

PERBANDINGAN SIFAT-SIFAT MEKANIK MATERIAL HYTREL 5557M MURNI DAN CAMPURAN DAUR ULANG

¹Dodi Mulyadi, ²Fathan Dewadi Mubina, ³Sukarman, ⁴Ade Cepi Budiansyah, ⁵Bachtyar Rizky Kurniawan

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Buana Perjuangan Karawang^{1,2,3,4,5}

dodi.mulyadi@ubpkarawang.ac.id¹, fathan.mubina@ubpkarawang.ac.id²,
sukarman@ubpkarawang.ac.id³, tm20.adebudiansyah@mhs.ubpkarawang.ac.id⁴,
tm20.bachtyarkurniawan@mhs.ubpkarawang.ac.id⁵

ABSTRAK

Material polimer plastik merupakan material yang sangat banyak digunakan baik untuk keperluan di industri maupun untuk kebutuhan rumah tangga. Pada aplikasi tertentu, polimer plastik kadang dicampurkan dengan elastomer untuk memperoleh sifat-sifat khusus sesuai dengan aplikasinya. terutama untuk meningkatkan sifat elastisitasnya. Ketika material sejenis ini digunakan dengan aplikasi campuran material daur ulang, maka perlu untuk diketahui sejauh mana sifat-sifat mekanik dari material tersebut berubah. Hal ini diperlukan untuk memudahkan pengguna material dalam mengambil keputusan penggunaan material daur ulang. Dalam percobaan ini, ada empat macam material yang dibandingkan, yaitu material murni, material dengan 25% campuran daur ulang, material dengan 40% campuran daur ulang, dan material dengan 50% campuran daur ulang. Sifat-sifat mekanik material yang diamati adalah *specific gravity*, *izod notched impact*, *flexural strength* dan *flexural modulus*. Pencampuran material daur ulang telah merubah sifat-sifat mekanik dari sifat aslinya dimana *specific gravity* berubah maksimal sebesar 0,2%, *izod notched impact* berubah maksimal sebesar 9,6%, *flexural strength* berubah maksimal sebesar 0,94%, *flexural modulus* berubah maksimal sebesar 4,03%, dan *melt flow rate* berubah maksimal sebesar 5,07%.

Kata kunci: polimer Hytrel, daur ulang, sifat-sifat mekanik material

ABSTRACT

Plastic polymer material is a material that is widely used both for industrial and household needs. In certain applications, plastic polymers are sometimes mixed with elastomers to obtain special properties according to the application. especially to increase its elasticity properties. When this kind of material is used with the application of a mixture of recycled materials, it is necessary to know the extent to which the mechanical properties of the material change. This is necessary to facilitate material users in making decisions on the use of recycled materials. In this experiment, four kinds of materials were compared, namely pure materials, materials with 25% recycled mixture, materials with 40% recycled mixture, and materials with 50% recycled mixture. The observed mechanical material properties are specific gravity, izod notched impact, flexural strength and flexural modulus. The mixing of recycled materials has changed the mechanical properties of the original properties where the specific gravity changes to a maximum of 0.2%, izod notched impact changes to a maximum of 9.6%, flexural strength changes to a maximum of 0.94%, flexural modulus changes to a maximum of 4.03%, and the melt flow rate changed to a maximum of 5.07%.

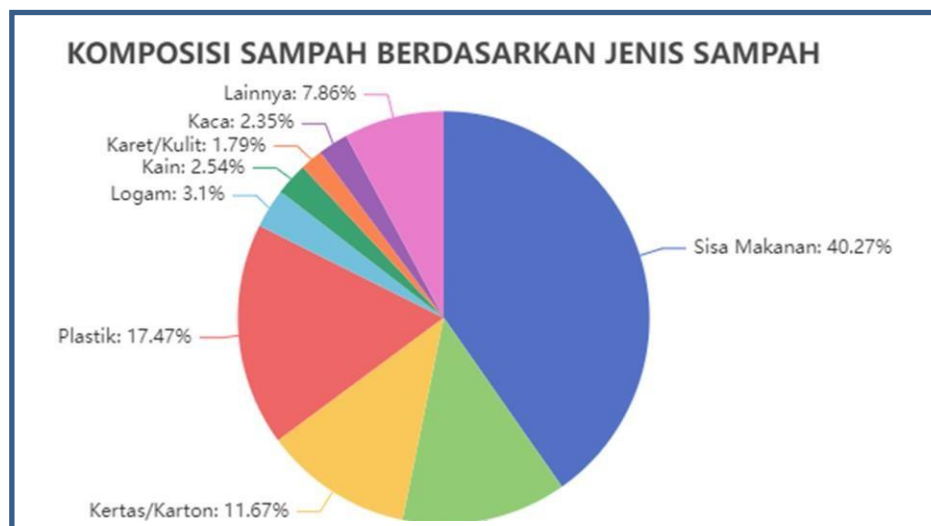
Keywords: Hytrel polymer, recycling, mechanical material properties

PENDAHULUAN

Penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari semakin meningkat. Aplikasinya sangat luas, mulai dari peralatan rumah tangga, komponen elektronik, komponen otomotif, hingga kemasan makanan, tas, dan wadah-wadah serba guna. Hal ini dikarenakan keunggulan dari sifat-sifat plastik itu sendiri yaitu kuat, ringan, mudah diproduksi, tahan terhadap bahan-bahan kimia, tahan korosi, dan murah.

Seiring dengan banyaknya penggunaan plastik, jumlah sampah plastik yang dihasilkanpun semakin banyak, baik sampah yang dihasilkan oleh industri maupun sampah rumah tangga. Dikutip dari Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional (SIPSN) dan dari www.cnnindonesia.com, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menyebutkan total sampah nasional pada 2021 mencapai 68,5 juta ton, 17 persen diantaranya atau sekitar 11,6 juta ton merupakan sampah plastik [1-2]. Dan banyaknya sampah plastik telah menimbulkan masalah lain, yakni tercemarnya lingkungan karena sampah plastik tidak mudah untuk terurai dengan sendirinya.

Dewasa ini masyarakat sudah mulai sadar akan dampak negatif dari banyaknya sampah plastik. Berbagai usaha mulai dilakukan untuk mengurangi jumlah sampah plastik, mulai dari kampanye pengurangan penggunaan plastik hingga penggunaan kembali plastik dan daur ulang plastik.



Gambar 1. Komposisi Sampah Berdasarkan Jenis Sampah [1].

Beberapa produk plastik, baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun untuk kebutuhan industri dapat memanfaatkan bahan original dan campuran daur ulang plastik sebagai bahan bakunya. Selain untuk mendukung pengurangan penggunaan plastik, hal ini juga dapat

menekan biaya bahan baku sehingga dapat meningkatkan daya saing produk. Namun, agar tidak terlalu mengurangi fungsi dan kekuatan produk-produk plastik yang menggunakan plastik daur ulang atau campurannya, maka diperlukan adanya kontrol yang baik terhadap komposisi daur ulang dan siklus daur ulang itu sendiri.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan merupakan metode ekperimental komparasi. Dimana sifat-sifat mekanik dari material Hytrel 5557M yang masih murni (belum pernah digunakan) akan dibandingkan dengan beberapa komposisi campuran daur ulang. Sifat-sifat mekanik material yang masih murni akan diambil ulang dilaboratorium secara mandiri (tidak menggunakan *technical data sheet* yang dikeluarkan oleh pembuat material. Demikian pula dengan material yang komposisinya ditambahkan material daur ulang. Dengan demikian perbandingan data-data dapat dikatakan sepadan.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan selama 6 (enam) bulan dimulai pada bulan Juli hingga Desember 2022. Proses penelitian dimulai dari perusahaan pengguna material Hytrel 5557M di PT. TI di daerah Bekasi. Di perusahaan tersebut, fenomena pembuatan produk yang menggunakan material Hytrel diamati secara general. Produk-produk yang dinyatakan cacat, kemudian dikumpulkan untuk dijadikan material daur ulang, dicacah dengan menggunakan mesin *shredder* yang berada di perusahaan. Pembuatan *specimen* dan pengujian / pengambilan data kemudian dilakukan di laboratorium yang dimiliki oleh PT. JSP Bekasi. Analisis akhir kemudian dilakukan di laboratorium UBP Karawang.

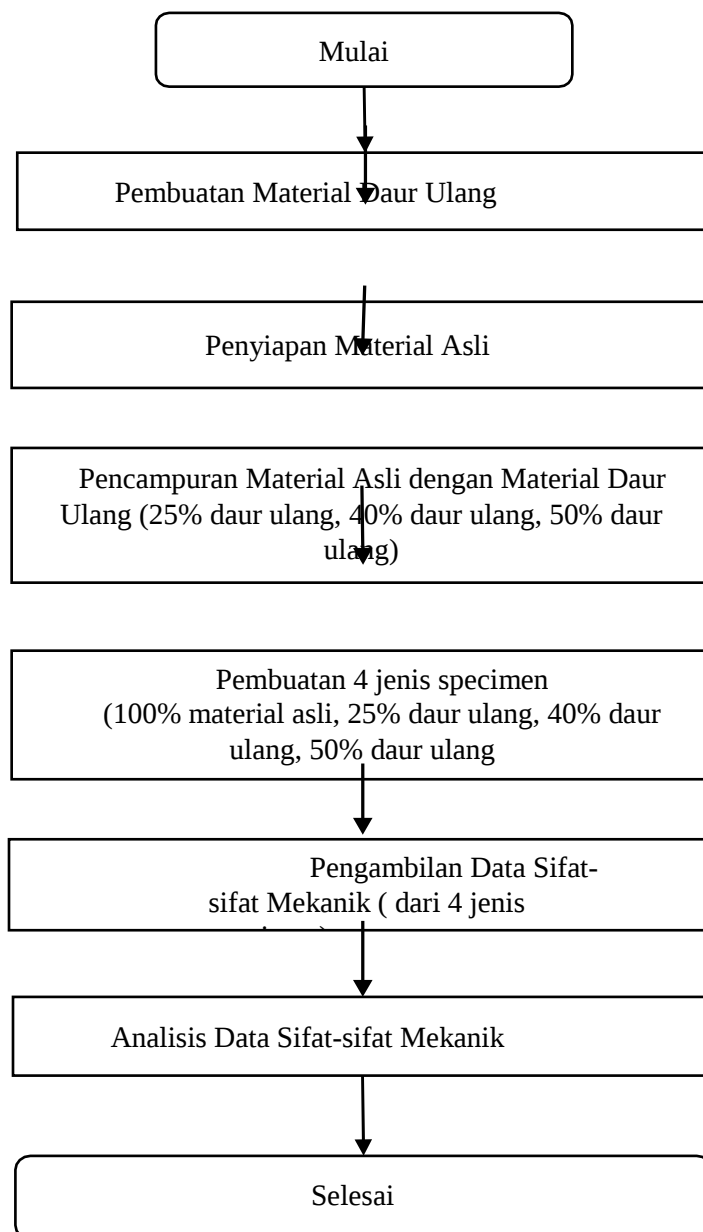
Target/Subjek Penelitian

Pada penelitian ini, bahan atau material yang akan diteliti adalah material Hytrel tipe 5557M. Hytrel adalah salah satu jenis plastik yang merupakan jenis *thermoplastic polyetherester elastomer* yang sangat banyak digunakan terutama untuk komponen otomotif dan elektronika. Penelitian bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik material Hytrel tipe 5557M yang asli dan mengetahui bagaimana material daur ulang mempengaruhi sifat-sifat mekanik dari material asli tersebut.

Prosedur Penelitian

Secara garis besar proses penelitian terdiri dari dua proses besar. Proses pertama adalah

mengumpulkan produk-produk yang dibuat dengan menggunakan material Hytrel 5557M yang masih asli, yang mana produk tersebut dianggap cacat oleh pembuat produk untuk kemudian dihancurkan menggunakan mesin *shredder*. Proses ini menghasilkan material daur ulang pertama yang akan dijadikan campuran terhadap material aslinya sebanyak 25%, 40%, dan 50%. Proses besar kedua adalah melakukan pembuatan *specimen* dan melakukan pengambilan data sifat-sifat mekanik serta melakukan analisis data.

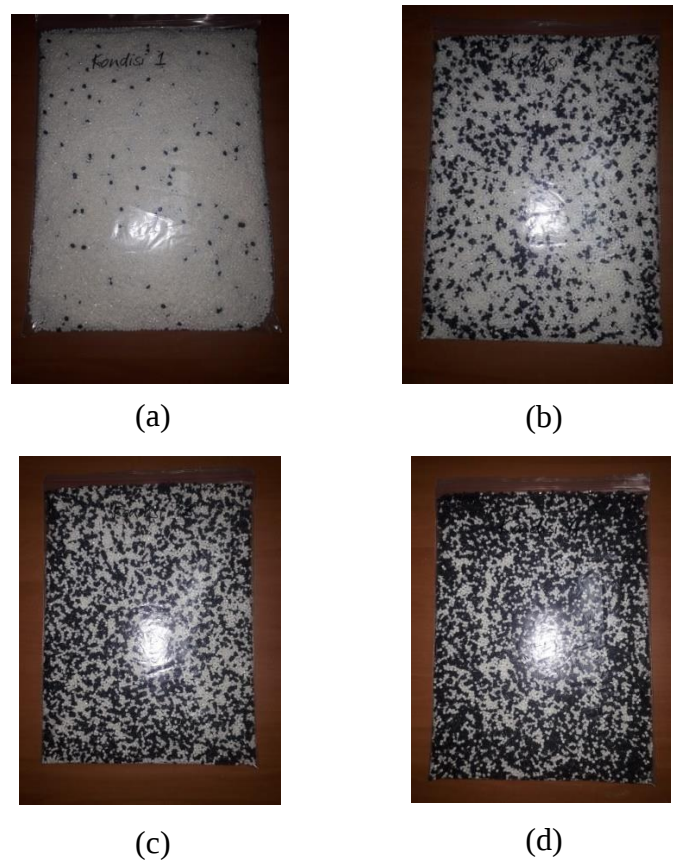


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Data, Instrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

Resin atau material yang akan digunakan adalah material Hytrel 5557M dengan *specimen* yang dipilih merupakan *specimen* yang dibuat dengan proses injeksi plastik, menggunakan mesin

injeksi plastik berkapasitas 50 ton, dan dengan menggunakan *mold* atau cetakan yang akan menghasilkan *specimen* berbentuk *dog-bone*, dengan ukuran *specimen* mengacu pada standar internasional.



Gambar 3. (a) Material asli, (b) Campuran 25% Daur Ulang, (c) Campuran 40% Daur Ulang, (d) Campuran 50% Daur Ulang

Specimen dibuat dengan beberapa kondisi material, yaitu material asli, material yang dicampur 25% daur ulang, material yang dicampur 40% daur ulang, dan material yang dicampur 50% daur ulang. Setiap kondisi *specimen* akan dibuatkan 10 sampel untuk diambil data sifat-sifat mekaniknya. Material daur ulang diperoleh dengan cara memotong-motong atau mencacah produk-produk yang menggunakan material asli dengan menggunakan mesin *crushing* atau *shredder*. Material yang sudah dihancurkan ini kemudian dicampurkan dengan material aslinya dengan campuran tertentu dan diinjek ulang pada mesin injeksi plastik sehingga menghasilkan *specimen* dengan material campuran daur ulang. Gambar 3 di atas ini menunjukkan kondisi material asli dan material asli yang dicampur material daur ulang.

Proses injeksi plastik untuk membuat *specimen* menggunakan data-data parameter setting mesin yang mengacu pada standar yang dibuat oleh pembuat material. Tabel 1 dibawah ini menunjukan data-data pada mesin injeksi saat pembuatan *specimen*.



Gambar 4. *Dog-bone Specimen*

Tabel 1 Pengaturan Parameter Mesin Injeksi

No	Deskripsi	Unit	Setting
1	Temperatur Pengeringan	°C	95
2	Waktu Pengeringan	jam	3
3	Temperatur Barrel Belakang	°C	210
4	Temperatur Barrel Tengah	°C	228
5	Temperatur Barrel Depan	°C	233
6	Temperatur Nozzle	°C	233
7	Temperatur Cetakan	°C	50
8	Waktu Injeksi	detik	2
9	Waktu Holding	detik	10
10	Waktu Pendinginan	detik	20

Sifat-sifat mekanik material yang akan diambil datanya adalah *izod impact*, *flexural strength*, *melt flow rate*, *flexural modulus*, dan *specific gravity*. Adapun peralatan yang digunakan untuk pengambilan data adalah *Impact Testing Machine*, *Flexural Strength Machine*, *Melt Flow Index Machine*, dan *specific gravity tester*. Gambar-gambar di bawah ini merupakan peralatan atau mesin-mesin test yang digunakan selama pengambilan data-data.

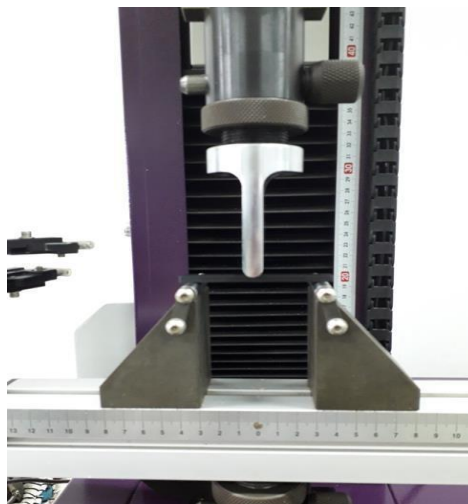
Metode pengambilan data yang digunakan mengacu pada standar Internasional sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Metode Pengetesan Material

No	Properti	Satuan	Metode
1	Specific Gravity	-	ISO 1183
2	Izod Notched Impact	kJ/m ²	ISO 180
3	Melt Flow Rate (230°C)	g/10min	ISO 1133
4	Flexural Strength	MPa	ISO 178
5	Flexural Modulus	MPa	ISO 178



Gambar 5. Mesin Test *Izod Impact*



Gambar 6. Mesin Test *Flexural Strength & Flexural Modulus*



Gambar 7. Mesin Test *Melt Flow Rate*

Teknik Analisis Data

Setiap kondisi *specimen* akan diambil data-datanya sebanyak masing-masing 10 kali. Adapun data-data atau sifat-sifat mekanik yang akan diambil dan diteliti adalah *izod impact*, *flexural strength*, *melt flow rate*, *flexural modulus*, dan *specific gravity* pada setiap kondisi material. Dari kelima masing-masing data tersebut kemudian akan dibuat reratanya untuk dapat dianalisis.

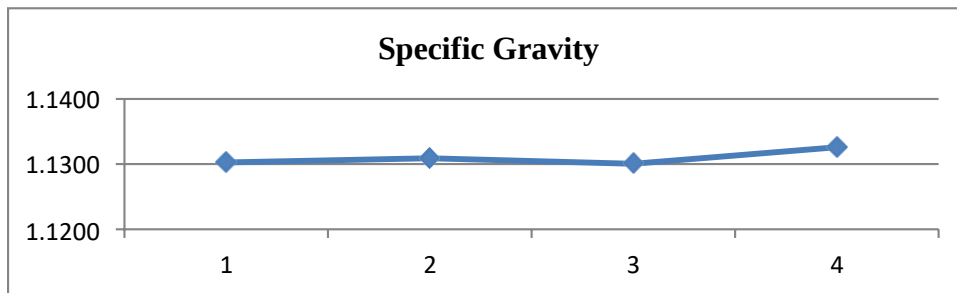
Analisis data dilakukan dengan cara membandingkan rerata tersebut pada setiap kondisi *specimen*. Dengan adanya perbandingan data rerata tersebut maka akan dapat diketahui seberapa besar pengaruh campuran material daur ulang terhadap sifat-sifat mekanik material aslinya. Sehingga pada akhirnya pengguna material dapat memutuskan apakah material daur ulang dapat digunakan pada komposisi tertentu atau sama sekali tidak bisa digunakan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

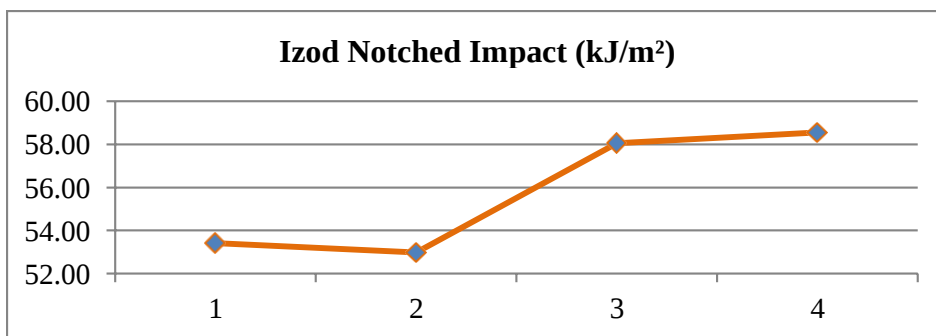
Perubahan pada komposisi material ditandai dengan nomor 1, 2, 3, dan 4. Masing-masing menunjukkan material tanpa campuran daur ulang, material dengan campuran 25% daur ulang, material dengan campuran 40% daur ulang, dan material dengan campuran 50% daur ulang.

Gambar 8 merupakan grafik perubahan untuk *specific gravity*. Dari grafik tersebut terlihat bahwa *specific gravity* tidak menunjukkan adanya perubahan yang signifikan terhadap penambahan jumlah material daur ulang. *Specific gravity* untuk material tanpa campuran sebesar 1,1303 dan *specific gravity* maksimal 1,1326 terjadi pada campuran 50% daur ulang.

Dengan kata lain perbedaan atau perubahan *specific gravity* hanya terjadi sekitar 0,20% saja.

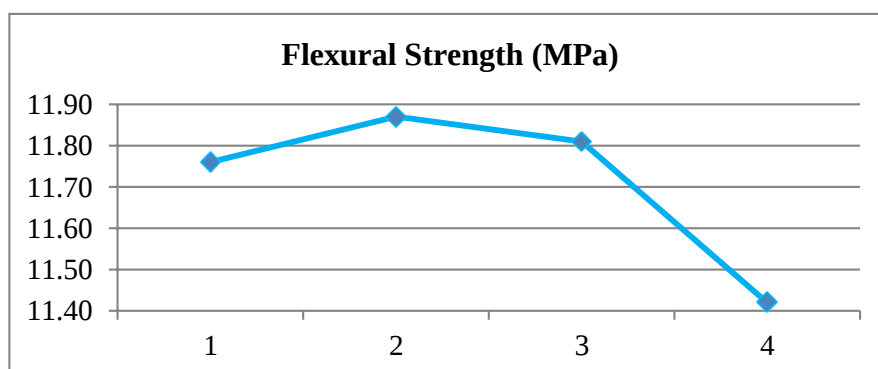


Gambar 8. Grafik Perubahan *Specific Gravity*



Gambar 9. Grafik Perubahan *Izod Notched Impact*

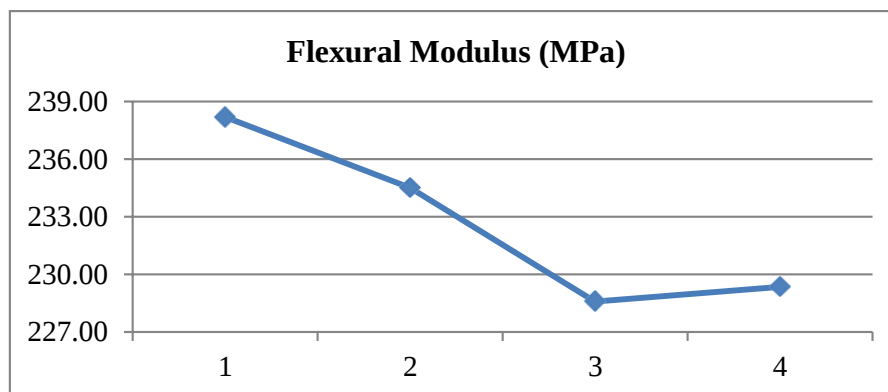
Pada sifat mekanik *izod notched impact*, sebagaimana diperlihatkan pada gambar 9, terjadi sedikit penurunan nilai dari awalnya 53,42 kJ/m² menjadi 52,98 kJ/m² ketika 25% material daur ulang ditambahkan. Nilai ini menurun 0,82% dari sifat material aslinya. Akan tetapi nilai *izod notched impact* kemudian naik sebesar 8,67% melebihi sifat asalnya ketika campuran daur ulang ditambahkan menjadi 40%. Bahkan kenaikan nilai ini mencapai 9,60% ketika campuran material daur ulang mencapai 50% atau nilai *izod notched impact* naik menjadi 58.55 kJ/m²



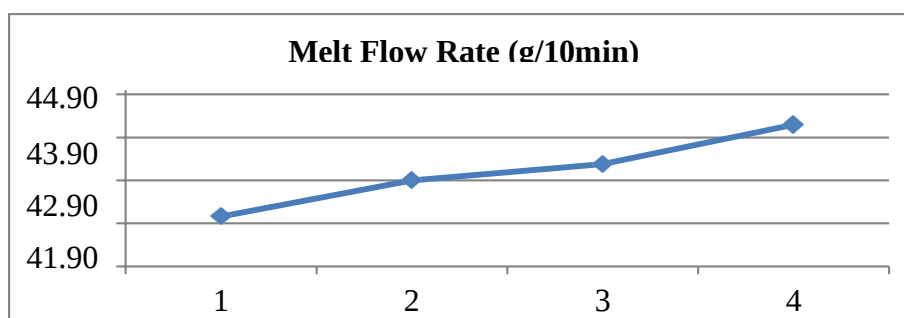
Gambar 10. Grafik Perubahan *Flexural Strength*

Flexural strength mengalami kenaikan ketika sejumlah 25% material daur ulang ditambahkan. Ketika masih murni, nilai *flexural strength* sebesar 11,76 MPa naik menjadi 11,87 MPa saat ditambahkan 25% material daur ulang. Akan tetapi nilai *flexural strength* ini menurun kembali menjadi 11,81 MPa ketika jumlah prosentase material daur ulang ditambahkan menjadi 40%. Penurunan sifat ini terus berlanjut ketika material daur ulang mencapai 50%, yaitu menjadi 11,42 MPa. Penurunan nilai *flexurel strength* terbesar mencapai 2,89% dari nilai material murninya. Grafik perubahan *flexural strength* ditunjukkan dalam gambar 10.

Flexural modulus pada material yang masih murni, dengan campuran 25% daur ulang, dengan campuran 40% daur ulang, dan dengan campuran 50% daur ulang masing- masing bernilai sebesar 238,20 MPa; 234,53 MPa; 228,5 MPa, dan 229,36 MPa. Nilai *flexural modulus* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 11, mengalami penurunan seiring dengan pertambahan jumlah material daur ulang, walaupun pada kondisi 50% campuran daur ulang mengalami kenaikan lagi jika dibandingkan dengan kondisi 40% campuran daur ulang. Penurunan nilai *flexural modulus* terbesar mencapai 4% ketika campuran material daur ulang sebesar 40%.



Gambar 11. Grafik Perubahan *Flexural Modulus*



Gambar 12. Grafik Perubahan *Melt Flow Rate*

Gambar 12 merupakan grafik perubahan pada material *melt flow rate*. Data-data diambil pada temperatur 230°C dengan beban 5 kg. Dalam gambar di atas terlihat bahwa *melt flow rate* mengalami perubahan yang naik secara terus-menerus seiring dengan bertambahnya jumlah material daur ulang. Perubahan maksimal terjadi pada campuran daur ulang 50%, dimana *melt flow rate* berubah dari 42,06 g/10min menjadi 44,19 g/10min atau naik sebesar 5,07%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Terjadi perubahan sifat-sifat mekanik pada material Hytel 5557M yang masih murni ketika dicampur dengan material daur ulang. Dari 3 komposisi material campuran, terjadi perubahan *specific gravity* maksimal sebesar 0,2%, perubahan *izod notched impact* maksimal sebesar 9,6%, perubahan *flexural strength* sebesar 0,94%, perubahan pada *flexural modulus* sebesar 4,03%, dan perubahan pada *melt flow rate* sebesar 5,07%.

Saran

Jika dilihat dari perubahan pada sifat-sifat mekanik di atas, pencampuran material daur ulang terhadap material Hytel 5557M murni tidak terlalu berubah signifikan, dimana perubahan masih dibawah 10% dari sifat-sifat mekanik material murninya. Akan tetapi pada penelitian diatas belum dibahas bagaimana sifat-sifat kekerasan material ketika material mengalami proses pemanasan berulang. Material Hytel 5557M merupakan material yang mengandung elastomer. Pemanasan berulang memungkinkan adanya perubahan pada sifat kekerasannya. Oleh karena itu perlu untuk mengetahui seberapa besar pengaruh material daur ulang terhadap kekerasan material, maka perlu diadakan uji *hardness shore A* ataupun *hardness shore D*.

DAFTAR PUSTAKA

1. <https://sipsn.menlhk.go.id>. Komposisi Sampah. Diakses pada 25 September 2022, dari <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/komposisi>.
2. <https://www.cnnindonesia.com>. (26 Feb 2022). Sampah Plastik 2021 Naik ke 11,6 Juta Ton, KLHK Sindir Belanja Online. Diakses pada 25 September 2022, dari <https://www.cnnindonesia.com/nasional/20220225173203-20-764215/sampah-plastik-2021-naik-ke-116-juta-ton-klhk-sindir-belanja-online>.
3. <https://id.wikipedia.org>. (16 September 2022). Plastik. Diakses pada 25 September 2022, dari <https://id.wikipedia.org/wiki/Plastik>

4. Fried, Joel R. *Polymer Science and Technology*. Third edition. 2014. Pearson Education, Inc
5. <https://dpw.lacounty.gov>. (14 June 2019). Types of Plastic and Their Recycle Codes. Diakses pada 25 September 2022, dari <https://dpw.lacounty.gov/epd/SBR/pdfs/TypesOfPlastic.pdf>
6. Jun, B., & Juwono, A. (2010). STUDI PERBANDINGAN SIFAT MEKANIK POLYPROPYLENE MURNI DAN DAUR ULANG. *Makara Journal Of Science*, 14(1).
7. Handayani, S.U., Fahrudin, M., Mangestiyono, W., and Muhammad, A.F.H. (2021). Mechanical Properties of Commercial Recycled Polypropylene from Plastic Waste. *Journal of Vocational Studies on Applied Research*, 3(1), 1-4.
8. Piyachat Wattanachai, Benjawan Buasathain, Christian Antonio, Susan Roces. (2017). Open Loop Recycling of Recycled Polypropylene for Motorcycle Saddle Application. *ASEAN Journal of Chemical Engineering*.
9. Aumnate, C., Rudolph, N., & Sarmadi, M. (2019). Recycling of Polypropylene/Polyethylene Blends: Effect of Chain Structure on the Crystallization Behaviors. *Polymers*, 11(9), 1456. <https://doi.org/10.3390/polym11091456>
10. Barbosa, Luiz Gustavo & Piaia, Matheus & Ceni, Gustavo. (2017). Analysis of Impact and Tensile Properties of Recycled Polypropylene. *International Journal of Materials Engineering*. 7. 117-120. 10.5923/j.ijme.20170706.03.
11. Andy Latif Safrudin, Ahmad Junaidi, & Moch Yunus. (2021). STUDI FISIS DAN MEKANIS SERTA PENYUSUTAN PLASTIC POLYPROPYLENE DIPADUKAN DENGAN PLASTIC POLYETHYLENE. *Machinery: Jurnal Teknologi Terapan*, 2(1), 58–65. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4748704>