

PERBANDINGAN PRODUK PLASTIK HDPE ASLI DAN DAUR ULANG YANG DICETAK DENGAN *EXTRUSION BLOW MOLDING* DILIHAT DARI GUGUS FUNGSI DAN KARAKTERISTIK MEKANIS

Mami Dwi Astuti¹, Muh. Wahyu Syabani^{1*}

Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik. Politeknik ATK Yogyakarta

*Email korespondensi : mw-syabani@kemenperin.go.id

ABSTRAK

Penggunaan plastik yang terus mengalami pertumbuhan turut meningkatkan jumlah limbah yang dihasilkan. Limbah plastik jenis termoplastik dapat dimanfaatkan kembali untuk menghasilkan produk jadi. Salah satu termoplastik yang banyak digunakan adalah *High density polyethylene* (HDPE). Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kualitas produk yang dihasilkan dari HDPE asli dan daur ulang (rHDPE) berdasarkan gugus fungsi serta karakteristik mekanisnya. Produk plastik dibuat menggunakan *extrusion blow molding* (EBM), kemudian specimen dianalisa gugus fungsinya menggunakan *Fourier Transform Infra-Red (FTIR) Spectrophotometer*, nilai kekerasan dengan durometer dan elongasi serta kuat tariknya menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Hasil pengujian FTIR menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan spektra yang mencirikan HDPE di 2915, 2848, 1473, 1462, 730 dan 718 cm^{-1} antara produk dari HDPE asli dan rHDPE. Hal ini menunjukkan bahwa rHDPE yang merupakan produk daur ulang relatif tidak mengalami kerusakan struktur kimia. Kondisi ini didukung dengan hasil pengujian karakteristik mekanis dimana nilai kekerasan, perpanjangan putus dan kuat tarik memiliki nilai yang tidak berbeda jauh. Dengan demikian, rHDPE pada digunakan sebagai pengganti HDPE asli dalam pembuatan produk plastik.

Kata kunci : rHDPE, *extrusion blow molding*, FTIR, karakteristik mekanis

ABSTRACT

Plastic consumptions were increased every year that contributing the increase of produced plastic waste. Thermoplastic waste can be used again to produce another final product. One of widely use thermoplastic was high density polyethylene (HDPE). This paper investigated the feasibility of substitution of virgin plastic with recycled plastic based on its functional group and mechanical properties. Plastic product was made by extrusion blow molding using virgin and recycled high density polyethylene (rHDPE). The functional groups of the product specimen were studied using *Fourier Transform Infra-Red (FTIR) Spectrophotometer*, hardness using durometer, elongation at break and tensile strength using *Universal Testing Machine* (UTM). The FTIR analysis shows us similar spectra for HDPE and rHDPE in spectra in 2915, 2848, 1473, 1462, 730 and 718 cm^{-1} . Therefore, even though rHDPE we recycled product, its chemical structure relatively intact. The result was in line with the mechanical properties analysis that also gives similar hardness, elongation at break and tensile strength value. In conclusion, the virgin HDPE can substitute using rHDPE without losing its mechanical properties.

Keyword: rHDPE, *extrusion blow molding*, FTIR, mechanical properties

PENDAHULUAN

Kebutuhan plastik nasional terus meningkat setiap waktunya, dari 2020 sebesar 5.290 ton (2020) dan diprediksi akan tumbuh sebesar 30,92% menjadi 6.986 ton (2025) [12]. Meningkatkan produksi plastik akan beriringan dengan jumlah limbah plastik yang dihasilkan [1][2]. Limbah plastik ini dapat berasal dari plastik habis pakai maupun produk plastik yang mengalami cacat saat diproduksi sehingga tidak dapat dijual kepada konsumen. Cacat pada saat pembuatan produk plastik diantaranya adalah cacat *short shot*, *flashing*, *flow mark*, *void* dan lainnya [3]. Beberapa jenis cacat minor dapat diperbaiki saat proses finishing produk, akan tetapi jenis cacat mayor akan menjadi limbah produksi.

Limbah plastik tidak mudah diurai oleh mikroorganisme sehingga membutuhkan waktu yang lama supaya dapat terdegradasi, begitupula dengan polimer berbasis polietilen (PE) [4]. Sementara itu, pembakaran plastik juga dapat menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan berupa pencemaran udara khususnya *emisi dioksin* yang bersifat karsinogen [14]. Alternatif penanganan limbah plastik adalah dengan melakukan proses daur ulang (*recycle*) menjadi biji plastik sehingga dapat dicetak kembali [14].

Plastik jenis termoplastik memiliki sifat akan melebur saat terkena panas, dan kembali memadat setelah panas dihilangkan. Dengan demikian, jenis plastik ini memiliki potensi besar untuk di cetak kembali menjadi produk baru. Akan tetapi, perlu diperhatikan bahwa selama proses produksi, terdapat potensi plastik yang diproses tidak mendapatkan distribusi panas yang homogen. Sehingga ada plastik yang mendapatkan suhu yang lebih tinggi maupun lebih rendah. Hal ini, dapat menyebabkan plastik mengalami kerusakan pada strukturnya sehingga mengakibatkan produk yang dihasilkan pun mengalami penurunan kualitas jika dibandingkan dengan biji plastik asli. Usaha untuk melindungi lingkungan ini tetap diharapkan tidak mengorbankan kualitas dari produk yang dihasilkan [6].

Terdapat beberapa tulisan yang sudah mengupas tentang pemanfaatan plastik daur ulang. rHDPE dapat digunakan kembali menjadi produk asbak, akan tetapi terjadi penurunan kualitas akibat terbentuknya cacat void dan permukaan tidak rata [1]. Daur ulang HDPE juga dapat dilakukan dengan cara pirolisis untuk mendapatkan minyak plastik sebagai bahan bakar [5]. Begitupula untuk pembuatan paving block, plastik dapat dimanfaatkan kembali [7].

Akan tetapi, sejauh pengetahuan penulis, belum ada yang membandingkan produk dari plastik daur ulang yang diproses menggunakan *extrusion blow molding*. Hal ini penting untuk dipelajari, karena material merupakan salah satu akar permasalahan sering terjadinya cacat pada produk [3]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik mekanik dari produk meliputi kuat tarik (*tensile strength*), perpanjangan putus (*elongation at break*)

dan kekerasan (*hardness*). Hasil pengujian mekanik ini selanjutnya dikonfirmasi dengan melihat perbandingan gugus fungsi plastik berdasarkan pengujian FTIR.

METODE

Bahan Penelitian

Bahan baku yang digunakan adalah biji HDPE, biji HDPE daur ulang (rHDPE), pewarna jenis DCMB 6002 dan HCA 011209. Semua bahan baku diperoleh dari suplier lokal di Indonesia dan tanpa preparasi khusus sebelum digunakan.

Peralatan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat proses dan alat uji yang terdiri dari alat pencampur (mixer) merek Hr2, extrusion blow molding merek SIKA, universal testing machine (UTM) merek Gester Instruments GT-C01, Durometer Shore D dan FTIR tipe ATR merek PerkinElmer FTIR Spectrometer Frontier.

Variabel Penelitian

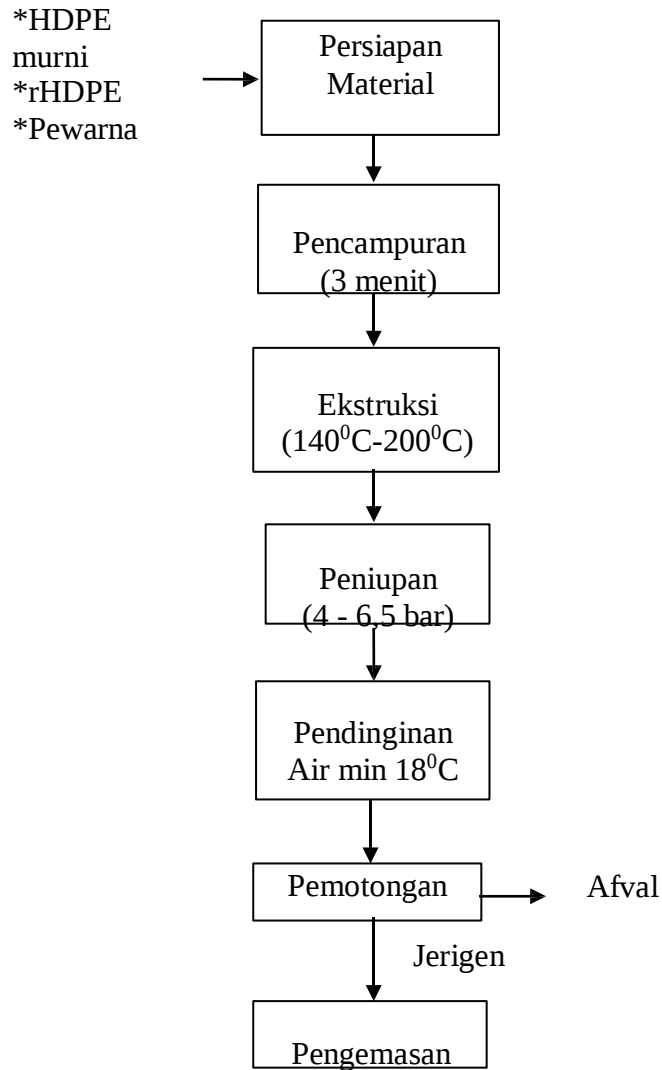
Dalam penelitian ini, faktor yang dipelajari adalah perbedaan bahan baku bijih plastik yang digunakan (HDPE asli dan rHDPE) dan juga pengaruh penggunaan zat warna. Formulasi yang digunakan disajikan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Formulasi produk plastik

Sampel	Jenis plastik	Pewarna
P01	HDPE murni	Tanpa pewarna
P02	HDPE daur ulang (rHDPE)	400 gram per 25 kg rHDPE
P03	HDPE daur ulang (rHDPE)	500 gram per 25 kg rHDPE

Prosedur penelitian

Bijih plastik HDPE murni dimasukan langsung kedalam hopper extrusion blow molding, sedangkan rHDPE dan pewarna perlu dicampur terlebih dahulu dengan mixer. Sampel produk dicetak pada suhu 140 °C - 200 °C dan tekanan tiup 4 - 6,5 bar sesuai dengan diagram alir pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram alir prosedur penelitian

Sampel untuk pengujian mekanik disiapkan sesuai ASTM D638 dengan pengu

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 diatas menunjukkan formulasi yang digunakan untuk pembuatan jerigen 20 liter dengan berat 1000 gram. Berikut merupakan acuan pengujian kekerasan, kuat tarik dan elongasi .

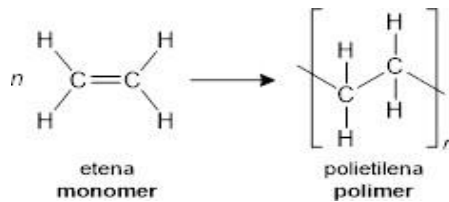
Tabel 2. Persyaratan Mutu

Pengujian	HDPE	Units
Kekerasan	Maks 55	Shore D
Kuat Tarik	Min 25	N/mm ²
Elongasi	Maks 1.800	%

Sumber : SNI 06-0939, 2006

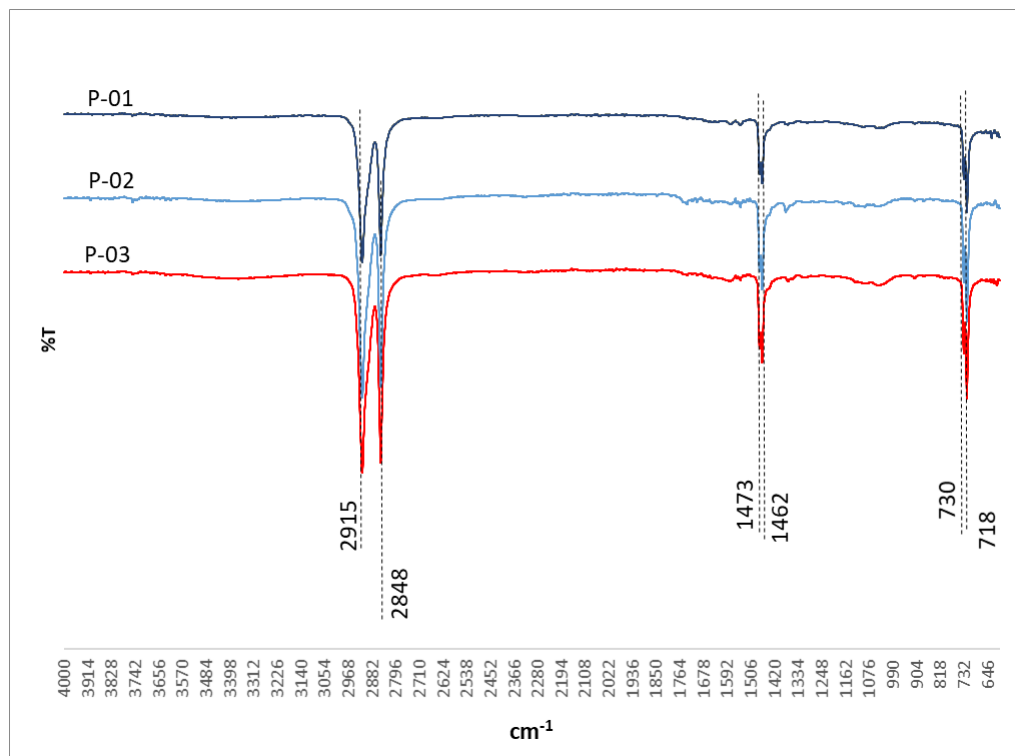
PERBANDINGAN GUGUS FUNGSI

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan gugus fungsi dari sampel. Hal ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan senyawa baru akibat potensi kerusakan struktur dari rHDPE yang merupakan hasil daur ulang. Rumus kimia HDPE disajikan pada gambar 1 sedangkan spektra FTIR dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 1. Struktur HDPE

Sumber: Susianto, 2021

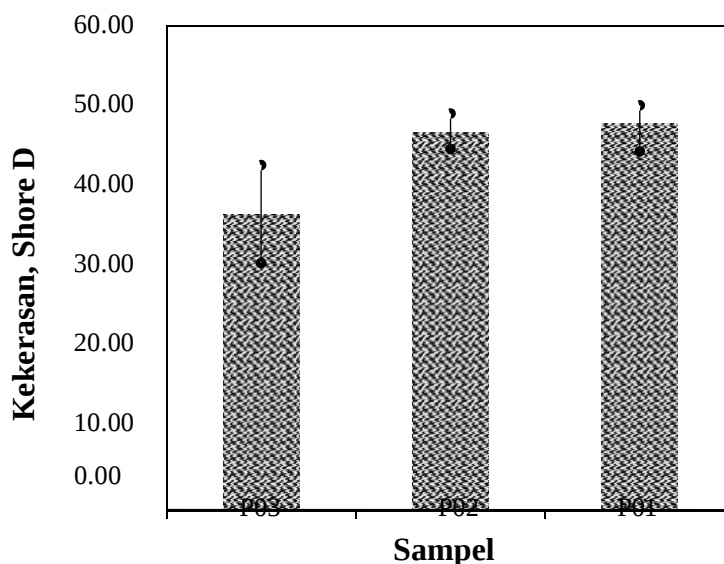


Gambar 2. Hasil pengujian FTIR

Berdasarkan gambar diatas terlihat bahwa sampel P01, P02 dan P03 memiliki puncak spektra yang mirip. Vibrasi pada spektra $718\text{-}730\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan keberadaan gugus -CH_2 (*rocking*), $1462\text{-}1473\text{ cm}^{-1}$ untuk gugus -CH_2 (*scissoring*), 2848 cm^{-1} untuk gugus -CH_2 (*stretching*) dan 2915 cm^{-1} untuk gugus -CH_2 (*stretching*) [8]. Hal ini memperlihatkan jika rHDPE yang merupakan bahan daur ulang tidak atau hanya sedikit mengalami kerusakan struktur kimia jika dibandingkan dengan HDPE murni. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan biji rHDPE masih efektif memiliki potensi tinggi untuk dicetak ulang menjadi produk kembali tanpa mengalami penurunan kualitas. Kerusakan rHDPE akibat mengalami degradasi pada saat mengalami pemanasan secara berulang ulang selama proses pencetakan tidak terlihat pada pengujian ini. Apabila terdapat kerusakan maka pada pengujian FTIR akan muncul vibrasi yang berbeda dengan milik HDPE murni.

PENGARUH TERHADAP KEKERASAN

Kekerasan merupakan kemampuan suatu material untuk menahan beban atau penekanan. Pengujian kekerasan menggunakan alat durometer yang bertujuan untuk mengukur ketahanan tingkat material terhadap *deformasi* plastik sehingga dapat menentukan kualitas material yang digunakan. Faktor yang mempengaruhi karakteristik plastik yaitu material, suhu dan tekanan [13]. Gambar 3 berikut menunjukkan hasil pengujian kekerasan dari ketiga sampel.

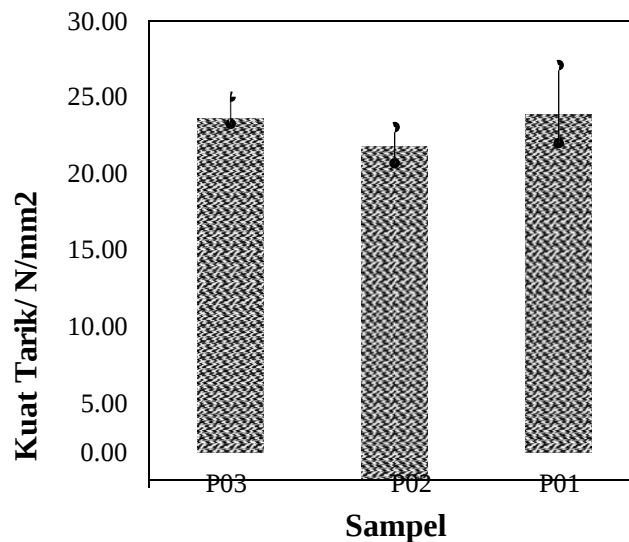


Gambar 3. Hasil Pengujian Kekerasan

Berdasarkan gambar 3 diatas terlihat bahwa sampel dengan HDPE murni memiliki nilai kekerasan paling tinggi dengan rata-rata 47,74 Shore D. Apabila dibandingkan dengan data FTIR, sebenarnya tidak banyak struktur HDPE yang rusak pada plastik daur ulang. Dengan demikian, perbedaan nilai ini lebih disebabkan oleh penggunaan aditif pewarna pada sampel P02 dan P03. Terlebih lagi, sampel P03 yang menggunakan zat warna paling banyak juga menunjukkan nilai kekerasan yang lebih rendah dibandingkan P02 dan P01. Sementara itu, ketiga nilai kekerasan dari sampel lebih rendah dibandingkan SNI 06-0939-2006 yaitu minimal 55 shore D. Hal tersebut bisa jadi dikarenakan pengaruh dari tipe resin HDPE yang digunakan.

PENGARUH TERHADAP KUAT TARIK

Kuat tarik merupakan tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh suatu bahan ketika ditarik sebelum bahan tersebut putus [11]. Hasil dari pengujian kuat tarik disajikan pada gambar 4 berikut ini.

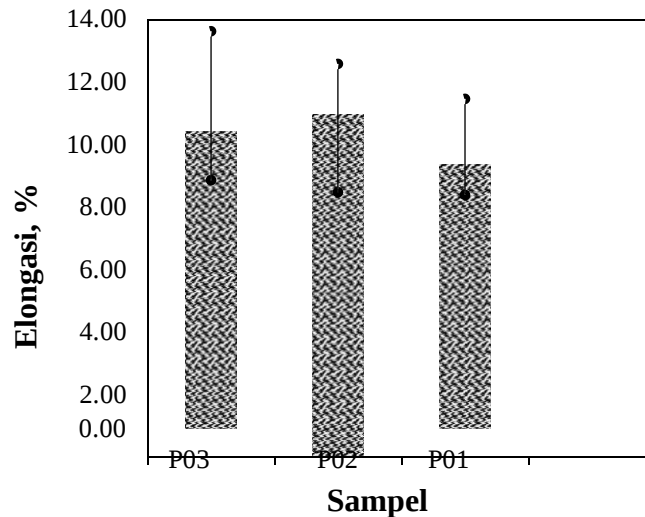


Gambar 4. Hasil Pengujian Kuat Tarik

Berdasarkan gambar 4 diatas terlihat bahwa sampel dengan HDPE murni (P01) memiliki nilai kuat tarik tertinggi yaitu 22,076 N/mm². Apabila dibandingkan, hasil pengujian ini memiliki nilai rata-rata yang hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan rHDPE dan pewarna tidak terlalu mempengaruhi nilai kuat tarik. Kuat tarik memiliki sifat intensif dimana nilainya tidak tergantung dari ukuran specimen sampel melainkan jenis materialnya [6]. Nilai kuat tarik dan perpanjangan putus lebih dipengaruhi oleh kandungan struktur kristalin dalam materialnya [9]. Dengan demikian, pengujian kuat tarik ini selaras dengan hasil FTIR, dimana gugus fungsi ketiga sampel identik sehingga nilai kuat tariknya pun hampir sama.

PENGARUH TERHADAP PERPANJANGAN PUTUS

Hasil dari pengujian perpanjangan putus disajikan pada gambar 5 berikut ini. Semakin tinggi nilai perpanjangan putus (elongasi), maka plastik tersebut semakin plastis sehingga bahan tersebut dapat ditarik lebih mulur [15].



Gambar 5. Hasil pengujian perpanjangan putus

Berdasarkan gambar 5 diatas terlihat bahwa sampel yang memiliki nilai rata-rata tertinggi yaitu sampel P02 sebesar 10,99%. Dengan material plastik yang relatif sama, maka perbedaan ini kemungkinan dipengaruhi oleh penggunaan zat aditif saat pemrosesan yaitu pewarna. Pencampuran plastik dan aditifnya yang tidak menghasilkan campuran homogen dapat mempengaruhi nilai perpanjangan putus [10]. Hasil pengujian elongasi ini sudah memenuhi dengan standar mutu SNI 06-0939-2006 yaitu nilai maksimal kemuluran 1.800 %.

KESIMPULAN

Hasil pengujian FTIR menunjukan jika plastik HDPE hasil daur ulang memiliki gugus fungsi yang mirip dengan HDPE murni. Vibrasi pada spektra $718-730\text{ cm}^{-1}$ menunjukan keberadaan gugus $-\text{CH}_2$ (*rocking*), $1462-1473\text{ cm}^{-1}$ untuk gugus $-\text{CH}_2$ (*scissoring*), 2848 cm^{-1} untuk gugus $-\text{CH}_2$ (*stretching*) dan 2915 cm^{-1} untuk gugus $-\text{CH}_2$ (*stretching*). Dengan demikian, terlihat bahwa kerusakan struktur yang berpotensi terjadi selama pemanasan berulang selama proses pencetakan tidak banyak merusak struktur kimia HDPE. Hal ini diperkuat dengan hasil pengujian kuat tarik antara ketiga sampel yang memberikan nilai tidak berbeda jauh, walaupun nilai kuat tarik tertinggi tetap dimiliki sampel HDPE murni (P01) yaitu 25.32 N/mm^2 . Sedangkan perbedaan pada hasil pengujian tingkat kekerasan dan perpanjangan putus turut dipengaruhi oleh keberadaan aditif pewarna yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Masyrurroh and I. Rahmawati, "PEMBUATAN RECYCLE PLASTIK HDPE SEDERHANA MENJADI ASBAK," *ABDIKARYA: Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, vol. 3, no. 1, Art. no. 1, Apr. 2021.
- [2] L. Lubena, D. Imelda, F. Naidir, N. Ratnawati, D. Samodrawati, and F. E. F, "Pengayaan Teknologi Pengelolaan Sampah Plastik Menuju Wirausaha Mandiri di Pondok Pesantren Riyadhul Huda Kampung Babakan Ciangsana Kabupaten Bogor," *Dedikasi: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 2, Art. no. 2, Jun. 2021, doi: 10.31479/dedikasi.v1i2.84.
- [3] E. H. M. Langga, M. W. Sya'bani, and R. B. S. Wulung, "PENGARUH SUHU DAN TEKANAN INJEKSI TERHADAP CACAT SHORT SHOT PRODUK POLIKARBONAT PADA MESIN INJECTION MOLDING:," *Berkala Penelitian Teknologi Kulit, Sepatu, dan Produk Kulit*, vol. 16, no. 2, Art. no. 2, Aug. 2017.
- [4] Y. Kusumastuti, N. R. E. Putri, D. Timotius, Muh. W. Syabani, and Rochmadi, "Effect of chitosan addition on the properties of low-density polyethylene blend as potential bioplastic," *Heliyon*, vol. 6, no. 11, p. e05280, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e05280.
- [5] J. Wahyudi, H. T. Prayitno, and A. D. Astuti, "PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN BAHAN BAKAR ALTERNATIF," *JL*, vol. 14, no. 1, pp. 58–67, May 2018, doi: 10.33658/jl.v14i1.109.
- [6] N. Afiati, A. K. Wibowo, and M. W. Syabani, "PENGARUH SUHU RUANGAN DAN KECEPATAN NIP ROLL TERHADAP KETEBALAN FILM PLASTIK HDPE," *Berkala Penelitian Teknologi Kulit, Sepatu, dan Produk Kulit*, vol. 20, no. 2, Art. no. 2, Feb. 2020.
- [7] Iswahyuni, I. Hermiyati, Suharyanto, U. F. Arifin, and D. N. Hidayati, "Physical-Mechanical Properties of Paving Block from Plastic Shopping Bags Waste and Sand," *Key Engineering Materials*, vol. 849, pp. 61–66, 2020, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.849.61.
- [8] J. Charles and G. R. Ramkumaar, "Qualitative Analysis of High Density Polyethylene Using FTIR Spectroscopy," *Asian J. Chem.*, vol. 21, no. 6, p. 8, 2009.
- [9] P. Pagès, *Thermal analysis: fundamentals and applications to material characterization : proceedings of the International Seminar: Thermal Analysis and Rheology : Ferrol, Spain, 30 Juny - 4 July 2003*. A Coruña: Universidade da coruña. Servizo de Publicacións, 2006.
- [10] M. W. Syabani, C. Devi, I. Hermiyati, and A. D. Angkasa, "The effect of PVC's resin K-value on the mechanical properties of the artificial leather," *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, vol. 35, no. 2, Art. no. 2, Jan. 2020, doi: 10.20543/mkkp.v35i2.5639.
- [11] Falaah, A. F., A. Cifriadi dan M. Chalid , 2015, Pengaruh Jenis Karet Alam terhadap Sifat Fisika Vulkanisat Karet untuk Produk Bantalan Jembatan, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, Hal. 69-76, ISSN:1411-1098.
- [12] Gunawan Therisia dan Mecaël Alexander Ferdhian. 2015. *Green Strategy Perusahaan Plastik dalam Menghadapi Regulasi Pemerintah*. Program Studi Administrasi Bisnis. Universitas Katolik Parahyangan. Bandung.

- [13] Hartono, M. 2012. Meningkatkan Mutu Produk Plastik Dengan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Industri*. Vol.13(01). Hal 93-100.
- [14] Wahyudi Jatmiko, dkk. 2018. Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Litbang*. Vol. XIV.No.1. Hal. 58- 67.
- [15] Yuliasih Indah dan Biantri Raynasari. 2014. Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Sifat Fisik Mekanik Kemasan Plastik Ritel. *Jurnal Departemen Teknologi Industri Pertanian*. 368-379