

Analisis Pengaruh Variasi Temperatur dan Waktu Pemanasan pada Mesin Sheet Terhadap Kekerasan Material Plastik PP dan HDPE

Yenni Abed Nego Sigalingging¹, Winda S. Slat², Nelson S. Luppa³

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Manado, 0431-811568, 95252, Indonesia

Email: ¹ abednegosigalingging324@gmail.com

No. Hp: ¹ 082164750001

Abstrak

Limbah plastik yang sulit terurai memerlukan solusi pengelolaan yang efektif, salah satunya melalui proses daur ulang menggunakan mesin sheet press. Kualitas hasil cetakan plastik sangat dipengaruhi oleh parameter proses, khususnya temperatur dan waktu pemanasan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi temperatur dan waktu pemanasan pada mesin sheet press terhadap kekerasan plastik daur ulang jenis polypropylene (PP) dan high-density polyethylene (HDPE). Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan pendekatan kuantitatif di Laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Manado. Variasi temperatur yang digunakan adalah 165°C, 170°C, 180°C untuk HDPE dan 170°C, 185°C, 195°C untuk PP, dengan waktu pemanasan 150–200 menit. Nilai kekerasan diukur menggunakan metode Rockwell skala M sesuai standar ASTM D785, dengan lima kali ulangan untuk setiap spesimen. Hasil menunjukkan bahwa PP memiliki kekerasan tertinggi 17,13 HRM pada 195°C/200 menit, sedangkan HDPE tertinggi 15,4 HRM pada 165°C/150 menit. Peningkatan temperatur dan waktu pemanasan cenderung meningkatkan kekerasan PP, namun menurunkan kekerasan HDPE akibat degradasi termal. Temuan ini dapat menjadi acuan untuk optimasi proses daur ulang plastik guna menghasilkan produk dengan sifat mekanik yang lebih baik.

Kata Kunci – Sheet Press, Kekerasan, PP, HDPE, Temperatur, Waktu Pemanasan.

Analysis of the Effect of Temperature and Heating Time Variations on the Sheet Press Machine Toward the Hardness of PP and HDPE Plastic Materials

Abstract

Plastic waste, which is difficult to degrade, requires effective management solutions, one of which is recycling using a sheet press machine. The quality of the produced plastic sheets is strongly influenced by process parameters, particularly temperature and heating time. This study aims to analyze the effect of temperature and heating time variations on the sheet press machine toward the hardness of recycled polypropylene (PP) and high-density polyethylene (HDPE) plastics. The

research was conducted experimentally using a quantitative approach at the Materials Testing Laboratory of Politeknik Negeri Manado. The temperature variations used were 165°C, 170°C, and 180°C for HDPE, and 170°C, 185°C, and 195°C for PP, with heating times ranging from 150 to 200 minutes. Hardness values were measured using the Rockwell M scale method in accordance with ASTM D785 standards, with five repetitions for each specimen. The results showed that PP achieved the highest hardness value of 17.13 HRM at 195°C/200 minutes, while HDPE reached its maximum hardness of 15.4 HRM at 165°C/150 minutes. Increasing temperature and heating time tended to increase PP hardness but reduced HDPE hardness due to thermal degradation. These findings can serve as a reference for optimizing the plastic recycling process to produce products with better mechanical properties.

Keywords – Sheet Press, Hardness, PP, HDPE, Temperature, Heating Time.

PENDAHULUAN

Limbah plastik menjadi salah satu masalah lingkungan global yang sulit diatasi karena sifatnya yang tidak mudah terurai. Plastik yang dibuang ke lingkungan dapat bertahan ratusan tahun, menimbulkan pencemaran tanah, air, hingga mengancam rantai makanan. Dalam upaya pengelolaan limbah yang berkelanjutan, daur ulang menjadi solusi yang efektif karena dapat mengubah limbah menjadi bahan baku bernilai guna, mengurangi penggunaan bahan baku baru, dan mendukung ekonomi sirkular. [6]

Mesin sheet press adalah salah satu alat penting dalam proses daur ulang plastik. Mesin ini membentuk lembaran plastik melalui kombinasi panas dan tekanan. Kualitas produk yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh parameter proses, terutama temperatur dan waktu pemanasan. Temperatur yang terlalu rendah menyebabkan plastik tidak meleleh merata, sementara temperatur yang terlalu tinggi berisiko merusak struktur molekul akibat degradasi termal. Demikian pula, waktu pemanasan yang terlalu singkat dapat membuat produk rapuh, sedangkan waktu yang terlalu lama dapat menurunkan sifat mekanik. [5]

Polypropylene (PP) dan *High-Density Polyethylene (HDPE)* adalah dua jenis plastik yang banyak digunakan di industri. PP memiliki ketahanan termal lebih baik dan cenderung mengeras jika dipanaskan optimal, sedangkan HDPE lebih rentan terhadap penurunan kekerasan pada suhu tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi pemanasan yang optimal bagi kedua material, sehingga hasilnya dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas proses produksi daur ulang plastik. [4]

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan pendekatan kuantitatif, untuk mengukur secara langsung pengaruh variasi temperatur dan waktu pemanasan terhadap kekerasan material. [1]

Variabel Penelitian

- Variabel bebas (independen): Temperatur pemanasan (165°C, 170°C, 180°C, 185°C, 195°C) dan waktu pemanasan (150, 165, 175, 180, 190, 200 menit).
- Variabel terikat (dependen): Nilai kekerasan (HRM) hasil uji Rockwell skala M.
- Variabel kontrol: Jenis plastik (PP dan HDPE), tekanan mesin sheet press, ukuran spesimen, metode pengujian (ASTM D785).

Jenis Data

- Data primer: Nilai kekerasan dari hasil pengujian laboratorium.

Metode Pengumpulan Data

1. Persiapan bahan: Limbah plastik PP (tutup botol minuman) dan HDPE (wadah shampoo, sabun, body lotion) dibersihkan, dikeringkan, dan dicacah.
2. Proses pencetakan: Serpihan plastik dipanaskan pada mesin sheet press sesuai variasi temperatur dan waktu yang ditentukan.
3. Pembuatan spesimen: Lembaran hasil cetakan dipotong sesuai standar ASTM D785 untuk pengujian kekerasan.
4. Pengujian kekerasan: Menggunakan metode Rockwell skala M, lima kali pengulangan pada setiap spesimen, kemudian dihitung nilai rata-rata.

Variasi Temperatur dan Waktu Pemanasan

- HDPE: 165°C/150 menit, 170°C/175 menit, 180°C/190 menit
- PP: 170°C/165 menit, 185°C/180 menit, 195°C/200 menit

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengujian Kekerasan

Data kekerasan diperoleh menggunakan skala Rockwell M (HRM) karena metode ini sesuai untuk pengujian material termoplastik. Pengujian dilakukan pada setiap sampel untuk memperoleh nilai yang akurat, dengan kombinasi variasi temperatur dan waktu pemanasan sebagai berikut: HDPE pada 165°C, 170°C, dan 180°C dengan waktu 150, 175, dan 190 menit; PP pada 170°C, 185°C, dan 195°C dengan waktu 165, 180, dan 200 menit.[2]

Metode uji yang digunakan adalah ASTM D785, yaitu metode eksperimental berbasis pengukuran langsung menggunakan alat uji kekerasan Rockwell. Metode ini tidak menggunakan perhitungan matematis seperti pada pengujian *impact strength*, sehingga seluruh data diperoleh murni dari hasil pengujian sesuai prosedur standar.[3]

Tabel 1. Hasil pengujian kekerasan HDPE 160°C, waktu 150 Menit

No	Sample	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5	Rata-rata Nilai Kekerasan (HRM)
1	Sample 1	8,1	23,9	13	22,2	18,2	17,08
2	Sample 2	6,2	15,1	19,2	5,6	9,2	11,06
3	Sample 3	19,8	18,2	23,5	7	11,9	16,08
4	Sample 4	18,5	22,1	16,1	15,1	15,1	17,38
Rata-rata hasil pengujian							15,4

Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan HDPE 170°C, waktu 175 Menit

No	Sample	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5	Rata-rata Nilai Kekerasan (HRM)
1	Sample 1	18.1	20.2	4.1	16.8	12.2	14,28
2	Sample 2	4.5	24	13.8	22.8	9.1	14,84
3	Sample 3	10	14.6	5.4	8.1	18.5	11,32
4	Sample 4	7.2	5.6	21.7	17.2	22.4	14,82
Rata-rata nilai pengujian sample							13,815

Tabel 3. Hasil pengujian kekerasan HDPE 180°C, waktu 190 Menit

No	Sample	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5	Rata-rata Nilai Kekerasan (HRM)
1	Sample 1	15.5	20.1	7.7	20.8	11.4	15,1
2	Sample 2	13.5	4.8	14.6	14.8	23.4	14,22
3	Sample 3	4.3	5.9	6.2	16.8	12.2	9,08
4	Sample 4	9	13.1	12.1	21.6	24.4	16,04
Rata-rata nilai pengujian sample							13,61

Tabel 4. Hasil pengujian kekerasan PP 170°C, waktu 165 Menit

No	Sample	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5	Rata-rata Nilai Kekerasan (HRM)
1	Sample 1	10,8	16,9	21,7	11,3	7.6	13,66

2	Sample 2	12,2	22,8	14,3	19.1	9.7	15,62
3	Sample 3	11,5	2,7	17,3	16.8	6.9	11,04
4	Sample 4	6,4	20,2	23,1	17	26.1	18,56
Rata-rata nilai pengujian sample							14,72

Tabel 5. Hasil pengujian Kekerasan PP 185°C, waktu 180 Menit

No	Sample	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5	Rata-rata Nilai Kekerasan (HRM)
1	Sample 1	16.8	24.3	10	15.5	12.9	15,9
2	Sample 2	5.8	18.1	18.8	12.3	15.1	14,02
3	Sample 3	24.6	9.2	23	10.9	9.3	15,4
4	Sample 4	19.2	18.5	19.4	21.6	3.5	16.44
Rata-rata nilai pengujian sample							15,44

Tabel 6. Hasil pengujian Impak PP 195°C, waktu 200 Menit

No	Sample	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5	Rata-rata Nilai Kekerasan (HRM)
1	Sample 1	8.4	21.8	7.8	15.5	22.7	15,24
2	Sample 2	21.7	19.7	3	17.7	22.1	16,84
3	Sample 3	15.9	21.5	10.2	22.6	9.1	15,86
4	Sample 4	17.8	23.7	20.5	22.7	18.2	20,58
Rata-rata nilai pengujian sample							17,13

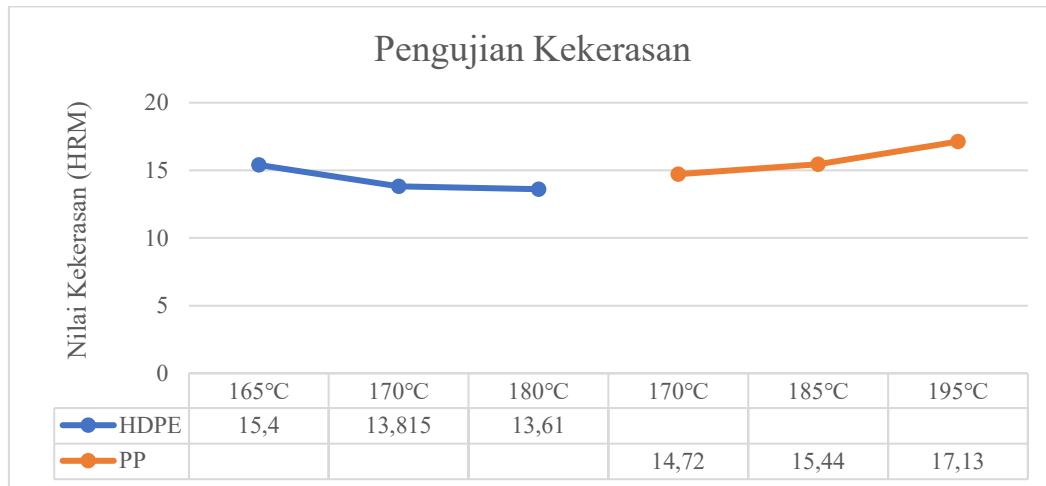
Pembahasan

Pada pembahasan ini akan membandingkan nilai rata-rata dari pengujian yang sudah di lakukan, dan di lakukan perbandingan antara varian lainya dan jenis sampah lainnya.

No	Temperatur (°C)	Waktu (Menit)	Jenis Plastik	Rata-rata Nilai Pengujian (HRM)
1	165	150	HDPE	15,4
2	170	175	HDPE	13,815
3	180	190	HDPE	13.61
4	170	165	PP	14,72

5	185	180	PP	15,44
6	195	200	PP	17,13

Tabel 7. Hasil pembahasan uji Kekerasan HDPE, PP



Gambar 3. Grafik Pembahasan Kekerasan HDPE dan PP

Berdasarkan data tabel dan grafik, kekerasan HDPE cenderung menurun seiring peningkatan temperatur dan waktu pemanasan. Nilai tertinggi, 15,4 HRM, diperoleh pada 165°C dan 150 menit, sedangkan terendah, 13,61 HRM, pada 180°C dan 190 menit. Hal ini menunjukkan pemanasan berlebihan dapat melemahkan struktur HDPE akibat degradasi termal atau penurunan kristalinitas.

Sebaliknya, pada PP, peningkatan temperatur dan waktu justru menaikkan kekerasan. Nilai tertinggi, 17,13 HRM, dicapai pada 195°C dan 200 menit, sedangkan terendah, 14,72 HRM, pada 170°C dan 165 menit. Hal ini mengindikasikan PP memiliki ketahanan termal lebih baik dibanding HDPE, dengan struktur molekul yang semakin padat dan stabil pada pemanasan tinggi.

KESIMPULAN

1. HDPE mencapai kekerasan maksimum sebesar 15,4 HRM pada kondisi 165°C selama 150 menit. Peningkatan temperatur dan waktu pemanasan di atas kondisi ini justru menurunkan kekerasan akibat degradasi termal dan penurunan kristalinitas.
2. PP menunjukkan tren peningkatan kekerasan seiring naiknya temperatur dan waktu pemanasan, dengan nilai maksimum sebesar 17,13 HRM pada 195°C selama 200 menit. Hal ini menunjukkan ketahanan termal PP yang lebih baik dibanding HDPE.

SARAN

Berdasarkan hasil dan analisis penelitian, saran yang dapat diberikan adalah:

1. Gunakan jenis HDPE, sebaiknya menggunakan temperatur dan waktu pemanasan tidak melebihi 165°C dan 150 menit untuk mencegah degradasi termal. Gunakan jenis PP 195°C dan waktu pemanasan 200 menit jika dibutuhkan kekerasan tinggi, namun perlu mempertimbangkan konsumsi energi dan efisiensi produksi.
2. Penelitian selanjutnya dapat mengkaji pengaruh parameter lain seperti tekanan mesin *sheet press*, ketebalan lembaran, dan kecepatan pendinginan terhadap sifat mekanik plastik daur ulang.

REFERENSI

- [1] Arendra, A., & Akhmad, S. (2017). Rancang Bangun Mesin Hot Press Untuk Recycle Plastik Hdpe Dan Karakterisasi Pengaruh Temperatur Pemanasan Waktu Pemanasan Dan Temperatur Pembukaan Terhadap Cacat Flashing Cacat Warpage Dan Konsumsi Energi Pencetakan.
- [2] Jamirul Hakim, Johaness Wawan Joharwan, M. H. P. (2020). Pengaruh Beda Temperatur Proses Injeksi Terhadap Sifat Mekanis Bahan Polypropylene (Pp) Daur Ulang.
- [3] Lelawatic, A. S. (2021). Pengaruh Ukuran Terhadap Kekerasan Komposit Paduan Sampah Plastik Dan Cangkang Sawit.
- [4] Ramadhan, M. F. (2020). Uji Material Polimer Jenis High Density Polyethylene
- [5] Sitanggang, R., Indra Partha, C. G., & Arta Wijaya, I. Wayan. (2024). Analisis Pengaruh Suhu Pemanasan, Waktu Pemanasan Dan Suhu Pembukaan Terhadap Cacat Warpage Dan Flashing Pada Mesin Shett Press Plastik Hdpe.
- [6] Zainuddin, S. (2022). Pengaruh Holding Time Terhadap Tingkat Kekerasan Pada Hasil Pengolahan Limbah Plastik.