

SKRIPSI

**OPTIMASI PARAMETER 3D *PRINTING* PADA MATERIAL *POLYLACTIC ACID* (PLA) TERHADAP UJI TARIK DAN UJI *BENDING* MENGGUNAKAN
METODE *TAGUCHI***



NAMA : ROLLAND DARIN KHALIFAH MAHAMERU

NPM : 20036010025

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK & SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
SURABAYA
2024/2025**

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI PARAMETER 3D PRINTING PADA MATERIAL POLYLACTIC ACID (PLA) TERHADAP UJI TARIK DAN UJI BENDING MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Skripsi Ini Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata Satu dan Memperoleh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa timur.

Disusun Oleh :

Nama : Rolland Darin Khalifah Mahameru
NPM : 20036010025
Konsentrasi : Manufaktur

Telah Diuji Dalam Ujian Comprehensive Skripsi
Hari / Tanggal : Senin / 02 September 2024

Telah Disahkan Oleh :

Tim Penguji :

Dosen Pembimbing

1.

Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.
NIP. 199404282022032011

Ahmad Khairul Faizin, ST.,MSc
NIP : 199301202024061001

Koordinator Program Studi Teknik Mesin

Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng.
NIP. 199407262024061002

Dr. Ir. Luluk Edahwati, MT
NIP. 19640611 199203 2001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa timur

Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP
NIP. 19650403 199103 2 001

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rolland Darin Khalifah Mahameru
NPM : 20036010025
Fakultas / Program Studi : Teknik & Sains / Teknik Mesin
Judul Skripsi/Tugas Akhir : Optimasi Parameter 3d *Printing* pada Material *Polylactic Acid* (PLA) terhadap Uji Tarik dan Uji Bending menggunakan Metode Taguchi

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN "Veteran" Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, 12 September 2024

Mengetahui,



Rizqa Ruviana, S.T., M.T
NIP. 19970125 202406 2 001

Yang Menyatakan,



Rolland Darin Khalifah Mahameru
NPM. 20036010025

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia – Nya, Kami dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul *Optimasi Parameter 3d Printing* pada Material *Polylactic acid* (PLA) terhadap Uji Tarik dan Uji *Bending* menggunakan Metode *Taguchi* sebagai syarat untuk melanjutkan Tugas Akhir Sarjana Strata (S1) Teknik Mesin. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya atas semua dukungan yang telah diberikan, baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan proposal skripsi. Secara khusus rasa terima kasih tersebut kami sampaikan kepada :

1. Ibu **Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.** selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu **Dr. Ir. Luluk Edahwati, M.T.** selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak **Ahmad Khairul Faizin, S. T, M.Sc.**, selaku Dosen Pembimbing skripsi.
4. Ibu **Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.**, selaku Dosen Penguji I skripsi ini.
5. Bapak **Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng.**, selaku Dosen Penguji II skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu dosen Jurusan teknik Mesin Fakultas Teknik yang telah tulus sepenuh hati memberikan ilmu kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
7. Kedua Orang Tua saya yang selalu memberikan bimbingan, serta mendukung penuh untuk menyelesaikan tugas akhir (skripsi) saya dengan giat.
8. Teman – teman saya yang selalu ada dan selalu menyemangati penulis.
9. Kepada semua pihak yang tidak sempat penulis tuliskan satu persatu dan telah memberikan kontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian studi, penulis mengucapkan banyak terima kasih atas bantuannya.

Akhirnya, Kami menyadari sepenuhnya bahwa ada banyak kesalahan dan kekurangan dalam penulisan hasil penelitian ini. Oleh karena itu, Kami sangat mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif untuk memperbaiki skripsi ini. Akhir kata, Kami mengucapkan terima kasih kepada semua orang yang membantu, dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua orang. Semoga niat baik hamba-Nya selalu diterima oleh Allah SWT. Aamiin.

Surabaya, 03 September 2024

Penulis

Rolland Darin Khalifah Mahameru

NPM. 20036010025

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
DAFTAR NOTASI	viii
INTISARI	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1. <i>3D Printing</i>	5
2.1.1. Jenis – jenis <i>3D Printing</i>	6
2.1.2. Komponen Mesin <i>3D Printing</i>	7
2.1.3. Parameter <i>3D Printing</i>	8
2.2. <i>Fused Deposition Modelling (FDM)</i>	10
2.3. Uji Mekanis.....	11
2.3.1. Uji Tarik	12
2.3.2. Uji <i>Bending</i>	14
2.4. <i>Polylactic acid (PLA)</i>	16
2.5. Metode <i>Taguchi</i>	17
2.6. Uji Konfirmasi	19
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Diagram Alir	21
3.2 Prosedur Penelitian	22
3.3. Alat dan Bahan.....	22
3.4. Rancangan Eksperimen.....	23

3.4.1. Pemilihan Variabel Penelitian	23
3.4.2. Parameter Respon	23
3.4.3. Parameter Konstan	23
3.5. Pemilihan Parameter Orthogonal	24
3.5.1. Persiapan Material	27
3.5.2. Proses 3D <i>Printing</i>	27
3.6. Proses Percobaan	27
3.6.1. Persiapan Penelitian	27
3.6.2. Desain Spesimen	27
3.6.3. Pembuatan Spesimen	28
3.6.4. Pengujian Spesimen	29
3.6.4.1 Spesifikasi Mesin Uji Tarik dan Uji <i>Bending</i>	30
3.7. Data Hasil Percobaan	32
3.8. Metode Analisis	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1. Optimalisasi parameter proses uji tarik dan uji <i>bending</i> (MPa)	34
4.2. Analisa variasi (ANOVA)	41
4.2.1. Hasil Anova properti tarik	41
4.2.2. Hasil Anova properti <i>bending</i>	41
4.3. Interaksi antara parameter yang signifikan properti tarik	42
4.4. Interaksi antara parameter yang signifikan terhadap properti <i>bending</i>	43
4.5. Uji konfirmasi dan regresi linier	44
4.5.1. Uji konfirmasi dan regresi linier properti tarik	44
4.5.2. Uji konfirmasi dan regresi linier properti <i>bending</i>	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mesin 3D <i>Printing</i>	5
Gambar 2. 2 Kurva regangan dan tegangan pada uji tarik.....	13
Gambar 2. 3 Ilustrasi Mesin Uji Lentur Zwick Roell	14
Gambar 2. 4 <i>Three Point Bending</i>	15
Gambar 2. 5 <i>Four Point Bending</i>	15
Gambar 2. 6 Filamen <i>Polylactic acid (PLA)</i>	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3. 3 dimensi spesimen uji Tarik (ASTM D638).....	28
Gambar 3. 4 dimensi spesimen uji <i>Bending</i> (ASTM D790).....	28
Gambar 3. 5 Ilustrasi Pengujian tarik dan <i>bending</i> menggunakan mesin Zwick/Roell <i>ProLine Z005 to Z100</i>	32
Gambar 4. 1. Plot efek utama untuk rasio S/N menggunakan <i>software</i> minitab untuk hasil uji properti tarik.....	38
Gambar 4. 2. Plot efek utama untuk S/N rasio menggunakan <i>software</i> minitab untuk hasil uji properti <i>bending</i>	40
Gambar 4. 3. Interaksi properti <i>bending</i> antara parameter yang signifikan <i>Infill density</i> dan <i>infill pattern</i> dengan hasil <i>mean</i> S/N rasio.	43
Gambar 4. 4. Interaksi properti <i>bending</i> antara parameter yang signifikan <i>Nozzle Temperature</i> dan <i>Infill Density</i> dengan hasil <i>mean</i> S/N rasio.....	44
Gambar 4. 5. Perbandingan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dan prediksi pada properti tarik.	46
Gambar 4. 6. Perbandingan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dan prediksi pada properti tarik.	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komponen Mesin 3D <i>Printing</i>	7
Tabel 3. 1 Matriks <i>Orthogonal Array</i>	23
Tabel 3. 2 <i>Orthogonal Array</i>	25
Tabel 3. 3 Rancangan Eksperimen.....	26
Tabel 3. 4 Informasi Produk Mesin Zwick/Roell ProLine Z005 to Z100.....	30
Tabel 4. 1 Hasil Uji Tarik dan <i>Bending</i> (MPa)	35
Tabel 4. 2 S/N Rasio uji tarik.....	37
Tabel 4. 3 S/N Rasio uji <i>bending</i>	39
Tabel 4. 4 Hasil Anova Uji Tarik	41
Tabel 4. 5 Hasil anova properti <i>bending</i>	42
Tabel 4. 6 Percobaan Konfirmasi properti uji tarik.....	45
Tabel 4. 7 Percobaan Konfirmasi properti <i>bending</i>	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Biodata pribadi	54
Lampiran 2. Alat pengujian tarik (a) dan pengujian <i>bending</i> (three point <i>bending</i>) (b) dengan merek Zwickroell.	55
Lampiran 3. Spesimen uji tarik dengan total 81 spesimen	56
Lampiran 4. Spesimen uji <i>bending</i> dengan total 81 spesimen.....	56
Lampiran 5. Proses pencetakan (a), dan (b).....	56
Lampiran 6. Perhitungan Interval kepercayaan (<i>Convidence Interval</i>) dari hasil S/N rasio pengujian tarik (a), Perhitungan Interval kepercayaan (<i>Convidence Interval</i>) dari hasil S/N rasio pengujian <i>bending</i> (b).	57
Lampiran 7. Perhitungan nilai rata-rata rasio S/N eksperimen konfirmasi terhadap kekuatan tarik (a) dan kekuatan <i>bending</i> (b).	58
Lampiran 8. Hasil 3 respon dari uji mekanik kekuatan tarik dan kekuatan <i>bending</i> (MPa).	59
Lampiran 9. Langkah – langkah <i>entry</i> data taguchi di <i>Software</i> Minitab 22.....	60
Lampiran 10. gambar grafik dan hasil pengujian dengan nilai kekuatan tarik optimal (a) dan grafik dan hasil pengujian dengan nilai kekuatan <i>bending</i> (b).	61
Lampiran 11. Gambar hasil pola patahan kekuatan tarik (a) dan Gambar hasil pola patahan kekuatan <i>bending</i> (b)	63

DAFTAR NOTASI

- P = Gaya yang diberikan pada spesimen uji (N)
- A_0 = Luas penampang awal benda uji (mm²)
- Σb = kekuatan *bending* (Mpa)
- P = Beban (N)
- L = Panjang material (mm)
- b = Lebar (mm)
- d = Tebal (mm)
- n = Jumlah pengulangan dari suatu percobaan
- μ_p = Rata-rata prediksi
- y_m = Nilai rata-rata dari keseluruhan S/N Rasio
- y_i = Rata-rata S/N Rasio kondisi level optimal
- $F_{\alpha; df1; df2}$ = Nilai F-rasio dari tabel
- α = Resiko; level kepercayaan = 1- resiko
- $df1$ = Derajat kebebasan faktor
- $df2$ = Derajat kebebasan error
- MSE = Rata-rata kuadrat error
- N_{eff} = Banyaknya pengamatan efektif

INTISARI

Teknologi 3D printing dengan pendekatan *Fused Deposition Modeling* (FDM) telah diidentifikasi sebagai metode yang potensial dalam pembuatan komponen berbahan komposit seperti *Polylactic acid* (PLA), karena keunggulannya dalam fleksibilitas desain dan penghematan material. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan berbagai parameter mesin FDM guna meningkatkan kekuatan tarik dan kekuatan *bending* material PLA, dengan menggunakan pendekatan statistik Metode Taguchi. Parameter yang dioptimalkan meliputi *nozzle temperature*, *infill density*, *printing speed*, *layer thickness*, *infill pattern*, dan *orientation*. Desain eksperimen dilakukan menggunakan matriks *Orthogonal Array L27 (3⁶)*, menghasilkan 27 kombinasi percobaan yang berbeda. Setelah proses pencetakan selesai, pengujian kekuatan tarik dan *bending* dilakukan untuk mengevaluasi kualitas mekanik dari sampel yang dicetak. Analisis data menggunakan Metode Taguchi mengidentifikasi konfigurasi optimal, di mana pengaturan *nozzle temperature* pada 210°C, *infill density* 100%, *printing speed* 90 mm/s, *layer thickness* 0,2 mm, *infill pattern line*, dan *orientation* 0° menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 32,8229 MPa. Untuk kekuatan *bending*, parameter optimal adalah *nozzle temperature* 210°C, *infill density* 100%, *printing speed* 80 mm/s, *layer thickness* 0,25 mm, *infill pattern line*, dan *orientation* 0°, yang menghasilkan nilai kekuatan *bending* tertinggi 43,2380 MPa. Penelitian ini menyarankan untuk eksplorasi lebih lanjut dengan melakukan analisis mikroskopis seperti analisis SEM serta XRD dan penerapan metode statistik multiobjektif untuk analisis dan optimasi lanjutan pada 3D *printing* tipe FDM.

Kata Kunci: 3D *Printing*, *Fused Deposition Modeling*, *Polylactic acid*, Metode Taguchi, kekuatan Tarik, kekuatan *Bending*, material komposit