

Pengaruh Diameter Filamen Hasil Extrusi Biji Polyethylene Terephthalate Menggunakan Filamen Extruder Terhadap Kekuatan Tarik

Sidik Mulyono^a, Muhammad Nurul Musthofa^a, Yasya Khalif Perdana Saleh^{a,1}, Muhammad Luqman Saiful Fikri^a, I Nyoman Jujur^a, M. Untung Zaenal Priyadi^a, Mohamad Zaenudin^a, Adhes Gamayel^a

^aProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Depok, 16412

yasya@jgu.ac.id

ABSTRACT

The processing of PET plastic pellets has traditionally involved cleaning, shredding, and melting the material, but this approach often leaves room for inefficiencies and waste. Converting PET waste into 3D printer filaments is a novel solution that not only recycles plastic but also adds value by creating usable products. This method reduces plastic waste while supporting sustainable manufacturing practices by providing an alternative to virgin plastic. By integrating recycled PET into 3D printing, we can address environmental concerns and foster a circular economy. The objective of this research is to evaluate the mechanical properties of filaments produced by the filament extruder designed by Jakarta Global University, specifically by conducting tensile testing on the extruded samples. The methodology employed in this study involved performing tensile testing on filaments, each 1 meter in length and sectioned into 10 specimens, each with a length of 10 cm and a diameter of 1-1.3 mm. Among the 10 specimens, specimen 8 exhibited the highest tensile strength at 43.02 MPa, while specimen 7 demonstrated the lowest tensile strength at 23.07 MPa. The average tensile strength across the specimens was 31.72 MPa. Given that the standard tensile strength for filaments is 50 MPa, this indicates that the tensile strength of the tested filaments is suboptimal. The discrepancy may be attributed to the fact that the filament extruder produces filaments with dimensions that do not conform to the standard filament diameter of 1.75 mm.

Keywords: 3D Printer, PET (Polyethylene Terephthalate), Filament Extruder, Tensile Strength

Received 2 September 2024; **Presented** 2 Oktober 2024; **Publication** 20 Januari 2025

DOI: 10.71452/590648

PENDAHULUAN

Sampah plastik merupakan masalah yang dihadapi masyarakat Indonesia. Menurut riset Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2022 menyebutkan bahwa, tumpukan sampah nasional mencapai 21,1 juta ton pada tahun 2022. Dari total tersebut, 65,71% (13,9 juta ton) dapat dikelola, sedangkan 34,29% (7,2 juta ton) tidak dikelola dengan baik. Penggunaan plastik sekali pakai meningkat, menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Tidak hanya mencegah penggunaan plastik oleh individu [1]. Untuk memanfaatkan sampah plastik sebagai bahan daur ulang, diperlukan alat atau mesin untuk menghancurkan plastik [2]. Berbagai jenis plastik dapat didaur ulang, termasuk PET, HDPE, PVC, LDPE, PP, dan PS. Limbah botol plastik, yang termasuk jenis PET, memiliki sifat lembut, tahan air, dan transparan, serta mudah dicetak dan dapat didaur ulang menjadi filamen 3D printing [3]. Pada penelitian sebelumnya Nugroho dan Mahardika [4] menggunakan metode uji tarik digunakan untuk mengumpulkan data suhu *nozzle* pada nilai 205°C, 210°C, dan 215°C, sementara lebar ekstrusi 0,3 mm,

0,35 mm, dan 0,4 mm, serta kerapatan sebesar 25%, 50%, dan 75%. Kekurangan dalam penelitian hanya berfokus untuk meningkatkan sifat tarik PLA dengan mengoptimalkan parameter. Hasil analisis menunjukkan bahwa kekuatan tarik bahan secara signifikan dipengaruhi oleh kerapatan bahan pengisi, diikuti oleh suhu *nozzle*. Berbeda dengan peneliti sebelumnya Tylman dan Dzierzek [5] menggunakan variasi kerapatan 75%, lebar ekstrusi sebesar 0,3 mm, suhu *nozzle* sebesar 215°C dengan pola bahan isian segitiga. Filamen buatan sendiri dengan filamen lain diuji pada suhu PLA 80°C, BPET 115°C, PET-G 110°C, ABS 155°C. Menghasilkan Sampel *Akrylonitril butadiena stiren* (ABS) paling tahan. Sampel BPET sedikit lebih tahan dibandingkan filamen PET-G biasa. Tes diulang tiga kali dengan efek serupa. Pengujian tersebut tidak menggunakan standar uji tarik mengakibatkan ketidakakuratan serta kesalahan dalam proses pengujian. Peneliti berikutnya membuat filamen menggunakan mesin ekstruder filamen 3D printer dengan bahan limbah plastik poliamida-6 (PA6). Dibuat menjadi filamen dengan diameter 1,75 mm. Serupa dengan peneliti sebelumnya, tidak menggunakan standar uji tarik mengakibatkan filamen yang dipasaran lebih

bagus dibandingkan filamen yang dibuat sendiri [6]. Di tahun berikutnya peneliti mengambil data dengan kerapatan 100%, 75%, 50%, 25% terhadap hasil spesimen. Pembentukan spesimen menggunakan mesin Ender 3D printer untuk dilakukan uji tarik, dengan kecepatan cetak 25-30%. Filamen yang dihasilkan berukuran 1,5mm dengan keadan berongga ditengah filamen. [7]. Pada tahun yang sama pengujian tarik menggunakan filamen *Akrylonitril butadiena stiren* (ABS) dilakukan dengan 3 kecepatan yang berbeda yaitu 5 mm/menit, 25 mm/menit dan 50 mm/menit dan ketebalan lapisan 0,1 mm, 0,2 mm dan 0,4 mm. Pembuatan spesimen tidak memberi tahu jenis isian yang digunakan. Setelah pengujian dilakukan pada kecepatan pengujian 25 mm/menit dan 50 mm/menit menghasilkan kerusakan gaya getas [8]. Selanjutnya, Saleh [9] melakukan penelitian terkait pembuatan filament maker yang digunakan untuk mengolah sampah botol plastik melalui proses pemotongan menjadi pita ukuran 1 cm yang selanjutnya dilakukan proses forming dengan kecepatan 30,2 rpm dengan beban tarik sebesar 35,79 N menggunakan ekstrusi pada panas tertentu. Dari semua penelitian ini berfokus pada berbagai aspek dari pembuatan dan pengujian filamen untuk aplikasi cetak 3D, mulai dari parameter proses ekstrusi, jenis bahan, hingga metode pengujian. Namun, penelitian-penelitian tersebut belum secara spesifik mengeksplorasi pengaruh diameter filamen hasil ekstrusi terhadap kekuatan tarik, khususnya pada bahan polyethylene terephthalate (PET). Oleh karena penelitian ini dengan tema “Pengaruh Diameter Filamen Hasil Extrusi Biji Polyethylene Terephthalate Menggunakan Filamen Extruder Terhadap Kekuatan Tarik”

METODOLOGI

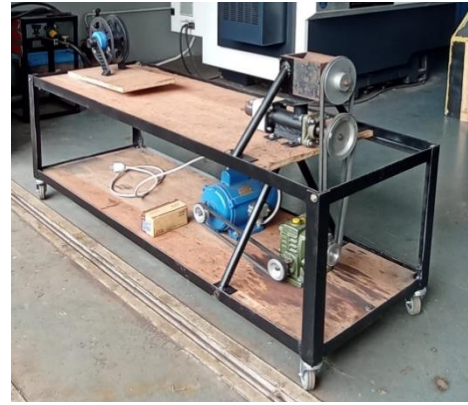
1. Objek Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan mesin pencacah filamen ekstruder 3D Printer. Dimana bahan yang digunakan menggunakan biji plastik PET menghasilkan filamen kemudian dilakukan pengujian tarik dari hasil mesin tersebut.

2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Mesin filamen ekstruder 3D Printer dimana mesin ini digunakan untuk membuat filamen dengan ukuran *nozzle* 2 mm, sehingga *nozzle* yang dihasilkan 1,75 karena mengalami penyusutan ketika proses penarikan.



Gambar 1. Mesin filamen ekstruder

- b. Mesin Uji Tarik Model HT-2402 digunakan untuk pengujian tarik dari hasil spesimen yang dihasilkan oleh mesin filamen ekstruder



Gambar 2. Mesin uji tarik model HT-24-02

- c. Biji plastik PET



Gambar 3. Biji plastik PET

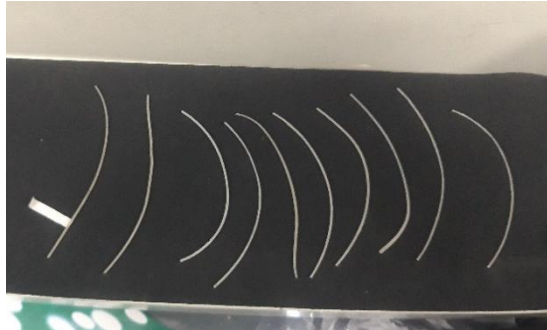
3. Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan tahap-tahap sebagai berikut:

- a. Melakukan proses persiapan alat dan bahan.
- b. Bahan yang sudah siap dimasukkan kedalam mesin ekstrusi kemudian akan didorong oleh *screw*.
- c. Material yang sudah terdorong menuju *nozzle* akan keluar dikarenakan dipanaskan hingga suhu 260 degree.
- d. Selanjutnya material yang keluar ditarik hingga membentuk filamen.
- e. Lalu filamen yang terbentuk dipotong, diukur diameternya dan diuji tarik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil filamen yang dihasilkan oleh mesin filamen ekstruder menghasilkan diameter yang berbeda-beda. Kemudian filamen tersebut diambil sepanjang 1 meter dengan variasi diameter yang berbeda, dari 1 meter di potong menjadi 10 bagian, dari setiap bagian dengan panjang 10 cm.

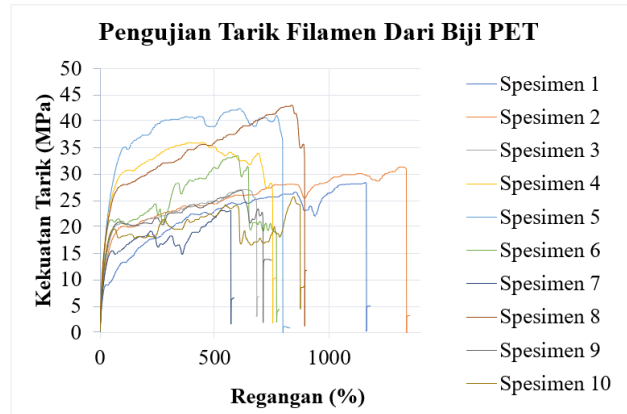


Gambar 4. 10 Spesimen



Gambar 5. Spesimen dengan panjang 10 cm

Langkah selanjutnya dalam penelitian ini mencari tahu kekuatan filamen dari biji PET yang dihasilkan menggunakan mesin pencacah filamen ekstruder dengan cara pengujian tarik. Sebelum melakukannya dilakukan perhitungan diameter.



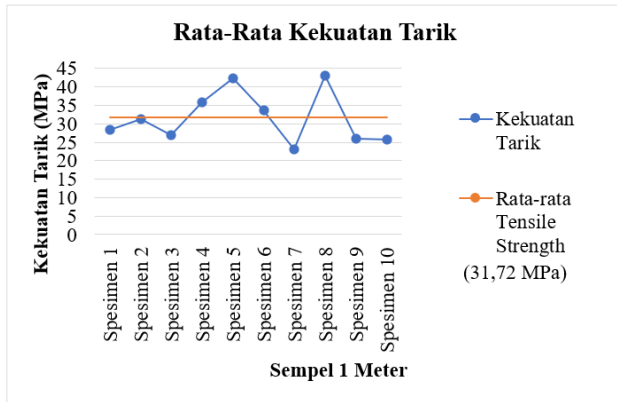
Gambar 6. Grafik spesimen 1-10

Pada pengujian tarik, diperoleh hasil perbandingan kekuatan tarik terhadap spesimen 1 hingga 10 dengan diameter 1,1 mm. Berdasarkan data yang diperoleh, kekuatan tarik dan regangan masing-masing spesimen adalah sebagai berikut:

Nama	Kekuatan tarik	Regangan
Spesimen 1	28,33 MPa	1164%
Spesimen 2	31,32 MPa	1339%
Spesimen 3	27,03 MPa	686%
Spesimen 4	35,94 MPa	755%
Spesimen 5	42,27 MPa	799%
Spesimen 6	33,47 MPa	772%
Spesimen 7	23,07 MPa	572%
Spesimen 8	43,02 MPa	894%
Spesimen 9	26,09 MPa	713%
Spesimen 10	25,67 MPa	876%

Gambar 7. Kekuatan tarik dan regangan

Berdasarkan grafik hasil uji tarik, dapat disimpulkan bahwa spesimen 8 memiliki kekuatan tarik tertinggi dibandingkan spesimen lainnya yaitu sebesar 43,02 MPa sedangkan terendah pada spesimen 7 yaitu 23,02 MPa. Pada spesimen 2 mengalami nilai regangan tertinggi sebesar 1339% sedangkan terendah pada spesimen 7 yaitu 572%. Secara grafik data hasil uji tarik yang kuat terdapat pada spesimen 8 dari pada spesimen lainnya dan spesimen 2 yang paling meregang. Selanjutnya untuk melihat rata-rata kekuatan tarik dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 8. Grafik rata-rata kekuatan tarik spesimen 1-10

Dari rata-rata kekuatan tarik yang dihasilkan dari 10 spesimen adalah 31,72 MPa. Dengan adanya rata-rata ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa material yang diuji memiliki karakteristik mekanis yang bervariasi, namun tetap berada dalam rentang yang menunjukkan kekuatan tarik yang kurang baik. Mengingat bahwa kekuatan tarik standar untuk filamen adalah 50 MPa, ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik filamen yang diuji kurang optimal. Ketidakesesuaian ini mungkin disebabkan oleh fakta bahwa mesin ekstruder filamen menghasilkan filamen dengan dimensi yang tidak sesuai dengan diameter filamen standar yaitu 1,75 mm.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa hasil dari uji tarik 1 meter mempunyai kekuatan tarik tertinggi pada spesimen 8 yaitu 42,03 MPa sedangkan terendah ada pada spesimen 7 yaitu 23,07 MPa dengan rata-rata kekuatan tarik dari 10 spesimen yaitu 31,72 Mpa. Ketidakesesuaian dengan standar hasil kekuatan tarik yaitu 50 Mpa mungkin disebabkan oleh fakta bahwa mesin ekstruder filamen menghasilkan filamen dengan dimensi yang tidak sesuai dengan diameter filamen standar yaitu 1,75 mm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami haturkan kepada Universitas Global Jakarta atas dukungannya selama dilaksanakannya proyek ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] G. Hendrarto, "7,2 Juta Ton Sampah di Indonesia Belum Terkelola Dengan Baik." Accessed: Oct. 28, 2023. [Online]. Available: <https://www.kemenkopmk.go.id/72-juta-ton->

sampah-di-indonesia-belum-terkelola-dengan-baik

[2] A. Abdurachman, F. Alamsyah, and Y. C. Utama, "RANCANGAN DAN SIMULASI MESIN PENCACAH SAMPAH PLASTIK JENIS PETE DAN LDPE METODE 'SINGLE GROUP CUTTER,'" 2020.

[3] Gianeco, "HOW IS PLA RECYCLING PROCESS?" Accessed: Jan. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.gianeco.com/en/faq-detail/1/43/how-is-pla-recycling-process-#:~:text=Gianeco%20collects%20and%20recycle%20PLA,printing%2C%20compounds%20and%20other%20applications.>

[4] A. W. Nugroho and A. H. Mahardika, "Improving the tensile properties of 3D printed PLA by optimizing the processing parameter," *Journal of Energy, Mechanical, Material, and Manufacturing Engineering*, vol. 4, no. 1, 2019.

[5] I. Tylman and K. Dzierzek, "Filament for a 3D Printer from Pet Bottles- Simple Machine," *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, pp. 1386–1392, 2020, doi: 10.18178/ijmerr.9.10.1386-1392.

[6] T. Hachimi, N. Naboulsi, F. Majid, R. Rhanim, I. Mrani, and H. Rhanim, "Design and Manufacturing of a 3D printer filaments extruder," in *Procedia Structural Integrity*, Elsevier B.V., 2021, pp. 907–916. doi: 10.1016/j.prostr.2021.10.101.

[7] P. Aryanto, "PENGARUH SUHU DAN ANALISIS KEKUATAN MATERIAL PET (POLYETHYLENE TEREPHTHALATE) TERHADAP EKSTRUSI PADA MESIN FILAMEN MAKER 3D PRINTER," 2022.

[8] B. Ergene and Ç. Bolat, "An Experimental Investigation on The Effect of Test Speed on The Tensile Properties of The PETG Produced by Additive Manufacturing," *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, vol. 6, no. 2, pp. 250–260, Aug. 2022, doi: 10.46519/ij3dptdi.1069544.

[9] Y. K. P. Saleh, M. Zaenudin, M. M. Al Azzam, A. K. Bakar, and A. N. Haryudiniarti, "Filament maker design for Polyethylene Terephthalate(PET) plastic bottle recycling," 2024, p. 060009. doi: 10.1063/5.0218078.