

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

ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

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

Pengembangan Filamen 3D Printing dari Strip Sampah Plastik Polyethylene Terephthalate Daur Ulang

Muhammad Ali Chandra^{1*}, Muh. Farid Hidayat²¹Prodi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Bosowa, Jalan Kapasa Raya No 23 Makassar²Prodi Teknik Perawatan Mesin, Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng, Jalan Poros Nipa-nipa Bantaeng

ARTICLE INFO

Keywords:

Polyethylene Terephthalate
3D printing filament
Recycling

ABSTRACT

Polyethylene Terephthalate (PET) plastic waste is one of the most common types of waste whose volume continues to increase and poses a significant threat to the environment. This study aims to develop 3D printing filament from recycled PET bottle waste strips and evaluate the effect of printing parameters on the print quality produced using Fused Deposition Modeling (FDM) technology. An experimental method was employed, consisting of cleaning, drying, cutting PET bottles into strips measuring 8–12 mm, filament extrusion at a temperature of 220°C, and specimen printing using nozzle temperature variations of 255°C, 265°C, 275°C, and 285°C, combined with bed temperatures of 50°C and 70°C. The results showed that the produced filament had a diameter ranging from 1.65 to 1.80 mm, which is close to the commercial filament standard of 1.75 mm. The print quality was influenced by the combination of nozzle and bed temperatures.

Pendahuluan

Teknologi manufaktur aditif (*additive manufacturing*) telah banyak digunakan oleh industri karena keunggulan utamanya ialah fleksibel untuk prototipe dan produk fungsional. Selain itu, teknologi ini banyak digunakan karena memiliki keunggulan lainnya berupa biaya produksi yang relatif rendah, kemudahan pengoperasian, serta kemampuan menghasilkan bentuk yang kompleks [1], [2]

Limbah plastik PET merupakan jenis sampah plastik yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat sehingga perlu dimanfaatkan salah satunya sebagai bahan baku filamen *3D printing* dari botol plastik PET [3], [4]. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan rancangan mesin pembuat filamen limbah botol plastik PET dimana dapat dicetak menggunakan mesin *Fused Deposition Modeling* (FDM) [5]–[7]. Penelitian sebelumnya juga menghasilkan filamen PET daur ulang dimana bentuk

*Corresponding author: ali.chandra@politeknikbosowa.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i2.11927>

Received 10 June 2026; Received in revised form 17 June 2026; Accepted 19 June 2026

Available online 1 September 2026

sebelumnya dari cacahan plastik yang dilakukan proses ekstrusi [8].

Meskipun limbah PET memiliki potensi sebagai bahan baku filamen *3D printing*, kualitas filamen hasil daur ulang masih menjadi tantangan. Beberapa penelitian melaporkan bahwa filamen hasil daur ulang PET memiliki potensi sebagai material *3D printing* yang berkelanjutan, meskipun variasi diameter filamen masih menjadi tantangan dalam mencapai sifat mekanik yang optimal [9]. Selain itu, kandungan kelembapan pada filamen merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan proses pencetakan 3D dan dapat menyebabkan munculnya cacat pada produk yang dihasilkan [10].

Selain kualitas filamen, parameter pencetakan juga berperan penting dalam menentukan kualitas produk yang dihasilkan. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kualitas cetak filamen PET daur ulang sangat dipengaruhi oleh temperatur *nozzle*, temperatur *bed*, dan kecepatan cetak yang digunakan [11], [12]. Filamen *3D printing* yang dihasilkan dari limbah plastik daur ulang menunjukkan kekuatan tarik dan kekuatan lentur yang cukup baik sehingga berpotensi menjadi alternatif material cetak yang berkelanjutan [13]. Perbedaan jenis material filamen dapat mempengaruhi kualitas hasil cetak 3D, termasuk tingkat akurasi, kejelasan, dan kesempurnaan produk yang dihasilkan [14], [15].

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kualitas filamen dan parameter pencetakan mempengaruhi kualitas hasil cetak 3D, namun sebagian besar masih menggunakan filamen komersial dan limbah PET yang di cacah (*shredded*) sebelum diekstrusi menjadi filamen. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan filamen *3D printing* dari strip sampah plastik PET daur ulang dan mengevaluasi pengaruh parameter pencetakan terhadap

kualitas hasil cetak dan munculnya cacat pencetakan pada *printer* FDM.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk mengembangkan dan mengevaluasi filamen *3D printing* berbasis limbah plastik PET. Metode ini digunakan karena penelitian berfokus pada proses pengolahan limbah plastik menjadi filamen serta pengujian kualitas hasil pencetakan menggunakan variasi parameter pencetakan pada mesin *3D printer*. Tahapan penelitian diawali dengan proses preparasi bahan baku berupa limbah botol plastik PET yang meliputi pengumpulan, pemilahan, pencucian, pemotongan, dan pengeringan material. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh bahan baku yang bersih, homogen, dan memiliki kadar air rendah sehingga dapat meminimalkan cacat selama proses ekstrusi.

Material PET yang telah dipersiapkan kemudian diproses menggunakan mesin ekstruder untuk menghasilkan filamen dengan diameter mendekati standar filamen *3D printing* komersial yaitu 1,75 mm. Proses ekstrusi dilakukan menggunakan pengaturan suhu tertentu agar material PET dapat meleleh secara optimal dan menghasilkan filamen yang stabil. Filamen hasil ekstrusi selanjutnya digunakan pada mesin *3D printer* tipe FDM. Pada tahap pencetakan dilakukan variasi parameter suhu *nozzle* dan suhu *bed* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kualitas hasil cetak. Hasil pencetakan kemudian dianalisis berdasarkan kualitas permukaan, adhesi antar *layer*, tingkat *warping*, serta keberhasilan proses pencetakan.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi mesin pemotong, mesin ekstrusi, dan mesin 3D printer. Mesin pemotong digunakan untuk memotong limbah botol plastik PET menjadi strip plastik dengan ukuran tertentu agar mempermudah proses pelelehan pada mesin ekstrusi. Ukuran strip plastik yang dihasilkan berkisar antara 8–12 mm sehingga distribusi material menjadi lebih

seragam. Mesin ekstrusi digunakan untuk mengolah limbah plastik PET menjadi filamen melalui proses pemanasan dan pembentukan ulang material secara kontinu. Material plastik dimasukkan melalui pengarah strip plastik, kemudian dilelehkan di dalam pemanas dan didorong menggunakan sistem *gear* penarik *spool* menuju *nozzle* untuk membentuk filamen dengan diameter tertentu. Filamen yang keluar dari *nozzle* selanjutnya didinginkan pada suhu ruang dan ditarik secara konstan untuk memperoleh diameter yang relatif seragam sebelum digulung pada *spool*.



Gambar 1. Gambar pemotong strip plastik



Gambar 2. Mesin Ekstrusi

Mesin *3D printer* tipe FDM digunakan untuk mencetak spesimen uji menggunakan filamen hasil ekstrusi. Proses pencetakan diawali dengan pembuatan desain spesimen menggunakan perangkat lunak *Computer-Aided Design (CAD)*, kemudian model diproses pada perangkat lunak *slicer* untuk menghasilkan lintasan pencetakan dan dikonversi menjadi file *G-Code* sebelum dikirim ke mesin *3D printer*. Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu botol plastik PET bekas sebagai bahan baku filamen dan air bersih yang digunakan untuk

membersihkan botol plastik dari sisa kotoran.



Gambar 3. Mesin 3D Printer

Prosedur penelitian diawali dengan tahap persiapan bahan baku. Botol plastik PET bekas dikumpulkan dari limbah kemasan minuman kemudian dipilih berdasarkan kondisi fisik yang masih baik dan dipilah berdasarkan warna untuk mengurangi kontaminasi material. Botol plastik selanjutnya dibersihkan menggunakan air untuk menghilangkan sisa cairan, debu, dan label yang menempel pada permukaan plastik. Setelah proses pembersihan selesai, botol plastik dipotong menjadi strip plastik menggunakan alat pemotong khusus dengan lebar sekitar 8–12 mm agar mempermudah proses pelelehan pada mesin ekstrusi. Strip plastik PET kemudian dikeringkan untuk mengurangi kandungan air pada material agar mudah menyerap kelembapan udara yang dapat menyebabkan terbentuknya gelembung selama proses ekstrusi.

Tabel 1. Parameter *3D Printer*

Parameter	Nilai
<i>Nozzel</i>	255°C, 265°C, 275°C dan 285°C
<i>Bed</i>	50°C dan 70°C
<i>Infill pattern</i>	<i>Rectilinear</i>
<i>Density fill</i>	50%
Ketinggian <i>layer</i>	0,2mm

Tahap berikutnya adalah proses pembuatan filamen. Strip plastik PET dimasukkan ke dalam pengarah mesin ekstrusi kemudian mesin dipanaskan hingga mencapai suhu 220°C. Material PET yang meleleh dialirkan melalui *nozzle* untuk

membentuk filamen dengan diameter tertentu. Filamen yang keluar dari *nozzle* didinginkan pada suhu ruang dan ditarik secara konstan untuk memperoleh diameter yang seragam sebelum digulung pada *spool*. Filamen hasil ekstrusi kemudian digunakan sebagai material pencetakan pada mesin 3D printer tipe FDM. Proses pencetakan dilakukan menggunakan spesimen berbentuk kubus berukuran $20 \times 20 \times 20$ mm. Pada tahap ini dilakukan variasi parameter pencetakan berupa suhu *nozzle* 255°C , 265°C , 275°C , dan 285°C serta suhu *bed* 50°C dan 70°C . Setiap temperatur *nozzle* dikombinasikan dengan kedua temperatur *bed*. Variasi parameter tersebut dilakukan untuk menentukan kondisi optimum pencetakan filamen PET daur ulang.

Tahap evaluasi dilakukan terhadap kualitas filamen dan hasil *3D printing*. Pengamatan meliputi kestabilan diameter filamen hasil ekstrusi, kualitas permukaan filamen, kualitas hasil cetakan, adhesi antar *layer*, *warping*, serta munculnya *stringing* pada hasil cetak. Data hasil pengujian dianalisis secara kuantitatif dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah interpretasi hasil penelitian.

Hasil dan Pembahasan



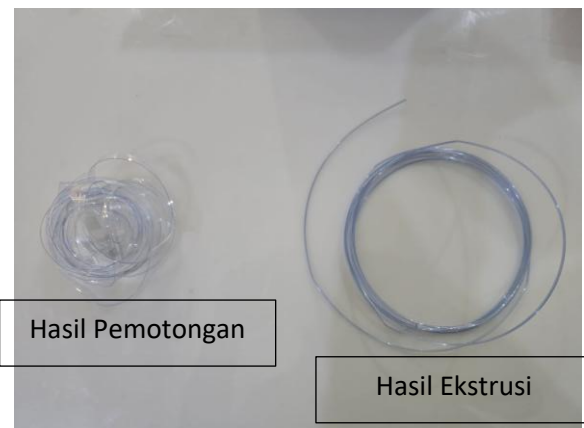
Gambar 4. Alat ekstrusi filamen *3D Printing*

Penelitian ini diawali dengan proses pengolahan limbah botol plastik PET yang meliputi tahap pembersihan dari kotoran dan sisa label, pengeringan, serta pemotongan menggunakan alat potong khusus. Tahapan

ini bertujuan untuk memperoleh material PET yang relatif bersih dan seragam sebelum diproses lebih lanjut. Material PET hasil pemotongan kemudian diekstrusi menjadi filamen *3D printing* menggunakan mesin ekstrusi yang ditunjukkan pada Gambar 4 dengan suhu ekstrusi paling ideal sebesar 220°C .



Gambar 5. Proses pencetakan



Gambar 6. Hasil pemotongan dan hasil ekstrusi filamen

Proses ekstrusi filamen dilakukan dengan memanfaatkan sampah botol plastik jenis PET yang sebelumnya telah dipotong memanjang menggunakan alat pemotong khusus. Proses pemotongan menghasilkan strip plastik dengan lebar rata-rata sekitar 8–12 mm. Ukuran strip yang relatif seragam bertujuan untuk mempermudah proses pelelehan pada ekstrusi sehingga aliran

material menjadi lebih stabil selama proses pembentukan filamen.

Hasil proses ekstrusi menunjukkan bahwa alat ekstrusi yang dikembangkan mampu menghasilkan filamen dengan diameter berkisar antara 1,65–1,80 mm. Nilai tersebut masih mendekati standar umum filamen 3D printing komersial yaitu 1,75 mm. Meskipun masih terdapat sedikit ketidakseragaman diameter, filamen yang dihasilkan tetap dapat digunakan pada proses pencetakan menggunakan pencetak tipe FDM. Variasi diameter filamen dipengaruhi oleh kestabilan suhu pemanasan, kecepatan penarikan filamen, dan konsistensi ukuran strip plastik yang masuk ke dalam ekstrusi.

Selain diameter, permukaan filamen juga dianalisis secara visual. Filamen hasil ekstrusi memperlihatkan permukaan yang cukup halus dengan sedikit cacat berupa gelembung kecil. Hal ini diduga berasal dari padatan bulat filamen pada material plastik meskipun telah melalui proses pengeringan. Secara keseluruhan, hasil ekstrusi menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan mampu mengolah sampah plastik menjadi filamen yang layak digunakan pada proses pencetakan 3D printing.

Filamen hasil ekstrusi selanjutnya diuji melalui proses pencetakan menggunakan printer 3D tipe FDM. Spesimen uji berbentuk kubus berukuran 20 × 20 × 20 mm digunakan untuk mengevaluasi kualitas hasil cetak, disertai beberapa model benda sederhana lainnya. Parameter pencetakan divariasikan pada suhu *nozzle* dan suhu *bed* untuk mengetahui kondisi optimum pencetakan filamen PET daur ulang.

Selain diameter, permukaan filamen juga dianalisis secara visual. Filamen hasil ekstrusi memperlihatkan permukaan yang cukup halus dengan sedikit cacat berupa gelembung kecil. Hal ini diduga berasal dari padatan bulat filamen pada material plastik meskipun telah melalui proses pengeringan. Secara keseluruhan, hasil ekstrusi menunjukkan bahwa alat yang

dikembangkan mampu mengolah sampah plastik menjadi filamen yang layak digunakan pada proses pencetakan 3D printing.

Tabel 2. Hasil variasi parameter pencetakan

Temperatur <i>Nozzle</i>	Temperatur <i>Bed</i>	Hasil Cetak
255°C	50°C	Gagal Cetak
	70°C	Cetakan melengkung kemas
265°C	50°C	Gagal cetak
	70°C	Hasil lebih stabil namun ada lapisan tidak seragam (<i>layer shifting</i>)
275°C	50°C	Cetakan sedikit terangkat
	70°C	Hasil sangat baik
285°C	50°C	Terdapat cetakan benang plastik tipis
	70°C	Terdapat cetakan benang plastik tipis

Selain diameter, permukaan filamen juga dianalisis secara visual. Filamen hasil ekstrusi memperlihatkan permukaan yang cukup halus dengan sedikit cacat berupa gelembung kecil. Hal ini diduga berasal dari padatan bulat filamen pada material plastik meskipun telah melalui proses pengeringan. Secara keseluruhan, hasil ekstrusi menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan mampu mengolah sampah plastik menjadi filamen yang layak digunakan pada proses pencetakan 3D printing.

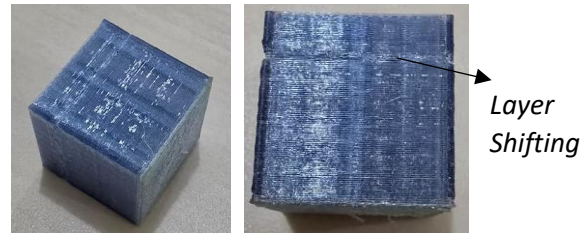
Filamen hasil ekstrusi selanjutnya diuji melalui proses pencetakan menggunakan printer 3D tipe FDM. Spesimen uji berbentuk kubus berukuran 20

× 20 × 20 mm digunakan untuk mengevaluasi kualitas hasil cetak, disertai beberapa model benda sederhana lainnya. Parameter pencetakan divariasikan pada suhu *nozzle* dan suhu *bed* untuk mengetahui kondisi optimum pencetakan filamen PET daur ulang.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu *nozzle* dan suhu *bed* sangat mempengaruhi kualitas cetakan. Pada suhu *nozzle* rendah 255°C, material belum meleleh secara sempurna sehingga adhesi layer rendah dan hasil cetak gagal terbentuk dengan baik. Peningkatan suhu *nozzle* hingga 265°C menghasilkan aliran material yang lebih stabil, namun masih ditemukan gejala *warping* terutama ketika suhu *bed* hanya 50°C.

Pada penelitian sebelumnya, suhu pencetakan optimum filamen PET daur ulang yang diproduksi dari cacahan botol plastik dilaporkan sebesar 190°C [8]. Berbeda dengan hasil tersebut, kualitas cetak terbaik pada penelitian ini diperoleh pada kombinasi suhu *nozzle* 275°C dan suhu *bed* 70°C. Pada kondisi ini, filamen mampu meleleh secara optimal dan memiliki daya rekat yang baik terhadap permukaan *bed* maupun antar *layer*. Hasil cetakan tampak lebih rapi, presisi, dan minim cacat. Sementara itu, pada suhu *nozzle* 285°C mulai muncul fenomena *stringing* berupa benang-benang plastik tipis di antara bagian cetakan. Hal ini terjadi karena material PET menjadi terlalu cair sehingga terjadi aliran berlebih saat *nozzle* berpindah posisi.

Secara visual, hasil cetakan dari filamen PET daur ulang memiliki kualitas yang cukup baik meskipun permukaan cetakan masih belum sehalus filamen komersial. Pada beberapa bagian ditemukan ketidakseragaman lapisan (*layer shifting*) yang diduga disebabkan oleh variasi diameter filamen selama proses ekstrusi. Selain itu, warna filamen yang dihasilkan cenderung kurang homogen akibat perbedaan karakteristik bahan baku sampah plastik yang digunakan.



Gambar 7. Hasil cetak 3D Printing

Kesimpulan

Penelitian filamen *3D printing* berbasis limbah botol plastik PET telah dilakukan melalui proses ekstrusi dan menghasilkan diameter 1,65–1,80 mm yang masih mendekati standar filamen komersial. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kualitas cetak dipengaruhi oleh temperatur *nozzle* dan *bed*. Kondisi pencetakan terbaik diperoleh pada temperatur *nozzle* 275°C dan temperatur *bed* 70°C yang menghasilkan cetakan dengan adhesi antarlayer yang baik, minim *warping*, dan kualitas permukaan yang lebih rapi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah PET berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku filamen 3D printing yang ramah lingkungan.

Referensi

- [1] A. Jimo, C. Braziotis, and K. Pawar, "Beyond prototyping: mapping the relative advantages of adopting additive manufacturing for industrial production," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 7543, 2025, doi: 10.1080/00207543.2025.2504165.
- [2] F. A. Cruz Sanchez, H. Boudaoud, M. Camargo, and J. M. Pearce, "Plastic recycling in additive manufacturing: A systematic literature review and opportunities for the circular economy," *J. Clean. Prod.*, vol. 264, p. 121602, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121602.
- [3] M. Nikam, P. Pawar, A. Patil, A. Patil, K. Mokal, and S. Jadhav, "Materials Today: Proceedings Sustainable fabrication of 3D printing filament from recycled PET plastic," *Mater. Today Proc.*, no. June 2023,

- 2024, doi: 10.1016/j.matpr.2023.08.205.
- [4] K. Ragaert, L. Delva, and K. Van Geem, "Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste," *Waste Manag.*, vol. 69, pp. 24–58, 2017, doi: 10.1016/j.wasman.2017.07.044.
- [5] Mujiraharjo, Fathurahman, M. Samsudin, and Sudarmaji, "Pembuatan Alat Pengolah Sampah Botol Plastik Menjadi Filamen 3D Printer Untuk Substitusi Bahan Habis Pakai di Laboratorium," *Indones. J. Lab.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–8, 2026.
- [6] I. C. Hernando, R. Alimin, Y. Christian, and E. W. Susilo, "Perancangan Mesin Pembuat Filamen untuk Mesin Cetak 3D Fused Deposition Modeling Berbahan Dasar Botol Plastik Polyethylene Terephthalate Bekas," *J. Tek. Mesin*, vol. 21, no. 2, pp. 73–82, 2024, doi: <https://doi.org/10.9744/jtm.21.2.73-82>.
- [7] B. Supriyanto and D. Andriyansyah, "Alat Daur Ulang Botol Pet Menjadi Bahan Baku Filamen Untuk 3d Printer," *TEKNIKA*, vol. 10, no. 1, 2025, doi: 10.52561/teknika.v10i1.465.
- [8] M. L. Sonjaya, Mutmainnah, and M. F. Hidayat, "Construction of Plastic Waste Extruding Machine to Produce Filaments of 3D Printing Machine," *Int. J. Mech.*, vol. 16, no. July, pp. 82–90, 2022, doi: 10.46300/9104.2022.16.10.
- [9] S. Mulyonoa *et al.*, "Pengaruh Diameter Filamen Hasil Extrusi Biji Polyethylene Terephthalate Menggunakan Filamen Extruder Terhadap Kekuatan Tarik," in *Prossiding SNTTM XXII 2024*, 2024, vol. 22, pp. 160–166.
- [10] Adam Ridho Faturahman and A. Ramadhan, "Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur Pengendalian Filamen Bubbling Dari Material Petg Pada Proses Cetak 3 Dimensi," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 16, no. 02, 2024.
- [11] R. Wirantara, M. Syamsiro, and J. Mulyanti, "Pemanfaatan Limbah Plastik PET Sebagai Filamen Printer 3D dengan Metode Pultrusi," *Infotekmesin*, vol. 16, no. 01, pp. 166–174, 2025, doi: 10.35970/infotekmesin.v16i1.2467.
- [12] M. Luthfi and M. F. Hidayat, "Construction and Analysis of Plastic Extruder Machine for Polyethylene Plastic Waste," *EPI Internatinal J. Eng.*, vol. 3, no. August, pp. 132–137, 2020, doi: 10.25042/epi-ije.082020.07.
- [13] M. L. Sonjaya, M. F. Hidayat, M. Ekawati, and Mutmainnah, "Analisis Kekuatan Mekanik Filamen 3D Printing Sampah Plastik Jenis Polylactid Acid dan Polypropylene Muhammad," *ARMATUR Artik. Tek. Mesin Manufaktur*, vol. 6, no. Maret, pp. 188–194, 2025, doi: <https://10.24127/armatur.v6i1.6385>.
- [14] M. Y. Irfani and A. Ramadhan, "Komparasi Material Filamen 3d Printer Terhadap Hasil Kualitas Cetak Produk Mainan Eggball Submarine," *J. REKAVASI*, vol. 12, no. 1, pp. 23–34, 2024.
- [15] D. Vaes and P. Van Puyvelde, "Semi-crystalline feedstock for filament-based 3D printing of polymers," *Prog. Polym. Sci.*, vol. 118, p. 101411, 2021, doi: 10.1016/j.progpolymsci.2021.101411.