

LAPORAN TUGAS AKHIR
PENGARUH *ANNEALING POST-PROCESSING* TERHADAP KEKUATAN
TARIK PLA HASIL CETAK 3D

Diajukan sebagai syarat Kelulusan Mencapai Gelar Sarjana Teknik

Pada Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Mesin

Universitas Darma Persada



Disusun Oleh:

Naomi Melva Mariana Sirait

NIM : 2022250026

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DARMA PERSADA

JAKARTA

2026

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL:

Pengaruh *Annealing Post-Processing* Terhadap Kekuatan Tarik PLA
Hasil Cetak 3D

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir untuk diseminarkan
dihadapan Dewan Penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin
Universitas Dharma Persada, pada:

Hari : Jumat

Tanggal : 06 Februari 2026

Disusun Oleh:

Nama : Naomi Melva Mariana Sirait

NIM : 2022250026

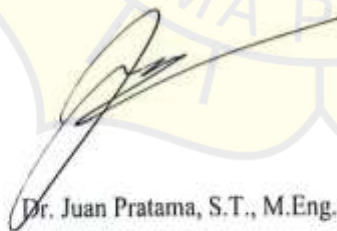
Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Mahasiswa



Dr. Juan Pratama, S.T., M.Eng.



Naomi Melva Mariana Sirait

NIDN: 0330119002

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan Judul:

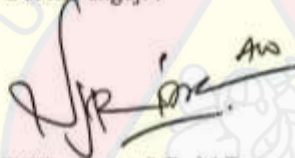
Pengaruh *Annealing Post-Processing* Terhadap Kekuatan Tarik PLA Hasil Cetak 3D

Telah disidangkan pada Tanggal 11 Februari 2026 dihadapan Dewan Penguji dan dinyatakan Lulus sebagai Sarjana Teknik Mesin Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Mesin

Nama : Naomi Melva Mariana Strait
NIM : 2022250026
Program Studi : Teknik Mesin

Mengesahkan,

Dosen Penguji I



Trisna Ardi Wiradinata, S.T., M.Eng.
NIDN: 0303019501

Dosen Penguji II



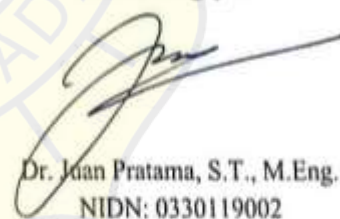
Dr. Ir. Erwin S.T., M.T.
NIDN: 0430107902

Dosen Penguji III



Didik Sugiyanto, S.T., M.Eng.
NIDN: 0625098201

Dosen Penguji IV



Dr. Juan Pratama, S.T., M.Eng.
NIDN: 0330119002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Didik Sugiyanto, S.T., M.Eng.
NIDN: 0625098201

LEMBAR PERNYATAAN

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Naomi Melva Mariana Sirait
NIM : 2022250026
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik Universitas Darma Persada
Judul Tugas Akhir : Pengaruh *Annealing Post-Processing* Terhadap
Kekuatan Tarik PLA Hasil Cetak 3D

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini saya susun sendiri berdasarkan hasil penelitian, bimbingan dan panduan dari buku-buku referensi yang terkait tema Tugas Akhir ini dengan menuliskan sitasinya. Selanjutnya laporan Tugas ini bebas dari Plagiasi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan bertanggungjawab atas semua yang ditulis dalam laporan Tugas Akhir ini.

Jakarta, 11 Februari 2026

Penulis



Naomi Melva Mariana Sirait

2022250026

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

"Ujilah segala sesuatu dan peganglah yang baik."

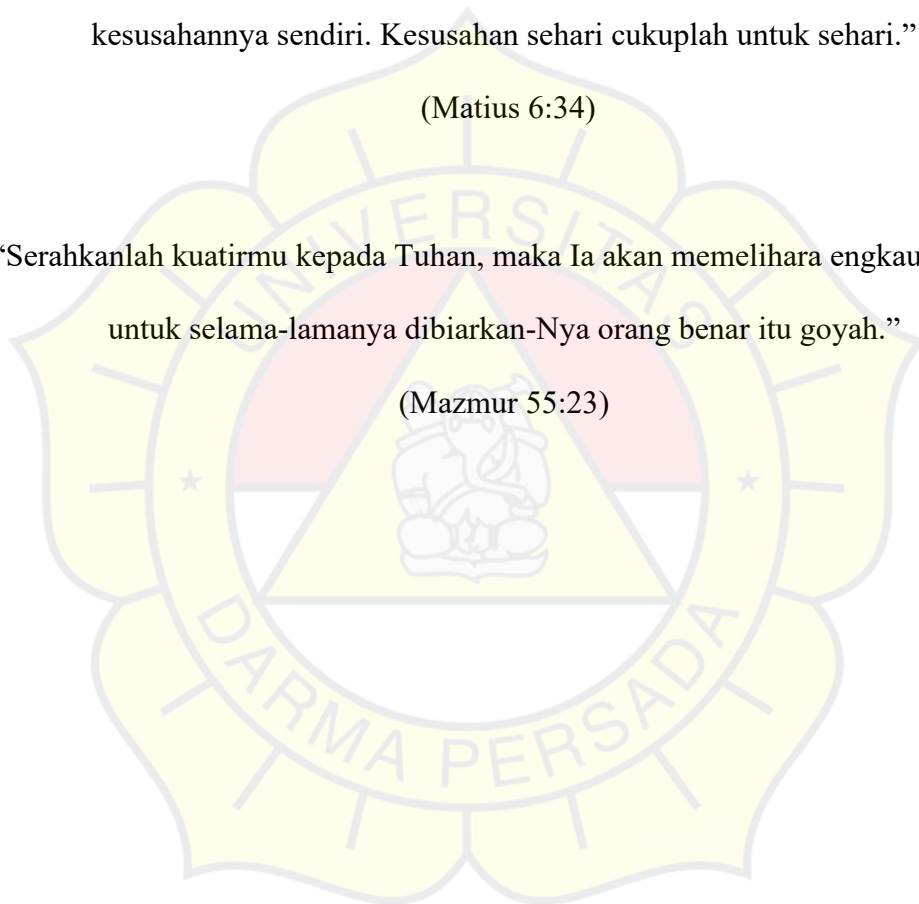
(1 Tesalonika 5:21)

“Sebab itu janganlah kamu kuatir akan hari besok, karena hari besok mempunyai kesusahannya sendiri. Kesusahan sehari cukuplah untuk sehari.”

(Matius 6:34)

“Serahkanlah kuatirmu kepada Tuhan, maka Ia akan memelihara engkau! Tidak untuk selama-lamanya dibiarkan-Nya orang benar itu goyah.”

(Mazmur 55:23)



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala anugerah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul "Pengaruh *Annealing Post-Processing* Terhadap Kekuatan Tarik PLA Hasil Cetak 3D" ini dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin di Universitas Darma Persada. Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan bantuan yang sangat berharga. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dekan Fakultas Teknik, Bapak Dr. Ade Supriatna, S.T., M.T.
2. Bapak Ketua Program Studi, Bapak Didik Sugiyanto, ST.,M.Eng.
3. Bapak Dosen Pembimbing, Bapak Dr. Juan Pratama, S.T.,M.Eng.
4. Bapak Dosen Penguji. Bapak Dr. Ir. Erwin, S.T., M.T, Bapak Trisna Ardi Wiradinata, S.T., M.Eng, Bapak Didik Sugiyanto, S.T.,M.Eng, dan Bapak Dr. Juan Pratama, S.T.,M.Eng
5. Orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan moral maupun material, serta semangat yang tiada henti.
6. Muhammad Reza Revanda Farsya S.T yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, serta pengertian sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

7. Zen Lovi Ababil dengan NIM 2022250015 yang telah memberikan bantuan, kebersamaan, serta semangat dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
8. Semua pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap mendapatkan masukan serta saran konstruktif untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta kemajuan dalam bidang ilmu pengetahuan.

Jakarta, 11 Februari 2026

✧ Penulis

Naomi Melva Mariana Sirait

2022250026

ABSTRAK

Polylactic Acid (PLA) merupakan material termoplastik yang paling umum digunakan dalam teknologi pencetakan 3D metode *Fused Deposition Modeling* (FDM) karena kemudahan penggunaan dan sifatnya yang ramah lingkungan. Namun, komponen PLA hasil cetak 3D memiliki keterbatasan dalam hal kekuatan mekanik dan stabilitas termal yang membatasi aplikasinya untuk penggunaan fungsional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh proses *annealing* terhadap sifat mekanik material PLA hasil cetak 3D. Spesimen uji dicetak menggunakan printer 3D FDM dengan parameter cetak yang telah dioptimasi, kemudian dilakukan proses *annealing* pada suhu 150°C dan variasi beban terhadap 3 kelompok yaitu A (1,5 Kg), B (3 Kg), C (4,5 Kg) dengan waktu tahan 2 menit dan waktu pendinginan 20 menit kecuali *Control* tanpa perlakuan *annealing*. Pengujian yang dilakukan meliputi uji tarik untuk menganalisis kekuatan mekanik, dan uji mikroskop optik untuk mengamati porositas material. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *annealing* secara signifikan meningkatkan derajat kristalinitas material PLA dibandingkan kondisi *as-printed*, yang berdampak pada peningkatan kekuatan tarik. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan teknik *post-processing* yang efektif untuk meningkatkan kualitas komponen PLA hasil cetak 3D.

Kata kunci: PLA, Cetak 3D, FDM, *Annealing*, *Post-processing*, Sifat mekanik

ABSTRACT

Polylactic Acid (PLA) is a thermoplastic material most commonly used in 3D printing technology using the Fused Deposition Modeling (FDM) method due to its ease of use and environmentally friendly properties. However, 3D-printed PLA components have limitations in terms of mechanical strength and thermal stability, which restrict their applications for functional use. This study aims to analyze the effect of the annealing process on the mechanical properties of 3D-printed PLA material. Test specimens were printed using an FDM 3D printer with optimized printing parameters, then subjected to annealing at 150°C with different loads for 3 groups: A (1.5 Kg), B (3 Kg), C (4.5 Kg), and a Control group without annealing treatment, with a holding time of 2 minutes and a cooling time of 20 minutes. The tests conducted included tensile testing to analyze mechanical strength, and optical microscopy to observe material porosity. The results of the study show that the process annealing significantly increases the degree of crystallinity of PLA material compared to the as-printed condition, which impacts the improvement of tensile strength. This study contributes to the development of effective post-processing techniques to enhance the quality of 3D-printed PLA components.

Keywords: *PLA, 3D Printing, FDM, Annealing, Post-processing, Mechanical properties*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR SIMBOL	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II	5
LANDASAN TEORI	5
2.1 <i>Polylactic Acid</i> (PLA)	5
2.2 <i>3D Printing</i> (<i>Additive Manufacturing</i>)	8
2.2.1 <i>Fused Desposition Modeling</i> (FDM).....	9
2.3 <i>Heat Treatment</i>	10
2.3.1 <i>Annealing</i>	11
2.3.2 Pengaruh <i>Annealing</i> terhadap Sifat Mekanik PLA.....	14
2.4 Uji Kekuatan Tarik	15
2.5 Hipotesis Penelitian	18

BAB III	19
METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	19
3.2 Variabel Penelitian	21
3.3 Bahan dan Alat	21
3.3.1 Alat	22
3.3.2 Bahan	27
3.4 Desain Eksperimen	27
3.5 Langkah-langkah Penelitian	27
BAB IV	30
HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Hasil Pengukuran Densitas Spesimen Sebelum <i>Annealing</i>	30
4.2 Proses <i>Annealing</i>	31
4.3 Hasil Pengukuran Densitas Spesimen Setelah <i>Annealing</i>	35
4.4 Kondisi Porositas Spesimen Sebelum & Sesudah <i>Annealing</i>	42
4.5 Hasil Uji Kekuatan Tarik.....	48
4.6 Hasil Uji Mikroskop Optik Digital	53
4.6.1 Hasil Patahan Seluruh Spesimen	55
BAB V	58
PENUTUP	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	65

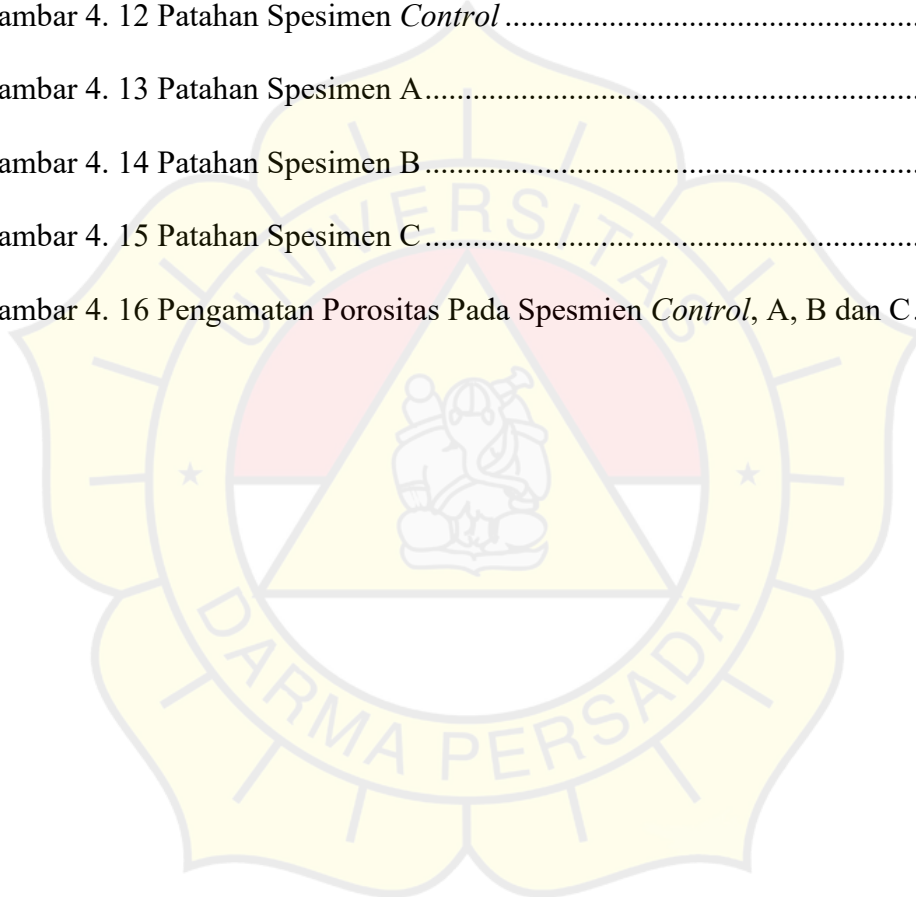
DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Fisik <i>Polylactid Acid</i> (PLA)	6
Tabel 2. 2 Perbandingan PLA dengan Polimer Lain	7
Tabel 3. 1 Desain Eksperimen.....	27
Tabel 3. 2 Parameter Cetak Spesimen.....	28
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Densitas Sebelum <i>Annealing</i>	30
Tabel 4. 2 Densitas Spesimen Setelah <i>Annealing</i>	35
Tabel 4. 3 <i>Average</i> dan Deviasi Densitas Spesimen Setelah di <i>Annealing</i>	39
Tabel 4. 4 Densitas Spesimen setelah <i>Annealing</i> dan Nilai Densitas Material PLA Murni.....	45
Tabel 4. 5 Nilai Porositas Spesimen Setelah di <i>Annealing</i>	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Kimia <i>Polylactid Acid</i> (PLA).....	5
Gambar 2. 2 Alur Kerja Keseluruhan dari Proses Manufaktur Aditif	9
Gambar 2. 3 Mesin Uji Tarik Dilengkapi Spesimen Ukuran Standar.....	16
Gambar 2. 4 Kurva Uji Tarik	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	19
Gambar 3. 2 Printer 3D FDM dengan Gulungan Filamen Polimer (pojok kiri atas)	22
Gambar 3. 3 Desain Spesimen Uji Tarik Sesuai Standar <i>ASTM D638 IV</i>	22
Gambar 3. 4 Desain <i>Molding</i> Spesimen.....	23
Gambar 3. 5 Oven <i>Annealing</i>	23
Gambar 3. 6 Timbangan Digital	24
Gambar 3. 7 Bandul Timbangan	24
Gambar 3. 8 Mikroskop Optik Digital	25
Gambar 3. 9 <i>Thermogun</i>	26
Gambar 3. 10 Jangka Sorong	26
Gambar 4. 1 <i>Warm-Up</i> Oven <i>Annealing</i>	31
Gambar 4. 2 Pemanasan <i>Molding</i> hingga Suhu 150°C.....	32
Gambar 4. 3 Pemasangann spesimen ke dalam <i>Molding</i> yang telah di <i>Annelaing</i>	32
Gambar 4. 4 Proses <i>Annealing</i> Spesimen dengan beban (A) 1,5 Kg, (B) 3 Kg, dan (C) 4,5 Kg	33
Gambar 4. 5 Spesimen dengan suhu ruang setelah didinginkan.....	34
Gambar 4. 6 Menimbang Massa Spesimen setelah <i>Annealing</i>	35

Gambar 4. 7 Grafik Batang Densitas Spesimen Setelah <i>Annealing</i>	39
Gambar 4. 8 Grafik Batang Porositas Setelah <i>Annealing</i>	46
Gambar 4. 9 Kurva Hasil Uji Kekuatan Tarik	48
Gambar 4. 10 Grafik Batang (a) Modulus, (b) Tegangan Maksimum, (c) Regangan.....	50
Gambar 4. 11 Pola Patahan Pada Spesimen <i>Control</i> , A, B dan C	53
Gambar 4. 12 Patahan Spesimen <i>Control</i>	55
Gambar 4. 13 Patahan Spesimen A.....	55
Gambar 4. 14 Patahan Spesimen B	55
Gambar 4. 15 Patahan Spesimen C	56
Gambar 4. 16 Pengamatan Porositas Pada Spesimen <i>Control</i> , A, B dan C.....	56



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
σ	Tegangan	Kgf/mm ² atau N/mm ² (MPa)
ρ	Densitas	g/cm ³ atau kg/m ³
m	Massa	g atau Kg
V	Volume	Cm ³ atau m ³
F	Beban	Kgf
A	Luas Penampang	mm ²
ϵ	Regangan (<i>Strain</i>)	-
Lo	Panjang awal spesimen	mm
E	Modulus elastisitas (<i>Young's Modulus</i>)	Mpa