

Contents list available at [Sinta](https://sinta)

# ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin &amp; Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

## Analisis Kekuatan Mekanik Filamen 3D Printing Sampah Plastik Jenis Polylactid Acid dan Polypropylene

**Muhammad Luthfi Sonjaya<sup>1</sup>, Muh. Farid Hidayat<sup>2\*</sup>, Mahlina Ekawati<sup>3</sup>, Mutmainnah<sup>4</sup>**<sup>1</sup>Prodi Teknologi Mesin Industri Petrokimia, Politeknik Industri Petrokimia Bantaeng, Jl. Raya Karang bolong, Cikoneng, Kecamatan Anyar, Kabupaten Serang, Bantaeng, Indonesia<sup>2,3</sup>Prodi Teknik Perawatan Mesin, Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng, Jl. Poros Nipa-nipa Pa'jukukang, Kabupaten Bantaeng, Sulawesi Selatan, Indonesia<sup>4</sup>Prodi Otomasi Sistem Permesinan, Politeknik ATI Makassar, Jl. Sunu No. 220, Tallo, Kota Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia\*Penulis Korespondensi: [faridhidayat@akom-bantaeng.ac.id](mailto:faridhidayat@akom-bantaeng.ac.id)

### ARTICLE INFO

*Keywords:*  
*Plastic waste filament*  
*mechanical test*  
*polylactide acid*  
*polypropylene*

### ABSTRACT

*Waste from fossil fuels such as petroleum takes a long time to decompose, resulting in a buildup of plastic waste which impacts environmental damage. A study on the analysis of the mechanical strength of 3D printing filaments from PLA and PP plastic waste was carried out to recycle plastic waste that has added value and can replace PLA and PA plastic. Experimental testing was done to determine the mechanical strength of filaments from plastic waste. The material used is 3D Printer filament which is made from PLA and PP plastic waste which has been extruded in an extruder machine. The specimen process applies the CAD/CAM method and the printing of the specimen uses a 3D printer machine. The average maximum tensile stress on PLA plastic waste filaments was 16.47 N/mm<sup>2</sup> compared to PP tensile test results of only 14.63 N/mm<sup>2</sup>. The bending test resulted that the maximum bending stress for PLA plastic waste material is greater, 112 N/mm<sup>2</sup> compared to PP, which is only 81.33 N/mm<sup>2</sup>. The tensile and bending strength of PLA waste plastic filament is higher than that of PP plastic waste filament, indicating that PLA plastic waste filament is stronger than PP in terms of mechanical properties.*

\*Corresponding author: [faridhidayat@akom-bantaeng.ac.id](mailto:faridhidayat@akom-bantaeng.ac.id)DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v6i1.6385>

Received 12 July 2024; Received in revised form 18 March 2025; Accepted 19 March 2025

Available online 19 March 2025

## Pendahuluan

Peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya daur ulang sampah plastik merupakan hal yang perlu dioptimalkan. Plastik konvensional yang berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi membutuhkan waktu yang lama untuk terurai, sehingga berakibat penumpukan sampah plastik yang berdampak pada kerusakan lingkungan. Bukan hanya itu, penggunaan sampah plastik secara konsumtif oleh Masyarakat mengakibatkan jumlahnya semakin meningkat. Hal tersebut berbanding terbalik dengan tingkat pemanfaatan daur ulang pada sampah plastik [1].

Plastik saat ini merupakan salah satu isu lingkungan yang sangat diperhatikan oleh setiap negara di dunia. Sumber efek negatif dari plastik ialah *toxic* yang tersedia pada plastik itu sendiri [2]. Efek tersebut tentunya akan mempengaruhi keadaan lingkungan, manusia dan biota laut. Berdasarkan laporan penelitian yang ditulis oleh *College of Engineering, University of Georgia (UGA), USA*, bahwa sekitar 275 juta ton sampah plastik dihasilkan di 192 negara pesisir pada tahun 2010 yang mana dari 4,8 hingga 12,7 juta ton sampah plastik memasuki area lautan [3]. Dari penelitian tersebut, Indonesia merupakan negara terbesar kedua setelah China yang menghasilkan sampah plastik. Menurut data yang disusun oleh *The Ocean Cleanup Foundation, Belanda*, bahwa sampah plastik menyebar ke lautan melalui sungai sekitar 1,15 hingga 2,41 juta ton setiap tahunnya [4]. Umumnya 20 sungai yang terkena polusi merupakan sungai-sungai yang berlokasi di Asia. Dampak yang bisa ditimbulkan oleh keberadaan sampah plastik ialah pencemaran lingkungan karena polusi plastik bisa bertahan hingga bertahun-tahun lamanya [5].

Solusi yang dapat dilakukan adalah dengan mengolah kembali sampah plastik menjadi material konstruksi yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti batu bata, seperti batako [6]. Selain itu, cara strategis untuk mengontrol dan mencegah polusi

pada plastik ialah menerapkan manajemen sistem pengolahan sampah tersebut dengan sepuluh rekomendasi yang bisa dilakukan salah satunya mendaur ulang [7]. Proses daur ulang bisa menggunakan metode ekstrusi menggunakan mesin *extruder* dimana yang diperhatikan ialah suhu yang digunakan untuk melelehkan plastik [8]. Selain itu agar diperoleh hasil lelehan berupa filamen yang diinginkan dilakukan uji kekerasan filamen menggunakan alat *digital shore A Durometer Hardness* [9].

Pemanfaatan hasil ekstrusi plastik untuk digunakan menjadi filamen 3D Printer sudah banyak dilakukan. Perancangan alat *extruder* untuk pengembangan filamen plastik dari sampah plastik menggunakan screw dan silinder untuk proses ekstrusi [10]. Studi filamen 3D printer yang mana terbuat dari kertas kantor bekas terisi *polylactic acid* dibuat menjadi komposit dengan menghasikan sifat mekanis komposit tersebut [11].

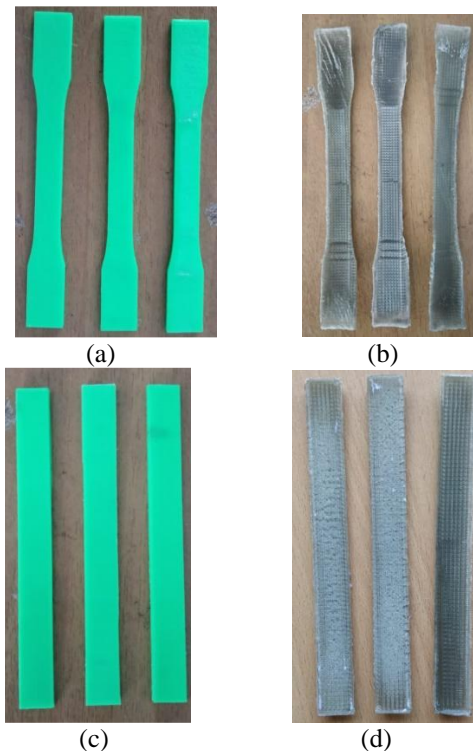
Dalam penelitian ini, akan dilakukan analisis sifat mekanis material 3D printer yang terbuat dari filamen sampah plastik jenis *Polylactid Acid (PLA)* dan *Polypropylene (PP)*. PLA merupakan jenis plastik *biodegradable* yang dapat terurai dalam waktu yang relatif singkat. Sementara itu, PP adalah salah satu jenis plastik yang umum digunakan dalam produksi barang-barang rumah tangga [12]. Oleh karena itu, studi tentang analisis kekuatan mekanik filamen *3D Printing* sampah plastik jenis PLA dan PP dilakukan.

## Metode Penelitian

Pengujian eksperimen dilakukan untuk mengetahui kekuatan mekanik filamen dari sampah plastik. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui perbandingan kekuatan tarik dan *bending* antara spesimen sampah plastik PLA dan spesimen sampah plastik PP. Adapun mesin yang digunakan dalam menguji spesimen ialah *universal testing machine (UTM)* dengan maksimum kekuatan 500 kN. Setiap filamen dibuatkan spesimen uji masing-masing 3 spesimen. Untuk uji tarik

menggunakan standar spesimen ASTM D638 dan untuk uji *bending* menggunakan standar spesimen ASTM D790-17.

Pembentukan spesimen dilakukan di mesin *3D printing*. Ukuran spesimen disesuaikan dengan standar ASTM terlihat pada gambar 1. Ukuran pada ASTM D638 memiliki panjang 165 mm dan tebal 3.2 mm. Adapun radius uji tarik sebesar 76 mm. Ukuran pada ASTM D790-17 dengan panjang 125 mm dan tebal sebesar 3.2 mm. Jumlah spesimen yang di bentuk ialah 6 spesimen untuk uji tarik yang mana 3 PLA dan 3 PP. Kemudian 6 spesimen untuk uji *bending* dimana 3 PLA dan 3 PP. Gambar spesimen terlihat pada gambar 1. Material yang digunakan ialah filamen 3D Printer yang berbahan dasar sampah plastik PLA dan PP yang telah dilakukan proses ekstrusi terlebih dahulu di mesin *extruder*.



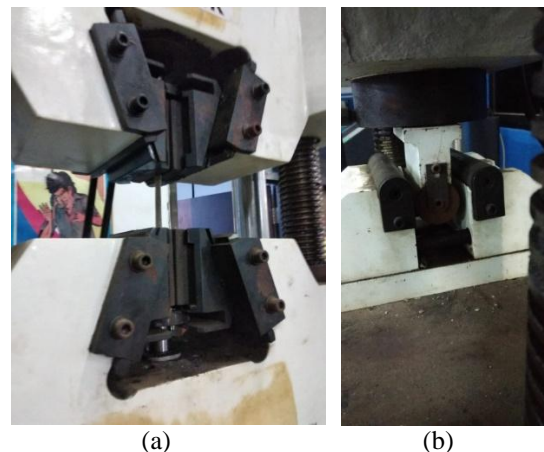
Gambar 1. Spesimen uji (a) tarik PLA, (b) tarik PP, (c) *bending* PLA, dan (d) *bending* PP

Proses pembentukan spesimen menerapkan metode CAD/CAM. Terlebih dahulu dilakukan perancangan di *software* CAD sesuai ukuran ASTM baik untuk uji tarik dan uji *bending*. Kemudian dilakukan proses penentuan pergerakan mesin 3D Printer menggunakan *software* CAM. Selanjutnya dari hasil *software* CAM akan

dikeluarkan program G-Code yang mana program tersebut akan menerjemahkan lintasan *nozzle* pada 3D Printer. Proses pembentukan spesimen terlihat pada gambar 2. Suhu selama proses pembentukan spesimen dari filamen sampah plastik ialah 230°C. Suhu pada meja mesin 3D Printer ialah 50°C. Persentase pengisi filamen dan kecepatan gerak mesin diatur 100%. Adapun ukuran *nozzle* ekstrusi sebesar 1 mm.



Gambar 2. Proses pembuatan spesimen pengujian dari filamen sampah plastik di mesin 3D printer



Gambar 3. (a) Pengujian Tarik, (b) Pengujian *bending*

Proses pengujian tarik dan *bending* dilakukan pada setiap spesimen dengan material sampah plastik PLA dan PP. Langkah uji tarik dilakukan dengan mencekam kedua sisi spesimen dan diberikan pembebanan secara vertikal. *Gripper* yang digunakan pada mesin memiliki permukaan yang kasar untuk mencekam spesimen. Sedangkan langkah

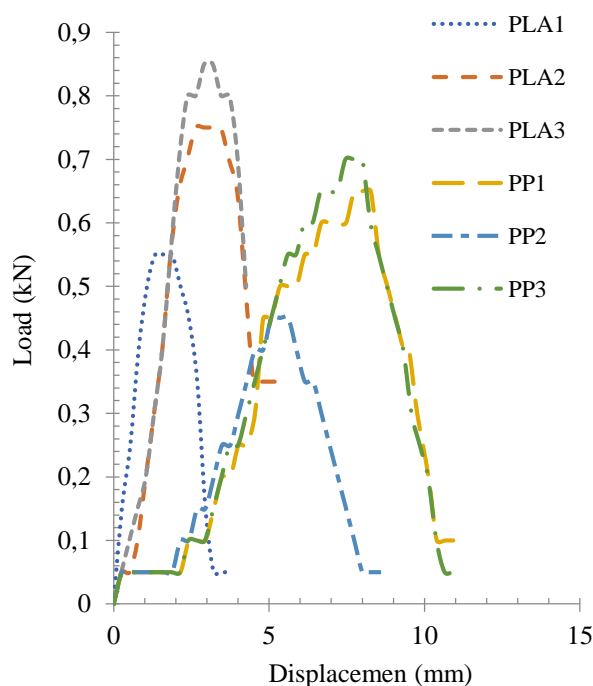
uji *bending* ialah dengan menempatkan spesimen pada 2 titik tumpuan secara horizontal. Kemudian diberikan pembebanan vertikal tepat di tengah spesimen.

### Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengujian, diperoleh grafik gaya *displacement* pada gambar 4. terlihat bahwa rata-rata beban puncak tertinggi didominasi oleh filamen PLA. Namun regangan yang terjadi pada filamen PLA lebih kecil dua kali dibandingkan dengan regangan maksimum untuk filamen PP. Selain itu, titik luluh dari filamen PP lebih besar dari filamen PLA. Terlihat titik luluh filamen PLA cenderung cepat mencapai titik maksimum patah.

Terlihat pada gambar 4 bahwa spesimen PP memiliki titik elastisitas yang besar jika dibandingkan spesimen PP. Hal tersebut dikarenakan spesimen PP1, PP2, dan PP3 menghasilkan deformasi yang lebar untuk mencapai ke titik *yield*.

Perhitungan dimensi uji tarik terlihat pada tabel 1 dan perhitungan dimensi uji bending terlihat pada tabel 3. Adapun perhitungan parameter uji tarik dan uji *bending* pada tabel 2 dan 4.



Gambar 4. Grafik gaya displasemen spesimen PLA dan PP

Terlihat pada tabel hasil pengujian tarik rata-rata tegangan tarik maksimum pada filamen sampah plastik PLA sebesar 16.47 N/mm<sup>2</sup> dibandingkan hasil uji tarik PP hanya sebesar 14.63 N/mm<sup>2</sup>. Adapun nilai regangan pada uji tarik dengan spesimen PP lebih besae dibanding PLA. Hal tersebut dikarenakan titik titik elastisitas yang besar terjadi pada deformasi spesimen.

Tabel 1. Dimensi uji tarik

Jenis Plastik	Spesimen	Dimensi (mm)				
		L0	L1	W	t	A0
PLA	1	57	58.8	12.5	3.1	38.75
	2	57	60.4	13.4	3.2	42.88
	3	57	60.1	13.7	3.5	47.95
PP	1	57	65	13.5	3.2	43.2
	2	57	62.6	12.1	3	36.3
	3	57	64.9	13.3	3.2	42.56

Tabel 2. Hasil parameter uji tarik

Jenis Plastik	Spesimen	Fmax (N)	Tegangan tarik maks (N/mm <sup>2</sup> )	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (N/mm <sup>2</sup> )
PLA	1	550	14.19	3%	431.2539
	2	750	17.49	6%	292.2804
	3	850	17.73	6%	317.3453
	Rata-rata		16.47		
PP	1	650	15.05	14%	107.1379
	2	450	12.4	10%	125.0419
	3	700	16.45	14%	117.2461
	Rata-rata		14.63		

Pada hasil uji *bending* terlihat hasil tegangan *bending* maksimum material sampah plastik PLA lebih besar 112 N/mm<sup>2</sup> dibandingkan PP hanya 81.33 N/mm<sup>2</sup>. Namun dari hasil patahan bahwa sampah plastik PP tidak ada patahan dibandingkan sampah plastik PLA. Hal tersebut terlihat bahwa nilai regangan pada uji tarik pada sampah plastik PP lebih tinggi dibanding sampah plastik PLA.

Terlihat pula perbandingan gaya maksimum dan tegangan bending maksimum yang dihasilkan. Semakin kecil nilai gaya maksimum maka tegangan bending maksimum yang didapatkan juga kecil. Hal tersebut berbanding lurus. Diketahui pada tabel 4 bahwa nilai gaya

maksimum untuk plastik PLA dengan spesimen 1 diperoleh tegangan bending sebesar 84.01 N/mm<sup>2</sup> yang mana gaya maksimumnya sebesar 50 N. Namun jika gaya maksimum yang didapatkan sebesar 100 N maka tegangan bending yang diperoleh akan tinggi seperti pada spesimen PLA 2 dan PLA 3.

Tabel 3. Dimensi uji *bending*

Jenis Plastik	Spesimen	Dimensi (mm)		
		L	W	t
PLA	1	125	12.4	3
	2	125	13.2	3.3
	3	124.6	13.3	3.4
PP	1	125.1	12.4	3.2
	2	125	12.1	3
	3	125	12.4	3

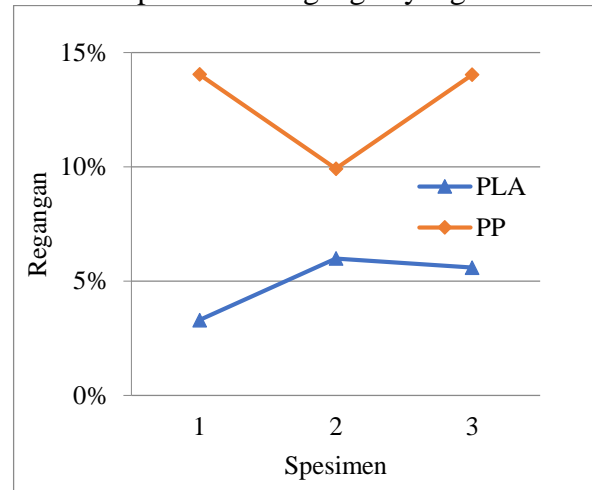
Tabel 4. Hasil parameter uji *bending*

Jenis Plastik	Spesimen	Fmax (N)	Tegangan Bending maks (N/mm <sup>2</sup> )	Keterangan
PLA	1	50	84.01	Patah
	2	100	130.44	Patah
	3	100	121.56	Patah
		Rata-rata	112	
PP	1	50	73.89	Tidak patah
	2	50	86.09	Tidak patah
	3	50	84.01	Tidak patah
		Rata-rata	81.33	

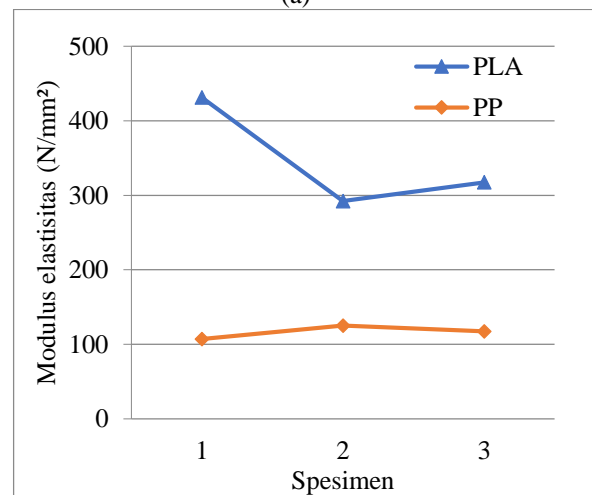
Regangan didapatkan dari pertambahan panjang spesimen dalam bentuk persentase. Pada gambar 5 (a) terlihat grafik regangan setiap spesimen baik itu dari filamen PLA dan PP. Spesimen PP memiliki regangan yang lebih besar dengan persentase 10 hingga 14%. Berbeda halnya dengan spesimen PLA yang hanya memiliki regangan hingga 6%.

Semakin tinggi nilai elastisitas suatu material maka semakin kecil regangan yang terjadi pada material tersebut. Sehingga pada grafik 5 (b) terlihat bahwa modulus elastisitas spesimen PLA lebih besar. Hal tersebut sesuai dengan nilai regangan kecil yang diperoleh oleh spesimen PLA. Begitupun sebaliknya,

spesimen PP memiliki nilai elastisitas rendah, oleh karena itu, spesimen PP memiliki persentase regangan yang besar.



(a)



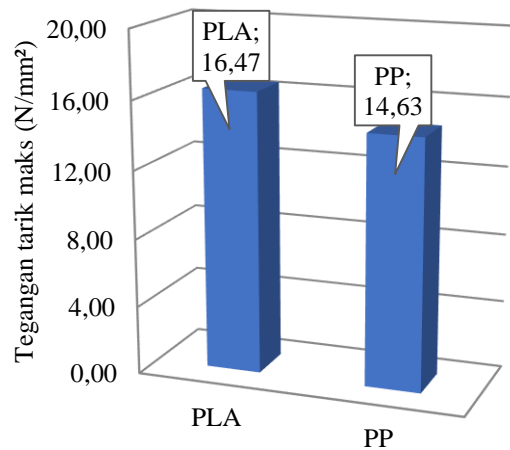
(b)

Gambar 5. (a) Persentase regangan setiap spesimen, (b) modulus elastisitas setiap filamen

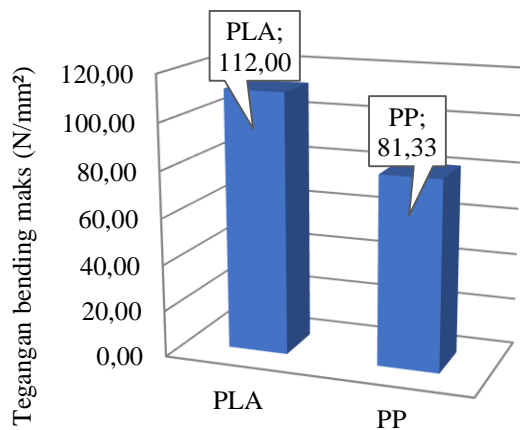
Tujuan dari pengujian mekanik dilakukan ialah untuk mengetahui kekuatan filamen sampah plastik yang dibandingkan dengan filamen PLA. Gambar 6 (a) menunjukkan nilai perbandingan kuat tarik dan kuat *bending* antara spesimen sampah plastik PP dan spesimen PLA. Dari perbandingan kuat tarik, diperoleh filamen sampah plastik PP memiliki nilai rata-rata tegangan tarik sebesar 14,63 N/mm<sup>2</sup>. Hasil tersebut hampir mendekati nilai rata-rata tegangan tarik untuk filamen PLA yaitu sebesar 16,47 N/mm<sup>2</sup>.

Begitupun juga perbandingan PLA dan PP untuk uji *bending* pada gambar 6 (b). Dari pengujian *bending* diperoleh tegangan

maksimum rata-rata *bending* untuk filamen PP sebesar 81,33 N/mm<sup>2</sup>. sedangkan untuk filamen PLA yang dijual dipasaran memiliki nilai tegangan *bending* maksimum sebesar 112 N/mm<sup>2</sup>. Dari perbandingan tersebut, filamen sampah plastik PP masih kurang sepertiga dari nilai tegangan *bending* maksimum untuk filamen PLA.



(a)



(b)

Gambar 6. Grafik perbandingan PLA dan PP untuk (a) kuat tarik, (b) tegangan *bending*

## Kesimpulan

Studi analisis uji mekanik filamen 3D Printer dari sampah plastik material PLA dan PP telah dilakukan dengan pengujian tarik dan *bending*. Hasil pengujian mekanik menunjukkan bahwa filamen sampah plastik PLA memiliki nilai beban puncak yang lebih tinggi dibandingkan dengan filamen sampah plastik PP, dengan PLA memiliki regangan yang lebih kecil namun titik

kegagalannya lebih cepat. Selain itu, kekuatan tarik dan lentur filamen sampah plastik PLA lebih tinggi dibandingkan filamen sampah plastik PP, menunjukkan bahwa filamen sampah plastik PLA lebih kuat dari PP dalam hal sifat mekanik.

## Referensi

- [1] S. Ahsan, R. Diniyah, and M. F. Firmana, "Sifat Mekanis dan Termal PLA dengan Filler TiO<sub>2</sub> dan ZnO," *J. Teknol. dan Manaj.*, vol. 20, no. 1, pp. 27–32, 2022, doi: 10.52330/jtm.v20i1.43.
- [2] A. Okunola A, O. Kehinde I, A. Oluwaseun, and A. Olufiropo E, "Public and Environmental Health Effects of Plastic Wastes Disposal: A Review," *J. Toxicol. Risk Assess.*, vol. 5, no. 2, 2019, doi: 10.23937/2572-4061.1510021.
- [3] J. R. Jambeck, Q. Ji, Y.-G. Zhang, D. Liu, D. M. Grossnickle, and Z.-X. Luo, "Plastic waste inputs from land into the ocean," *Science (80-. )*, vol. 347, no. 6223, pp. 764–768, 2015, doi: 10.1126/science.1260879.
- [4] L. C. M. Lebreton, J. Van Der Zwet, J. W. Damsteeg, B. Slat, A. Andrady, and J. Reisser, "River plastic emissions to the world's oceans," *Nat. Commun.*, vol. 8, pp. 1–10, 2017, doi: 10.1038/ncomms15611.
- [5] N. Karuniastuti, "Bahaya Plastik Terhadap Kesehatan dan Lingkungan," *Forum Teknol.*, vol. 03, no. 1, 2013.
- [6] L. Ni'mah, I. Syauqiah, and A. Suryani, "Karakteristik Batako Dari Limbah Botol Plastik," *J. Sains dan Terap. Kim.*, vol. 15, no. 2, p. 127, 2021, doi: 10.20527/jstk.v15i2.9864.
- [7] J. C. Prata *et al.*, "Solutions and integrated strategies for the control and mitigation of plastic and microplastic pollution," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 16, no. 13, pp. 1–19, 2019, doi: 10.3390/ijerph16132411.
- [8] M. Luthfi and M. Farid,

- “Construction and Analysis of Plastic Extruder Machine for Polyethylene Plastic Waste,” *EPI Internatinal J. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 132–137, 2020, doi: 10.25042/epi-ije.082020.07.
- [9] M. A. Chandra and M. F. Hidayat, “Kekerasan Filament Hasil Ekstrusi Berbahan Dasar Limbah Plastik Low Density Polythylene Dengan Metode Ekstrusi,” *J. Tematis (Teknologi, Manufaktur dan Ind.*, vol. 3, no. 2, pp. 50–58, 2022.
- [10] M. H. Wankhade and S. G. Bahaley, “Design and Development of Plastic Filament Extruder for 3D Printing,” *IRA-International J. Technol. Eng. (ISSN 2455-4480)*, 2018, doi: 10.21013/jte.v10.n3.p1.
- [11] Y. Tao, M. Liu, W. Han, and P. Li, “Waste office paper filled polylactic acid composite filaments for 3D printing,” *Compos. Part B Eng.*, vol. 221, no. July 2020, p. 108998, 2021, doi: 10.1016/j.compositesb.2021.108998.
- [12] P. Prakoso and S. S. Udjiana, “PEMBUATAN DAN KARATERISASI MATERIAL KONTRUKSI DARI LIMBAH PLASTIK LDPE (LOW DENSITY POLYETHYLENE) DAN PP (POLYPROPYLENE) DENGAN PENAMBAHAN KALSIUM KARBONAT (CaCO<sub>3</sub>),” *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 6, no. 2, pp. 439–444, 2023, doi: 10.33795/distilat.v6i2.152.