



UNIVERSITAS DIPONEGORO

LAPORAN PROYEK AKHIR

RANCANG BANGUN ALAT PERATA PERMUKAAN BOTOL

PLASTIK

OLEH

MUHAMMAD RIZKI 40040221650043

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN

REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK

SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

MEI 2025



UNIVERSITAS DIPONEGORO

LAPORAN PROYEK AKHIR

RANCANG BANGUN ALAT PERATA PERMUKAAN BOTOL

PLASTIK

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan

OLEH

MUHAMMAD RIZKI 40040221650043

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN

REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK

SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG


MEI 2025

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Proyek Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Muhammad Rizki

NIM : 40040221650043

Tanda Tangan : 

Tanggal : 13 Desember 2025



SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 475/PA/RPM/VI/2025

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama : Muhammad Rizki
NIM : 40040221650043
Judul Proyek Akhir : Modifikasi Alat Filamen 3D Printer dengan Penambahan
Proses Pemerataan Permukaan Botol
Dosen Pembimbing : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T
NIP : 197110301998021001

Isi Tugas:

1. Membuat desain 3D Modifikasi Alat Filamen 3D Printer dengan Penambahan Proses Pemerataan Permukaan Botol
2. Mengembangkan alat yang memungkinkan penggunaan botol plastik dengan permukaan yang tidak rata sebagai bahan baku pembuatan filamen
3. Membandingkan filamen yang sudah jadi dari bahan botol yang sudah diratakan dan belum diratakan
4. Menguji dan mengevaluasi hasil filamen dari bahan botol yang sudah diratakan

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 30 Juni 2025
Ketua Prodi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik

Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP 197609152003122001

Tembusan:

1. Ketua Prodi
2. Bagian pengajaran
3. Mahasiswa ybs

HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Muhammad Rizki

NIM : 40040221650043

Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik

Judul Proyek Akhir : Rancang Bangun Alat Perata Permukaan Botol Plastik

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.

Penguji I : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.

Penguji II : Alaya Fadllu Hadi M., S.T., M.Eng.

Penguji III : Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.

()
()
()
()

Semarang, 26 Maret 2026

Ketua Program Studi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik



Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP. 197609152003122001

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik, inayah, dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Proyek Akhir dengan judul “Rancang Bangun Alat Pemerataan Permukaan” dapat selesai sesuai dengan rencana dan tepat waktu. Proposal Proyek Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi D4 Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.

Proposal Proyek Akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa bimbingan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu dalam penulisan Laporan Proyek Akhir ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si, selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
2. Ibu Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
3. Bapak Bambang Setyoko, S.T., M.Eng., selaku Dosen Wali Angkatan 2021 Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Universitas Diponegoro.
4. Bapak Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir yang telah sedia menyisihkan waktunya dalam memberikan pengarahan dan bimbingan selama penyusunan Proyek Akhir.
5. Seluruh dosen dan teknisi Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa

Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama masa perkuliahan.

6. Kedua orang tua serta keluarga yang telah senantiasa memberikan doa dan semangat serta dukungan untuk penulis sehingga penulis dapat sampai dititik ini.
7. Teman-teman angkatan 2021 Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik yang selalu memberikan semangat dan banyak membantu.
8. Semua pihak yang telah membantu penyusunan Proyek Akhir yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan keterbatasan ilmu dalam penyusunan laporan ini. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Penulis berharap, semoga semua pihak yang telah memberikan bantuan, diberi balasan kebajikan. Aamiin. Semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan para pembaca secara umum, baik dari kalangan akademis maupun yang lain.

Semarang, 10 November 2025



Muhammad Rizki

ABSTRAK

Meningkatnya penggunaan botol plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) pada industri minuman siap saji menyebabkan bertambahnya limbah plastik yang sulit terurai. Salah satu solusi untuk mengurangi dampak tersebut adalah dengan mendaur ulang botol plastik menjadi bahan baku pembuatan filamen 3D. Filamen ini digunakan pada mesin 3D printer untuk mencetak berbagai objek sesuai rancangan digital. Namun, proses pemotongan botol plastik sering menghasilkan ukuran yang tidak seragam karena bentuk botol memiliki lekukan atau permukaan tidak rata.

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun alat perata permukaan botol sebagai perlakuan awal pada botol yang memiliki bentuk tidak rata, untuk proses pembuatan filamen 3D. Alat ini menggunakan sistem pemanas berupa heater ring dan tekanan udara untuk memanaskan serta meratakan permukaan botol sebelum pemotongan dilakukan. Hasil pengujian menunjukkan alat ini mampu meratakan permukaan botol PET secara efektif dan menghasilkan potongan yang lebih seragam. Filamen yang dihasilkan memiliki kualitas lebih baik dan stabil saat digunakan pada mesin 3D printer

Inovasi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses daur ulang botol plastik serta mengurangi jumlah limbah plastik di lingkungan. Selain itu, alat ini dapat menjadi solusi alternatif yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomi dalam pengolahan limbah plastik.

Kata kunci: Filamen 3D, Plastik PET, Pemerataan, Limbah Plastik, 3D Printer

ABSTRACT

The increasing use of Polyethylene Terephthalate (PET) plastic bottles in the ready-to-drink beverage industry has led to a rise in plastic waste that is difficult to decompose. One solution to reduce this impact is by recycling plastic bottles into raw materials for 3D filament production. This filament is used in 3D printers to fabricate various objects according to digital designs. However, the plastic bottle cutting process often results in inconsistent sizes due to the bottles' curved or uneven surfaces.

This study aims to design and build a bottle surface leveling device as a preliminary treatment for bottles with uneven shapes, intended for 3D filament production. The device utilizes a heating system consisting of a heater ring and air pressure to heat and flatten the bottle surface before cutting. Test results show that the device can effectively level PET bottle surfaces and produce more uniform cuts. The resulting filament has better quality and stability when used in 3D printers.

This innovation is expected to improve the efficiency of plastic bottle recycling processes and reduce the amount of plastic waste in the environment. Additionally, the device can serve as an environmentally friendly and economically valuable alternative solution for plastic waste management.

Keywords: 3D Filament, PET, Flattening, Recycling, 3D Printing

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
SURAT TUGAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR SIMBOL	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Luaran.....	4
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	4
1.6.1 Pendahuluan	5
1.6.2 Tinjauan Pustaka	5
1.6.3 Metodologi	5
1.6.4 Hasil dan Pembahasan.....	5
1.6.5 Kesimpulan dan Saran.....	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Printer 3D	6
2.2 Filamen 3D Printer	7
2.1.1 Filamen PLA	8
2.1.2 Filamen PLA+	9
2.1.3 Filamen ABS	9
2.1.4 Filamen PETG	10
2.2 Botol Plastik PET	10
2.3 Lekukan Botol	12
2.5 Prinsip Perpindahan Panas	13
2.5.1 Konduksi	13
2.5.2 Konveksi	14
2.6 Energi Termal dan Hubungan Energi Total	15
2.6.1 Energi Termal	15
2.6.2 Hubungan Energi Total	15
BAB III METODOLOGI	17
3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Proyek Akhir	18
3.2 Pengumpulan Informasi	19
3.2.1 Observasi Lapangan	19
3.2.2 Studi Literatur	19
3.3 Perancangan Alat	20
3.3.1 Desain Alat	20
3.3.2 Analisis Kebutuhan Kalor dan Perpindahan Panas	22
3.3.3 Perancangan Dimensi dan Komponen	28

3.3.4	Komponen Alat	34
3.4	Alat dan Bahan	41
3.4.1	Alat	41
3.4.2	Bahan.....	44
3.5	Proses Fabrikasi.....	45
3.5.1	Tabung Pemanas	45
3.5.2	Pengunci Botol	48
3.5.3	Bracket Pengatur ketinggian botol	51
3.5.4	Cetakan botol.....	52
3.5.5	Pentil Tutup Botol	54
3.5.6	Rangka Alat.....	55
3.5.7	Perakitan control panel.....	57
3.6	Alat Perata Permukaan Botol Plastik	59
3.6.1	Spesifikasi Alat Perata Permukaan Botol Plastik.....	59
3.6.2	Mekanisme Proses Alat Pemerataan Permukaan Botol Plastik.....	60
3.6.3	Prosedur Pengujian Pemerataan Botol Plastik	64
3.7	Mekanisme Proses Pembuatan Filamen PET	67
3.7.1	Penyayatan Botol Plastik.....	67
3.7.2	Pembentukan Filamen PET 3D Printer	69
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		71
4.1	Hasil Racang Bangun Alat Perata Permukaan Botol	71
4.1.1	Alat Penyayat Botol	71
4.1.2	Alat Pembuat Filamen.....	72
4.1.3	Alat Perata Permukaan Botol Plastik	73

4.2 Hasil dan Pembahasan Pemerataan Botol	74
4.2.1 Tabel Hasil Pemerataan Botol.....	74
4.2.2 Karakteristik Visual Botol Setelah Dilakukan Pemerataan.....	79
4.2.3 Analisa Hasil Pemerataan Botol.....	80
4.2.4 Kalkulasi Persentase Perubahan Diameter	82
4.3 Kinerja dan Manfaat Alat yang Dirancang Bangun	87
4.4 Hasil dan Pembahasan Sayatan Botol	88
4.5 Hasil dan Pembahasan Pembuatan Filamen.....	90
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	86
5.1 Kesimpulan.....	86
5.2 Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA.....	88
LAMPIRAN	96

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Data Geometri dan Material Tabung	23
Tabel 3. 2 Spesifikasi Alat Perata Permukaan Botol Plastik	60
Tabel 4. 1 Hasil Perataan Permukaan Botol Plastik.....	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 3D Printer	7
Gambar 2.2 Filamen PLA	8
Gambar 2.3 Botol PET	11
Gambar 2.4 Lekukan botol.....	12
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	18
Gambar 3.2 Desain alat Perata permukaan botol plastik	20
Gambar 3.3 Skema perpindahan kalor radial pada tabung berlapis.....	22
Gambar 3.4 Desain tabung pemanas.....	34
Gambar 3.5 Desain heater ring.....	35
Gambar 3.6 Desain Pengunci Botol.....	36
Gambar 3.7 Desain Bracket Pengatur Ketinggian Botol	37
Gambar 3.8 Desain cetakan botol	38
Gambar 3.9 Desain rangka.....	40
Gambar 3.10 Gerinda potong.....	41
Gambar 3.11 Mesin las.....	42
Gambar 3.12 Bor tangan	42
Gambar 3.13 Gerinda tutup tempat pemanas	46

Gambar 3.14 Melubangi tempat pemanas.....	47
Gambar 3.15 Bahan pengunci botol.....	49
Gambar 3.16 Perakitan pengunci botol.....	50
Gambar 3.17 Pentil tutup botol.....	55
Gambar 3.18 Pemotongan besi hollow	56
Gambar 3.19 <i>Wiring</i> alat	58
Gambar 3.20 Perakitan alur listrik	59
Gambar 3.21 Penuangan air	61
Gambar 3.22 Mengatur temperature	62
Gambar 3.23 Pengisian angin bertekanan.....	63
Gambar 3.24 Pengangkatan botol	64
Gambar 3.25 Jalur Sayatan	68
Gambar 3.26 Proses penyayatan	69
Gambar 3.27 Memasukkan sayatan pada elemen pemanas	69
Gambar 3.28 <i>LCD RAMS Arduino</i>	70
Gambar 4.1 Alat sayatan botol.....	72
Gambar 4.2 Proses pembuatan filamen sebelum diratakan (a), proses pembuatan filamen setelah diratakan.....	73
Gambar 4.3 Alat pemerata permukaan botol.....	74

Gambar 4.4 Titik lekukan awal botol.....	75
Gambar 4.5 Hasil perataan permukaan botol PET pada suhu 80 °C Tekanan 2 bar, waktu 2 menit (a), tekanan 2 bar, waktu 3 menit (b), Tekanan 2 bar, waktu 4 menit (c), tekanan 2,5 bar, waktu 2 menit (d), Tekanan 2,5 bar, waktu 3 menit (e).....	77
Gambar 4.6 Hasil perataan permukaan botol PET pada suhu 80 °C Tekanan 2,5 bar, waktu 4 menit (f), tekanan 3 bar, waktu 2 menit (g), Tekanan 3 bar, waktu 3 menit (h),tekanan 3 bar, waktu 4 menit (i).....	78
Gambar 4.7 Botol sebelum pemerataan (a), botol sesudah pemerataan (b), crop botol sebelum pemerataan(c), crop botol sesudah pemerataan(d)	79
Gambar 4.8 Sayatan dari botol sebelum pemerataan (a), sayatan dari botol sudah pemerataan (b), <i>crop</i> sayatan dari botol sebelum pemerataan(c), <i>crop</i> sayatan dari botol sudah pemerataan(d)	88
Gambar 4.9 Filamen dari botol sebelum pemerataan (a), filamen dari botol sudah pemerataan (b), <i>crop</i> filamen dari botol sebelum pemerataan(c), <i>crop</i> filamen dari botol sudah pemerataan(d)	90

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Pertama kali Muncul Halaman
$Q_{konduksi}$	Laju perpindahan panas secara konduksi	13
K	Konduktivitas termal bahan (W/m·K)	13
A	Luas perpindahan panas	13
dt	Gradien temperatur	13
dx	Jarak arah aliran panas	13
$Q_{konveksi}$	Laju perpindahan panas konveksi	14
ΔT	Beda temperatur permukaan & fluida	14
h	Koefisien perpindahan panas konveksi	14
Q	Energi panas yang dibutuhkan	15
m	Massa botol PET	15
c	Kalor jenis material (PET/air)	15
ΔT	Perubahan suhu ($T_{akhir} - T_{awal}$)	15
η	Efisiensi perpindahan panas	16
Q_{botol}	Energi yang diserap botol	16
Q_{heater}	Energi yang dihasilkan heater	16
ΣR_{th}	Total hambatan termal	24
$R_{conv,in}$	Hambatan konveksi bagian dalam	24
$R_{cond,ss}$	Hambatan konduksi stainless steel	24
$R_{cond,ins}$	Hambatan konduksi isolator	24
k _{ss}	Konduktivitas termal stainless steel	24

k_{ins}	Konduktivitas termal isolator	24
r_i	Jari-jari dalam tabung	24
r_1	Jari-jari luar tabung	24
r_2	Jari-jari luar isolator	24
L	Panjang tabung	24
$R_{conv,out}$	Hambatan konveksi bagian luar	25
h_{in}	Koefisien konveksi dalam	25
h_{out}	Koefisien konveksi luar	25
D_{luar}	Diameter luar tabung	27
D_{dalam}	Diameter dalam tabung	27
ρ	Massa jenis fluida (air)	28
g	Percepatan gravitasi	28
h	Tinggi fluida / tinggi tabung	28
P	Tekanan hidrostatik	28
V_{tabung}	Volume tabung pemanas	28
$V_{cetakan}$	Volume cetakan	30
V_{air}	Volume air pemanas	30
c	Kalor jenis	30
ΔT	Perbedaan suhu	30
\bar{D}	Diameter rata-rata	83
D_A	Diameter pada titik A	83
D_B	Diameter pada titik B	83
D_C	Diameter pada titik C	83

s	Simpangan baku	83
n	Jumlah data / titik pengukuran	83