

ANALISIS PENGARUH FREKUENSI DAUR ULANG TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN SIFAT ALIR BAHAN ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE

Agus Rifai^[a], Cahyo Budiyanoro, S.T., M.Sc.^[b], Dr. Ir. Harini Sosiati, M.Eng.^[c]

^a Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, 55183
Telp. & Fax. 0274-387656

e-mail: rifay673@gmail.com, Cahyobudi@umy.ac.id, hsosiati@ft.umy.ac.id

Intisari

Plastik merupakan salah satu bahan yang sangat populer digunakan dikalangan masyarakat mulai dari bidang otomotif, kesehatan, peralatan rumah tangga, dan penelitian. Keunggulan dari bahan ini yaitu ringan, kuat, anti karat, mudah dibentuk, dan harga yang relatif murah. Keanekaragaman bahan plastik berpengaruh penting terhadap pemakaian dan proses pembuatannya. Selain itu banyaknya produk dari bahan plastik mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan sehingga perlu adanya penanggulangan limbah plastik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh frekuensi daur ulang terhadap sifat mekanis dan sifat alir dengan menggunakan material *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS).

Penelitian ini dilakukan dengan membuat spesimen *multipurpose* sesuai standar ISO 294-1:2012 dari bahan ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali menggunakan mesin *injection molding*. Proses *injection molding* secara umum ada empat tahap yaitu melelehkan material dalam barrel, diinjeksikan ke cetakkan melalui *nozzle*, kemudian didinginkan dengan air sebagai pengeras, dan diakhiri pengeluaran spesimen (*ejector*). Pengujian spesimen yang dilakukan antara lain: uji tarik sesuai standar (ISO 527-2), uji dampak sesuai standar (ISO 179-1), uji kekerasan sesuai standar ISO (7619), dan uji MFI sesuai standar (ISO 1133).

Hasil penelitian ini memperoleh nilai kekuatan tarik pada ABS daur ulang 1 kali sebesar 48,836 MPa, daur ulang 3 kali sebesar 46,773 MPa, dan daur ulang 6 kali sebesar 46,449 MPa. Nilai dampak pada ABS daur ulang 1 kali 50,75 kJ/m², daur ulang 3 kali sebesar 50,20 kJ/m², dan 6 kali sebesar 66,49 kJ/m². Nilai kekerasan pada ABS daur ulang 1 kali 73,44 Shore D, daur ulang 3 kali sebesar 72,65 Shore D, dan 6 kali sebesar 73,86 Shore D. Dan nilai *melt flow index* (MFI) pada ABS daur ulang 1 kali 22,16 gr/10 min, daur ulang 3 kali sebesar 28,69 gr/10 min, dan 6 kali sebesar 27,72 gr/10 min. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak material ABS didaur ulang dapat merusak kualitas produk yang dihasilkan. Jadi pada penelitian ini merekomendasikan penggunaan material ABS daur ulang maksimal 1 kali, dibuktikan penurunan kekuatan tarik sebesar 9,56% untuk selebihnya perlu adanya campuran dari material murni dan daur ulang.

Kata Kunci: ABS, bahan daur ulang, *injection molding*, kekuatan tarik, dampak, kekerasan, dan mfi

1. PENDAHULUAN

Di era globalisasi penggunaan plastik semakin meningkat dan bervariasi seiring dengan kebutuhan hidup masyarakat sehari-hari. Material plastik ini juga digunakan di berbagai bidang seperti bidang industri, bidang kesehatan, dan bidang penelitian. Sifat dari plastik yaitu ringan, mudah dibentuk dan dicetak, dan bisa didaur ulang. Berbagai warna dari jenis plastik dapat menambah nilai estetika dari produk yang diproduksi. Dampak negatif dari penggunaan plastik secara terus – menerus akan mengakibatkan masalah baru seperti limbah sampah plastik yang sulit dimusnahkan. Oleh karena itu, limbah sampah plastik memerlukan waktu yang relatif lama untuk menguraikan dan membentuk produk kembali yang bermanfaat.

Pemakaian produk berbahan plastik mempunyai dampak yang buruk terhadap lingkungan. Menurut Sahwan dkk (2005) melakukan penelitian tentang permasalahan daur ulang limbah sampah plastik bahwa prosentase penggunaan limbah sampah plastik relatif meningkat yaitu pada tahun 1981 sebesar 3,67% sampai tahun 2002 sebesar 8,88%. Hasil ini terus meningkat apabila tidak ada penanganan yang serius dalam menghadapi limbah sampah plastik. Masalah yang terjadi dari limbah sampah plastik tersebut antara lain lingkungan menjadi kotor dan menimbulkan gas bahaya jika plastik terbakar. Limbah plastik sendiri tidak mudah dimusnahkan, akan tetapi dapat didaur ulang sesuai dengan jenisnya.

Untuk mengatasi permasalahan limbah plastik dilakukan pemanfaatan produk *NG* (*Not Good*) atau gagal (*reject*) menjadi bahan baku kembali. Tiwan (2008) melakukan penelitian tentang sifat mekanik bahan plastik *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) daur ulang. Pada penelitian tersebut dapat dijelaskan bahwa campuran bahan ABS daur ulang dari 10% sampai 50% berpengaruh terhadap tampilan, nilai kekuatan tarik, nilai regangan, nilai modulus elastisitas, nilai kekuatan impaknya dan nilai kekerasannya. Penambahan campuran bahan tersebut masih dapat diproduksi kembali dari bahan ABS daur ulang.

Pada penelitian ini melakukan pemanfaatan bahan plastik ABS daur ulang untuk dicetak kembali berupa spesimen. Dimana pada penelitian sebelumnya belum ada yang menggunakan bahan ABS daur ulang sampai 6 kali, maka dengan referensi terdahulu dilakukan penelitian ABS dengan variasi daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali.

2. DASAR TEORI

2.1 Plastik *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS)

Plastik ABS merupakan salah satu jenis plastik yang terbentuk dari 3 jenis monomer yaitu *Acrylonitrile*, *Butadiene*, dan *Styrene*. ABS memiliki sifat stabil ketika terkena panas, tahan terhadap bahan kimia, tahan pukul, liat, kaku, dan mudah dibuat berbagai bentuk. Selain itu material plastik ABS dapat dicetak dengan berbagai proses yaitu cetak injeksi, cetak tiup, cetak kompresi, ekstruksi, *roto molding*, dan *thermoforming* (Mujiarto, 2015).

2.2 Daur Ulang

Daur ulang adalah teknik pembentukan kembali dari material yang sudah diproduksi sebelumnya karena mengalami gagal produk (*reject*) atau tidak sesuai (*NG*) dengan standar produk dengan tujuan mengurangi pembelian material baru, mengurangi polusi, dan mengurangi tenaga. Daur ulang dapat diolah dengan tiga proses yaitu perajangan (*Crusher*), peleburan (*melting*), dan pembentukan (*formation*) kembali.

2.2 Injection Molding

Injection Molding adalah salah satu metode dalam pengolahan plastik dengan kuantitas besar sesuai pada bagian – bagian yang identik. Produk yang dibentuk secara bersamaan dengan cetakan yang didesain khusus, sehingga lebih efisiensi dalam proses produksi dan merubah kehidupan orang Amerika seperti rumah tangga yang memiliki pendapatan rendah. Pada bagian cetakan mempunyai perbedaan dengan bahan dasar karena disesuaikan pada sifat logam atau plastik tersebut. *Injection molding* memiliki bagian – bagian yang penting dapat dilihat pada Gambar 2.3 (Mark H F, 2005).

Huang MC, Tai CC (H, Oktem dkk. 2007) menyatakan bahwa *Plastic Injection Molding* (PIM) merupakan salah satu mesin berat yang digunakan sebagai pembentukan produk dengan material plastik dalam dunia industri. Mesin PIM ini memiliki kelebihan yaitu bagian permukaan berkualitas tinggi, siklus produk pendek, bobot yang ringan, sifat mekanik yang baik, dan biaya yang relatif terjangkau sehingga sangat berperan penting dalam perusahaan industri plastik sekarang ini. PIM juga harus selalu update baik dalam proses maupun design mengikuti kemajuan teknologi agar membantu mencukupi kebutuhan pelanggan sesuai dengan fungsi dan kualitas.

Ajis (Maulana M dkk, 2017) menyatakan bahwa *Injection Molding* adalah salah satu mesin yang digunakan sebagai metode untuk membentuk produk sesuai cetakan (*mold*) tertentu dengan menggunakan material plastik. Mesin ini bekerja mulai dari suntikan (*injection*), tekanan tahan (*holding pressure*), pelelehan (*melting*), tekanan kembali (*back pressure*), dan profil suhu (*temperature profile*). *Injection Molding* merupakan salah satu mesin yang mengurangi tenaga manusia secara manual dimana proses operasinya sudah dikontrol dan disetting oleh komputer. Sehingga membantu biaya yang diperlukan dan dapat memproduksi produk dengan tingkat kerusakan yang kecil.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: mesin *injection molding* (Gambar 3.1), alat uji tarik, alat uji dampak, alat uji kekerasan, alat uji mfi, jangka sorong, *thickness gauge*, *mold release*, *thermo infrared*, masker, sarung tangan, dan *safety shoes*. Sedangkan untuk bahan yang digunakan adalah ABS T 700 314 NAT murni ditunjukkan pada Gambar 3.2 yang diproduksi sampai 6 kali daur ulang.

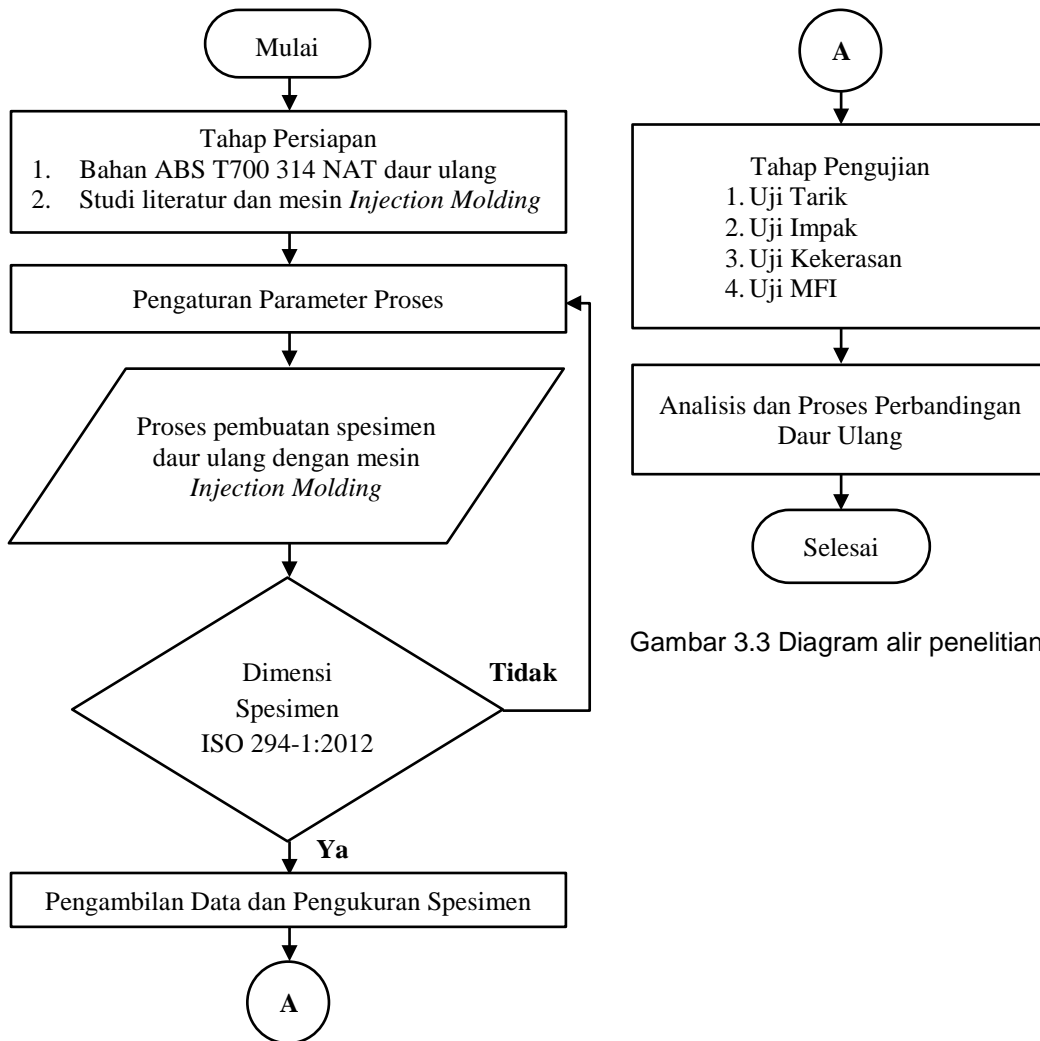


Gambar 3.1 Mesin *Injection Molding*



Gambar 3.2 ABS T 700 314 NAT

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembuatan spesimen *multipurpose* yang sudah memenuhi standar ISO 294-1:2012 ditunjukkan pada Gambar 3.1 (yang menggunakan mesin injection molding) hasil spesimen ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali.



Gambar 3.1 Spesimen *multipurpose* ABS daur ulang 1, 3, dan 6 kali

Keterangan:

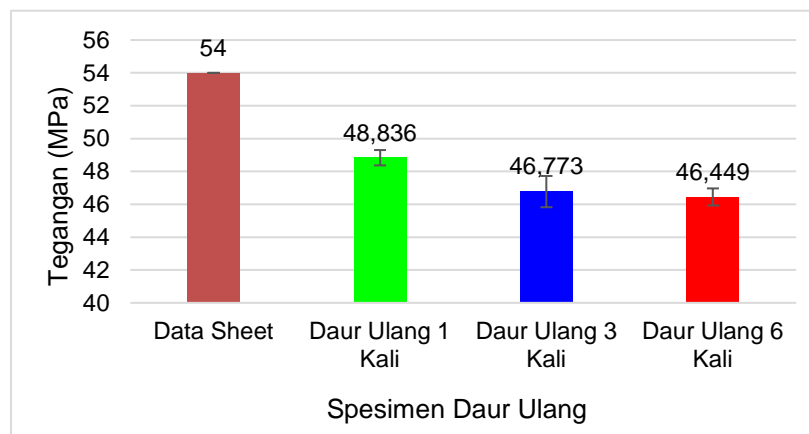
- Posisi kiri : Spesimen ABS daur ulang 1 kali
- Posisi tengah : Spesimen ABS daur ulang 3 kali
- Posisi kanan : Spesimen ABS daur ulang 6 kali

4.1 Uji Tarik

a. Tegangan

Tabel 3.1 Hasil perhitungan nilai tegangan material ABS daur ulang

Nilai kuat tarik σ (MPa)			
No spesimen	Daur ulang 1 kali	Daur ulang 3 kali	Daur ulang 6 kali
Spesimen 1	48,289	46,834	46,173
Spesimen 2	49,308	46,426	46,179
Spesimen 3	48,601	48,352	47,219
Spesimen 4	48,641	45,838	45,943
Spesimen 5	49,342	46,414	46,731
AVERAGE	48,836	46,773	46,449
STDEV	0,467	0,952	0,519
MAX	49,342	48,352	47,219
MIN	48,289	45,838	45,943



Gambar 3.2 Grafik nilai rata – rata kekuatan Tarik

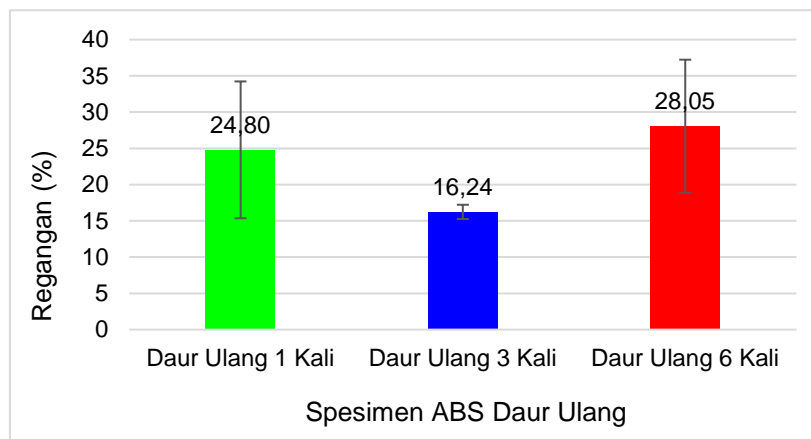
Analisis:

Pada Gambar 3.2 dijelaskan dari hasil data variasi spesimen ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali tersebut dapat di analisis bahwa penurunan nilai tegangan dari material ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali terjadi penurunan disebabkan sifat material tersebut adalah *brittle* atau getas. Semakin kecil sifat keuletan material ABS daur ulang tersebut dikarenakan daur ulang yang digunakan adalah homogen dan material sudah melalui proses daur ulang sampai 6 kali. Menurut Tiwang (2008) menjelaskan bahwa semakin banyak material ABS daur ulang yang ditambahkan pada proses injeksi maka memengaruhi nilai kekuatan tariknya menjadi rendah dan secara kasat mata juga mengalami perubahan warna menjadi gelap karena sudah mengalami proses *crusher* dan injeksi berlanjut.

b. Regangan

Tabel 3.2 Hasil perhitungan nilai regangan material ABS daur ulang

Nilai regangan ϵ			
No spesimen	Daur ulang 1 kali	Daur ulang 3 kali	Daur ulang 6 kali
Spesimen 1	15,62	17,68	16,82
Spesimen 2	26,74	15,14	20,94
Spesimen 3	14,52	16,72	39,76
Spesimen 4	31,38	15,76	32,32
Spesimen 5	35,72	15,88	30,40
AVERAGE	24,80	16,24	28,05
STDEV	9,44	0,98	9,19
MAX	35,72	17,68	39,76
MIN	14,52	15,14	16,82



Gambar 3.3 Hasil nilai rata – rata regangan

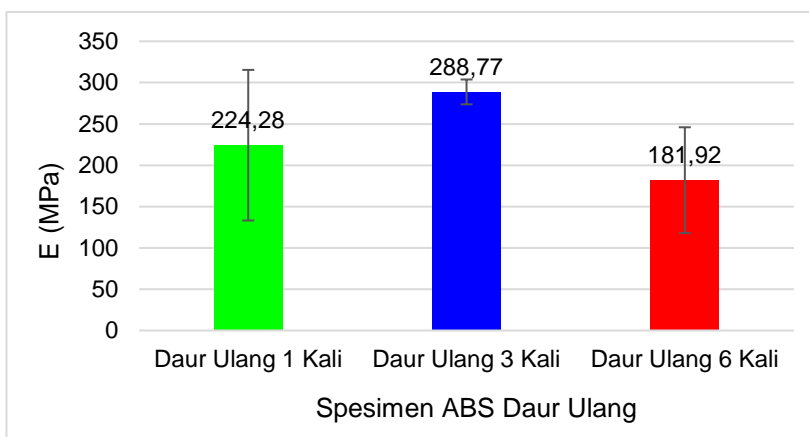
Analisis:

Pada Gambar 3.3 dijelaskan dari data variasi spesimen ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali tersebut dapat di analisis bahwa semakin rendah nilai regangan dapat mengakibatkan spesimen daur ulang tersebut menjadi getas. perubahan terjadi pada material ABS daur ulang 6 kali yaitu mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Menurut Asror (2003) perubahan temperatur dan tekanan injeksi pada proses *injection molding* terhadap material plastik daur ulang berpengaruh signifikan dengan hasil regangan produk tersebut. Hal ini terjadi karena proses pemanasan dan tekanan pada saat injeksi secara terus – menerus dan cenderung getas (*brittle*) kemudian pengaruh banyaknya kadar amorf pada material dapat meningkatkan kekerasan.

c. Modulus Elastisitas

Tabel 3.3 Hasil perhitungan nilai modulus elastisitas material ABS daur ulang

Nilai Modulus Elastisitas (MPa)			
No spesimen	Daur ulang 1 kali	Daur ulang 3 kali	Daur ulang 6 kali
Spesimen 1	309,15	264,90	274,42
Spesimen 2	184,40	306,64	220,53
Spesimen 3	334,72	289,19	118,76
Spesimen 4	155,01	290,85	142,15
Spesimen 5	138,14	292,28	153,72
AVERAGE	224,28	288,77	181,92
STDEV	91,12	15,05	64,06
MAX	334,72	306,64	274,42
MIN	138,14	264,90	118,76



Gambar 3.4 Nilai rata – rata modulus elastisitas

Analisis:

Pada Gambar 3.4 dijelaskan dari data variasi spesimen ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali tersebut dapat di analisis bahwa semakin meningkat nilai modulus elastisitasnya maka berpengaruh terhadap sifat kekakuan material tersebut. Pada daur ulang 6 kali terjadi penurunan yang drastis disebabkan pada proses *injection molding*. Menurut Hakim (2016) menjelaskan bahwa penurunan modulus elastisitas disebabkan adanya *air bubble* (gelembung) dalam material plastik tersebut yang dipengaruhi oleh temperatur rendah, tekanan injeksi tinggi, dan pendinginan kurang pada saat proses *injection molding*.

d. Penurunan Nilai Kuat Tarik

Tabel 3.4 Hasil penurunan kuat tarik material ABS daur ulang

Nilai Penurunan Kuat Tarik			
No	Variasi	Kuat Tarik (MPa)	Penurunan (%)
1.	ABS Daur Ulang 1 Kali	48,836	9,56 %
2.	ABS Daur Ulang 3 Kali	46,773	13,38 %
3.	ABS Daur Ulang 6 Kali	46,446	13,99 %

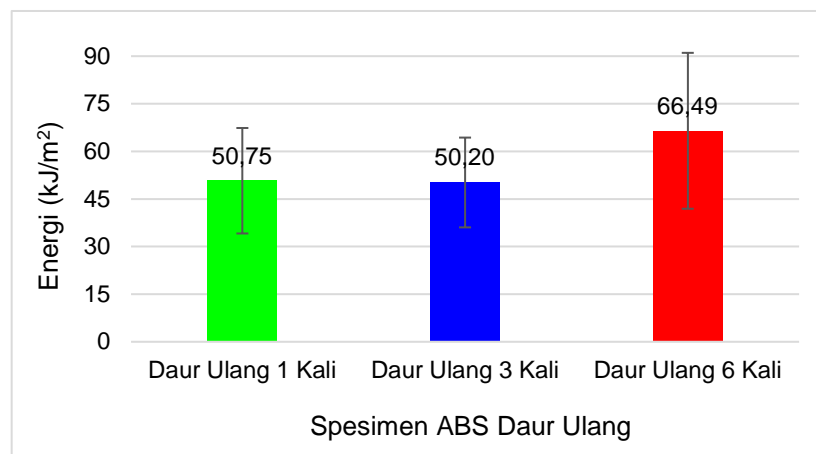
Analisis:

Pada Tabel 3.4 dijelaskan dari data perbandingan ketiga variasi tersebut dapat di analisis bahwa semakin tinggi nilai kekuatan tariknya maka semakin menurun juga nilai persentasenya dan sebaliknya. Pada variasi ABS daur ulang 1 kali memperoleh nilai kekuatan tarik yang mendekati dengan data sheet ABS sebesar 54 MPa.

4.2 Uji Impak

Tabel 3.5 Hasil perhitungan nilai energi material ABS daur ulang

Nilai Energi impact (Ak = kJ/m ²)				
No spesimen	Daur ulang 1 kali	Daur ulang 3 kali	Daur ulang 6 kali	Type of failure
Spesimen 1	49,58	60,01	33,97	C
Spesimen 2	44,64	65,60	51,96	C
Spesimen 3	26,79	54,61	92,16	C
Spesimen 4	64,93	33,28	88,53	C
Spesimen 5	67,81	37,49	65,81	C
AVERAGE	50,75	50,20	66,49	
STDEV	16,62	14,15	24,57	
MAX	67,81	65,6	92,16	
MIN	26,79	33,28	33,97	

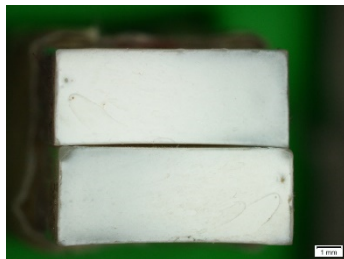


Gambar 3.5 Grafik rata – rata uji impact

Analisis:

Pada Gambar 3.5 dijelaskan dari data variasi spesimen ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali tersebut dapat di analisis bahwa semakin tinggi nilai kekuatan impact yang dihasilkan pada spesimen ABS daur ulang maka semakin baik ketahanan dalam menerima beban kejut yang datang dan semakin lunak. Bentuk patahan dari spesimen ABS daur ulang tersebut dikategorikan C (*complete break*), artinya patahan yang dihasilkan adalah sempurna seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6, Gambar 3.7, dan Gambar 3.8 ketika diberi energi dari pendulum sebesar 4 joule yang disesuaikan dengan standar ISO 179-1, sehingga material plastik tersebut dikatakan cenderung getas.

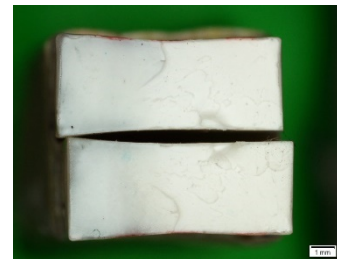
Tekanan saat proses injeksi pada ABS daur ulang 6 kali memengaruhi kekuatan energi impact menjadi meningkat. Hal ini dapat dihubungkan menurut Asror (2003) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa nilai kekuatan energi impact dengan standar ISO 179-1 (tanpa takikan) berpengaruh dengan tekanan injeksi pada proses pembuatan spesimen, semakin besar tekanan injeksi saat proses produksi, maka semakin meningkat kristalin yang terbentuk pada material plastik tersebut.



Gambar 3.6 Patahan ABS Daur Ulang 1 Kali



Gambar 3.7 Patahan ABS Daur Ulang 3 Kali

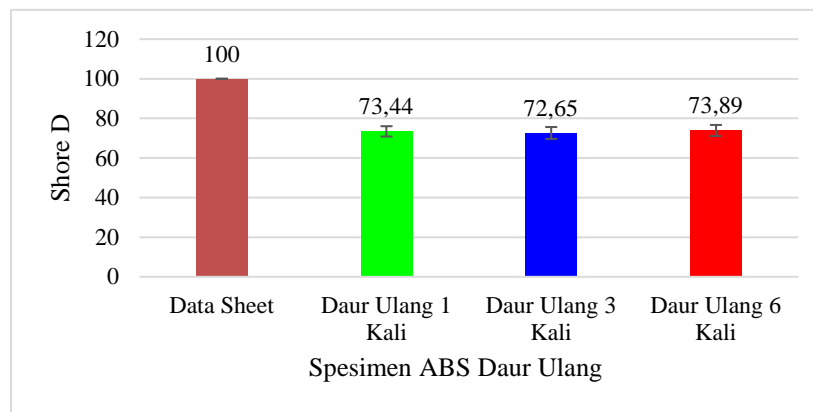


Gambar 3.8 Patahan ABS Daur Ulang 6 Kali

4.3 Uji Kekerasan

Tabel 3.6 Hasil perhitungan nilai kekerasan material ABS daur ulang

Nilai kekerasan shore D			
No spesimen	Daur ulang 1 kali	Daur ulang 3 kali	Daur ulang 6 kali
Spesimen 1	77,00	70,77	75,13
Spesimen 2	71,50	77,40	73,63
Spesimen 3	70,57	70,13	69,17
Spesimen 4	75,00	73,73	76,30
Spesimen 5	73,13	71,20	75,23
AVERAGE	73,44	72,65	73,89
STDEV	2,61	2,99	2,81
MAX	77,00	77,40	76,30
MIN	70,57	70,13	69,17



Gambar 3.9 Grafik nilai rata – rata uji kekerasan

Analisis:

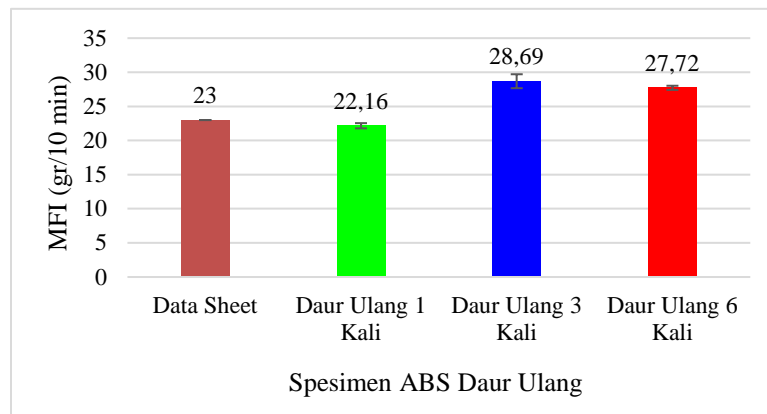
Pada Gambar 3.9 dijelaskan dari data variasi spesimen ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali tersebut dapat di analisis bahwa nilai kekerasan pada ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali relatif stabil disebabkan adanya penurunan temperatur pada saat proses injeksi. Pada Tabel 3.5 hasil dari ketiga variasi menunjukkan nilai rata – rata tidak berbeda jauh dengan hasil data *sheet* ABS sebesar 100 shore D. Selain itu adanya proses *crusher* dan proses injeksi secara berlanjutan mengakibatkan material ABS daur ulang 6 kali semakin getas karena mengalami pemanasan berulang – ulang.

Menurut Asror (2003) menjelaskan bahwa temperatur dan tekanan injeksi dalam proses *injection molding* sangat berpengaruh penting terhadap kualitas produk tersebut. Penurunan temperatur pada material homogen akan semakin tinggi nilai kekerasan (*hardness*) dan proses plastisifikasi dengan material homogen juga memengaruhi terhadap *Melt Flow Rate* (MFR).

4.4 Uji MFI

Tabel 3.7 Hasil perhitungan nilai MFI material ABS daur ulang

Nilai Melt Flow Index (g/10 min)			
Cut off time	Daur ulang 1 kali	Daur ulang 3 kali	Daur ulang 6 kali
Ekstrudat 1	21,81	27,60	28,08
Ekstrudat 2	22,11	28,87	27,53
Ekstrudat 3	22,57	29,62	27,57
AVERAGE	22,16	28,69	27,72
STDEV	0,38	1,02	0,31
MAX	22,57	29,62	28,08
MIN	21,81	27,60	27,53



Gambar 3.10 Nilai rata – rata uji MFI

Analisis:

Pada Gambar 3.10 dijelaskan dari data variasi spesimen ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali tersebut dapat di analisis bahwa semakin tinggi nilai MFI berpengaruh terhadap kekentalan aliran laju material (Gambar 3.11) saat proses injeksi. Nilai MFI yang mendekati standar data *sheet* material ABS sebesar 23 gr/10 min adalah ABS daur ulang 1 kali sebesar 22,16 gr/10 min. Sedangkan untuk ABS daur ulang 3 kali dan 6 kali sudah berkurang untuk aliran kekentalannya karena berpengaruh terhadap hasil produk sehingga perlu adanya pengaturan suhu dan tekanan pada proses *injection molding*. Kemudian perlunya komposisi antara material murni dan daur ulang untuk hasil ekstrudat yang kental untuk mengurangi biaya pembelian material murni yang disesuaikan dengan perbandingan tertentu dan aplikasinya.

Menurut Asror (2003) menjelaskan bahwa terjadinya penurunan viskositas aliran material dari nilai normal disebabkan adanya penurunan temperatur dan tekanan injeksi saat proses *injection molding* sehingga nilai *Melt Flow Index* (MFI) berpengaruh terhadap sifat mekanis yaitu pada ketahanan benturan dan kekerasan suatu produk.



Gambar 3.11 Ekstrudat Hasil Uji MFI

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang analisis pengaruh frekuensi daur ulang terhadap sifat mekanis dan sifat alir bahan ABS, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil analisis pengujian mekanis menunjukkan bahwa material ABS daur ulang 1 kali yang paling mendekati hasil data sheet ABS tersebut. Hal ini dibuktikan dengan nilai kekuatan tarik sebesar 48,836 MPa (penurunan sebesar 9,56%), nilai kekuatan energi impak sebesar 50,75 kJ/m², dan nilai kekerasan sebesar 73,44 Shore D dibandingkan dengan ABS daur ulang 3 kali dan 6 kali yang sudah tidak stabil.
2. Hasil analisis pengujian alir (MFI) menunjukkan bahwa material ABS daur ulang 1 kali yang paling aman dengan data sheet ABS tersebut. Hal ini dibuktikan dengan nilai MFI sebesar 22,16 gr/10 min dibandingkan ABS daur ulang 3 kali dan 6 kali nilai viskositasnya tinggi.
3. Hasil analisis pengujian mekanis dan pengujian alir menunjukkan bahwa rekomendasi pemakaian ABS daur ulang maksimal 1 kali untuk produksi spare part otomotif. Sedangkan untuk ABS daur ulang 3 kali dan 6 kali masih dapat digunakan namun perlu pengaturan parameter proses injeksi yang tepat sesuai produk dan aplikasinya.

Untuk keperluan penelitian selanjutnya diperlukan uji SEM untuk mengetahui kandungan dari struktur material tersebut. Selain itu perlu adanya penelitian campuran dari material murni dan material daur ulang dengan perbandingan tertentu untuk mengetahui kelayakan pemakaian dalam penggunaan material daur ulang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. 2012. *ABS Resin TOYOLAC®*. Diakses pada 23 Februari 2018, dari <http://www.torayplastics.com.my/ourbusiness/toyolac/index.html> Tentang-Blog. Pada pukul 10.15.
- [2] Asror, M. F., dan Torno, H. S. S. 2003. "Pengaruh suhu proses dan tekanan *injection moulding* terhadap kekuatan benturan dan kekerasan pada material *High density polyethylene*" *Jurnal Prosiding symposium nasional polimer IV Sentra Teknologi Polimer (STP) -BPPT*, 188-192.
- [3] Hakim, A. R. 2016. "Pengaruh Suhu, Tekanan dan Waktu Pendinginan Terhadap Cacat Warpage Produk Berbahan Plastik". *Jurnal Dimensi* 5.1, 1-12.
- [4] Komarudin dan Neilinda, N. A. 2015. "Perencanaan Penggunaan Material Plastik Daur Ulang Dengan Sistem Manufaktur Berkelanjutan di Politeknik Manufaktur Astra". *Jurnal Penelitian Bina Teknik Vol-1 Jurusan PSTI FTI POLMAN ASTRA*, 102-113.
- [5] Mark, Herman F. 2005. "Encyclopedia of Polymer Science and Technology". Amerika: John Wiley & Sons, Inc.
- [6] Mujiarto, Iman. 2005. "Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif". *Jurnal Penelitian Saintek Vol-3. No. 2 Staf Pengajar AMNI Semarang*, 65.
- [7] Sahwan, F. L., Martono, D. H., Wahyono, S., dan Wisoyodharmo, L. A. 2005. "Sistem Pengelolaan Limbah Plastik di Indonesia". *Jurnal Penelitian Vol-6 No.1 Tek. Ling. P3TL-BPPT*, 311-318.
- [8] Tiwan, 2008. "Pengaruh Penambahan Bahan Daur Ulang pada Kekuatan Tarik, Modulus Elastisitas, dan Kekerasan Bahan Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)". Diakses pada 23 Februari 2018, dari <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/penelitian/Tiwan,%20Drs.,%20ST.,MT./Artikel%20Bahan%20Plastik.pdf> Tentang-jurnal. Pada pukul 07.11.