

**ANALISIS BIAYA PROSES DAUR ULANG SAMPAH
PLASTIK MENJADI FILAMEN 3D PRINTER DENGAN
MESIN PULTRUSI**

SKRIPSI

Oleh:

NURROSYID DWIJA PRATAMA

NIM: 2351058010



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2025**

**ANALISIS BIAYA PROSES DAUR ULANG SAMPAH PLASTIK
MENJADI FILAMEN 3D PRINTER DENGAN MESIN
PULTRUSI**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Kristen Indonesia

Oleh:

NURROSYID DWIJA PRATAMA

NIM: 2351058010



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA 2025**



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurrosyid Dwija Pratama

NIM : 2351058010

Program studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul “ANALISIS BIAYA PROSES DAUR ULANG SAMPAH PLASTIK MENJADI FILAMEN 3D PRINTER DENGAN MESIN PULTRUSI” adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan hasil kuliah, tinjauan lapangan, buku-buku dan jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada karya tugas akhir saya.
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas lain, kecuali pada bagian-bagian sumber informasi yang dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.
3. Bukan merupakan karya terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada tugas.

jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan di atas, maka karya tugas akhir ini dianggap batal.

Jakarta, 14 Juli 2025

(Nurrosyid Dwija Pratama)



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

**ANALISIS BIAYA PROSES DAUR ULANG SAMPAH PLASTIK
MENJADI FILAMEN 3D PRINTER DENGAN MESIN PULTRUSI**

Oleh:

Nama : Nurrosyid Dwija Pratama

NIM : 2351058010

Program studi : Teknik Mesin.

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir guna mencapai gelar Sarjana Strata Satu pada program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia.

Jakarta, 14 juli 2025

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

(Dikky Antonius, ST., M.Sc.)
NIDN. 0301218801

Dosen Pembimbing II

(Ir. Surjo Abadi, M.Sc.)
NIDN.0321126505



Ketua Program studi

(Ir. Budiarto, M.Sc.)
NIDN.0302115801

Dekan

(Dikky Antonius, ST., M.Sc.)
NIDN. 0301218801



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK

PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Pada, Selasa, 24 Juni 2025 telah diselenggarakan Sidang Tugas Akhir untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, atas nama:

Nama : Nurrosyid Dwija Pratama

NIM : 2351058010

Program studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul “ANALISIS BIAYA PROSES DAUR ULANG SAMPAH PLASTIK MENJADI FILAMEN 3D PRINTER DENGAN MESIN PULTRUSI” oleh tim penguji yang terdiri dari:

Nama Penguji	Jabatan dalam Tim Penguji	Tanda Tangan
Ir. Budiarto, M.Sc. NIDN.0302115801	Ketua Penguji	
Ir. Sesmaro Max Yuda, M.T. NIDN. 0323036703	Penguji	
Dikky Antonius, S.T., M.sc. NIDN. 0301218801	Penguji	
Fx. Sutyadi, Dip.Ing. FH, M.Sc. NUPTK.5433755656131222	Penguji	

Jakarta, 14 Juli 2025



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK

Pernyataan dan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurrosyid Dwija Pratama

NIM : 2351058010

Fakultas : Teknik

Program studi : Teknik Mesin

Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Judul Tugas Akhir :

ANALISIS BIAYA PROSES DAUR ULANG SAMPAH PLASTIK MENJADI FILAMEN 3D PRINTER DENGAN MESIN PULTRUSI Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir tersebut adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar akademik di perguruan tinggi manapun.
2. Tugas akhir tersebut bukan merupakan plagiat dari hasil karya pihak lain, dan apabila saya/kami mengutip dari karya orang lain maka akan dicantumkan sebagai referensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
3. Saya memberikan Hak Non-eksklusif Tanpa Royalti kepada Universitas Kristen Indonesia yang berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih hak cipta.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran Hak Cipta dan Kekayaan Intelektual atau Peraturan Perundangan-undangan Republik Indonesia lainnya dan integritas akademik dalam karya saya tersebut, maka saya bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum dan sanksi akademis yang timbul serta membebaskan Universitas Kristen Indonesia dari segala tuntutan hukum yang berlaku.

Dibuat di Jakarta

Pada Tanggal 14 Juli 2025



Nurrosyid Dwija Pratama

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir “Analisis Biaya Proses Daur Ulang Sampah Plastik menjadi Filamen printer 3D dengan Mesin Pultrusi”

Penelitian ini dibuat dan disusun sebagai tugas akhir dari penulis, serta menjadi syarat menempuh Sidang Ujian Sarjana untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia

Penulis menyadari bahwa dalam menyusun laporan tugas akhir ini banyak halangan dan kendala yang penulis alami. Penulis juga menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna dan memiliki banyak kekurangan dalam penulisan karena keterbatasan kemampuan penulis. Namun berkat bantuan dari berbagai pihak maka penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik dan tepat waktu.

Pada kesempatan kali ini penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya dan setulus-tulusnya kepada:

1. Orang tua tercinta : Bapak Dwi Suprpto yang telah memberikan dorongan untuk menempuh jenjang yang lebih tinggi dan almh. Ibu Umi Nurdyati yang semasa hidupnya belum bisa melihat penulis memperoleh gelar sarjana yang selalu menjadi motivasi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini
2. Keluarga Tercinta yang selalu memberikan dorongan untuk penulis agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini
3. Bapak Dicky Antonius S.T.,M.Sc. selaku pembimbing satu dan Bapak Ir.Surjo Abadi, M.Sc. selaku pembimbing dua yang selalu membantu dan memberikan ilmunya untuk menyempurnakan Tugas akhir ini
4. Bapak Ir. Budiarto, M.Sc., Ketua program studi Teknik Mesin, yang telah menyetujui penulisan tugas akhir ini
5. Ibu Sofia Tresia Tobing dan para staf UKI yang telah membantu memperlancar pembelajaran online selama ini.
6. Sdr. Prajanji Kukuh Pangeran yang membantu penulis dalam menyelesaikan masalah kelistrikan di mesin pembuat filamen yang penulis kerjakan.
7. Sdr. Leo Agung Novan dan teman-teman kelas RPL yang selalu memberikan bantuan dalam pengerjaan skripsi
8. Dan Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca tulisan ini. Penulis sadar masih banyak kekurangan dalam tugas akhir ini. penulis juga mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk ke depannya. Semoga Tuhan memberkati kita semua. Terima kasih

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR.....	i
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	ii
PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR.....	iii
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
ABSTRAK.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Metode Pengumpulan data	4
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Plastik	6
2.2 Jenis-jenis plastik	7
2.3 PET	7
2.4 printer 3D.....	9
2.4.1 Filamen.....	13
2.5 Metode filamen daur ulang.....	14
2.5.1 Metode Ekstrusi	14
2.5.2 Metode Pultrusi.....	15
2.6 <i>Cost Benefit analisis</i>	17

2.7 Komponen Mesin Pembuat Filamen.....	18
2.7.1 Heater	18
2.7.2 Hotend metal	19
2.7.3 <i>Nozzle</i>	20
2.7.4 PID Control	20
2.7.5 Power Supply	22
2.7.6 Termokopel.....	24
2.7.7 SSR	24
2.7.8 Motor DC	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Diagram penelitian.....	28
3.1.1 Diagram Sistem Mesin	30
3.2 Waktu dan Tempat penelitian	30
3.2.1 Tempat penelitian.....	30
3.2.2 Waktu pengerjaan.....	30
3.3 Bahan Penelitian	31
3.4 Mesin Pembuat Filamen Pultrusi	31
3.4.1 Rencana Spesifikasi Mesin	31
3.4.2 <i>frame</i> Mesin	32
3.4.3 <i>Puller</i> System.....	32
3.5 Alat <i>Support</i>	33
3.5.1 <i>Cutter</i>	33
3.5.2 Gunting	34
3.5.3 <i>Bottle Cutter Base</i>	34
3.5.4 <i>Filament Welder Guide</i>	35
3.6 Alat Pengujian	36
3.6.1 Jangka Sorong	36
3.6.2. termokopel.....	36
3.6.3 Timbangan Digital	37

3.6.4 printer 3D	37
3.6.5 Wattmeter	38
3.7 Metode Penelitian	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1 Desain Mesin.....	40
4.1.1 <i>frame</i> mesin.....	40
4.1.2 <i>Puller system</i>	40
4.1.3 <i>Heating System</i>	41
4.1.4 <i>Layout</i> komponen elektrik.....	41
4.2 Biaya Pembuatan mesin.....	42
4.3 Hasil Desain Mesin.....	43
4.4 Bahan Baku	45
4.5 Uji Coba suhu.....	46
4.6 Produksi Filamen.....	49
4.7 Uji Cetak.....	50
4.8 Perbandingan Cetak	51
4.9 Analisa Biaya.....	55
4.9.1 Biaya Proses Produksi	55
4.9.2 Biaya Bahan Baku	56
4.9.3 <i>Break Even Point</i>	57
4.9.4 Perbandingan Metode	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Rincian biaya komponen	43
Tabel 4.2 Berat botol dan hasil pita	46
Tabel 4.3 parameter Kontrol PID Rex C100	46
Tabel 4.4 Waktu pemanasan	42
Tabel 4.5 Persentase botol menjadi filamen	49
Tabel 4.6 Perbandingan Setting pada Filamen Daur Ulang	50
Tabel 4.7 Setting Parameter Filamen PET	52
Tabel 4.8 Parameter PETG Basic Sunlu	53
Tabel 4.9 Hasil Perbandingan	53
Tabel 4.10 Spesifikasi Mesin Pembuat filamen	55
Tabel 4.11 biaya listrik PLN Periode Januari – Maret 2025	56
Tabel 4.12 Tabel perbandingan	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 lambang produk PET	8
Gambar 2.2 Rantai Molekul dari PET	8
Gambar 2.3 printer 3D model FDM.....	11
Gambar 2.4 Ekstruder mesin cetak 3 dimensi	11
Gambar 2.5 <i>Heating bed</i>	12
Gambar 2.6 Software Slicer.....	13
Gambar 2.7 Proses Pultrusi pada pembuatan pipa	15
Gambar 2.8 <i>Heater Ceramic</i> 12v 40w	19
Gambar 2.9 <i>Heating Block</i> Alumunium.....	19
Gambar 2.10 Variasi ukuran <i>nozzle</i> (Wevolver).....	20
Gambar 2.11 Bagian dalam <i>Nozzle</i>	20
Gambar 2.12 Contoh PID control tipe REX-C100	21
Gambar 2.13 settingan PID control rex C100 (rex C100 manual).....	22
Gambar 2.14 Power supply 12 VDC 10A	23
Gambar 2.15 Simbol dari Power Supply	23
Gambar 2.16 termokopel tipe K.....	24
Gambar 2.17 Solid State Relay	25
Gambar 2.18 Motor DC high torque 12 VDC 12RPM	25
Gambar 3.1 Diagram penelitian.....	29
Gambar 3.2 diagram sistem	30
Gambar 3.3 Jadwal Penelitian	30
Gambar 3.4 Lembaran <i>Plywood</i>	32
Gambar 3.5 Skema Penarikan dan Penggulungan.....	33
Gambar 3.6 Isi <i>cutter</i> atau mata <i>cutter</i>	34
Gambar 3.7 Gunting.....	34
Gambar 3.8 Alat Bantu Pembuat Pita Botol	35
Gambar 3.9 filamen welder guide	35
Gambar 3.10 Jangka Sorong Model Jarum.....	36
Gambar 3.11 Termokopel Type K	36
Gambar 3.12 timbangan digital	37
Gambar 3.13 printer 3D Bambu Lab A1 Mini.....	38
Gambar 3.14 Watt meter	38
Gambar 4.1 <i>frame</i> Mesin 3D.....	40
Gambar 4.2 Desain <i>Puller</i>	41

Gambar 4.3 <i>Layout</i> Komponen Elektronik.....	42
Gambar 4.4 Wiring Diagram PID REX-C100.....	42
Gambar 4.5 PID control dan <i>Speed</i> control terpasang pada sisi depan.....	44
Gambar 4.6 <i>heating system</i> yang sudah terpasang.....	44
Gambar 4.7 <i>puller</i> dan <i>spooler</i>	45
Gambar 4.8 mesin pembuat filamen metode pultrusi	45
Gambar 4.9 Grafik Waktu Preheating	47
Gambar 4.10 Pengukuran Filamen Jadi	48
Gambar 4.11 Hasil Filamen yang Sudah Digulung.....	49
Gambar 4.12 Hasil Cetak.....	51
Gambar 4.13 desain uji cetak	52

ABSTRAK

Masalah sampah plastik khususnya plastik botol Polyethylene Terephthalate (PET) semakin buruk. Sampah botol PET menyumbang 8% dari total berat dan 12% dari total volume sampah dunia. Penanganan sampah botol PET dengan metode Daur ulang menjadi solusi terbaik untuk lingkungan dan ekonomi masyarakat. Pemanfaatan botol plastik PET menjadi filamen merupakan salah satu pilihan yang tercipta karena perkembangan pesat printer 3D. Namun metode pultrusi memerlukan analisis mendalam baik dari segi ekonomi maupun kualitas cetak yang dihasilkan. Penelitian akan berfokus pada pembuatan mesin daur ulang filamen metode pultrusi, perhitungan BEP, dan perbandingan hasil cetak. Mesin dengan biaya Rp519.700 bekerja pada suhu 130 °C menghasilkan filamen berdiameter 1,7 mm, filamen diuji-cetak dengan parameter suhu 260 °C dengan kecepatan 30 mm/s dan dengan *flow rate* 130% menghasilkan cetakan yang masih kurang halus dan presisi dibanding dengan filamen pasaran. BEP dari pembuatan mesin dapat dicapai dengan memproduksi 2,59 kg filamen dengan asumsi harga sesuai pasaran filamen daur ulang dengan harga Rp222.000 /kg atau BEP menjadi 6,11 kg jika harga filamen ditekan ke Rp100.000 per kg. Proses daur ulang botol PET menjadi filamen dengan metode pultrusi memiliki BEP yang rendah dan mudah dicapai dengan hasil filamen yang sesuai standar. Namun hasil cetak perlu ditingkatkan dengan penelitian yang lebih mendalam.

Kata Kunci : Daur ulang, PET, printer 3D, Filamen, Pultrusi

ABSTRACT

The problem of plastic waste, especially Polyethylene Terephthalate (PET) bottles, is getting worse. PET bottles account for 8% of the total weight and 12% of the total volume of global waste. Recycling PET bottles is the best solution for the environment and the community's economy. The conversion of PET plastic bottles into plastic filament is one option that has emerged due to the rapid development of 3D printers. However, the pultrusion method requires thorough from both economic and print-quality perspectives. The research will focus on the development of a pultrusion-based filament recycling machine, break-even point calculations, and print quality comparisons. The machine, costing Rp519,700, operates at a temperature of 130 °C and produces filament with a diameter of 1,7 mm. The filament was tested for printing with parameters of 260 °C temperature, 30 mm/s speed, and 130% flow ratere resulting in prints that are less smooth and precise compared to commercially available filament. The BEP for machine production can be achieved by producing 2.59 kg of filament, assuming a market price of Rp222,000/kg for recycled filament, or 6.11 kg if the filament price is reduced to Rp100,000. The recycling process of PET bottles into filament using the pultrusion method has a low BEP that is easily achievable with filament quality meeting standards. However, print quality requires further improvement through more in-depth research.

Keywords: Recycling, PET, 3D Printer, Filament, Pultrusion