

LAPORAN TUGAS AKHIR
ANALISA TEGANGAN TARIK DAN *BENDING* PADA
MATERIAL PLA (*Polylactic Acid*) MENGGUNAKAN METODE
ELEMEN HINGGA

Diajukan sebagai Syarat Kelulusan Mencapai Gelar Sarjana Teknik
pada Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Mesin
Universitas Darma Persada



Disusun oleh :

Jerryko Dominic Pessy

Nim : 2022250028

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
TAHUN 2026

LEMBAR PERTUJUAN

Laporan Tugas Akhir dengan Judul:
Analisa Tegangan Tarik dan *Bending* pada Material PLA
(*Polylactic Acid*) Menggunakan Metode
Elemen Hingga

Telah disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir untuk dipertahankan di depan Dewan
Penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin
Universitas Darma Persada, pada :

Hari : Kamis
Tanggal : 05, Februari 2025

Disusun Oleh :
Nama : Jerryko Dominic Pessy
NIM : 2022250028
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Mahasiswa

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

Jerryko Dominic Pessy

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan Judul:

**ANALISA TEGANGAN TARIK DAN *BENDING* PADA MATERIAL PLA
(*Polylactic Acid*) MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

Telah disidangkan pada Tanggal 10, Februari 2026 dihadapan
Dewan Penguji dan dinyatakan Lulus sebagai Sarjana Teknik Mesin
Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Mesin

Nama : Jerryko Dominic Pessy
NIM : 2022250028
Program Studi : Teknik Mesin

Mengesahkan,

Dosen Penguji I



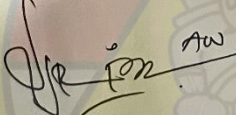
Dr. Ir. Erwin, S.T., M.T.
NIDN: 0430107902

Dosen Penguji II



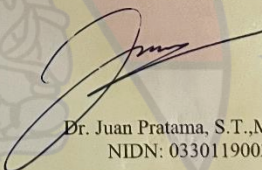
Didik Sugiyanto, S.T., M.Eng.
NIDN: 0625098201

Dosen Penguji III



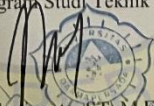
Trisna Ardi Wiradinata, S.T., M.Eng.
NIDN: 0303019501

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

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jerryko Dominic Pessy

NIM : 2022250028

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik Universitas Darma persada

Judul Tugas Akhir : ANALISA TEGANGAN TARIK DAN *BENDING*
PADA MATERIAL PLA (*POLYLACTIC ACID*) MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA

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 citasinya. 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, 10 Februari 2026



Jerryko Dominic Pessy
2022250028

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**Analisa Tegangan Tarik dan Bending pada Material PLA (POLYLACTIC ACID) Menggunakan Metode Elemen Hingga**”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Darma persada.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya

kepada:

1. Bapak Dekan Fakultas Teknik Dr. Ade Supriatna, S.T., M.T.
2. Bapak Ketua Program Studi Teknik Mesin Didik Sugiyanto, S.T.,M.Eng.
3. Bapak Dosen Penguji
 - Dr. Ir. Erwin, S.T., M.T.
 - Didik Sugiyanto, S.T.,M.Eng.
 - Trisna Ardi Wiradinata, S.T., M.Eng.
 - Dr. Juan Pratama, S.T.,M.Eng.
4. orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, dan motivasi.
5. Teman-teman seperjuangan serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik.

Jakarta, 10 Februari 2026

Jerryko Dominic Pessy
2022250028

ABSTRAK

Polylactic Acid (PLA) merupakan salah satu material polimer *biodegradable* yang banyak digunakan dalam aplikasi teknik, khususnya pada proses manufaktur berbasis pencetakan tiga dimensi. Dalam penggunaannya sebagai komponen struktural, diperlukan pemahaman yang baik mengenai perilaku mekanik material, terutama terhadap pembebanan tarik dan bending. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tegangan maksimum, regangan maksimum, serta modulus elastisitas tarik dan bending pada material PLA menggunakan metode elemen hingga, serta membandingkan hasil simulasi dengan hasil pengujian eksperimen untuk mengetahui tingkat akurasi metode tersebut. Metode elemen hingga digunakan untuk memodelkan spesimen uji tarik dan bending dengan parameter material PLA yang ditentukan berdasarkan data literatur dan pengujian. Simulasi dilakukan untuk memperoleh distribusi tegangan, regangan, dan elastisitas, kemudian hasilnya dibandingkan dengan data eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tegangan dan regangan hasil eksperimen cenderung lebih tinggi dibandingkan hasil simulasi, yang disebabkan oleh pengaruh kondisi nyata material seperti sifat elastis-plastis, kualitas ikatan antar lapisan, serta ketidaksempurnaan spesimen. Meskipun demikian, hasil simulasi menunjukkan kecenderungan yang sejalan dengan hasil eksperimen dan memiliki selisih yang masih dapat diterima. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode elemen hingga memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam menganalisis perilaku mekanik material PLA pada pembebanan tarik dan bending, sehingga metode ini dapat digunakan sebagai alat bantu yang efektif dalam analisis dan perancangan awal komponen berbahan PLA.

Kata kunci: *Polylactic Acid* (PLA), uji tarik, uji bending, metode elemen hingga, analisis tegangan.

ABSTRACT

Polylactic Acid (PLA) is a biodegradable polymer material that is widely used in engineering applications, particularly in additive manufacturing processes such as three-dimensional printing. In its application as a structural component, a comprehensive understanding of the mechanical behavior of the material, especially under tensile and bending loads, is required. This study aims to analyze the maximum stress, maximum strain, and elastic modulus under tensile and bending loading conditions for PLA material using the finite element method, as well as to compare the simulation results with experimental data to evaluate the accuracy of the method. The finite element method was employed to model tensile and bending test specimens using PLA material properties obtained from literature and experimental data. Simulations were conducted to obtain stress, strain, and elastic modulus distributions, which were then compared with experimental test results. The results indicate that the stress and strain values obtained from experimental testing are generally higher than those from simulations, mainly due to the influence of actual material conditions such as elastic–plastic behavior, interlayer bonding quality, and specimen imperfections that are not fully represented in the simulation model. Nevertheless, the simulation results show trends that are consistent with the experimental data and the differences remain within acceptable limits. Based on these findings, it can be concluded that the finite element method demonstrates sufficient accuracy in analyzing the mechanical behavior of PLA material under tensile and bending loading, and thus can be effectively used as a reliable tool for preliminary analysis and design of PLA-based components.

Keywords: *Polylactic Acid (PLA), tensile test, bending test, finite element method, stress analysis.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERTUJUAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	2
LEMBAR PERNYATAAN	2
KATA PENGANTAR	3
ABSTRAK	5
ABSTRACT	6
DAFTAR ISI	7
DAFTAR GAMBAR	11
DAFTAR SYMBOL	14
BAB I PENDAHULUAN	15
1.1 Latar Belakang	15
1.2 Rumusan Masalah	16
1.3 Tujuan Penelitian	17
1.4 Manfaat Penelitian	17
1.5 Batasan Masalah	18
1.6 Sistematika Penulisan	18
BAB II DASAR TEORI	20
2.1 TINJAUAN PUSTAKA	20
2.1.1 Simulasi <i>Numerik</i> Tegangan Tarik PLA dengan FEA	20
2.1.2 Keterbatasan Studi <i>Eksisting</i> dan Gap Penelitian	21
2.1.3 Relevansi Gap Penelitian terhadap Penelitian Anda	22
2.2 Metode Elemen Hingga (<i>Finite Element Method</i> / FEM)	23

2.3 Apa Itu FEA (<i>Finite Element Analysis</i>)	23
2.4 Mengapa FEA Perlu Dilakukan	24
1. Menghemat Waktu dan Biaya.....	24
2. Mengetahui Distribusi Tegangan Secara Detail	24
3. Memprediksi Kegagalan Material	25
4. Validasi dan Perbandingan	25
5. Analisis Parameter Desain	25
2.5 Teori Kegagalan Material.....	25
2.5.1 Teori Tegangan Normal <i>Maksimum</i>	26
2.5.2 Teori Regangan Normal <i>Maksimum</i>	26
2.5.3 Teori Energi <i>Distorsi</i> (<i>Von Mises Theory</i>)	26
2.5.4 Teori <i>Mohr-Coulomb</i> (Untuk Material Getas).....	27
2.6 Hubungan FEA dengan Teori Kegagalan	27
2.7 Teori Uji Tarik (<i>Tensile Test</i>).....	28
2.7.1 Tujuan Uji Tarik	28
2.7.2 Prinsip Pengujian	29
2.8 Teori Uji Bending (<i>Flexural Test</i>).....	31
2.9 Hipotesis Penelitian	33
BAB III METODE PENELITIAN.....	34
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	35
3.2 Variabel Penelitian	39
3.2.1 Variabel Bebas	39
3.2.2 Variabel Terikat	40
3.2.3 Variabel Kontrol	40

3.3 Bahan dan Alat	41
3.3.1 Bahan	41
3.3.2 Alat.....	42
3.6 Simulasi FEA	43
3.7 Desain Spesimen Uji Tarik	44
3.7.1 Penentuan Material	46
3.7.2 <i>Constrain / Boundary Condition</i>	47
3.7.3 <i>Load</i>	48
3.7.4 <i>Meshing</i>	49
3.8 Desain Spesimen Uji Bending.....	50
3.8.1 Standar Spesimen.....	50
3.8.2 <i>Geometri</i> dan Dimensi Spesimen	51
3.8.3 Metode Pembebanan Bending	51
3.8.4 Penentuan Material	52
3.8.5 <i>Constrain / Boundary Condition</i>	53
3.8.6 <i>Meshing</i>	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	56
4.1 Simulasi Tegangan Tarik.....	56
4.1.1 Simulasi Tegangan Tarik.....	57
4.1.2 Pengujian <i>Safety Factor</i>	61
4.1.3 Pengujian <i>Displacement</i>	66
4.2 Simulasi Tegangan Bending.....	70
4.2.1 Simulasi Tegangan.....	71
4.2.2 Simulasi <i>Safety Factor</i>	77

4.2.3 <i>Displacement</i> Bending.....	82
4.3 Perbandingan Data Tegangan Tarik	88
4.4 Perbandingan data Regangan Tarik.....	89
4.5 Perbandingan data Elastisitas Tarik.....	91
4.6 Perbandingan Data Tegangan Bending	93
4.7 Perbandingan Regangan Bending.....	96
4.8 Perbandingan Elastisitas Bending	97
BAB V PENUTUP.....	98
5.1 Kesimpulan.....	99
5.2 Saran.....	100
Daftar Pustaka	101
LAMPIRAN.....	104

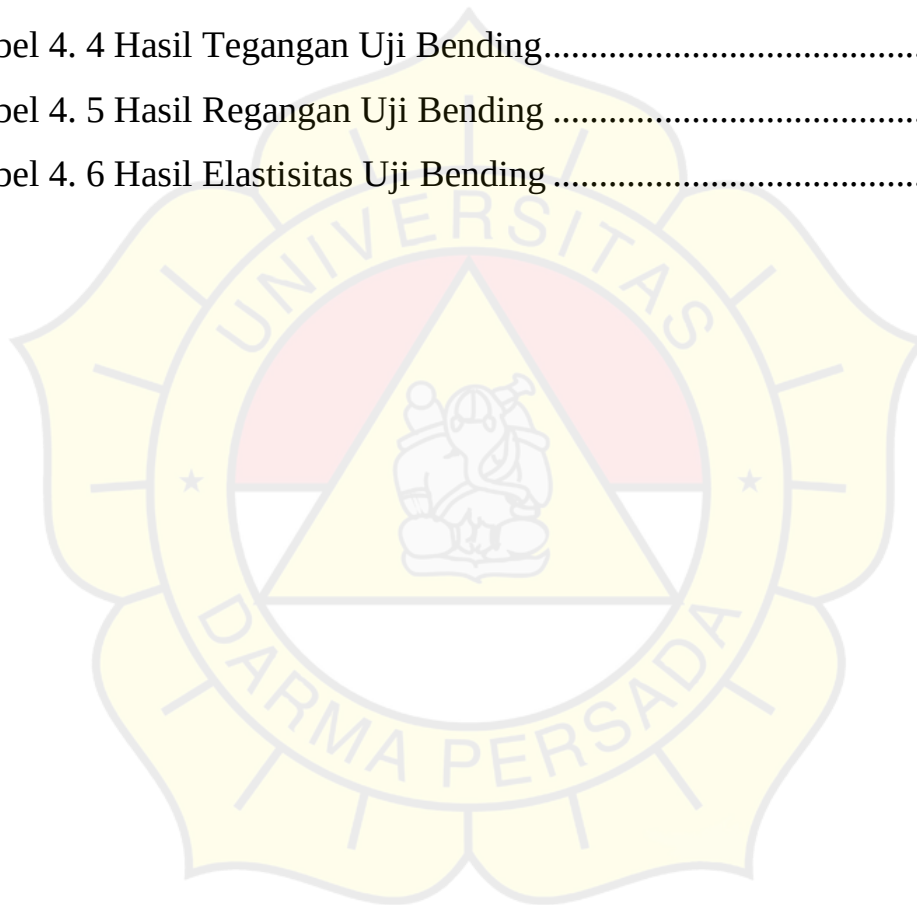
DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	34
Gambar 3. 3 Dimensi Spesimen ASTM D 638.....	45
Gambar 3. 4 Spesimen ASTM D 638	45
Gambar 3. 5 Penentuan Material.....	46
Gambar 3. 6 Tumpuan <i>Fixed</i>	47
Gambar 3. 7 Beban <i>Eksternal</i>	48
Gambar 3. 8 Pengaturan <i>Mesh Fine</i>	49
Gambar 3. 9 Spesimen Bending.....	50
Gambar 3. 10 Parameter Material	53
Gambar 3. 11 Tumpuan Sederhana.....	53
Gambar 3. 12 Parameter <i>load</i>	54
Gambar 3. 13 Parameter <i>Mesh</i>	55
Gambar 4. 1 Tegangan (<i>Control</i>).....	57
Gambar 4. 2 Tegangan (A)	58
Gambar 4. 3 Tegangan (B).....	59
Gambar 4. 4 Tegangan (C).....	60
Gambar 4. 5 <i>Safety Factor (Control)</i>	61
Gambar 4. 6 <i>Safety Factor (A)</i>	62
Gambar 4. 7 <i>Safety Factor (B)</i>	63
Gambar 4. 8 <i>Safety Factor (C)</i>	64
Gambar 4. 9 <i>Displacement (Control)</i>	66
Gambar 4. 10 <i>Displacement (A)</i>	67
Gambar 4. 11 <i>Displacement (B)</i>	68
Gambar 4. 12 <i>Displacement (C)</i>	69
Gambar 4. 13 Tegangan (<i>Control</i>).....	71
Gambar 4. 14 Tegangan (A).....	73
Gambar 4. 15 Tegangan (B).....	74
Gambar 4. 16 Tegangan (C).....	76

Gambar 4. 17 <i>Safety Factor (Control)</i>	77
Gambar 4. 18 <i>Safety Factor (A)</i>	78
Gambar 4. 19 <i>Safety Factor (B)</i>	80
Gambar 4. 20 <i>Safety Factor (C)</i>	81
Gambar 4. 21 <i>Displacement (Control)</i>	82
Gambar 4. 22 <i>Displacement (A)</i>	84
Gambar 4. 23 <i>Displacement (B)</i>	85
Gambar 4. 24 <i>Displacement (C)</i>	87
Gambar 4. 25 Diagram Batang Uji Tarik	89
Gambar 4. 26 Diagram Batang Regangan Tarik	91
Gambar 4. 27 Diagram Batang Elastisitas Tarik	93
Gambar 4. 28 Diagram Batang Tegangan Bending	94
Gambar 4. 29 Diagram Batang Regangan	96
Gambar 4. 30 Diagram Batang Elastisitas	97

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Desain <i>Experiment</i>	43
Tabel 3. 2 Parameter Simulasi	43
Tabel 4. 1 Hasil Tegangan Tarik.....	88
Tabel 4. 2 Hasil Regangan Tarik	90
Tabel 4. 3 Hasil Elastisitas Tarik	92
Tabel 4. 4 Hasil Tegangan Uji Bending.....	94
Tabel 4. 5 Hasil Regangan Uji Bending	96
Tabel 4. 6 Hasil Elastisitas Uji Bending	97



DAFTAR SYMBOL

Symbol	Keterangan	Satuan
σ	Tegangan normal	MPa atau N/mm ²
$\sigma_{\max}$	Tegangan maksimum	MPa
σ_y	Tegangan luluh (<i>Yield Strength</i>)	MPa
σ_u	Tegangan ultimit (<i>Ultimate Tensile Strength</i>)	MPa
σ_{vm}	Tegangan Von Mises	MPa
ϵ	Regangan normal	mm/mm
$\epsilon_{\max}$	Regangan maksimum	mm/mm
ϵ_f	Regangan lentur	mm/mm
E	Modulus Elastisitas (<i>Young's Modulus</i>)	MPa atau GPa
E _f	Modulus Elastisitas Lentur	MPa atau GPa
ρ	Massa jenis (<i>Density</i>)	g/cm ³ atau kg/m ³
F	Gaya	N
F _{max}	Gaya maksimum	N
A	Luas penampang awal	mm ²
L ₀	Panjang awal spesimen	mm
ΔL	Pertambahan panjang	mm
L	Panjang bentang (<i>span length</i>)	mm
b	Lebar spesimen	mm
d / h	Tebal spesimen	mm
D	Defleksi maksimum	mm
m	Kemiringan kurva beban–defleksi	N/mm
g	Percepatan gravitasi	m/s ²
UTS	<i>Ultimate Tensile Strength</i>	MPa