencakup pengujian *impact* dan struktur makro. Sementara itu, variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah mesin semiotomatis, yang nilainya dijaga tetap selama pengujian berlangsung.



Gambar 1 Mesin *Injection Molding*

Mesin *injection molding* adalah metode pembentukan material termoplastik yang melibatkan pelelehan material, penyuntikan ke dalam cetakan, dan pendinginan hingga mengeras untuk membentuk produk sesuai cetakan. Metode ini dipilih karena keunggulannya, seperti kemampuan menghasilkan produk kecil, produksi massal dalam satu siklus, tingkat presisi tinggi, dan fleksibilitas desain. Secara umum, mesin *injection molding* terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu unit penggerak, unit *injection*, unit cetakan, dan unit penjepit [5].

Proses pembuatan spesimen pada mesin *injection molding* dilakukan dengan pengatur suhu dan tekanan, di mana penulis menggunakan suhu 300 °C, tekanan 3,5 bar, dan waktu *injection* 30 detik. Setelah proses injeksi selesai, spesimen dipotong sesuai dimensi 80 mm x 10 mm x 4 mm sesuai standar ISO 179-1 untuk pengujian *impact* [6].



Gambar 2 Spesimen Standart ISO 179-1

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan uji *impact*, di mana beban diayunkan dari ketinggian tertentu untuk mengukur energi disipasi atau patahan, yang berguna untuk menunjukkan penurunan keuletan dan kekuatan *impact* material berstruktur pada temperatur rendah. Pengujian *impact* bertujuan untuk mengetahui energi maksimal yang dapat diserap oleh material paduan hingga mengalami kepatahan, menggunakan metode Charpy dengan beban 2,8 kg dan sudut awal 90° , yang dilaksanakan di Laboratorium Material Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Politeknik Negeri Malang, dengan total 24 spesimen yang diuji.

Energi yang diserap dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$E = m \cdot g \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (1)$$

Keterangan:

E = Energi yang diserap (J)

m = Berat pendulum = 2,8 (kg)

R = Jarak pendulum ke pusat rotasi = 0,32 (m)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2) = 9,81 (m/s^2)

β = Sudut pendulum setelah tabrak benda uji ($^\circ$)

α = Sudut pendulum tanpa benda uji ($^\circ$)

Sedangkan harga *impact* benda uji dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

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

Keterangan :

HI = Kekuatan *impact* (J/mm²)

E = Energi serap benda uji (J)

A = Luas penampang diluar takikan (mm²)

Pengamatan struktur makro dilakukan dengan mengambil foto makro untuk menentukan bentuk retakan pada spesimen yang dihasilkan dari uji benturan, melalui langkah-langkah menempatkan spesimen di meja objek, mengarahkan bidikan dan memfokuskan, serta mengambil foto untuk menyimpulkan bentuk retakan dari hasil uji.

Gambar 3 Alat Uji *Impact*

3 Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Fakultas Politeknik Negeri Malang yang berada di Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur. Adapun hasil penelitian mengenai uji *impact*, dan uji struktur makro sebagai berikut

Tabel 1 Data Hasil Pengujian *Impact* HDPE Murni

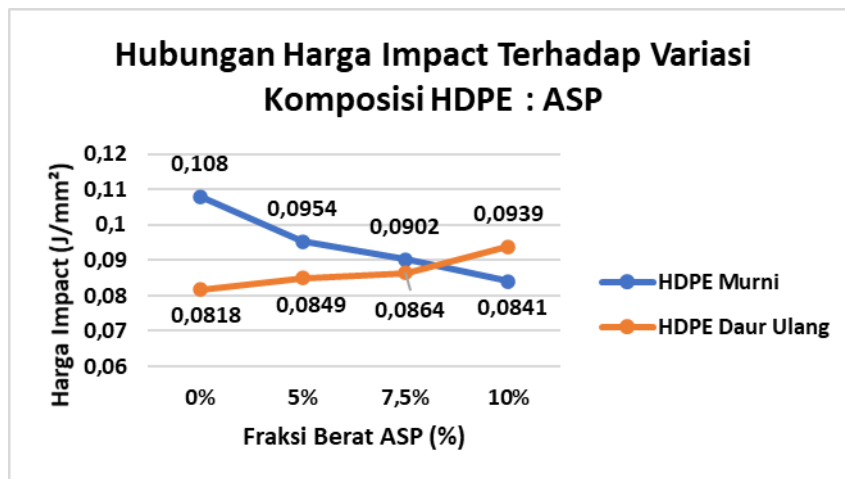
Komposisi	Spesimen	P (mm)	L (mm)	T (mm)	H (mm)	A (mm ²)	α (°)	β (°)	Energi <i>Impact</i> (J)	Harga <i>Impact</i> (J/mm ²)	Rata-Rata Harga <i>Impact</i> (J/mm ²)
100% HDPE Murni : 0% ASP	1	80	10	4	8	32	90	66	3,575	0,1117	0,1080
	2	80	10	4	8	32	90	67	3,434	0,1073	
	3	80	10	4	8	32	90	67,5	3,363	0,1051	
95% HDPE Murni : 5% ASP	1	80	10	4	8	32	90	71	2,861	0,0894	0,0954
	2	80	10	4	8	32	90	69	3,149	0,0984	
	3	80	10	4	8	32	90	69	3,149	0,0984	
92,5% HDPE Murni : 7,5% ASP	1	80	10	4	8	32	90	70	3,006	0,0939	0,0902
	2	80	10	4	8	32	90	71,5	2,789	0,0872	
	3	80	10	4	8	32	90	71	2,861	0,0894	
90% HDPE Murni : 10% ASP	1	80	10	4	8	32	90	72,5	2,643	0,0826	0,0841
	2	80	10	4	8	32	90	71	2,861	0,0894	
	3	80	10	4	8	32	90	73	2,569	0,0803	

Hasil pengujian *impact* pada spesimen plastik HDPE murni menunjukkan bahwa untuk komposisi 100% HDPE, harga *impact* rata-rata adalah 0,1080 joule/mm². Pada komposisi 95% HDPE dan 5% abu sekam padi, rata-rata harga *impact* adalah 0,0954 joule/mm². Untuk komposisi 92,5% HDPE dan 7,5% abu sekam padi, rata-rata harga *impact* adalah 0,0902 joule/mm². Sedangkan pada komposisi 90% HDPE dan 10% abu sekam padi, rata-rata harga *impact* adalah 0,0841 joule/mm².

Tabel 2 Data Hasil Pengujian *Impact* HDPE Daur Ulang

Komposisi	Spesimen	P (mm)	L (mm)	T (mm)	H (mm)	A (mm ²)	α (°)	β (°)	Energi <i>Impact</i> (J)	Harga <i>Impact</i> (J/mm ²)	Rata-Rata Harga <i>Impact</i> (J/mm ²)
100% HDPE Daur Ulang : 0% Abu Sekam Padi	1	80	10	4	8	32	90	73	2,569	0,0803	0,0818
	2	80	10	4	8	32	90	72	2,716	0,0849	
	3	80	10	4	8	32	90	73	2,569	0,0803	
95% HDPE Daur Ulang : 5% ASP	1	80	10	4	8	32	90	72	2,716	0,0849	0,0849
	2	80	10	4	8	32	90	73	2,569	0,0803	
	3	80	10	4	8	32	90	71	2,861	0,0894	
92,5% HDPE Daur Ulang : 7,5% ASP	1	80	10	4	8	32	90	71	2,861	0,0894	0,0864
	2	80	10	4	8	32	90	72	2,716	0,0849	
	3	80	10	4	8	32	90	72	2,716	0,0849	
90% HDPE Daur Ulang : 10% ASP	1	80	10	4	8	32	90	70	3,006	0,0939	0,0939
	2	80	10	4	8	32	90	71	2,861	0,0894	
	3	80	10	4	8	32	90	69	3,149	0,0984	

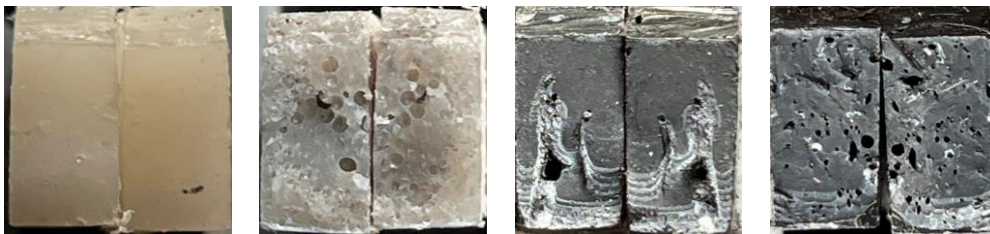
Hasil pengujian *impact* pada spesimen plastik HDPE daur ulang menunjukkan bahwa untuk komposisi 100% HDPE, harga *impact* rata-rata adalah 0,0818 joule/mm². Pada komposisi 95% HDPE dan 5% abu sekam padi, rata-rata harga *impact* adalah 0,0849 joule/mm². Untuk komposisi 92,5% HDPE dan 7,5% abu sekam padi, rata-rata harga *impact* adalah 0,0864 joule/mm². Sedangkan pada komposisi 90% HDPE dan 10% abu sekam padi, rata-rata harga *impact* adalah 0,0939 joule/mm².

Gambar 4 Grafik Harga *Impact*

Berdasarkan grafik diatas, hasil rata-rata uji *impact* HDPE murni yang dicampur dengan penguat abu sekam padi menunjukkan bahwa nilai *impact* cenderung menurun seiring meningkatnya persentase campuran abu sekam padi. Kekuatan *impact* plastik HDPE murni 100% adalah 0,1080 J/mm², sedangkan untuk 95% HDPE dan 5% abu sekam padi turun menjadi 0,0954 J/mm² (penurunan 13%), 92,5% HDPE dan 7,5% abu sekam padi

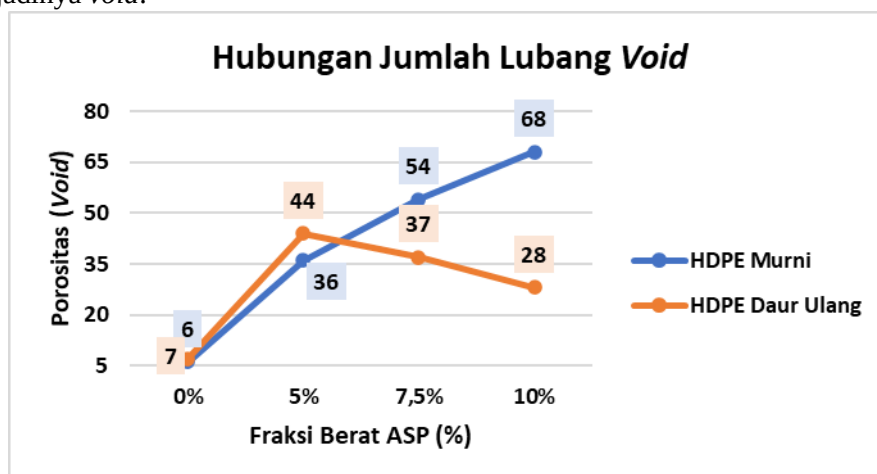
menjadi 0,0902 J/mm² (penurunan 8%), dan 90% HDPE dan 10% abu sekam padi menjadi 0,0841 J/mm² (penurunan 6%). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi sebagai *filler* berpengaruh negatif terhadap kekuatan *impact* material, sehingga spesimen terbaik adalah plastik HDPE murni 100% tanpa campuran. Temuan ini sejalan dengan sebelumnya yang menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi mengakibatkan penurunan sifat mekanik pada one-part geopolymer [7].

Berdasarkan grafik pada Gambar 4, rata-rata kekuatan *impact* plastik HDPE daur ulang menunjukkan bahwa untuk komposisi 100% HDPE, kekuatan *impact* adalah 0,0818 J/mm², sedangkan untuk 95% HDPE dan 5% abu sekam padi meningkat menjadi 0,0849 J/mm² (kenaikan 4%), 92,5% HDPE dan 7,5% abu sekam padi menjadi 0,0864 J/mm² (kenaikan 2%), dan 90% HDPE dan 10% abu sekam padi mencapai 0,0939 J/mm² (kenaikan 8%). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi sebagai *filler* berpengaruh positif terhadap kekuatan *impact*, dengan spesimen terbaik adalah komposit plastik HDPE daur ulang 90% dan 10% abu sekam padi, yang memiliki kekuatan lebih besar dibandingkan komposit lainnya dan bahkan lebih besar dari bahan baku. Kenaikan signifikan pada variasi komposisi HDPE daur ulang 95% : 5% ASP, 92,5% : 7,5% ASP, dan 90% : 10% ASP disebabkan oleh pengaruh penguat abu sekam padi yang mengikat matriks dengan baik, sehingga meningkatkan nilai energi *impact*. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi dapat meningkatkan sifat mekanik, termasuk kekuatan *impact*, serta abu sekam padi dapat mengisi rongga antar molekul pada polimer daur ulang dan menahan propagasi retak, sehingga meningkatkan performa mekanik secara signifikan [8].



Gambar 5 Foto Makro Patahan Uji Impact

Pada Gambar 5 menunjukkan bentuk patahan uji *impact*, jenis patahan yang terjadi berupa patahan getas yang ditandai dari bentuk patahan mengkilat dan permukaan yang kasar. Hasil pengujian foto makro menunjukkan terdapat *void* yang dimana *void* terjadi karena rongga udara yang terjebak atau ikatan antarmuka *reinforced* terhadap matriks kurang baik. Selain itu, pencampuran abu sekam padi yang kurang merata juga menjadi faktor terjadinya *void*.



Gambar 6 Grafik jumlah Void Patahan Uji Impact

Berdasarkan grafik, penambahan abu sekam padi (ASP) ke dalam matriks HDPE murni menyebabkan fluktuasi jumlah pori. Pada komposisi 100% HDPE murni, tercatat 6 rongga, namun ketika ditambahkan 5% ASP, porositas meningkat tajam menjadi 36 rongga (naik 83,3%), menunjukkan ketidaksempurnaan

pencampuran antara matriks dan *filler*. Seiring peningkatan kandungan ASP, jumlah porositas terus meningkat menjadi 54 rongga (naik 33,3%) pada 7,5% ASP dan 68 rongga (naik 20,5%) pada 10% ASP. Peningkatan ini mencerminkan bahwa semakin tinggi kadar *filler*, semakin besar kemungkinan terbentuknya rongga akibat ketidaksempurnaan dalam pencampuran dan lemahnya ikatan antara *filler* dan matriks, yang dapat menurunkan kualitas struktur internal.

Pada HDPE daur ulang, penambahan 5% ASP menyebabkan porositas meningkat tajam menjadi 44 rongga (naik 84%), tetapi dengan peningkatan kandungan ASP, jumlah porositas mulai menurun: 37 rongga (turun 18,9%) pada 7,5% ASP dan 28 rongga (turun 32,4%) pada 10% ASP. Penurunan ini disebabkan oleh efek saturasi *filler*, di mana peningkatan jumlah *filler* tidak lagi memperbesar porositas, tetapi membentuk pori-pori kecil yang lebih tersebar. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi cenderung meningkatkan jumlah porositas pada penambahan awal, tetapi setelah melewati batas tertentu, peningkatan *filler* justru menyebabkan penurunan jumlah porositas. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pada komposisi *filler* yang terlalu tinggi, porositas cenderung stabil atau menurun akibat distribusi *filler* yang lebih seragam [9]. Oleh karena itu, penting untuk mengoptimalkan komposisi *filler* guna mencapai keseimbangan antara kekuatan mekanik dan jumlah porositas, terutama dalam aplikasi komposit berbasis HDPE hasil proses injection molding semiotomatis.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji *impact*, penambahan abu sekam padi (ASP) sebagai *filler* memberikan efek berbeda pada HDPE murni dan HDPE daur ulang, di mana HDPE murni mengalami penurunan kekuatan *impact* dari 0,1080 J/mm² menjadi 0,0841 J/mm² pada 10% ASP, sedangkan HDPE daur ulang meningkat dari 0,0818 J/mm² menjadi 0,0939 J/mm², sehingga komposisi terbaik adalah 90% HDPE daur ulang : 10% ASP. Hasil foto struktur makro menunjukkan bahwa pada HDPE murni, peningkatan ASP memperbanyak porositas akibat pencampuran kurang homogen dan lemahnya ikatan antar komponen, sedangkan pada HDPE daur ulang, porositas awal naik pada 5% ASP lalu menurun pada 7,5–10% karena distribusi *filler* lebih merata dan efek saturasi. Temuan ini menegaskan pentingnya pengendalian komposisi dan teknik pencampuran yang tepat untuk menjaga homogenitas, meminimalkan cacat struktural, dan mencapai keseimbangan optimal antara kekuatan mekanik serta kestabilan struktur komposit hasil injection molding.

5 Referensi

- [1] Y. Bahtiyar and N. Firmansyah, “Analisis Kecepatan Injection Moulding Terhadap Cacat Produk Tutup Botol 180 ML,” *J. Tek. Ind. Terintegrasi*, vol. 2, no. 2, pp. 17–22, 2019, doi: 10.31004/jutin.v2i2.448.
- [2] D. Rika Widianita, “RANCANG BANGUN ALAT INJEKSI MOLDING UNTUK PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK MENJADI CETAKAN KUE,” *AT-TAWASSUTH J. Ekon. Islam*, vol. VIII, no. I, pp. 1–19, 2023.
- [3] A. Juniarto and A. D. Anggono, “Pemanfaatan Limbah Plastik Polipropilen Sebagai Material Komposit Plastik Biodegradable Dengan Penambahan Serbuk Ampas Aren,” 2018, *Universitas Muhammdiyah Surakarta*.
- [4] I. S. Mulyana, “Analisa Pengaruh Cacat Produk Air Traps Pada Simulasi Injection Molding,” *J. Ilm. Tek.*, vol. 3, no. 1, pp. 74–80, 2024, doi: 10.56127/juit.v3i1.1164.
- [5] W. Wijaya and E. N. Hidayat, “Sistem Perancangan Pembuatan Mesin Injeksi Plastik Otomatis (Linear Actuator) untuk Pemanfaatan Limbah Plastik yang Berbahan Polypropylene,” *Rekayasa Ind. dan Mesin*, vol. 5, no. 2, p. 59, 2024, doi: 10.32897/retims.2024.5.2.2932.
- [6] 179-1 ISO, “Plastics - Determination of Charpy impact properties,” *ISO - Int. Stand. Organ.*, vol. 2010, no. 1110, pp. 1–11, 2010.
- [7] A. I. N. Nur, S. Subaer, and N. Nurhayati, “Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanik One-Part Geopolymer Berbasis Fly Ash Dan Silica Fume,” *J. Sains dan Pendidik. Fis.*, vol. 18, no. 1, p. 111, 2022, doi: 10.35580/jspf.v18i1.31991.
- [8] A. A. S. Putra, “Pemanfaatan limbah serat pohon sagu untuk pembuatan komposit,” *J. Renew. Energy Mech.*, vol. 3, no. 01, pp. 22–31, 2020, doi: 10.25299/rem.2020.vol3.no01.4263.
- [9] F. Hidayat and I. H. Siregar, “Uji Karakteristik Minyak Pirolisis Berbahan Baku Limbah Plastik Polypropylene,” *J. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 01, pp. 13–20, 2021.