

**PENGARUH PANJANG *NOZZLE* TERHADAP KUALITAS
FILAMEN HASIL DAUR ULANG BOTOL PET
DENGAN METODE PULTRUSI**

SKRIPSI



**Diajukan untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Jurusan Teknik Mesin**

Oleh:

**Muhammad Elman Daraini
NIM. 062140210278**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2025**

**THE EFFECT OF NOZZLE LENGTH ON THE QUALITY
OF FILAMENT PRODUCED FROM RECYCLED PET
BOTTLES USING THE PULTRUSION METHOD**

THESIS



**Submitted to Comply with Terms of Study Completion in Mechanical
Engineering Production and Maintenance Study Program Department of
Mechanical Engineering**

By:

**Muhammad Elman Daraini
NIM. 062140210278**

**DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
STATE POLYTECHNIC OF SRIWIJAYA
PALEMBANG
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

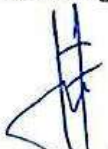
**PENGARUH PANJANG *NOZZLE* TERHADAP KUALITAS
FILAMEN HASIL DAUR ULANG BOTOL PET
DENGAN METODE PULTRUSI**



SKRIPSI

**Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi
Sarjana Terapan Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Jurusan Teknik Mesin**

Pembimbing Utama,


Ir. Ella Sundari, S.T., M.T.
NIP. 198103262005012003

**Palembang, 21 Juli 2025
Menyetujui,
Pembimbing Pendamping,**


Dr. Ir. Muhammad Irfan Dzaky, S.T., M.T.
NIP. 199706042022031008

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin,**


Fenoria Putri, S.T., M.T.
NIP. 197202201998022001

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Proposal Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Elman Daraini
NIM : 062140210278
Jurusan / Program Studi : Teknik Mesin / D-IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Judul Skripsi : **PENGARUH PANJANG NOZZLE TERHADAP KUALITAS FILAMEN HASIL DAUR ULANG BOTOL PET DENGAN METODE PULTRUSI**

Telah selesai diuji dalam Ujian Skripsi Sarjana Terapan di hadapan Tim Dosen Penguji pada tanggal 21 Juli 2025 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya

TIM DOSEN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Ir. Sairul Effendi, M.T. NIP. 196309121989031005	Ketua		19/7/2025
2.	H. Indra Gunawan, S.T., M.Si. NIP. 196511111993031003	Anggota		19/7/2025
3.	Ir. Adian Aristia Anas, S.T., M.Sc. NIP. 198710222020121005	Anggota		02/09/2025
4.	Dr. Ir. Muhammad Irfan Dzaky, S.T., M.T. NIP. 199706042022031008	Anggota		9/9/2025

Palembang, Juli 2025
Ketua Jurusan Teknik Mesin,


Ir. Fenoria Putri, S.T., M.T.
NIP. 197202201998022001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Elman Daraini
NIM : 062140210278
Tempat/Tanggal lahir : Pajar Bulan / 22 Desember 2003
Alamat : Jl. Hulubalang 2, Kelurahan Bukit Lama, Kecamatan Ilir Barat I, Kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan
No. Telepon : 085769644172
Jurusan / Program Studi : Teknik Mesin / D-IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Judul Skripsi : **PENGARUH PANJANG NOZZLE TERHADAP KUALITAS FILAMEN HASIL DAUR ULANG BOTOL PET DENGAN METODE PULTRUSI**

Menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dengan didampingi oleh Tim Pembimbing dan **bukan hasil penjiplakan/plagiat**. Apabila di kemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat di dalam Skripsi yang saya buat, saya bersedia menerima sanksi akademik dari Jurusan Teknik Mesin dan Politeknik Negeri Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar, kondisi sehat, dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.



MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Hai orang – orang yang beriman, jadikanlah sabar dan sholatmu sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang – orang yang sabar.”

(Al-Baqarah: 153)

“People see what you do, not what you say.”

(Bagus Mulyadi)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya dedikasikan kepada kedua orang tua tercinta, almarhum bapak, Faizal Gunawan bin Serohli, dan ibu, Siti Masirah binti Bahrul Wafi, untuk orang – orang dekatku, untuk almamater biru muda kebanggaanku, dan untuk masa depanku.

ABSTRAK

PENGARUH PANJANG *NOZZLE* TERHADAP KUALITAS FILAMEN HASIL DAUR ULANG BOTOL PET DENGAN METODE PULTRUSI

Muhammad Elman Daraini

(2025: xiv + 65 Halaman, 54 Gambar, 14 Tabel, 4 Lampiran)

Limbah botol plastik berbahan *polyethylene terephthalate* (PET) terus meningkat dan sulit terurai secara alami, sehingga diperlukan upaya pengolahan yang berkelanjutan. Salah satu alternatifnya adalah mendaur ulang PET menjadi filamen untuk 3D *printing* melalui metode pultrusi. Namun, filamen yang dihasilkan sering mengalami porositas. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh panjang *nozzle* dan lebar pita plastik terhadap kualitas filamen PET hasil pultrusi. Kualitas filamen diuji melalui pengukuran diameter, observasi visual, dan uji cetak 3D. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi panjang *nozzle* tidak berpengaruh signifikan terhadap kualitas filamen, meskipun terdapat tren penurunan porositas seiring bertambahnya panjang *nozzle*. Sebaliknya, lebar pita plastik berpengaruh signifikan terhadap porositas, dengan lebar 12 mm menghasilkan porositas terendah. Uji cetak 3D objek kubus menunjukkan seluruh dimensi berada dalam toleransi $\pm 0,2$ mm, dan permukaan cetakan semakin halus seiring bertambahnya lebar pita. Temuan ini mengindikasikan bahwa optimasi lebar pita plastik lebih krusial dibanding panjang *nozzle* dalam meningkatkan kualitas filamen PET hasil pultrusi.

Kata Kunci: daur ulang PET, filamen 3D, *nozzle*, metode pultrusi

ABSTRACT

THE EFFECT OF NOZZLE LENGTH ON THE QUALITY OF FILAMENT FROM RECYCLED PET BOTTLES USING THE PULTRUSION METHOD

Muhammad Elman Daraini

(2025: xiv + 65 pp., 54 Figures, 14 Tables, 4 Attachments)

The accumulation of polyethylene terephthalate (PET) bottle waste continues to increase and poses environmental challenges due to its resistance to natural degradation. Recycling PET into 3D printing filament through the pultrusion method offers a more sustainable alternative. However, the produced filament often exhibits porosity. This study aims to investigate the effect of nozzle length and plastic strip width on the quality of pultruded PET filament. The filament quality was evaluated through diameter measurement, visual observation, and 3D printing tests. The results indicate that nozzle length variation has no significant effect on filament quality, although a decreasing trend in porosity was observed with longer nozzles. In contrast, the plastic strip width significantly affected porosity, with a width of 12 mm producing the lowest porosity. The 3D printing test of a cube showed that all dimensions were within a tolerance of ± 0.2 mm, and surface smoothness improved with wider strips. These findings suggest that optimizing the plastic strip width is more critical than adjusting the nozzle length in improving the quality of pultruded PET filament.

Keywords : *recycled PET plastic, filament 3D, nozzle, pultrusion method*

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim, Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur hanya kepada Allah SWT., yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga setelah perjuangan untuk tetap bangkit dari kegagalan berkali-kali, skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam juga tak lupa dihaturkan kepada kepada Nabi Muhammad SAW. Selesainya Skripsi ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, diucapkanlah terima kasih kepada:

1. Allah SWT. atas nikmat luar biasa yang diberikan kepada saya untuk dapat menyelesaikan Skripsi ini.
2. Almarhum Bapakku Faizal Gunawan bin Serohli (Mei 1973 – Maret 2025), dan Ibuku Masirah binti Bahrul Wafi.
3. Keluargaku dan teman-temanku, yang juga senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan dalam penyusunan Skripsi ini.
4. Bapak Ir. Irawan Rusnadi, M.T., Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Ibu Fenoria Putri, S.T., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Bapak Adian Aristia Anas, S.T., M.Sc, Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
7. Ibu Ir. Hj. Ella Sundari, S.T., M.T., Koordinator Program Studi D-IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya, sekaligus sebagai Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan dan membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini.
8. Bapak Dr. Ir. Muhammad Irfan Dzaky, S.T.,M.T., sebagai Pembimbing Pendamping yang telah membimbing dan membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini.
9. Bapak Ibu dosen, dan seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
10. Semua pihak terkait yang tidak dapat disebutkan satu persatu di dalam Skripsi ini.

Dalam penulisan Skripsi ini tentu masih terdapat kekurangan, baik dalam penulisan maupun isinya. Oleh karena itu, kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan agar isi dari tulisan ini dapat menjadi lebih baik. Kemudian selama pelaksanaan penyusunan Skripsi ini mungkin terdapat kesalahan yang pernah diperbuat. Oleh karena itu, permohonan maaf juga disampaikan kepada semua pihak.

Demikianlah skripsi ini dibuat, semoga dapat bermanfaat bagi banyak orang, Aamiin ... Ya Rabbal'alamin.

Palembang, Juli 2025

Penulis,

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan dan Batasan Masalah.....	3
1.2.1 Rumusan.....	3
1.2.2 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	4
1.4.1 Tujuan.....	4
1.4.2 Manfaat.....	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 6
2.1 Landasan Teori	6
2.1.1 3D <i>Printing</i>	6
2.1.2 Filamen 3D <i>Printing</i>	7
2.1.3 Botol Plastik PET	8
2.1.4 Pengolahan Botol Plastik Menjadi Filamen 3D Printer	10
2.1.4.1 Metode Pultrusi	11
2.1.4.2 Prinsip Kerja Metode Pultrusi	11
2.1.4.3 Komponen Utama Mesin Pultrusi	12
2.1.4.4 Jenis-Jenis <i>Nozzle</i>	16
2.1.5 Parameter Penelitian.....	17
2.1.6 Parameter Pengujian.....	18
2.1.7 Metode Anova Dua Arah.....	21
2.2 Tinjauan Pustaka	23
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	 29
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	29
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	30
3.2.1 Alat Penelitian	30
3.2.2 Bahan Penelitian.....	31

3.3	Metode Penelitian.....	32
3.3.1	Parameter Penelitian.....	33
3.3.2	Parameter Pengujian.....	34
3.4	Langkah Penelitian.....	35
3.4.1	Proses Pemotongan Pita Plastik	35
3.4.2	Proses Pembuatan Filamen.....	36
3.4.3	Proses Pengujian Filamen	36
3.5	Metode Analisis Data	39
3.6	Tempat dan Jadwal Penelitian	39
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1	Hasil Pembuatan Pita Plastik	41
4.2	Hasil Pembuatan Filamen	41
4.2.1	Hasil Pengukuran Geometri	42
4.2.2	Hasil Pengujian Visual	44
4.2.3	Hasil Pengujian Cetak	49
4.3	Analisis Data	55
4.3.1	Pengaruh Panjang <i>Nozzle</i> dan Lebar Pita terhadap Porositas	55
4.3.1.1	Grafik Pengaruh Utama (<i>Main Effects Plot</i>)	57
4.3.1.1	Grafik Interaksi Antar Faktor Terhadap Porositas	58
4.3.2	Pengaruh Panjang <i>Nozzle</i> dan Lebar Pita terhadap Hasil <i>Print</i>	59
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran.....	61
	DAFTAR PUSTAKA	62
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Mesin 3D <i>printing</i>	6
Gambar 2.2 Filamen 3D <i>printing</i>	8
Gambar 2.3 Botol plastik bekas PET	9
Gambar 2.4 Mesin ekstrusi.....	10
Gambar 2.5 Mesin pultrusi.....	10
Gambar 2.6 Proses kerja metode pultrusi.....	12
Gambar 2.7 Gambar komponen mesin pultrusi.....	12
Gambar 2.8 <i>Filament roll</i>	13
Gambar 2.9 <i>Nozzle</i>	13
Gambar 2.10 <i>Cutter</i>	14
Gambar 2.11 <i>Holder way</i>	15
Gambar 2.12 Rangka	15
Gambar 2.13 <i>Nozzle</i> berdasarkan panjangnya.....	16
Gambar 2.14 <i>Section Analysis of Hotend</i>	17
Gambar 2.15 Pengamatan visual oleh Meraj (a), dan Laksono (b).....	19
Gambar 2.16 Pengamatan visual oleh Tylman & Dzierzek (a), dan Putra (b).....	19
Gambar 2.17 Pengukuran diameter	20
Gambar 2.18 Pengujian cetak oleh Wirantara et al.	20
Gambar 2.19 Filamen yang dihasilkan oleh Putra et al.....	24
Gambar 2.20 Filamen yang dihasilkan oleh Tylman & Dzierzek	25
Gambar 2.21 Filamen yang dihasilkan oleh Meraj dkk.	26
Gambar 2.22 Filamen yang dihasilkan oleh Laksono	27
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	29
Gambar 3.2 Botol plastik PET bekas	31
Gambar 3.3 <i>Nozzle</i>	32
Gambar 3.4 <i>Drawing nozzle</i>	33
Gambar 3.5 Spesimen uji cetak.....	34
Gambar 3.6 Memasukkan gambar sampel ke aplikasi	37
Gambar 3.7 Membuat garis atau kurva kontur filamen.....	37
Gambar 3.8 Hasil <i>extrude</i> filamen	38
Gambar 3.9 Perhitungan luas area yang terbentuk.....	38
Gambar 4.1 Pita plastik hasil potongan.....	41
Gambar 4.2 Hasil produk filamen botol PET.....	41
Gambar 4.3 Hasil filamen dengan variasi panjang <i>nozzle</i> standar dan lebar 8 mm pada titik A (a), titik B (b), dan titik C (c)	44
Gambar 4.4 Hasil filamen dengan variasi panjang <i>nozzle</i> standar dan lebar 10 mm pada titik A (a), titik B (b), dan titik C (c)	44
Gambar 4.5 Hasil filamen dengan variasi panjang <i>nozzle</i> standar dan lebar 12 mm pada titik A (a), titik B (b), dan titik C (c)	45
Gambar 4.6 Hasil filamen dengan variasi panjang <i>nozzle volcano</i> dan lebar 8 mm pada titik A (a), titik B (b), dan titik C (c)	45
Gambar 4.7 Hasil filamen dengan variasi panjang <i>nozzle volcano</i> dan lebar 10 mm pada titik A (a), titik B (b), dan titik C (c)	45

Gambar 4.8	Hasil filamen dengan variasi panjang <i>nozzle volcano</i> dan lebar 12 mm pada titik A (a), titik B (b), dan titik C (c)	46
Gambar 4.9	Hasil filamen dengan variasi panjang <i>nozzle supervolcano</i> dan lebar 8 mm pada titik A (a), titik B (b), dan titik C (c)	46
Gambar 4.10	Hasil filamen dengan variasi panjang <i>nozzle supervolcano</i> dan lebar 10 mm pada titik A (a), titik B (b), dan titik C (c)	46
Gambar 4.11	Hasil filamen dengan variasi panjang <i>nozzle supervolcano</i> dan lebar 12 mm pada titik A (a), titik B (b), dan titik C (c)	47
Gambar 4.12	Hasil cetak sampel dengan variasi panjang <i>nozzle</i> standar dan lebar 8 mm.....	50
Gambar 4.13	Hasil cetak sampel dengan variasi panjang <i>nozzle</i> standar dan lebar 10 mm.....	50
Gambar 4.14	Hasil cetak sampel dengan variasi panjang <i>nozzle</i> standar dan lebar 12 mm.....	51
Gambar 4.15	Hasil cetak sampel dengan variasi panjang <i>nozzle volcano</i> dan lebar 8 mm.....	51
Gambar 4.16	Hasil cetak sampel dengan variasi panjang <i>nozzle volcano</i> dan lebar 10 mm.....	52
Gambar 4.17	Hasil cetak sampel dengan variasi panjang <i>nozzle volcano</i> dan lebar 12 mm.....	52
Gambar 4.18	Hasil cetak sampel dengan variasi panjang <i>nozzle supervolcano</i> dan lebar 8 mm.....	53
Gambar 4.19	Hasil cetak sampel dengan variasi panjang <i>nozzle supervolcano</i> dan lebar 10 mm.....	53
Gambar 4.20	Hasil cetak sampel dengan variasi panjang <i>nozzle supervolcano</i> dan lebar 12 mm.....	54
Gambar 4.21	Grafik pengaruh utama keberadaan rongga.....	57
Gambar 4.22	Grafik interaksi antar faktor terhadap porositas	58
Gambar 4.23	Grafik pengaruh panjang <i>nozzle</i> dan lebar pita terhadap hasil <i>print</i>	60

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 <i>Mechanical properties of polyethylene terephthalate (PET)</i>	9
Tabel 2.2 Contoh tabel data anova	22
Tabel 2.3 Menyusun tabel anova dua arah	23
Tabel 3.1 Alat penelitian	30
Tabel 3.2 Parameter penelitian	34
Tabel 3.3 Parameter <i>print</i>	35
Tabel 3.4 Jadwal penelitian	40
Tabel 4.1 Data pengukuran diameter filamen	42
Tabel 4.2 Diameter rata-rata dan ovalitas	43
Tabel 4.3 Data luas area penampang yang terbentuk	47
Tabel 4.4 Persentase keberadaan rongga	48
Tabel 4.5 Hasil pengukuran objek uji cetak	54
Tabel 4.6 Penjumlahan masing-masing baris dan kolom	55
Tabel 4.7 Hasil analisis varian dua arah terhadap persentase rongga filamen	56

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Lembar Kesepakatan Bimbingan Skripsi
- Lampiran 2. Lembar Rekomendasi Seminar Skripsi
- Lampiran 3. Lembar Bimbingan Skripsi
- Lampiran 4. Lembar Revisi Skripsi