

IDENTIFIKASI *MECHANICAL PROPERTIES* DARI BAHAN DAUR ULANG *POLYSTYRENE*

Taufik Nurhadi^{1,a}, Cahyo Budiyanoro^{1,b}, Harini Sosiati^{1,c}

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183
^ataufikn36@gmail.com, ^bcahyo_budi@umy.ac.id, ^chsosiati@ft.umy.ac.id

Abstrak

Polystyrene merupakan material yang umum digunakan dalam berbagai bidang, mulai dari kemasan makanan, minuman, hingga bidang otomotif. Karena belum adanya sifat mekanis dari bahan daur ulang *polystyrene* dipasaran, menyebabkan produsen dan pengguna tidak memiliki referensi atau rujukan tentang sifat mekanis dari bahan daur ulang *polystyrene*. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat mekanis yang diantaranya kuat tarik dan tingkat kekerasan *polystyrene* murni dan daur ulang. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan tiga langkah, yaitu pembuatan spesimen menggunakan mesin *injection molding* di laboratorium injeksi plastik Teknik Mesin Gedung G6 lantai dasar Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pengujian tarik menggunakan alat *tensile strain tester* dengan ISO 527-2, dan pengujian kekerasannya menggunakan alat *hardness tester* dengan ASTM D2240 di Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik (BBKKP) di jalan Sukonendi, Semaki, Umbulharjo, Yogyakarta. Hasil dari penelitian *polystyrene* daur ulang ini yaitu tegangan tarik sebesar 324.724 kg/cm², regangan tarik sebesar 3.089, modulus elastisitas sebesar 77.14 kg/mm², dan kekerasan sebesar 71.86. Mengacu hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa penggunaan *polystyrene* daur ulang masih layak digunakan sebagai bahan peralatan rumah tangga seperti sendok plastik, piring plastik, dan gelas plastik. Serta hasil pengujian tentang *mechanical properties* seperti tegangan tarik, regangan tarik, modulus elastisitas dan tingkat kekerasan dari bahan daur ulang *polystyrene* dapat digunakan sebagai referensi atau rujukan untuk produsen dan pengguna.

Kata Kunci : *Mechanical Properties* , *Polystyrene*, Daur Ulang, *Injection Molding*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara penghasil plastik yang terbesar di Asia Tenggara. Salah satu jenis plastik tersebut yaitu *polystyrene*. Plastik berjenis *polystyrene* menjadi material yang digunakan dalam berbagai bidang, mulai dari kemasan makanan, minuman, alat-alat rumah tangga serta bidang otomotif. Disamping itu, meningkatnya jumlah penduduk Indonesia setiap tahunnya memunculkan permasalahan yang berdampak pada lingkungan. Salah satu dampak yang dihasilkan yaitu sampah plastik berjenis *polystyrene*. Salah satu solusi yang diyakini mampu untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan mendaur ulang produk-produk *polystyrene* yang sudah tidak terpakai, menjadi produk baru yang dapat digunakan kembali. Lebih lanjut, belum adanya sifat mekanis dari bahan daur ulang *polystyrene* dipasaran, menyebabkan produsen dan pengguna tidak memiliki referensi atau

rujukan tentang sifat mekanis dari bahan daur ulang *polystyrene*. Berdasarkan masalah tersebut, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang sifat mekanis *polystyrene* daur ulang. Sifat mekanis tersebut diantaranya kekuatan tarik dan kekerasan dengan menggunakan rumus-rumus persamaan 1, 2, dan 3.

2. Metodologi

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah PS murni dan daur ulang yang dibeli di PT. Yogya Presisi Tehnikatama Industri. Spesimen PS daur ulang diproses dengan *injection molding machine*, untuk mendapatkan bentuk dan ukuran spesimen yang sesuai dengan ISO 527-2, untuk spesimen pengujian tarik dan kekerasan. Selanjutnya, sepuluh spesimen PS daur ulang diuji tarik dengan *tensile strain tester* berdasarkan ISO 527-2, dan diuji kekerasan berdasarkan ASTM D2240 (*shore hardness D*). Sepuluh spesimen PS murni diproses dengan *injection molding machine*. Pengujian yang sama

dilakukan pada spesimen PS murni. setelah itu didapatkan hasil data pengujian tarik dan kekerasan dari PS murni dan daur ulang. Hasil data tersebut digunakan untuk menganalisis perbandingan pengujian tarik dan kekerasan PS murni dengan daur ulang. Kekuatan tarik tersebut dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (1)$$

$$\varepsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} \dots\dots\dots (2)$$

$$E = \frac{F \cdot l_0}{A \cdot \Delta l} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana : σ = tegangan tarik ($\frac{N}{mm^2}$)

ε = regangan tarik

F = gaya tarik (N)

A = luas penampang (mm^2)

l_f = panjang setelah patah (mm)

l_0 = panjang awal (mm)

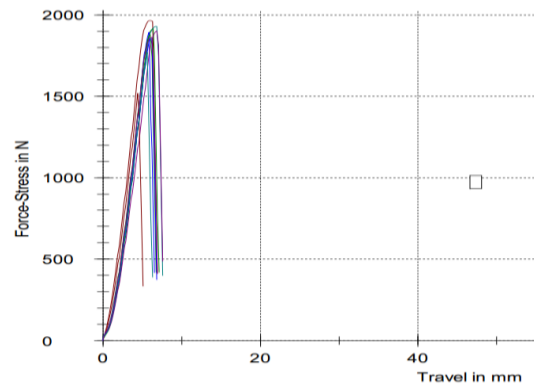
E = modulus elastisitas ($\frac{N}{mm^2}$)

Δl = selisih perpanjangan

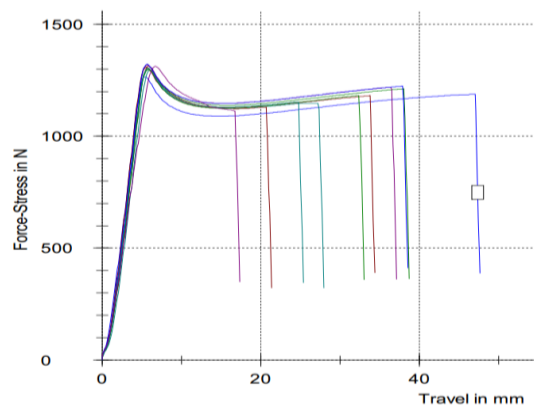
3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 1, menunjukkan hasil pengujian tarik dengan *tensile strain tester* pada sepuluh spesimen PS murni. Dengan kecepatan tarik sebesar 500 mm/min sehingga didapatkan beban maksimum sebesar 1965.767 N yang terjadi pada spesimen 1, sedangkan beban minimum sebesar 1519.706 N yang terjadi pada spesimen 6.

Gambar 2, menunjukkan hasil pengujian tarik dengan *tensile strain tester* pada sepuluh spesimen PS daur ulang. Dengan kecepatan tarik sebesar 500 mm/min sehingga beban maksimum sebesar 1318.582 N yang terjadi pada spesimen 5, sedangkan beban minimum sebesar 1265.225 N yang terjadi pada spesimen 3.



Gambar 1 Pengujian tarik PS murni

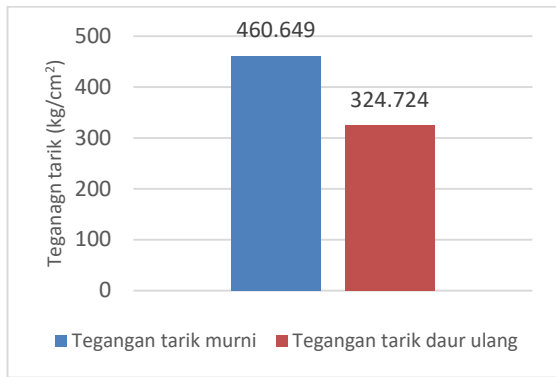


Gambar 2 Pengujian tarik PS daur ulang

Setelah didapatkan hasil pengujian tarik dari sepuluh spesimen PS murni dan daur ulang. Dengan menggunakan rumus persamaan 1 didapatkan hasil perhitungan tegangan tarik. Untuk lebih jelasnya ditunjukkan Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 Hasil perhitungan tegangan tarik PS murni dan daur ulang

No	Spesimen	Tegangan tarik murni (kg/cm^2)	Tegangan tarik daur ulang (kg/cm^2)
1	Spesimen 1	488.208	327.346
2	Spesimen 2	479.515	324.625
3	Spesimen 3	470.145	314.372
4	Spesimen 4	481.12	322.355
5	Spesimen 5	473.882	327.955
6	Spesimen 6	377.603	326.042
7	Spesimen 7	468.433	324.485
8	Spesimen 8	462.265	327.416
9	Spesimen 9	441.415	325.385
10	Spesimen 10	463.9	327.263
Rata-rata		460.649	324.724
Standar deviasi		0.83	1.651



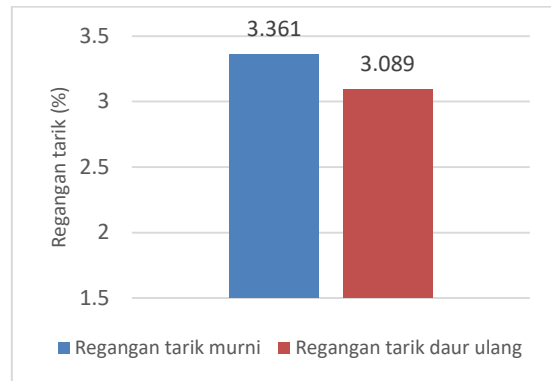
Grafik 1 Perbandingan tegangan tarik PS murni dengan daur ulang

Dari grafik 1 diatas menunjukkan hasil uji tarik PS murni dan daur ulang yaitu tegangan tarik. Dapat diketahui bahwa tegangan tarik PS daur ulang mengalami penurunan dari tegangan tarik PS murni. Hasilnya tegangan tarik PS daur ulang mengalami penurunan yaitu sebesar 41,89 % daripada PS murni.

Dengan menggunakan rumus persamaan 2 didapatkan hasil perhitungan regangan tarik. Untuk lebih jelasnya ditunjukkan Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Hasil perhitungan regangan tarik PS murni dan daur ulang

No	Spesimen	Regangan tarik murni	Regangan tarik daur ulang
1	Spesimen 1	1.97	3.28
2	Spesimen 2	3.79	3.95
3	Spesimen 3	4.43	4.6
4	Spesimen 4	3.16	3.95
5	Spesimen 5	3.16	2.63
6	Spesimen 6	3.95	1.97
7	Spesimen 7	4.6	3.94
8	Spesimen 8	2.63	2.63
9	Spesimen 9	3.29	1.97
10	Spesimen 10	2.63	1.97
Rata-rata		3.361	3.089
Standar deviasi		0.07	0.097



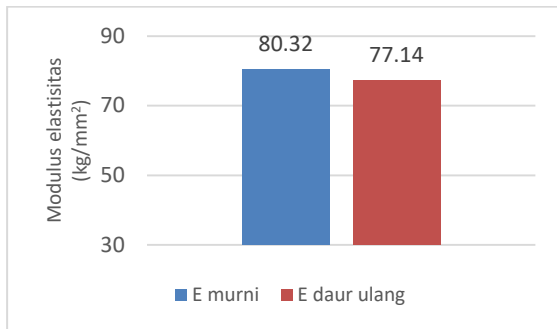
Grafik 2 Perbandingan regangan tarik PS murni dengan daur ulang

Dari grafik 2 diatas menunjukkan hasil uji tarik PS murni dan daur ulang yaitu regangan tarik. Dapat diketahui bahwa regangan tarik PS daur ulang mengalami penurunan dari regangan tarik PS murni.. Hasilnya regangan tarik PS daur ulang mengalami penurunan yaitu sebesar 8,8 % daripada PS murni.

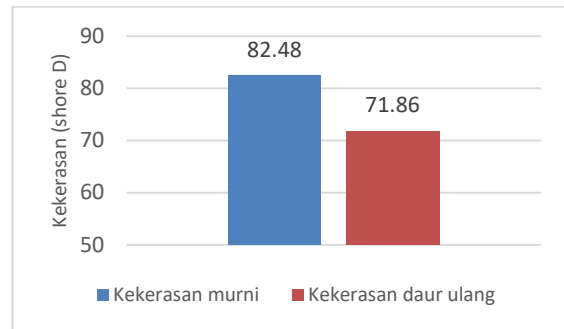
Dengan menggunakan rumus persamaan 3 didapatkan hasil perhitungan modulus elastisitas. Untuk lebih jelasnya ditunjukkan Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3 Hasil perhitungan modulus elastisitas PS murni dan daur ulang

No	Spesimen	Modulus elastisitas murni (kg/mm ²)	Modulus elastisitas daur ulang (kg/mm ²)
1	Spesimen 1	80.98	75.75
2	Spesimen 2	79.10	72.51
3	Spesimen 3	85.13	80.98
4	Spesimen 4	75.75	84.02
5	Spesimen 5	84.18	75.61
6	Spesimen 6	82.14	78.22
7	Spesimen 7	82.88	68.90
8	Spesimen 8	78.91	78.39
9	Spesimen 9	78.38	81.22
10	Spesimen 10	75.75	75.80
Rata-rata		80.32	77.14
Standar deviasi		1.082	1.965



Grafik 3 Perbandingan modulus elastisitas PS murni dengan daur ulang



Grafik 4 Perbandingan modulus elastisitas PS murni dengan daur ulang

Dari grafik 3 di atas menunjukkan hasil uji tarik PS murni dan daur ulang yaitu modulus elastisitas. Dapat diketahui bahwa modulus elastisitas PS daur ulang mengalami penurunan dari modulus elastisitas PS murni. Hasil modulus elastisitas PS daur ulang mengalami penurunan yaitu sebesar 4.12 % daripada PS murni.

Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian kekerasan dengan *hardnes tester* pada sepuluh spesimen PS murni dan daur ulang. Dengan menggunakan *shore D* dihasilkan kekerasan maksimum PS murni sebesar 83.5 dan PS daur ulang 77.9, sedangkan kekerasan minimum PS murni sebesar 81.6, dan PS daur ulang sebesar 62.4.

Tabel 4 Hasil kekerasan PS murni dan daur ulang

No	Spesimen	Kekerasan murni (<i>shore D</i>)	Kekerasan daur ulang (<i>shore D</i>)
1	Spesimen 1	82.6	62.4
2	Spesimen 2	81.9	74.4
3	Spesimen 3	83.3	76.3
4	Spesimen 4	82.7	77.5
5	Spesimen 5	81.8	68.7
6	Spesimen 6	83.5	78
7	Spesimen 7	82.5	65.1
8	Spesimen 8	82.3	74
9	Spesimen 9	81.6	64.3
10	Spesimen 10	82.6	77.9
Rata-rata		82.48	71.86
Standar deviasi		0.038	3.767

Dari grafik 4 di atas menunjukkan hasil uji kekerasan PS murni dan daur ulang. Dapat diketahui bahwa kekerasan PS daur ulang mengalami penurunan dari kekerasan PS murni. Hasilnya kekerasan PS daur ulang mengalami penurunan sebesar 13.387 % daripada PS murni. Dari grafik 1, 2, 3, dan 4, dapat diketahui bahwa tegangan tarik, regangan tarik, modulus elastisitas, dan kekerasan PS daur ulang mengalami penurunan dibandingkan PS murni. Hal ini dapat dijelaskan keuletan/*ductility* bahan plastik sangat bergantung pada proses. Plastik yang sudah mengalami pemanasan berkali-kali akan menjadi getas/*brittle*.

Sehingga dapat diketahui bahwa penyebab terjadinya penurunan pada tegangan tarik, regangan tarik, modulus elastisitas dan kekerasan dari bahan PS daur ulang. Penyebabnya yaitu karena *ductility*/keuletan dari PS daur ulang mengalami penurunan, sehingga menyebabkan penurunan juga pada tegangan tarik, regangan tarik, modulus elastisitas dan kekerasannya.

Dari perhitungan hasil pengujian tarik dan kekerasan dari sepuluh spesimen PS daur ulang diketahui bahwa nilai yaitu tegangan tarik sebesar 324.724 kg/cm², regangan tarik sebesar 3.089, modulus elastisitas sebesar 77.14 kg/mm², dan kekerasan sebesar 71.86. Sementara standar sifat mekanis untuk aplikasi pembuatan produk rumah tangga seperti dari PT. Yogya Presisi Tehnikatama Industri yaitu nilai tegangan tarik sebesar 320 kg/cm², regangan tarik sebesar 3, modulus elastisitas sebesar 75 kg/mm², kekerasan 70. Sehingga dapat diketahui bahwa bahan *polystyrene* daur ulang masih dapat digunakan untuk pembuatan produk rumah tangga seperti sendok plastik, piring plastik, dan

gelas plastik. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5 perbandingan hasil uji daur ulang dengan standar aplikasi produk

No	Sifat mekanis	Hasil uji daur ulang	Standar aplikasi (Produk rumah tangga)	Standar aplikasi (Produk otomotif)
1	Tegangan tarik (kg/cm ²)	324.724	320	460
2	Regangan tarik	3.089	3	3.2
3	Modulus elastisitas (kg/mm ²)	77.14	75	80
4	Kekerasan (shore D)	71.86	70	85

3 Kesimpulan

Hasil analisis data pengujian dapat diketahui bahwa tegangan tarik, regangan tarik, dan modulus elastisitas *polystyrene* daur ulang masing-masing mengalami penurunan yaitu sebesar 41,89 %, 4.12 %, dan 8.8 % daripada *polystyrene* murni.

Hasil analisis data pengujian dapat diketahui bahwa tingkat kekerasan *polystyrene* daur ulang mengalami penurunan yaitu sebesar 13,387 % daripada *polystyrene* murni.

Mengacu hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa penyebab penurunan pada tegangan tarik, regangan tarik, modulus elastisitas, dan kekerasan yaitu karena *ductility*/keuletan dari *polystyrene* daur ulang mengalami penurunan. Penggunaan *polystyrene* daur ulang masih layak digunakan sebagai bahan peralatan rumah tangga seperti sendok plastik, piring plastik, gelas plastik tetapi tidak layak digunakan sebagai bahan peralatan otomotif.

Daftar pustaka

Alfan, Amri 2009. *Pengaruh Pendinginan Dalam Proses Injection Molding Pembuatan Acetabular Cup Pada Sambungan Hip*. Teknik Mesin UMS : Surakarta.

Cindy Tania, Andersen. 2011. *Keefektifan Styrofoam Sebagai Material Kulit Bangunan Menginsulasi Panas*. Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3 : Palembang.

Juwono, Ariadne L, Hiong, Bernadeth Jong. 2010. *Studi Perbandingan Sifat Mekanik Polypropylene Murni Dan Daur Ulang*. MAKARA SAINS. Universitas Indonesia : Indonesia.

Mentari, Febrina Hesti, Hartatiek, Yudyanto. 2014. *Sintesis Komposit Polystyrene/Karbon (PS/C) Berbasis Arang Kayu Jati dengan Variasi Komposisi dan Pengaruhnya Terhadap Porositas, Konduktivitas Listrik, dan Mikrostruktur*. Universitas Negeri Malang : Malang.

Peydro, Miguel Angel. David Juarez. 2014. *Study Of The Mechanical Properties Of Recycled ABS And Recovery Throught Mixing With Sebs*. Oradea University : Spain.

Ramly, Edly, Shaik Mohamed Yusoff, Jafri Mohd, Rohani, Wan Harun Wan Hamid. 2004. *A Plastic Injection Molding Process Characterisation Using Experimental Design Technique*. Universitas Teknologi Malaysia : Malaysia.

Roylance, David. 2008. *Mechanical Properties Of Materials* : London.

Soandrijanie, L. 2011. *Pengaruh Styrofoam Terhadap Stabilitas dan Nilai Marshall Beton Aspal*. Seminar Nasional-1 BMPTTSSI - Konteks 5 : Medan.

Sutoyo, M Imron Rosyidi. 2014. *Optimasi Kualitas Pembakaran Briket Char Produk Pyrolysis Limbah Plastik Melalui Pengkajian Ultimate Dan Efek Porositas*. Universitas Muhammadiyah Magelang : Magelang.

Widodo, Slamet. 2005. *Kajian Sifat Mekanik Beton Ringan Dengan Penggunaan Polystyrene Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus*. Teknik UNY. Yogyakarta.

Wisojodharmo, Lies A. 2014. *Peningkatan Mutu Materila Daur Ulang Plastik Dengan Penambahan Aditif*. Prosiding Simposium Nasional Polimer V : Jakarta.