

Analisa Pengaruh Temperatur dan Limbah HDPE Abu Sekam Padi pada Mesin *Injection Molding* Semi Otomatis terhadap Uji Impak dan Makro

Dimas Nur Fahri^{1, *}, Komang Astana Widi¹

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

Kata kunci

Komposit
Plastik HDPE
Uji Impak
Uji Makro
Temperatur

ABSTRAK

Limbah plastik menjadi isu lingkungan yang serius. *High Density Polyethelene* (HDPE) dihasilkan melalui polimerisasi etilena bertekanan rendah dengan kristalinitas tinggi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen nyata (*true experimental research*) untuk menganalisis variasi temperatur pada mesin injeksi molding semi otomatis. Hasil uji impak menunjukkan bahwa plastic temperatur 150° HDPE Murni sebesar 0,113 J/mm², temperatur 225° HDPE Murni sebesar 0,122J/mm², temperatur 300°HDPE Murni sebesar 0,109J/mm², temperatur 150° *recyle* sebesar 0,090 J/mm², temperatur 225° *recyle* sebesar 0,091J/mm², temperatur 300° *recyle* sebesar 0,099 J/mm², temperatur 150° HDPE 92,5%:7,5% ASP sebesar 0,113J/mm², temperatur 225° HDPE 92,5%:7,5% ASP sebesar 0,122J/mm², temperatur 300° HDPE 92,5%:7,5% ASP 0,109 J/mm², temperatur 150° recycle 92,5%:7,5% ASP sebesar 0,089J/mm², temperatur 225° *recycle* 92,5%:7,5% ASP sebesar 0,099J/mm², temperatur 300° *recycle* 92,5%:7,5% ASP sebesar 0,100 J/mm². Pada struktur makro, peningkatan temperatur pada HDPE murni menyebabkan jumlah void meningkat. Sebaliknya, pada HDPE daur ulang, kenaikan temperatur justru menurunkan jumlah void. Sementara itu, pada komposit HDPE dan komposit daur ulang, semakin tinggi temperatur mengakibatkan jumlah void sama-sama meningkat.

* **Corresponding author:**
Dimas Nur Fahri (email: 2111068@scholar.itn.ac.id)

Diterima: 19 Agustus 2025

Disetujui: 11 Februari 2026

Dipublikasikan: 31 Maret 2026

1 Pendahuluan

Indonesia menghadapi tantangan lingkungan global sehingga harus menerapkan kebijakan ramah lingkungan yang menuntut keberlanjutan di berbagai sektor. Sebagai negara kedua terbesar penghasil sampah plastik dengan volume 3,22 juta ton per tahun, limbah plastik menjadi isu serius yang memerlukan penanganan [1]. Upaya mengurangi permasalahan tersebut dapat dilakukan melalui pembatasan penggunaan plastik baru dan memaksimalkan daur ulang produk menjadi barang bernilai guna sehingga pemanfaatan sumber daya alam dapat lebih efisien [2].

Pada bidang ekonomi, pemanfaatan limbah plastik lebih murah dan efisien karena dapat diolah berulang kali melalui berbagai metode. Salah satu teknik yang banyak digunakan adalah *injection molding*, yakni proses manufaktur utama untuk menghasilkan komponen plastik dengan cara melelehkan bahan, menekan ke dalam cetakan, dan mendinginkannya [3]. Meskipun efisien dan presisi tinggi, metode ini memiliki kelemahan berupa terbentuknya air traps akibat udara terjebak dalam cetakan yang dapat menurunkan kualitas produk akhir. *Injection molding* sendiri melibatkan lima komponen utama diantaranya unit injeksi, unit molding, unit penguncian, sistem tempering, dan mesin pengendali. Komponen-komponen ini bekerja otomatis dan saling terhubung dalam satu sistem [4].

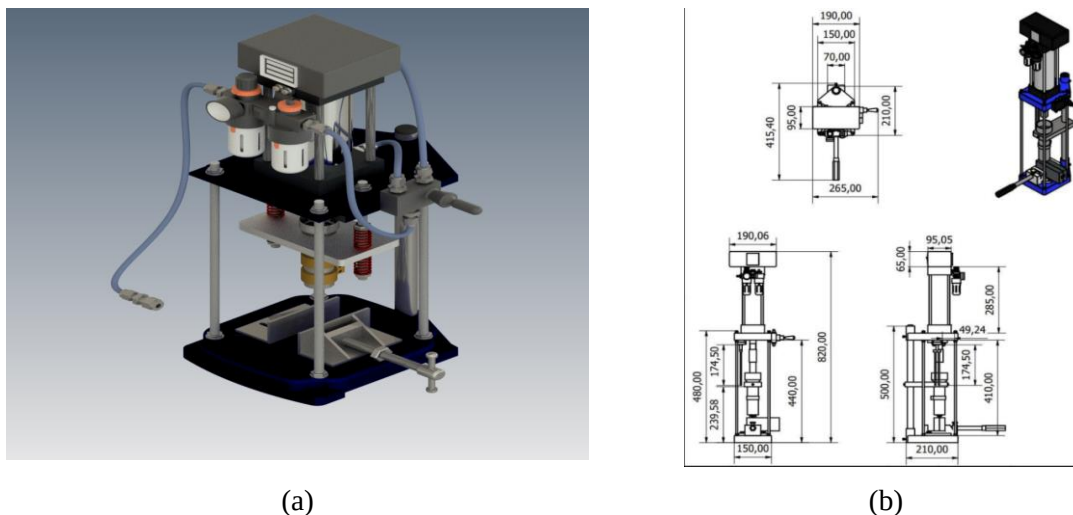
High Density Polyethelene (HDPE) merupakan polietilena berdensitas tinggi yang diproduksi melalui polimerisasi etilena bertekanan rendah dengan bantuan katalis sehingga menghasilkan polimer berkristalinitas tinggi [5]. Struktur molekul yang padat membuat HDPE lebih kuat dibandingkan LDPE serta memiliki durabilitas tinggi, ringan, dan tahan korosi. Keunggulan ini menjadikan HDPE banyak dimanfaatkan pada produk industri, terutama pipa air dan komponen plastik [6].

Sekam padi dapat diolah menjadi abu sekam padi atau *rice husk ash* (RHA) yang mengandung silika tinggi sekitar 90–98% setelah pembakaran sempurna. RHA banyak dimanfaatkan sebagai bahan pengisi dan komponen penting dalam pembuatan komposit organik maupun anorganik [7]. Selain itu, silika dari abu sekam padi digunakan secara luas pada berbagai bidang, seperti katalis, pemurnian minyak, aditif farmasi dan deterjen, kromatografi, filler polimer, dan adsorben [8].

Namun, belum banyak penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh variasi temperatur terhadap sifat mekanis dan struktur makro HDPE, baik dalam bentuk murni, daur ulang, maupun komposit dengan abu sekam padi sebagai filler. Sebagian besar penelitian terdahulu hanya menggunakan rentang suhu rendah 140–160°C atau suhu standar HDPE 180–280°C, sehingga masih terdapat celah kajian pada variasi suhu lainnya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan menganalisis pengaruh variasi temperatur terhadap kekuatan impak dan struktur makro HDPE murni, daur ulang, serta komposit dengan abu sekam padi sebagai filler.

2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental nyata (*True experimental research*) yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur dan komposisi material limbah HDPE dengan abu sekam padi pada mesin *injection molding* semi otomatis terhadap hasil uji impak dan struktur makro. Variabel bebas terdiri dari temperatur dengan tiga tingkatan yaitu 150°C, 225°C, dan 300°C, serta komposisi material yang meliputi 100% HDPE original, 92.5% HDPE original dengan 7.5% abu sekam padi, 100% HDPE *recycle* (limbah original), dan 92.5% HDPE *recycle* dengan 7.5% abu sekam padi. Variabel terikat adalah hasil uji impak dan struktur makro dari spesimen yang dihasilkan, sedangkan variabel terkontrol adalah cetakan spesimen yang dijaga konsisten untuk memastikan keseragaman bentuk dan dimensi.



Gambar 1 Desain Mesin *Injection Molding*

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) original dan HDPE *recycle* (limbah) yang dikombinasikan dengan abu sekam padi sebagai material pengisi. Adapun alat utama yang dipergunakan meliputi mesin *injection molding* semi otomatis. Mesin *injection molding* yang digunakan memiliki spesifikasi teknis dengan sistem dorong bertekanan pneumatik maksimum 8 bar, dimensi alat 180x180 mm, panjang nozzle 150 mm, diameter sekrup dan pendorong 12 mm, tekanan injeksi maksimum 145.038 psi, daya temperatur maksimum 450 watt, dan lubang output berdiameter 3.5 mm.

Prosedur penelitian diawali dengan proses desain menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* untuk merancang bentuk dan ukuran mesin *injection molding* sesuai spesifikasi. Selanjutnya dilakukan penimbangan material HDPE dan abu sekam padi sesuai komposisi menggunakan timbangan digital untuk memastikan akurasi. Pengoperasian mesin dilakukan dengan menghubungkan ke sumber listrik, mengatur *heater*

menggunakan *band heater* berdaya 400 watt, serta mengontrol temperatur dengan *thermostat*. Material kemudian dimasukkan melalui *hopper*, didorong oleh sistem *pneumatic* ke dalam cetakan, dan tekanan dipantau dengan *pressure gauge*. Parameter penting yang dikendalikan meliputi temperatur leleh, tekanan minimal untuk menggerakkan piston, waktu tahan dan penekanan, temperatur cetakan awal, kecepatan injeksi, serta ketebalan dinding cetakan.

Pengumpulan data dilakukan melalui pembuatan spesimen uji dengan variasi temperatur dan komposisi material, dilanjutkan uji impak metode *Charpy* di Laboratorium Bahan Teknik Politeknik Negeri Malang untuk memperoleh nilai energi serap, karakteristik patahan, dan struktur makro melalui mikroskop optik. Analisis data dilakukan dengan menyajikan hasil uji dalam tabel dan grafik, kemudian mendeskripsikannya untuk menjawab permasalahan penelitian. Perbandingan nilai impak antar variasi, identifikasi pola kegagalan dari struktur makro, serta penentuan kombinasi temperatur dan komposisi optimal digunakan untuk menentukan sifat mekanik terbaik.

3 Hasil dan Pembahasan

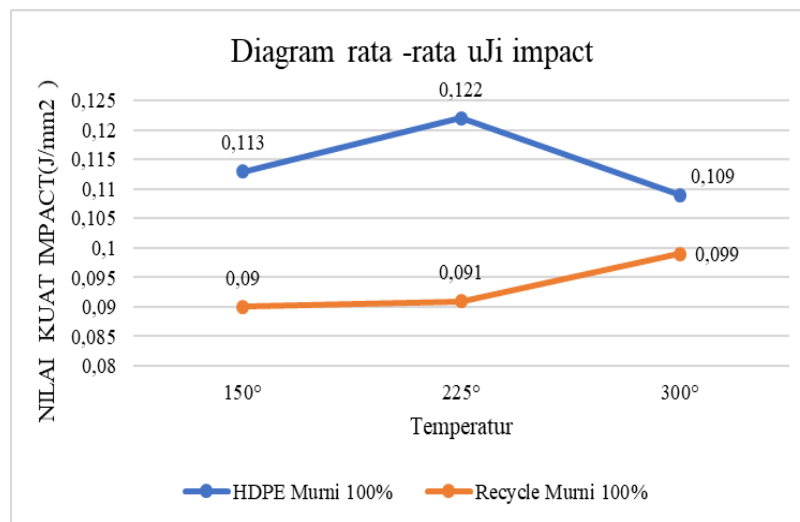
3.1 Hasil Pengujian Impak

Uji impak dilakukan dengan mesin uji impak metode *Charpy* untuk material plastik dan komposit menggunakan spesimen berstandar ISO 179-1. Mesin uji memiliki dimensi ruang 700 × 400 × 923,5 mm, panjang lengan pendulum 320 mm, serta energi impak 17 Joule. Spesimen HDPE murni 100% dan HDPE daur ulang diuji sesuai standar tersebut untuk memperoleh hasil uji impak. Berikut ini adalah hasil uji impak plastik HDPE Murni dan *recycle*.

Table 1 Pengamatan Uji Impak HDPE Murni 100% dan *recycle* murni 100%

Temperatur dan Fraksi volume	No	Luas penampang A_0 (mm ²)	(α) Sudut Awal (°)	(β) Sudut Akhir (°)	(E) Energi Impak (J)	Kuat Impak (J/mm ²) $HI=E/A$
Temperatur 150° HDPE 100%	1	36	90	63	3,99	0,110
	2	32	90	65	3,71	0,115
	3	32	90	65	3,71	0,115
Rata-Rata						0,113
Temperatur 225° HDPE 100%	1	36	90	65	3,71	0,103
	2	32	90	60	4,39	0,137
	3	32	90	62	4,12	0,128
Rata-Rata						0,122
Temperatur 300° HDPE 100%	1	40,5	90	63	3,99	0,098
	2	32	90	64	3,85	0,120
	3	32	90	66	3,57	0,111
Rata-Rata						0,109
Temperatur 150° Recycle 100%	1	32	90	69	3,14	0,077
	2	32	90	68	3,29	0,102
	3	32	90	70	3	0,093
Rata-Rata						0,090
Temperatur 225° Recycle 100%	1	32	90	68	3,29	0,087
	2	32	90	69	3,14	0,098
	3	32	90	71	2,86	0,089
Rata-Rata						0,091
Temperatur 300° Recycle 100%	1	32	90	69	3,57	0,088
	2	32	90	68	3,43	0,107
	3	32	90	70	3,29	0,102
Rata-Rata						0,099

Berdasarkan hasil perhitungan uji impak, energi serap spesimen sebesar 3,99 J dengan luas penampang patah 36 mm², sehingga kuat impak material diperoleh sebesar 0,113 J/mm². Nilai ini menunjukkan tingkat keuletan material paduan HDPE dengan abu sekam padi, yang selanjutnya divisualisasikan dalam grafik berikut.

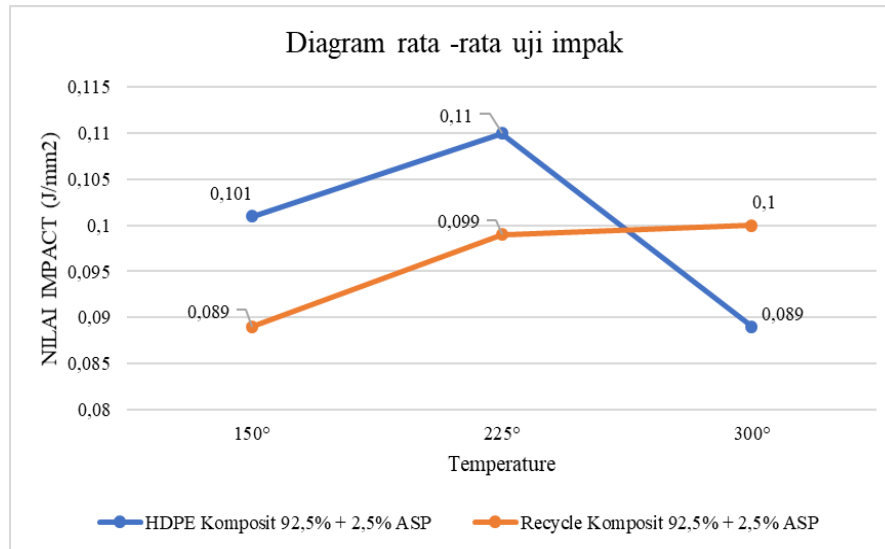
Gambar 2 Grafik rata – rata Uji Impak *HDPE Murni* dan *recycle murni 100%*

Berdasarkan grafik, temperatur yang semakin tinggi pada HDPE murni meningkatkan nilai impact strength hingga 225°C, namun menurun pada 300°C dengan rata-rata kekuatan impact berturut-turut 0,113 J/mm² (150°C), 0,122 J/mm² (225°C), dan 0,109 J/mm² (300°C). Material HDPE pada temperatur 150°C mengalami titik leleh yang lebih kental, temperatur 225°C memiliki titik leleh yang optimal dengan hasil spesimen lebih mulus, sedangkan temperatur 300°C menghasilkan titik leleh terlalu encer dengan tekstur spesimen yang lebih getas sehingga temperatur 225°C merupakan pilihan terbaik untuk mendapatkan hasil cetakan yang berkualitas.

Material HDPE *recycle* menunjukkan peningkatan nilai *impact strength* yang signifikan seiring kenaikan temperatur dengan rata-rata kekuatan impact 0,090 J/mm² (150°C), 0,091 J/mm² (225°C), dan 0,099 J/mm² (300°C). Temperatur 150°C menyebabkan material HDPE *recycle* memiliki titik leleh yang kental. Temperatur 225°C menghasilkan titik leleh yang relatif agak encer namun masih menggumpal karena sifat material *recycle* yang lebih keras dan sulit mencair dibanding HDPE murni. Temperatur 300°C memberikan titik leleh yang optimal karena material HDPE *recycle* membutuhkan suhu tinggi untuk mencair sempurna dan menghasilkan kekuatan *impact*.

Temperatur Dan Fraksi volume	No	Luas penampang A_0 (mm²)	(α) Sudut Awal (°)	(β) Sudut Akhir (°)	(E) Energi Impak (J)	Kuat Impak (J/mm²) $HI=E/A$
TEMPERATUR 150° HDPE Komposit 92,5%+7,5% ASP	1	36	90	63	3,99	0,110
	2	32	90	65	3,71	0,115
	3	32	90	65	3,71	0,115
Rata-Rata						0,113
TEMPERATUR 225° HDPE Komposit 92,5%+7,5% ASP	1	36	90	65	3,71	0,103
	2	32	90	60	4,39	0,137
	3	32	90	62	4,12	0,128
Rata-Rata						0,122
TEMPERATUR 300° HDPE Komposit 92,5%+7,5% ASP	1	40,5	90	63	3,99	0,098
	2	32	90	64	3,85	0,120
	3	32	90	66	3,57	0,111
Rata-Rata						0,109
TEMPERATUR 150° RECYCLE Komposit 92,5%+7,5% ASP	1	40,5	90	68	3,29	0,081
	2	32	90	71	2,86	0,089
	3	32	90	69	3,14	0,098
Rata-Rata						0,089
TEMPERATUR 225° RECYCLE Komposit	1	40,5	90	68	3,29	0,081
	2	32	90	68	3,29	0,102

92,5%+7,5% ASP	3	32	90	65	3,71	0,115
Rata-Rata						0,099
TEMPERATUR 300°	1	40,5	90	70	3	0,074
RECYCLE Komposit	2	32	90	67	3,43	0,107
92,5%+7,5% ASP	3	32	90	64	3,85	0,120
Rata-Rata						0,100



Gambar 3 Grafik rata – rata Uji Impak HDPE Murni dan recycle komposit

Grafik menunjukkan bahwa peningkatan temperatur pada HDPE komposit 92,5% + 7,5% ASP meningkatkan nilai *impact strength* hingga 225°C kemudian menurun pada 300°C dengan rata-rata kekuatan impact berturut-turut 0,101 J/mm² (150°C), 0,110 J/mm² (225°C), dan 0,089 J/mm² (300°C). Material HDPE komposit pada temperatur 150°C mengalami titik leleh yang kental sehingga abu sekam padi sulit tercampur merata dan menghasilkan spesimen yang tidak homogen namun memiliki kekuatan *impact* cukup baik karena tekstur yang lebih keras. Temperatur 225°C memberikan titik leleh optimal dengan pencampuran abu sekam padi yang lebih merata dan tekstur yang ulet serta keras. Temperatur 300°C menghasilkan titik leleh terlalu encer yang memudahkan pencampuran abu sekam padi namun menyebabkan penurunan drastis kekuatan *impact*, sehingga temperatur 225°C merupakan pilihan terbaik untuk hasil cetakan berkualitas.

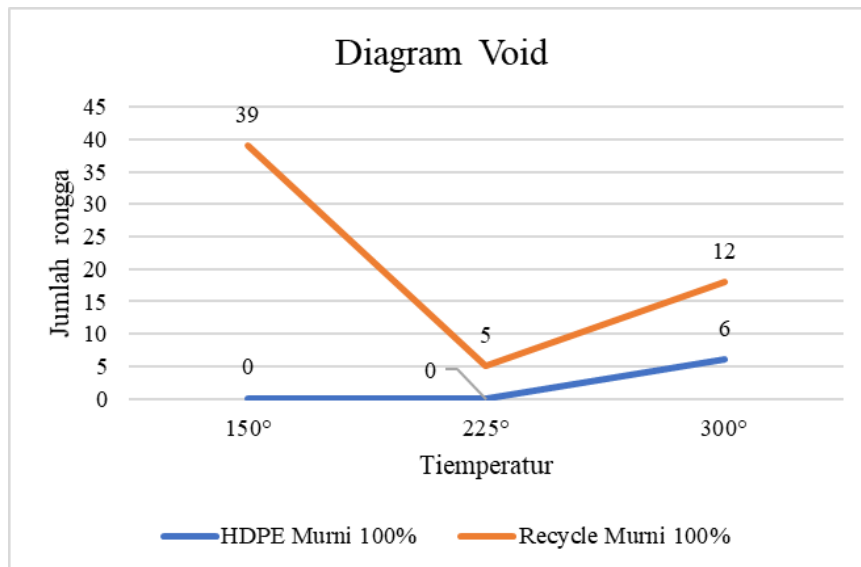
Penambahan abu sekam padi pada HDPE recycle komposit 92,5% + 7,5% memberikan peningkatan nilai *impact strength* yang signifikan dengan pola yang bervariasi pada setiap temperatur. HDPE *recycle* murni pada temperatur 150°C memiliki *impact strength* 0,090 J/mm² yang menurun menjadi 0,089 J/mm² ketika ditambah 2,5% abu sekam padi, namun pada temperatur 225°C dan 300°C penambahan abu sekam padi justru meningkatkan *impact strength* dari 0,091 J/mm² menjadi 0,099 J/mm² dan dari 0,099 J/mm² menjadi 0,100 J/mm², menunjukkan bahwa temperatur tinggi membantu distribusi abu sekam padi yang lebih baik dalam matriks HDPE *recycle*.

Penelitian ini sejalan dengan hasil yang diperoleh Rohmannudin dkk. yang menguji material HDPE dengan komposisi 80% HDPE dan 20% serbuk kayu pada temperatur 140°C, di mana ikatan yang terjadi belum kuat dan hanya memperoleh nilai kekuatan impact 125 J/mm² [6].

Oleh karena itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa abu sekam padi berpotensi besar sebagai *filler* alami ramah lingkungan dalam komposit berbasis plastik daur ulang, karena mampu meningkatkan nilai *impact strength* dan energi impact secara konsisten sehingga memperkuat matriks *recycle* HDPE.

3.2 Analisis Struktur Mikro

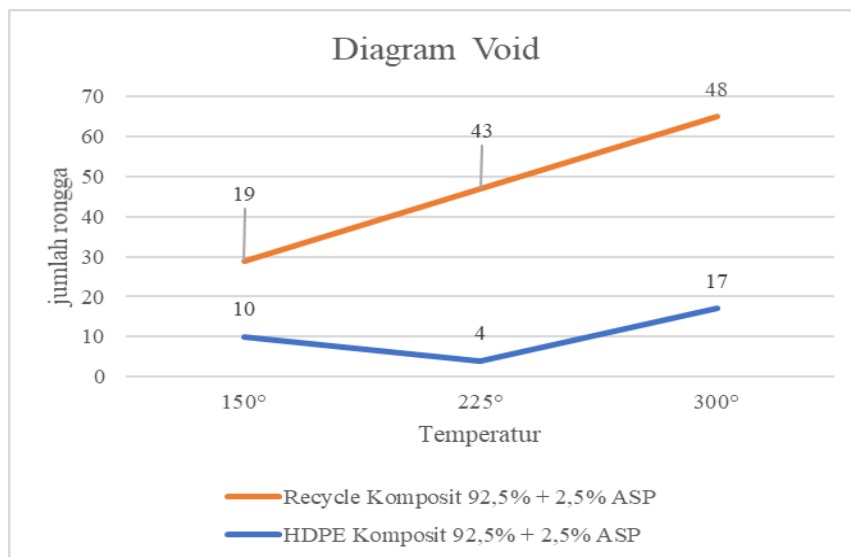
Pengamatan struktur makro dilakukan pada bentuk permukaan patahan benda uji. Pengamatan struktur makro menunjukkan bahwa matriks HDPE dan abu sekam padi memiliki interaksi baik karena HDPE mampu mengisi serat secara merata, namun saat uji impact masih terbentuk *void* akibat rongga udara, ikatan antarmuka yang kurang kuat, atau distribusi abu sekam padi yang tidak merata.



Gambar 4 Diagram Pengamatan Struktur Mikro

Berdasarkan grafik porositas (*void*) pada variasi komposisi material terlihat fluktuasi jumlah porositas yang signifikan. HDPE 100% murni pada temperatur 150°C dan 225°C tidak menunjukkan porositas (0 rongga) namun meningkat menjadi 6 rongga pada 300°C. HDPE 100% recycle menunjukkan pola berbeda dengan porositas tertinggi 39 rongga pada 150°C kemudian menurun menjadi 5 rongga pada 225°C dan 12 rongga pada 300°C. HDPE murni menunjukkan jumlah cacat *void* yang lebih sedikit dibandingkan HDPE *recycle* karena material virgin belum mengalami proses pemanasan ulang dan degradasi termal sehingga struktur molekulnya masih panjang dan tersusun rapat. Material HDPE *recycle* memiliki jumlah cacat *void* yang lebih banyak namun nilai impaknya justru lebih rendah karena kualitas material telah menurun akibat pemendekan rantai polimer dan kontaminasi sehingga struktur menjadi tidak homogen dan lebih getas saat menerima beban tumbukan [9].

Sebaliknya, HDPE murni masih memiliki sifat mekanik yang baik dan struktur yang liat, sehingga mampu menyerap energi tumbukan lebih besar sebelum mengalami kerusakan. Oleh karena itu, nilai impak HDPE murni lebih tinggi meskipun jumlah cacat *void*-nya lebih kecil.

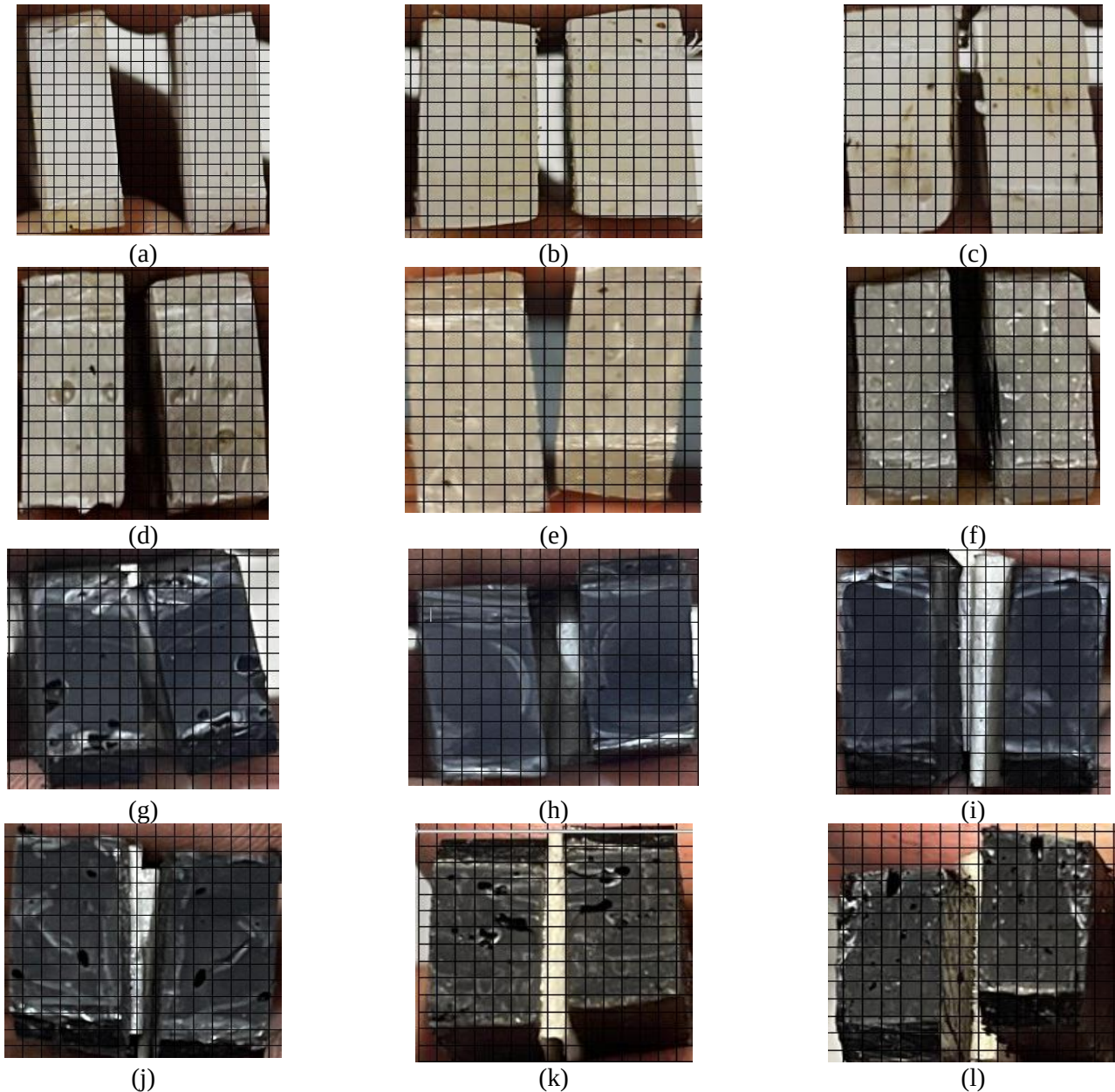


Gambar 5 Diagram Analisis Struktur Makro

Berdasarkan gambar 5, HDPE ori komposit dengan 2,5% abu sekam padi, jumlah porositas tercatat 10 rongga pada 150°, 4 rongga pada 225°, dan meningkat signifikan menjadi 17 rongga pada 300°, sedangkan pada HDPE *recycle* 92,5% + 7,5% abu sekam padi, porositas mencapai 19 rongga pada 150°, 43 rongga pada 225°, dan 48 rongga pada 300°; kondisi ini menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi meningkatkan porositas akibat pencampuran yang kurang sempurna, di mana HDPE komposit sekam padi memiliki *void* lebih sedikit namun energi impak lebih rendah karena sifatnya kaku dan rapuh, sementara HDPE *recycle* komposit memiliki lebih banyak *void* tetapi tetap mampu menyerap energi tumbukan lebih tinggi karena strukturnya lebih plastis.

Dengan demikian, meskipun komposit sekam padi lebih padat dan memiliki cacat lebih sedikit, sifatnya yang kaku menyebabkan nilai impak lebih rendah dibanding *recycle* komposit yang fleksibel, sedangkan dalam proses produksi plastik sering dijumpai berbagai cacat seperti *warping* (penggelembungan), *short shot* (pengisian tidak cukup), *sink marks* (cekungan), *burn marks* (tanda pijar), *voids* (ruang kosong), *flash* (kilap), dan *gate blush* (goresan pintu injeksi) yang umumnya terjadi akibat masalah suhu, tekanan, desain cetakan, maupun distribusi material yang kurang sempurna [10].

Gambar berikut menunjukkan cacat *void* yang terbentuk pada spesimen hasil pengujian. Kehadiran *void* ini berpengaruh terhadap penurunan nilai impak, karena rongga udara yang terperangkap melemahkan ikatan antar matriks dan filler.



Gambar 6 Spesimen Hasil Pengujian

Berdasarkan gambar 6, pada spesimen HDPE murni 100% tidak ditemukan cacat *void* pada temperatur 150° (a) dan 225° (b), sedangkan pada temperatur 300° muncul 6 titik *void* (c). Pada spesimen HDPE komposit 92,5% + 7,5% abu sekam padi (ASP), ditemukan 10 titik *void* pada temperatur 150° (d), 4 titik pada 225° (e), dan meningkat menjadi 17 titik pada 300° (f). Spesimen HDPE *recycle* 100% menunjukkan jumlah *void* yang jauh lebih tinggi, yaitu 39 titik pada temperatur 150° (g), turun menjadi 5 titik pada 225° (h), dan kembali naik menjadi 12 titik pada 300° (i). Sedangkan pada spesimen HDPE *recycle* komposit 92,5% + 7,5% ASP, jumlah *void* tercatat 19 titik pada temperatur 150° (j), meningkat signifikan menjadi 43 titik pada 225° (k), dan mencapai jumlah tertinggi 48 titik pada 300° (l).

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa, penelitian ini menunjukkan bahwa variasi temperatur 150°C, 225°C, dan 300°C berpengaruh terhadap kekuatan impak HDPE murni dan *recycle*. Pada HDPE murni, semakin tinggi temperatur menyebabkan kekuatan impak menurun dan jumlah *void* meningkat. Pada HDPE *recycle* murni, semakin tinggi temperatur menyebabkan kekuatan impak meningkat dan jumlah *void* menurun. Pada HDPE komposit dan *recycle* komposit, peningkatan temperatur menurunkan kekuatan impak dan meningkatkan jumlah *void* pada kedua material. Penambahan abu sekam padi 7,5% sebagai filler ramah lingkungan cenderung menurunkan kekuatan impak dan meningkatkan jumlah *void*, terutama pada suhu tinggi.

5 Referensi

- [1] B. Margono, H. Haikal, and L. Widodo, "Analisis Sifat Mekanik Material Komposit Plastik Hdpe Berpenguat Serat Ampas Tebu Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Dan Bending," *AME*, vol. 6, no. 2, p. 55, Sep. 2020, doi: 10.32832/ame.v6i2.3069.
- [2] D. K. Putri, D. Anugrah, and H. R. Odang, "Rancang Bangun Alat Injeksi Molding Untuk Pemanfaatan Limbah Plastik Menjadi Cetakan Kue," Politenknik Negeri Ujung Padang, Makassar, 2023.
- [3] I. Mujiarto, "Sifat Dan Karakteristik Material Plastik Dan Bahan Aditif," vol. 3, no. 2, 2005.
- [4] I. S. Mulyana, "Analisa Pengaruh Cacat Produk Air Traps Pada Simulasi Injection Molding," *JUIT*, vol. 3, no. 1, pp. 74–80, Jan. 2024, doi: 10.56127/juit.v3i1.1164.
- [5] Y. A. Kusumaningrum and R. A. N. Aisha, "Prarancangan Pabrik Hdpe Dari Ethylene Kapasitas 50.000 Ton/Tahun," Skripsi, Universitas Islam Indonesia, 2022.
- [6] T. N. Rohmannudin, S. Sulistijono, M. F. Amrulloh, D. Nafi', and M. Fachri, "Pelayanan pengujian kekuatan pipa HDPE di Laboratorium Kimia Material Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS," *Penamas J. Community Serv.*, vol. 4, no. 1, pp. 116–129, Jun. 2024, doi: 10.53088/penamas.v4i1.869.
- [7] R. Mulyono, "Pengaruh Variasi Paduan Plastik Hdpe Dengan Tepung Terigu Terhadap Sifat Mekanis Sebagai Bahan Pembuatan Cover Knalpot Sepeda Motor Beat," Universitas Pncasakti Tegal, Tegal, 2020.
- [8] D. Joshua, "Perancangan Mesin Plastic Injection Molding Vertical Menggunakan Sistem Pneumatik Dengan Volume Cetakan 300 Cm3," Skripsi, Universitas Medan Area, Medan, 2024.
- [9] D. Sugiyanto, Y. Chan, and A. Taopik, "Pengaruh Temperatur Dan Tekanan Terhadap Hasil Cetakan Polypropylene Menggunakan Mesin Injection Molding Vertikal," *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 8, no. 2, Jul. 2023, doi: 10.21009/JKEM.8.2.7.
- [10] W. Wijaya and A. Deharisdi, "Proses Pembuatan Produk Pisin Gelas Pada Mesin Injeksi Molding Plastik dengan Berbasis Sistem Otomatis," *Retims*, vol. 5, no. 1, p. 33, Jul. 2023, doi: 10.32897/retims.2023.5.1.2429.