

SKRIPSI

**PEMBUATAN ALAT PULTRUSI *FILAMENT 3D PRINTING*
DARI LIMBAH BOTOL PLASTIK *POLYETHYLENE*
*TEREPHTHALATE***



IKHKAM SUDRAJAT BAYU AJI

1502621031

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2025

LEMBAR PENGESAHAN I

Judul : Pembuatan Alat Pultrusi *Filament 3D Printing* Dengan
Memanfaatkan Limbah Botol Plastik *Polyethylene*
Terephthalate

Penyusun : Ikhkam Sudrajat Bayu Aji

NIM : 1502621031

Pembimbing I : Dr. Ahmad Kholil, M.T.

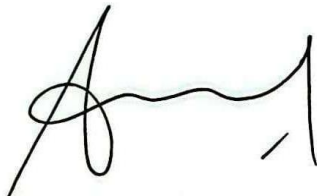
Pembimbing II : Drs. Syaripuddin, M.Pd.

Tanggal Ujian : 30 Juli 2025

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Ahmad Kholil, M.T.

NIP. 197908312005011001



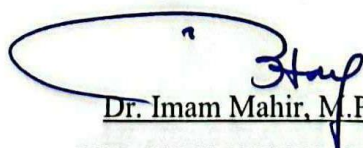
Drs. Syaripuddin, M.Pd.

NIP. 196703211999031001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

Universitas Negeri Jakarta



Dr. Imam Mahir, M.Pd.

NIP. 198404182009121002

LEMBAR PENGESAHAN II

Judul : Pembuatan Alat Pultrusi *Filament 3D Printing* Dengan
Memanfaatkan Limbah Botol Plastik *Polyethylene*
Terephthalate

Penyusun : Ikhkam Sudrajat Bayu Aji

NIM : 1502621031

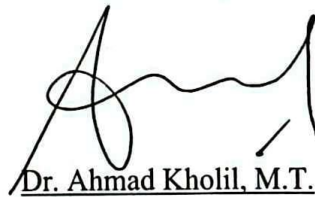
Pembimbing I : Dr. Ahmad Kholil, M.T.

Pembimbing II : Drs. Syaripuddin, M.Pd.

Tanggal Ujian : 30 Juli 2025

Disetujui oleh,

Pembimbing I



Dr. Ahmad Kholil, M.T.
NIP. 197908312005011001

Pembimbing II



Drs. Syaripuddin, M.Pd.
NIP. 196703211999031001

Pengesahan Panitia Seminar Proposal

Ketua Sidang



Dr. Siska Titik Dwiyantri, M.T.
NIP. 197812122006042002

Sekretaris Sidang



Rani Anggrainy, S.Pd., M.T.
NIP. 199201102022032005

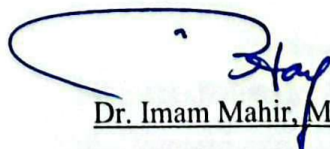
Penguji Ahli



Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.
NIP. 198310132008121002

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin
Universitas Negeri Jakarta



Dr. Imam Mahir, M.Pd.
NIP. 198404182009121002

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Ikhkam Sudrajat Bayu Aji
No Registrasi : 1502621031
Tempat,tanggal lahir : Kebumen, 24 Agustus 2002
Alamat : Puri Nirwarna 3 blok Cj 34 Rt 06 / Rw 15, Kel.
Karadenan, Kec. Cibinong, Kabupaten Bogor, Jawa
Barat,16913

Dengan ini saya menyatakan bahwa,

1. Skripsi ini merupakan Karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 21 Juli 2025

Yang membuat pernyataan



Ikhkam Sudrajat Bayu Aji

NIM. 1502621031



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Ikhkam Sudrajat Bayu Aji
NIM : 1502621031
Fakultas/Prodi : Teknik/Pendidikan Teknik Mesin
Alamat email : ikhkam.bayu@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☐ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

“ PEMBUATAN ALAT PULTRUSI *FILAMENT 3D PRINTING* DARI LIMBAH BOTOL PLASTIK *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE*”

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 05 Agustus 2025
Penulis,

(Ikhkam Sudrajat Bayu Aji)

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT. yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pembuatan Alat Pultrusi *Filament 3D Printing* Dari Limbah Botol Plastik *Polyethylene Terephthalate*”. Skripsi ini merupakan syarat guna mendapatkan gelar sarjana pendidikan di Universitas Negeri Jakarta.

Dalam penulisan laporan ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Imam Mahir, M.Pd. selaku koordinator program studi Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Dr. Ahmad Kholil, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan berupa ilmu, motivasi, waktu, dan jasa, sehingga penulis dapat menyusun proposal skripsi ini dengan baik.
3. Bapak Drs. Syaripuddin, M.Pd. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan berupa ilmu, motivasi, waktu, dan jasa, sehingga penulis dapat menyusun proposal skripsi ini dengan baik.
4. Ibu Dr. Siska Titik Dwiwati, M.T., atas saran dan dukungan yang diberikan selama membimbing penulis menyelesaikan proposal ini.
5. Seluruh Dosen, Staf Tata Usaha, Staf Laboratorium, serta Karyawan Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan perkuliahan, dan bimbingan serta bantuan secara langsung maupun tidak langsung.
6. Kepada kedua orang tua tercinta, yang dengan penuh kasih sayang, doa, dukungan, dan motivasi tanpa henti, baik secara moral maupun material, telah memberikan penulis kekuatan untuk menyelesaikan pendidikan dan proposal ini dengan baik.
7. Seluruh teman-teman Pendidikan Teknik Mesin 2021, baik yang masih aktif maupun yang sudah menjadi alumni yang telah memberikan bantuan serta dukungannya.

Penulis menyadari kemungkinan adanya kekurangan pada proposal skripsi ini. Demikian proposal skripsi ini saya buat, akhir kata saya mengucapkan mohon maaf atas segala kekurangan.

Jakarta, 21 Juli 2025

Penyusun,

(Ikhkam Sudrajat Bayu Aji)



PEMBUATAN ALAT PULTRUSI *FILAMENT 3D PRINTING* DARI LIMBAH BOTOL PLASTIK *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE*

Ikhkam Sudrajat Bayu Aji

Dosen Pembimbing: Dr. Ahmad Kholil, M.T. dan Drs. Syaripuddin, M.Pd.

ABSTRAK

Masalah lingkungan akibat limbah plastik, khususnya botol *Polyethylene Terephthalate* (PET), menjadi isu serius karena rendahnya tingkat daur ulang, sementara harga filamen *3D printing* yang relatif mahal menghambat pengembangan teknologi manufaktur aditif. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat mesin pultrusi filamen *3D printing* berbasis limbah botol plastik PET serta menguji kinerjanya dalam menghasilkan filamen yang memenuhi standar industri. Metode yang digunakan meliputi perancangan dengan perangkat lunak CAD (*Autodesk Inventor*), manufaktur komponen menggunakan teknologi *3D printing*, perakitan mesin, dan pengujian kinerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mesin mampu menghasilkan filamen dengan diameter rata-rata 1,75 mm dan deviasi $\pm 0,03$ mm, memenuhi toleransi standar industri sebesar $\pm 0,05$ mm. Kondisi operasi optimal dicapai pada suhu ekstrusi 190°C, kecepatan penarikan 3 RPM, dan diameter *nozzle* 1,7 mm, yang menghasilkan produktivitas 12,49 meter filamen per jam dan debit material 8,345 mm³/s. Satu botol plastik PET berkapasitas 1.500 ml dapat diolah menjadi sekitar 5 meter filamen dalam waktu 24 menit dengan konsumsi energi sebesar 59,5 Watt dan estimasi biaya operasional sekitar Rp34,92 per botol, berdasarkan tarif listrik PLN Rp1.467,28/kWh (golongan R-1/TR 900 VA, Permen ESDM No. 1 Tahun 2024). Penelitian ini membuktikan bahwa mesin pultrusi yang dikembangkan efektif mendaur ulang limbah plastik PET menjadi filamen *3D printing* yang berkualitas, ekonomis, dan ramah lingkungan, serta berpotensi diterapkan di skala rumah tangga atau usaha mikro sebagai solusi inovatif pengelolaan limbah sekaligus penyedia bahan baku cetak 3D.

Kata kunci: Daur Ulang Plastik, Filamen *3D Printing*, Limbah Botol, PET, Pultrusi

MANUFACTURING OF 3D PRINTING FILAMENT PULTRUSION TOOLS FROM POLYETHYLENE TEREPHTHALATE PLASTIC BOTTLE WASTE

Ikhkam Sudrajat Bayu Aji

Academic Advisor: Dr. Ahmad Kholil, M.T. and Drs. Syaripuddin, M.Pd.

ABSTRACT

Plastic waste, particularly from Polyethylene Terephthalate (PET) bottles, poses a serious environmental issue due to low recycling rates, while the relatively high cost of 3D printing filament hinders the development of additive manufacturing technology. This research aims to design and fabricate a 3D printing filament pultrusion machine using PET bottle waste and to evaluate its performance in producing filament that meets industrial standards. The methods employed include design using CAD software (Autodesk Inventor), component fabrication with 3D printing technology, machine assembly, and performance testing. The results show that the machine is capable of producing filament with an average diameter of 1.75 mm and a deviation of ± 0.03 mm, meeting the industrial tolerance standard of ± 0.05 mm. Optimal operating conditions were achieved at an extrusion temperature of 190°C, a pulling speed of 3 RPM, and a nozzle diameter of 1.7 mm, yielding a productivity rate of 12.49 meters of filament per hour and a material flow rate of 8.345 mm³/s. A 1,500 ml PET bottle can be processed into approximately 5 meters of filament in 24 minutes, with an energy consumption of 59.5 Watts and an estimated operating cost of IDR 34.92 per bottle, based on the national electricity tariff of IDR 1,467.28/kWh (R-1/TR 900 VA category, Ministry of Energy Regulation No. 1/2024). This study demonstrates that the developed pultrusion machine is effective in recycling PET plastic waste into high-quality, economical, and environmentally friendly 3D printing filament, with promising applications at household or micro-enterprise scale as an innovative solution for waste reduction and low-cost filament production.

Keywords: Plastic Recycling, 3D Printing Filament, Bottle Waste, PET, Pultrusion

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN II	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Perumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	4
BAB II	6
KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Dasar Teori.....	6
2.1.1 Limbah Plastik <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET).....	6
2.1.2 Teknologi 3D <i>Printing</i>	7
2.1.3 Mesin <i>Pultrusion</i>	11
2.2 Mesin <i>Recycle</i> Botol Plastik menjadi Filamen.....	12
2.3 Teori Perhitungan.....	14
2.4 Penelitian Terkait	15
BAB III.....	24
METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.1.1 Tempat Penelitian	24
3.1.2 Waktu Penelitian	24

3.2	Diagram Alir	25
3.3	Alat dan Bahan Penelitian.....	27
3.4	Teknik Pengumpulan Data.....	28
3.5	Prosedur/Langkah kerja	28
3.5.1	Proses Perancangan.....	29
3.5.2	Proses Pembuatan	30
3.5.3	Proses Perakitan	35
3.6	Teknik Analisis Data.....	41
BAB IV		43
HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1	Rancang Bangun Pembuatan Alat.....	43
4.1.1	Desain Mesin Pultrusi Filamen 3D Printing	43
4.1.2	Hasil Pembuatan Mesin Pultrusi Filamen 3D <i>Printing</i>	44
4.2	Hasil Pengujian Alat dan Pembahasan.....	45
4.2.1	Persiapan Pengujian	45
4.2.2	Parameter Operasional	45
4.2.3	Prosedur Pengujian Filamen 3D <i>Printing</i>	45
4.2.4	Perhitungan Debit Filamen	50
4.3	Hasil Pengujian	51
4.3.1	Data Pengukuran Diameter Filamen	51
4.3.2	Data Kualitas Filamen.....	52
4.3.3	Hasil Perhitungan Debit Filamen.....	52
4.3.4	Perhitungan Komponen dan Konsumsi Energi.....	53
4.4	Hasil Analisis Data	55
4.4.1	Analisis Diameter Filamen.....	55
4.4.2	Analisis Produktivitas dan Biaya Operasional Mesin Pultrusi PET	57
BAB V		60
PENUTUP		60
5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN		64