Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi
Oktober 2025 - Vol. xx No. xx, hal. xx-xx
e-ISSN: 2745-7672 p-ISSN: 2745-7664

Analisa Pengaruh Komposisi Plastik PP Dengan Abu Sekam Pada Mesin Injeksi *Molding* Semi Otomatis Terhadap Uji *Impact* Dan Struktur Makro

Bintang Julian Aurina Putra[1, *], I Komang Astana Widi[1]

[1] *Program Studi Teknik Mesin S1 Insititut Teknologi Nasional Malang*

Kata kunci

Polypropylene
Daur ulang
Injeksi *molding*
Uji *impact*
Abu sekam padi

A B S T R A K

Plastik *polypropylene* (PP) merupakan material termoplastik yang banyak digunakan dalam industri karena sifatnya yang ringan, kuat, dan tahan terhadap panas serta bahan kimia. Namun, tingginya konsumsi plastik menyebabkan peningkatan limbah yang berdampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, pemanfaatan PP daur ulang dan bahan penguat alami seperti abu sekam padi menjadi alternatif yang potensial dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi antara PP murni dan daur ulang yang dikombinasikan dengan abu sekam padi terhadap kekuatan *impact* dan struktur makro, dengan menggunakan proses injeksi *molding* semi otomatis. Metode penelitian ini bersifat eksperimental dengan delapan variasi komposisi, yaitu empat komposisi berbasis PP murni dan empat berbasis PP daur ulang, masing-masing dengan penambahan abu sekam padi sebesar 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5%. Proses pencetakan dilakukan menggunakan mesin injeksi *molding* semi otomatis, diikuti dengan pengujian kekuatan *impact* menggunakan metode *charpy* sesuai standar ISO 179-1 dan pengamatan struktur makro dengan mikroskop digital. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *impact* tertinggi sebesar 0,0291 J/mm² diperoleh pada komposisi 92,5% PP daur ulang + 7,5% abu sekam padi, sementara nilai terendah sebesar 0,0128 J/mm² terjadi pada 100% PP murni tanpa penguat. Struktur makro menunjukkan bahwa spesimen dengan nilai *impact* tinggi memiliki permukaan patahan yang plastis dan porositas merata, sedangkan spesimen dengan nilai rendah menunjukkan patahan getas dan porositas tidak teratur. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penambahan abu sekam padi secara optimal dapat meningkatkan kekuatan *impact* dan memperbaiki struktur makro material. Komposisi paling ideal adalah 95% PP murni + 5% abu sekam padi yang memberikan keseimbangan antara kekuatan mekanik dan struktur visual, serta mendukung upaya pengolahan material yang berkelanjutan.

Bintang Julian Aurina Putra (email:bintangjulianaurinaputra@gmail.com)

Diterima: Disetujui: Dipublikasikan:

1 Pendahuluan

Polimer termoplastik tipe *polypropylene* (PP) sering digunakan dalam rumah tangga dan industri. Umumnya, produk *polypropylene* digunakan dalam pengemasan, peralatan laboratorium, dan suku cadang otomotif. Menurut [1], salah satu cara efektif untuk mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan PP adalah melalui daur ulang. Selain itu, kualitas PP daur ulang seringkali hampir setara dengan PP *virgin*. Keuntungan ekonomi juga menjadi pertimbangan penting.

Produk plastik yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari banyak diproses dengan mesin *injection molding*. Proses produksi *injection molding* merupakan proses yang kompleks karena melibatkan beberapa langkah proses yang diawali dengan langkah pengisian material (*mold filling*) yaitu

bahan plastik leleh akan mengalir dari unit injeksi melalui *sprue, runner, gate* dan masuk ke dalam *cavity* [2]

Penggunaan mesin injeksi *molding* untuk pengolahan plastik *polypropylene* (PP) murni maupun daur ulang sangat tepat karena mesin ini menawarkan presisi tinggi dan efisiensi dalam produksi massal. Injeksi *molding* dapat menghasilkan produk dengan toleransi yang ketat dan detail yang kompleks, yang sangat dibutuhkan dalam aplikasi industri dan konsumen. Selain itu, mesin ini mampu memproses material dengan *viskositas* tinggi, seperti PP murni maupun daur ulang, dan memberikan hasil akhir yang konsisten [3]

Dalam industri plastik, *polypropylene* (PP) merupakan salah satu bahan yang banyak digunakan karena sifatnya yang ringan, tahan kimia, dan mudah diproses. Namun, dengan meningkatnya kesadaran akan lingkungan, penggunaan material daur ulang menjadi penting untuk mengurangi limbah *plastic*. Dimana pemelihan abu sekam padi ini digunakan sebagai *fille*r yang kaya akan kandungan silika (SiO_2 hingga 80%- 95%), yang mampu meningkatkan kekakuan dan kekuatan *impact*. Kombinasi ini memberikan alternatif material komposit ramah lingkungan yang kompetitif secara performa sebagai *filler* penguat komposit *plastic*. [4]

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh komposisi plastik PP murni dan daur ulang yang dipadukan dengan penguat abu sekam padi pada mesin injeksi *molding* semi otomatis terhadap uji impact dan struktur makro.

2 Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitan dilakukan di Bengkel Jl. Perusahaan Losawi Kec. Singosari, Kab. Malang, yang dimulai pada tanggal Maret – Juli 2025, pengujian kekuatan *impact* dilakukan di laboratorium Pengujian Bahan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Pengujian di Laboratorium Material Teknik Mesin S-1 Insititut Teknologi Nasional Malang

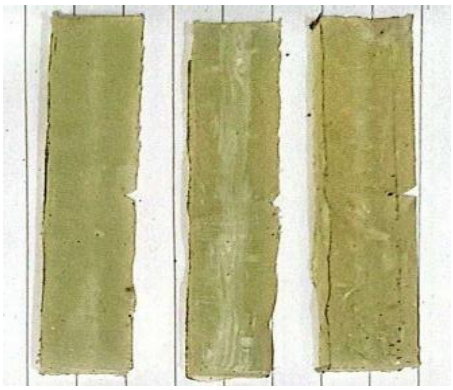
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi material *polypropylene* (PP) murni dan daur ulang dengan penambahan abu sekam padi terhadap sifat mekanik dan struktur makro material hasil cetakan menggunakan mesin injeksi molding semi otomatis. Metode ini dipilih karena sesuai untuk menguji hubungan sebab-akibat antara variabel komposisi bahan terhadap hasil pengujian kekuatan *impact* dan tampilan struktur makro.

Langkah awal dalam penelitian ini adalah melakukan studi literatur dari berbagai sumber terkait material *polypropylene*, abu sekam padi sebagai *filler* alami, serta proses dan parameter injeksi molding. Setelah itu, dilakukan persiapan alat dan bahan yang meliputi biji plastik PP murni, biji plastik PP daur ulang, serta abu sekam padi yang sudah dikeringkan dan disaring. Mesin injeksi molding semi otomatis juga dirancang dan dibuat terlebih dahulu untuk mendukung proses pencetakan spesimen.

Proses eksperimen dilakukan dengan mencetak spesimen menggunakan mesin injeksi molding semi otomatis yang telah dirakit. Terdapat delapan variasi komposisi bahan yang digunakan, yaitu empat variasi PP murni dan empat PP daur ulang, masing-masing dengan penambahan abu sekam padi sebesar 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5%. Proses pencetakan dilakukan pada suhu dan tekanan tertentu yang disesuaikan dengan spesifikasi mesin dan karakteristik bahan.

Gambar 1. Mesin injeksi molding semi otomatis

Setelah spesimen berhasil dicetak, tahap berikutnya adalah melakukan pengujian kekuatan *impact* menggunakan metode Charpy berdasarkan standar ISO 179-1. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur seberapa besar energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen, sehingga dapat diketahui ketangguhan material dari tiap komposisi. Selain itu, dilakukan juga pengamatan terhadap struktur makro permukaan patahan menggunakan mikroskop digital untuk melihat karakteristik permukaan seperti porositas dan tipe patahan (ulet atau getas).



Gambar 2. Spesimen uji *impact*

Data hasil pengujian *impact* dan pengamatan struktur makro kemudian dianalisis untuk menentukan pengaruh komposisi bahan terhadap sifat mekanik dan morfologi material. Analisis ini mencakup perbandingan antar variasi, identifikasi pola perubahan nilai impact, serta hubungan antara struktur permukaan patahan dengan kekuatan mekanik material. Hasil akhir dari penelitian ini digunakan sebagai dasar untuk menarik kesimpulan dan memberikan saran terhadap aplikasi material daur ulang dan penguat alami dalam proses injeksi *molding* yang ramah lingkungan dan efisien

3 Hasil dan Pembahasan

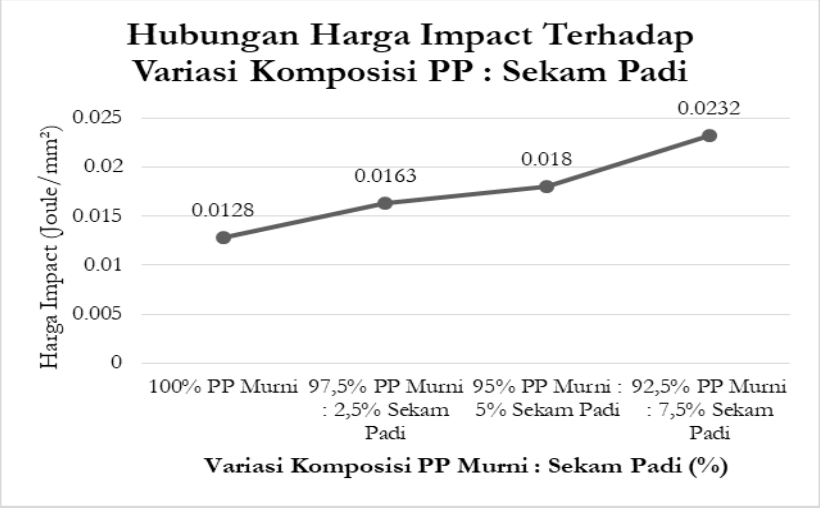
3.1 Hasil dan Pembahasan Pengujian *Impact*

Dari proses pembentukan spesimen menggunakan mesin injeksi *molding* semi otomatis dengan tekanan 3,8 Bar dan temperatur 300°C. Variasi komposisi material PP (*polypropylene*) murni dan daur ulang dengan campuran sekam padi, maka didapatkan data *impact* yang bertujuan mengetahui nilai

energi dan harga *impact* pada spesimen hasil mesin injeksi *molding*, pada pengujian *impact* ini menggunakan alat uji *impact Charpy* dengan standar spesimen ISO 179-1. Berikut ini merupakan hasil data hasil pengujian *impact* yang dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Politeknik Negeri Malang.

Tabel 1. Data hasil pengujian *impact* PP Murni

Variasi	No Spesimen	Luas Penampang Takik (mm^2)	α (°)	β (°)	Energi (Joule)	HI (Joule/mm^2)
100% PP Murni	A	320	90	80	4.2587	0.0133
	B	320	90	81	3.8365	0.0119
	C	320	90	80	4.2587	0.0133
	Rata-rata				4.1179	0.0128
97,5% PP Murni : 2,5% Sekam Padi	A	320	90	78	5.0990	0.0159
	B	320	90	77	5.5169	0.0172
	C	320	90	78	5.0990	0.0159
	Rata-rata				5.2383	0.0163
95% PP Murni : 5% Sekam Padi	A	320	90	76	5.9331	0.0185
	B	320	90	77	5.5169	0.0172
	C	320	90	76	5.9331	0.0185
	Rata-rata				5.7944	0.0180
92,5% PP Murni : 7,5% Sekam Padi	A	320	90	72	7.5786	0.0236
	B	320	90	73	7.1704	0.0224
	C	320	90	72	7.5786	0.0236
	Rata-rata				7.4425	0.0232



Gambar 3. Grafik hubungan harga *impact* terhadap variasi komposisi PP murni

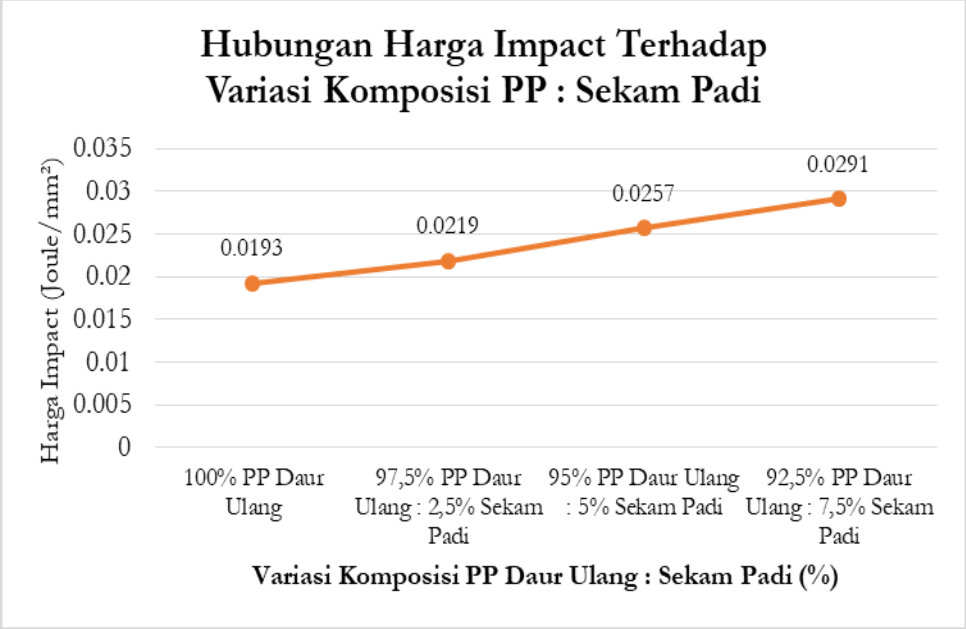
Berdasarkan grafik terlihat bahwa semakin tinggi kandungan abu sekam padi yang ditambahkan ke dalam *polypropylene* (PP) murni, maka nilai *impact strength* maupun energi *impact*nya meningkat secara signifikan. Pada sampel 100% PP murni, nilai *impact strength* hanya sebesar 0,0123 J/mm² dengan energi *impact* sebesar 4,1179 J. Ketika ditambahkan 2,5% abu sekam padi (menjadi 97,5% PP murni + 2,5% abu sekam padi), nilai *impact strength* meningkat menjadi 0,0163 J/mm² dan energi *impact*nya menjadi 5,2383 J, atau mengalami kenaikan sekitar 32,5% dari sisi kekuatan *impact* dan 27,2% dari sisi energi *impact*. Pada komposisi 95% PP murni dengan 5% abu sekam padi, nilai *impact strength* meningkat menjadi 0,0180 J/mm² dengan energi *impact* sebesar 5,7944 J, menunjukkan kenaikan sebesar 10,4% dari nilai kekuatan *impact* dan 10,6% dari energi *impact* dibandingkan komposisi sebelumnya. Peningkatan paling signifikan terjadi pada komposisi 92,5% PP daur ulang dengan 7,5% abu sekam padi, dengan nilai *impact strength* mencapai 0,0232 J/mm² dan energi *impact* sebesar 7,4425 J, atau meningkat 28,8% dari sisi kekuatan *impact* dan 28,5% dari sisi energi *impact* dibandingkan spesimen sebelumnya. Secara keseluruhan, peningkatan dari 100% PP murni hingga penambahan 7,5% abu sekam padi menghasilkan total kenaikan sebesar 88,6% untuk *impact strength* dan 80,7% untuk energi *impact*.

Peningkatan ini menunjukkan bahwa abu sekam padi berperan sebagai *filler* alami yang efektif dalam memperkuat matriks PP, khususnya dalam meningkatkan ketangguhan terhadap beban tumbukan. Hasil ini sejalan dengan penelitian [5], yang menyatakan bahwa penambahan abu sekam padi dapat meningkatkan kekuatan *impact* plastik daur ulang hingga 75%, tergantung pada homogenitas dispersi *filler*. Selain itu, penelitian [6] menunjukkan bahwa komposisi optimum terjadi pada penambahan abu sekam padi sebesar 5%, di mana sifat mekanik seperti *impact* dan kekuatan tarik mengalami peningkatan sebelum menurun akibat aglomerasi partikel. Penelitian serupa oleh [7] juga mendukung temuan ini, di mana abu sekam padi mampu meningkatkan ketangguhan komposit melalui peningkatan interaksi antara matriks polimer dan partikel penguat.

Tabel 2. Data hasil pengujian *impact* PP daur ulang

Variasi	No Spesimen	Luas Penampang Takik (mm²)	α (º)	β (º)	Energi (Joule)	HI (Joule/mm²)
100% PP Daur Ulang	A	320	90	75	6.3475	0.0198
	B	320	90	76	5.9331	0.0185
	C	320	90	75	6.3475	0.0198
	Rata-rata				6.2094	0.0193
97,5% PP Daur Ulang : 2,5% Sekam Padi	A	320	90	73	7.1704	0.0224
	B	320	90	73	7.1704	0.0224
	C	320	90	74	6.7600	0.0211
	Rata-rata				7.0336	0.0219
95% PP Daur	A	320	90	70	8.3880	0.0262

Ulang : 5% Sekam Padi	B	320	90	71	7.9845	0.0249
	C	320	90	70	8.3880	0.0262
		Rata-rata			8.2535	0.0257
92,5% PP Daur	A	320	90	68	9.1872	0.0287
Ulang : 7,5%	B	320	90	67	9.5826	0.0299
Sekam Padi	C	320	90	68	9.1872	0.0287
		Rata-rata			9.3190	0.0291



Gambar 4. Grafik hubungan harga i*mpact* terhadap variasi komposisi PP daur ulang

Berdasarkan grafik bahwa penambahan abu sekam padi pada *polypropylene* (PP) daur ulang memberikan peningkatan nilai *impact strength* dan energi *impact* yang signifikan. Pada komposisi 100% PP daur ulang, nilai *impact strength* tercatat sebesar 0,0193 J/mm² dengan energi *impact* sebesar 6,2094 J. Ketika ditambahkan 2,5% abu sekam padi (97,5% PP daur ulang dengan 2,5% sekam padi), nilai *impact strength* meningkat menjadi 0,0210 J/mm² dan energi *impact*nya menjadi 7,0336 J, mengalami kenaikan masing-masing sebesar 8,8% dan 13,3%. Pada komposisi 95% PP daur ulang dengan 5% sekam padi, nilai *impact strength* mencapai 0,0257 J/mm² dengan energi *impact* sebesar 8,2535 J, yang berarti peningkatan sebesar 22,4% dan 17,3% dibandingkan komposisi sebelumnya. Selanjutnya, pada komposisi 92,5% PP daur ulang dengan 7,5% sekam padi, nilai *impact strength* mencapai 0,0291 J/mm² dan energi *impact*nya mencapai 9,319 J, menunjukkan peningkatan sebesar 13,2% dan 12,9% dari spesimen sebelumnya. Secara keseluruhan, dari komposisi 100% PP daur ulang hingga 92,5% PP daur ulang dengan 7,5% abu sekam padi, terjadi peningkatan total sebesar 50,8% pada *impact strength* dan 50% pada energi *impact*, yang mengindikasikan efektivitas abu sekam padi sebagai bahan penguat alami terhadap ketangguhan tumbukan.

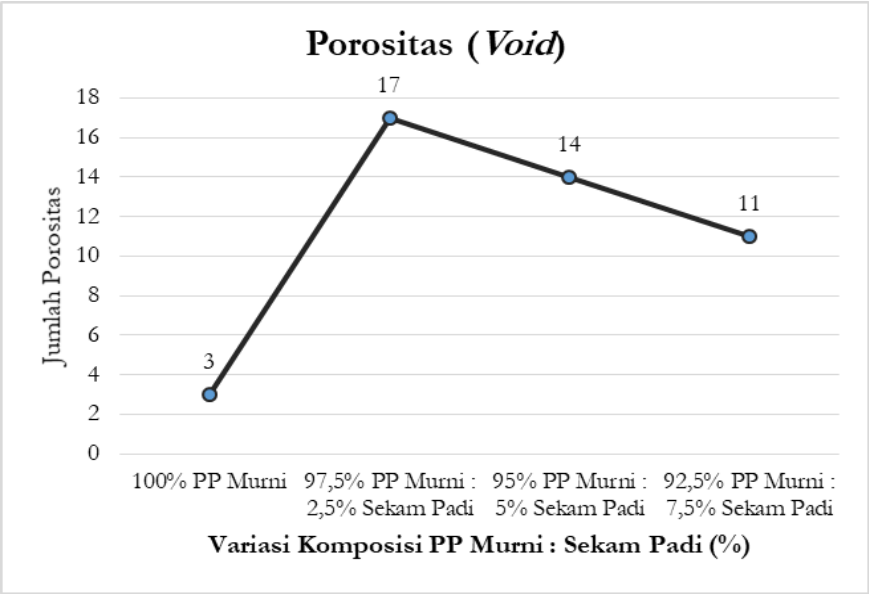
Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya [8] bahwa penambahan abu sekam padi ke dalam matriks plastik daur ulang mampu meningkatkan sifat mekanik, termasuk kekuatan *impact*, karena abu sekam padi berfungsi sebagai *reinforcement* alami yang memperbaiki ikatan antar molekul. Penelitian lain oleh [9] bahwa peningkatan *filler* alami seperti abu sekam padi pada PP daur ulang mampu meningkatkan ketangguhan material hingga 40% pada batas optimal 5% penambahan. Demikian pula, [7] menyimpulkan bahwa abu sekam padi dapat mengisi rongga antar molekul pada polimer daur ulang dan menahan propagasi retak, sehingga meningkatkan performa mekanik secara signifikan.

3.2 Hasil dan Pembahasan Pengujian Struktur Makro

Dari proses pembentukan spesimen menggunakan mesin injeksi *molding* semi otomatis dengan tekanan 3,8 Bar dan temperatur 300° C. Variasi komposisi material PP (*polypropylene*) murni dan daur ulang dengan campuran sekam padi, maka didapatkan data struktur makro yang bertujuan mengetahui patahan dan porositas atau (*void*) hasil spesimen *impact* menggunakan mesin injeksi *molding*, Pengujian dilakukan secara visual dan *non-destruktif*, yang menekankan pada integritas dan kekuatan material secara keseluruhan, bukan pada struktur mikroskopis.

Tabel 3. Data jumlah rongga dan jenis patahan hasil uji struktur makro

Variasi	Jumlah rongga	Jenis patahan
100% PP murni	3	*Transgranular fracture*
97,5% PP murni : 2,5% sekam padi	17	*Intergranular fracture*
95% PP murni : 5% sekam padi	14	*Transgranular fracture*
92,5% PP murni : 7,5% sekam padi	11	*Intergranular fracture*
100% PP daur ulang	40	*Transgranular fracture*
97,5% PP daur ulang : 2,5% sekam padi	69	*Intergranular fracture*
95% PP daur ulang : 5% sekam padi	59	*Intergranular fracture*
92,5% PP daur ulang : 7,5% sekam padi	48	*Intergranular fracture*



Gambar 5. Grafik jumlah *void* pada variasi komposisi PP murni

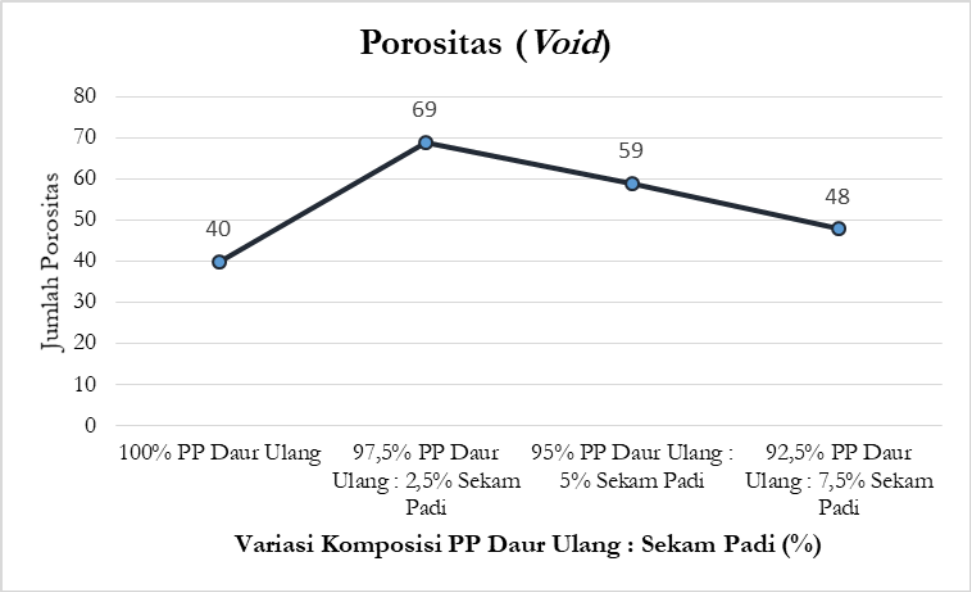
Berdasarkan grafik di atas, bahwa jumlah porositas (*void*) pada spesimen mengalami peningkatan signifikan seiring dengan penambahan abu sekam padi dalam campuran *polypropylene* (PP) murni. Pada komposisi 100% PP murni, jumlah porositas hanya 3 *void*, yang mencerminkan struktur material yang relatif padat dan homogen.

Namun, ketika ditambahkan 2,5% abu sekam padi pada komposisi 97,5% PP murni, jumlah porositas melonjak drastis menjadi 17 void, atau meningkat sebesar 46,67% dibandingkan PP murni. Kenaikan yang sangat signifikan ini disebabkan oleh ketidakcocokan antara *filler* (abu sekam padi) dengan matriks polimer, yang menyebabkan terperangkapnya udara dalam jumlah besar selama proses pencetakan.

Selanjutnya, pada komposisi 95% PP murni dan 5% abu sekam padi, jumlah porositas sedikit menurun menjadi 14 *void*, atau turun sekitar 17,65% dibandingkan komposisi 97,5% PP murni : 2,5% abu sekam padi. Penurunan ini diduga terjadi karena pada komposisi ini, distribusi *filler* mulai lebih merata, sehingga sebagian udara yang terperangkap bisa keluar saat proses injeksi, walaupun porositas tetap jauh lebih tinggi dibandingkan PP murni.

Pada komposisi 92,5% PP murni dan 7,5% abu sekam padi, jumlah porositas kembali menurun menjadi 11 void, atau mengalami penurunan sebesar 21,43% dibandingkan komposisi sebelumnya. Penurunan ini disebabkan oleh efek saturasi *filler* dalam matriks polimer, di mana peningkatan jumlah *filler* tidak lagi secara langsung memperbesar jumlah porositas, namun lebih banyak membentuk pori-pori kecil yang tersebar.

Ini dapat disimpulkan bahwa penambahan abu sekam padi cenderung meningkatkan jumlah porositas, terutama pada penambahan awal. Namun, setelah melewati batas tertentu, peningkatan *filler* justru menyebabkan jumlah porositas mulai menurun, karena distribusi partikel yang lebih stabil. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh [10], [11], dan [12], yang sama-sama menemukan bahwa penambahan abu sekam padi meningkatkan porositas, namun pada komposisi yang terlalu tinggi, porositas cenderung stabil atau bahkan menurun akibat distribusi *filler* yang lebih seragam.



Gambar 6. Grafik jumlah *void* pada variasi komposisi PP daur ulang

Berdasarkan grafik porositas (*void*) pada variasi komposisi material, terlihat adanya fluktuasi jumlah porositas yang cukup signifikan. Pada komposisi 100% PP daur ulang tanpa tambahan abu sekam padi, jumlah porositas tercatat sebanyak 40 rongga. Selanjutnya, pada komposisi 97,5% PP daur ulang dengan 2,5% abu sekam padi, terjadi peningkatan jumlah porositas secara drastis menjadi 69 rongga. Kenaikan ini sebesar 72,5% dibandingkan dengan komposisi tanpa abu sekam padi, yang menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi meskipun dalam jumlah kecil dapat meningkatkan jumlah porositas secara signifikan akibat ketidaksempurnaan pencampuran antara matriks PP daur ulang dengan *filler* abu sekam padi.

Pada komposisi berikutnya, yaitu 95% PP daur ulang dengan 5% abu sekam padi, jumlah porositas menurun menjadi 59 rongga. Ini menunjukkan adanya penurunan jumlah porositas sebesar 14,5% dibandingkan dengan komposisi sebelumnya (97,5% PP daur ulang + 2,5% abu sekam padi). Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh adanya efek distribusi *filler* yang mulai stabil, di mana sebagian pori dapat tertutupi akibat peningkatan fraksi volume *filler*, meskipun porositas tetap tergolong tinggi.

Pada komposisi terakhir, yaitu 92,5% PP daur ulang dengan 7,5% abu sekam padi, jumlah porositas kembali menurun menjadi 48 rongga. Penurunan ini sebesar 18,6% dibandingkan dengan komposisi sebelumnya (95% PP daur ulang + 5% abu sekam padi). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi secara bertahap mulai memberikan efek pengisian rongga, meskipun struktur pori tetap terbentuk akibat adanya akumulasi *filler* yang tidak terdistribusi sempurna dalam matriks polimer.

Secara umum, pola ini menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi dalam PP daur ulang mempengaruhi jumlah porositas secara signifikan, di mana pada penambahan awal (2,5%) terjadi lonjakan porositas, namun pada penambahan berikutnya (5% dan 7,5%) jumlah

porositas cenderung menurun. Fenomena ini sesuai dengan penelitian [13], yang menyatakan bahwa pencampuran *filler* alami dalam PP daur ulang dapat meningkatkan porositas pada kadar rendah akibat ketidaksempurnaan pencampuran, namun pada kadar lebih tinggi sebagian rongga dapat tertutupi oleh *filler*. Penelitian [14] juga melaporkan tren serupa, di mana porositas awal meningkat dan kemudian menurun setelah mencapai komposisi *filler* tertentu. Sementara itu, [15] menjelaskan bahwa faktor utama dalam pola ini adalah rasio *filler* terhadap laju injeksi serta viskositas selama proses *molding*.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian terhadap pengaruh komposisi material plastik PP (*polypropylene*) murni dan daur ulang dengan penguat abu sekam padi pada proses *injection molding* semi otomatis terhadap uji *impact* dan struktur makro, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh komposisi terhadap nilai uji *impact* variasi komposisi material pp (*polypropylene*) murni dan daur ulang yang dikombinasikan dengan abu sekam padi menunjukkan pengaruh signifikan terhadap kekuatan *impact*. Komposisi 92,5% PP daur ulang + 7,5% abu sekam padi menghasilkan nilai uji *impact* tertinggi, yaitu sebesar 0,0291 j/mm², menunjukkan bahwa kombinasi ini memiliki kemampuan terbaik dalam menyerap energi benturan. Sementara itu, nilai *impact* terendah ditemukan pada 100% PP murni, yakni 0,0128 j/mm², yang mengindikasikan sifat patah yang lebih getas dan tidak mampu menahan beban kejut secara optimal.
2. Pengaruh komposisi terhadap struktur makro Ini dapat disimpulkan bahwa penambahan abu sekam padi cenderung meningkatkan jumlah porositas, terutama pada penambahan awal 2,5%. Namun, setelah melewati batas tertentu, peningkatan *filler* 5% dan 7,5% justru menyebabkan jumlah porositas menurun, karena distribusi partikel yang lebih stabil.

5 Referensi

[1] S. Prabowo, M. Chalid, and D. Rusmana, “Perbandingan Sifat Kekerasan dan Penyusutan Produk Berbahan Dasar *Polipropilene* Murni dan Campuran Hasil Pemanasan Berulang,” *Pist. J. Tech. Eng.*, vol. 5, no. 2, p. 83, 2022, doi: 10.32493/pjte.v5i2.19379.

[2] Firdaus, F., Umurani, K., Affandi, A., Nurdin, H., & Nasution, A. R. (2022). Pengaruh Suhu Cetakan Terhadap Produk Plastik Berbahan *Polyprophylen* (Pp) Pada *Injection Molding*. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi, 5(1), 39-45*

[3] Hadi, I. N., Hastuti, S., Nurhadi, N., Riskia, A. P., Afandi, R., & Tarigan, R. A. P. (2021). Analisa Uji Tarik dan Uji Impact Pada Komposit Sekam Padi Perlakuan NaOH dan Pengisi Plastik *Polypropylene* (PP) dengan Matriks Resin BQTN-157. *Jurnal Rekayasa Mesin*, *18*(2), 155-162.

[4] Hartono, E. F., & Rachmat, N. (2022). Klasifikasi Jenis Plastik HDPE, LDPE, Dan PS Berdasarkan Tekstur Menggunakan Metode *Support Vector Machine*. Jatisi (Jurnal Teknik

Informatika Dan Sistem Informasi), 9(2), 1403-1412.

[5] Wahyudi, A., Prabowo, H., & Suryanto, E. (2020). Pengaruh Abu Sekam Padi Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Komposit *Polypropylene* pada Proses Injeksi *Molding*. Jurnal Mekanika dan Material, 9(4), 76–84.

[6] Pambudi, W., & Mahfudin, M. C. (2022). *the Effect of Injection Speed, Injection Pressure, and Mold Position on the Production of Polypropylene (PP) Lounge Chairs*. *21*, 275–281.

[7] Lestari, N., Prasetyo, H., & Wulandari, A. (2022). Pengaruh Abu Sekam Padi terhadap Karakteristik Mekanik Komposit *Polypropylene* Daur Ulang pada Proses Injeksi *Molding*. *Jurnal Polimer dan Komposit*, 10(1), 33–40.

[8] Setiawan, E., & Rahmatullah & M. Setiawan, E. (2020) *The Effect Of Mixture Composition On The Characteristics Of Briquette Products From Tea Waste: A Systematic Literature Review6.*

[9] Rizky, M. A., Ramadhan, D., & Nuraini, S. (2022). Optimalisasi Komposisi *Polypropylene* Daur Ulang dan Abu Sekam Padi terhadap Struktur Mikro dan Ketangguhan *Impact*. Jurnal Polimer dan Komposit, 6(3), 110–118.

[10] Agustina, T. E & Setiorini, I.A. (2021). Pengaruh Pencampuran *Carbon Black Filler* Terhadap Komposit *Polypropylene* Dan Karet Alam Sebagai *Elastomer Termoplastik* Dengan Metode *Grafting*. Jurnal Teknik Patra Akademika, 8(02), 53-61

[11] Rahmatullah, M., Hidayat, T., & Ananda, R. (2020). Analisis sifat mekanik dan *morfologi material polypropylene* daur ulang dengan metode *injection molding* pada variasi suhu dan tekanan. Jurnal Teknik Mesin dan Energi, 8(1), 30–38.

[12] Yuniarti, L., & Siregar, M. (2019). Studi pengaruh bahan penguat organik terhadap kekuatan *impact* dan *struktur* makro komposit *polypropylene* hasil injeksi semi otomatis. Jurnal Polimer dan Komposit, 5(3), 101–109.

[13] Santoso, R. D., Maulana, F., & Kurniawan, D. (2019). Pengaruh Variasi Komposisi *Filler* Organik terhadap Struktur Mikro dan Kekuatan *Impact* Komposit *Polypropylene* Daur Ulang. Jurnal Rekayasa Material, 7(3), 112–121.

[14] Hidayat, F. F. D., & Siregar, I. H. (2022). Uji Karakteristik Minyak Pirolisis Berbahan Baku Limbah Plastik *Polypropylene*. *Jurnal Teknik Mesin*, *10*(01), 13–20. https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/43904

[15] Widodo, A., Pratama, H., & Setiawan, B. (2020). Pengaruh Penggunaan *Polypropylene* Daur Ulang terhadap Struktur Mikro dan Kekuatannya pada Proses Injeksi *Molding*. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 15(2), 115-123.