

SKRIPSI

**OPTIMASI PARAMETER *3D PRINTING* PADA MATERIAL
POLYLACTID ACID (PLA) TERHADAP UJI KERAS DAN
UJI *IMPACT* DENGAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI**



NAMA : MOCHAMMAD WILLDAN ROSYADI

NPM : 20036010002

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK & SAINS

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"

JAWA TIMUR

2024/2025

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

OPTIMASI PARAMETER 3D *PRINTING* PADA MATERIAL *POLYLACTID ACID* (PLA) TERHADAP UJI KEKERASAN DAN UJI *IMPACT* MENGGUNAKAN METODE *TAGUCHI*

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

Oleh:

Nama : Mochammad Willdan Rosyadi
NPM : 20036010024
Kosentrasi : Manufaktur

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

Telah Disahkan Oleh:

Tim Penguji :

1.


Ir. Sutiyono, M.T

NIP. 19600713 198703 1 001

Dosen Pembimbing


Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT

NPT : 20219910114203

2.


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

NIP. 199407262024061002


Ndaru Adyono, S.Si., M.T.

NPT.20119900125204

Koordinator Program Studi Teknik Mesin


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 : Mochammad Willdan Rosyadi
NPM : 20036010024
Fakultas/Program Studi : Teknik & Sains / Teknik Mesin
Judul Skripsi/Tugas Akhir : Optimasi Parameter *3D Printing* pada Material *Polyalactid Acid* (PLA) terhadap Uji Keras dan Uji *Impact* dengan 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.

Mengetahui,



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

Surabaya, 13 September 2024

Yang Menyatakan,



Mochammad Willdan Rosyadi
NPM. 20036010024

KATA PENGANTAR

Segala puji dan rasa syukur mendalam penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karena berkat limpahan Rahmat, hidayah, dan inayah-Nya maka tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada nabi kita Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam, karena perjuangan beliau kita dapat hidup di peradaban islam yang telah disempurnakan. Sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Optimasi Parameter 3d *Printing* Pada Material *Polyalactid Acid* (PLA) Terhadap Uji Kekerasan Dan Uji *Impact* Menggunakan Metode *Taguchi*” dengan baik sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Strata (S1) Teknik Mesin. Ibu **Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.** selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas semua bantuan yang telah diberikan, baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan tugas akhir ini hingga selesai. Secara khusus rasa terimakasih 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 **Ir. Sutiyono, M.T.** selaku Dosen Penguji I skripsi ini.
4. Bapak **Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng.** selaku Dosen Penguji II Skripsi ini.
5. Ibu **Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT.** selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing saya selama penyusunan tugas akhir ini.
6. Bapak **Ndaru Adyono, S.Si., M.T.** selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing saya selama penyusunan tugas akhir ini.
7. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains yang telah tulus sepenuh hati memberikan ilmu kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
8. Keluarga tercinta, terutama Ayah dan Ibu, terima kasih atas semua doa, dukungan serta harapan – harapannya pada penulis menyelesaikan skripsi

ini. Yang penulis minta hanya doa restunya, sehingga penulis bisa membuat sesuatu yang lebih baik dari laporan ini.

9. Serta seluruh teman – teman seangkatan Prodi Teknik Mesin yang sudah memberikan dukungan penuh kepada saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhirnya, penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan hasil penelitian ini masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan, maka dari itu kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi ini sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis menyampaikan terima kasih atas bantuan dari semua pihak dan mudah-mudahan skripsi ini dapat berguna bagi kita semua. Semoga Allah SWT., selalu meridhoi niat baik hamba-Nya. Amin.

Surabaya,

Penyusun,

Mochammad Willdan Rosyadi

NPM : 20036010024

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
DAFTAR NOTASI.....	x
INTISARI.....	xi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Mesin <i>3D Printing</i>	5
2.1.1 Parameter <i>3D Printing</i>	6
2.1.2.1 <i>Nozzle Temperature</i>	6
2.1.2.2 <i>Layer Thickness</i>	6
2.1.2.3 <i>Pattern</i>	7
2.1.2.4 <i>Density</i>	7
2.1.2.5 <i>Printing Speed</i>	7

2.2	<i>Fused Deposition Modelling (FDM)</i>	8
2.3	Uji Mekanis	10
2.3.1	Uji Kekerasan.....	11
2.3.2	Uji <i>Impact Charpy</i>	12
2.4	<i>Polylactic Acid (PLA)</i>	13
2.5	Metode Taguchi.....	15
2.6	Uji konfirmasi	18
2.7	Uji Hipotesis	18
BAB III.....		19
METODOLOGI PENELITIAN.....		19
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	22
3.2.1	Alat.....	22
3.2.2	Bahan	23
3.3	Desain Eksperimen.....	23
3.1.2	Pemilihan Variabel Penelitian	23
3.1.3	Parameter Respon	24
3.1.4	Parameter Konstan.....	24
3.4	Rancangan Eksperimen (Parameter Ortogonal).....	24
3.5	Proses Pengumpulan Data.....	27
3.5.1	Persiapan Material Penelitian	27
3.5.2	Desain Spesimen.....	27
3.5.3	Pembuatan Spesimen Uji.....	28
3.5.4	Pengujian Spesimen.....	28
3.6	Metode Analisis Data	29
BAB IV		30

HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan	30
4.1.1 Data Hasil Perhitungan S/N Rasio.....	31
4.1.2 <i>Analisis of Varians</i> (ANOVA).....	34
4.1.3 Uji Konfirmasi.....	35
4.2 Data Hasil Pengujian <i>Impact</i>	37
4.2.1 Data Hasil Percobaan.....	39
4.2.2 <i>Analisis of Variants</i> (ANOVA)	41
4.2.3 Uji Konfirmasi.....	42
BAB V.....	45
KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mesin 3D <i>Printing</i> Tipe FDM.....	6
Gambar 2. 2 macam-macam infill pattern.....	7
Gambar 2. 3 <i>Fused Deposition Modeling</i> (FDM).....	10
Gambar 2. 4 Uji Kekerasan <i>Shore-D</i>	12
Gambar 2. 5 Uji <i>Impact Charpy</i>	13
Gambar 2. 6 Polylactid Acid (PLA).....	14
Gambar 3. 1 Gambar Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 3. 2 Diagram Alir Pengujian Spesimen.....	20
Gambar 3. 3 Filamen PLA	23
Gambar 3. 4 Spesimen Uji <i>Impact</i> (ASTM D6110)	27
Gambar 3. 5 Desain Uji Kekerasan (ASTM D785)	27
Gambar 4. 1. Grafik Level Faktor S/N Rasio Uji Kekerasan	34
Gambar 4. 2 Grafik Uji Konfirmasi Pengujian Kekerasan	37
Gambar 4. 3 Grafik Level Faktor S/N Rasio.....	41
Gambar 4. 4 Grafik Uji Konfirmasi <i>Impact</i>	44

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat	22
Tabel 3. 2 Tabel Parameter Proses.....	23
Tabel 3. 3 Tabel <i>Matriks Ortogonal</i>	24
Tabel 3. 4 Rancangan Ekserimen.....	26
Tabel 4. 1 Tabel Hasil Uji Kekerasan	30
Tabel 4. 2 Tabel Data Hasil Perhitungan S/N Rasio Uji Kekerasan.....	31
Tabel 4. 3 Tabel Parameter respon.....	32
Tabel 4. 4 <i>Analisis of Varians</i> (ANOVA) Uji Kekerasan	34
Tabel 4. 5 Tabel Uji Konfirmasi	36
Tabel 4. 6 Tabel Data Hasil Perhitungan S/N Rasio Uji <i>Impact</i>	37
Tabel 4. 7 Perhitungan S/N Rasio Uji <i>Impact</i>	39
Tabel 4. 8 Tabel Analisis Respon S/N Rasio	40
Tabel 4. 9 <i>Analisis of Variants</i> (ANOVA)	42
Tabel 4. 10 Tabel Uji Konfirmasi	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Biodata Penyusun	51
Lampiran 2. Hasil Pengujian Kekerasan.....	52
Lampiran 3. Hasil Pengujian <i>Impact</i>	53
Lampiran 4. Proses Slice Parameter Pada Aplikasi Flashprint.....	54
Lampiran 5. Hasil Pencetakan Uji Kekerasan.....	55
Lampiran 6. Proses Pengujian Kekerasan <i>Shore-D</i>	56
Lampiran 7. Proses Pengujian <i>Impact</i>	57
Lampiran 8. Perhitungan Rata-Rata Respon Optimal.....	58
Lampiran 9. Perhitungan Rata-Rata S/N Rasio.....	59

DAFTAR NOTASI

μ_p	= μ prediksi
n_{eff}	= Banyaknya pengamatan efektif
d_f	= Derajat kebebasan <i>error</i>
N	= Banyaknya data
MS_E	= Rata-rata Kuadrat <i>error</i>
$F_{\alpha, df1, df2}$	= Nilai rasio F dari tabel
CI	= <i>Convidence Interval</i> (Interval Kepercayaan)
HB	= Nilai Kekerasan Brinell
HS	= Nilai kekerasan <i>Shore-D</i> (kgf/mm ² atau MPa)
P	= Beban uji (kgf)
Ra	= Nilai rata – rata kekasaran permukaan
D	= Diameter rata-rata indentasi (mm)
HV	= Nilai kekerasan <i>Vickers</i> (kgf/mm ²)
HK	= Nilai kekerasan <i>Knoop</i> (kgf/mm ²)
h1	= Jarak awal pendulum dengan benda uji (m)
h2	= Jarak awal pendulum dengan benda uji (m)
W	= Usaha untuk mematahkan spesimen uji (Kg.m)
W1	= Usaha yang dilakukan (Kg.m)
W2	= Sisa usaha setelah mematahkan spesimen uji (Kg.m)
G	= Berat beban/Pendulum (Kg)
λ	= Jarak lengan pengayun (m)
$\cos \beta$	= Sudut posisi akhir pendulum
$\cos \lambda$	= Sudut posisi awal pendulum
HI	= Nilai Impak (J)
E	= Usaha yang diperlukan untuk mematahkan spesimen uji (J)
A	= Luas penampang dibawah takikan (mm ²)

INTISARI

Kualitas permukaan produk hasil cetak 3D sangat berpengaruh terhadap performa dan estetika produk akhir. *Polyalactid Acid* (PLA) adalah suatu bahan material yang paling umum dipakai untuk proses manufaktur *3D Printing* karena sifatnya yang ramah lingkungan dan mudah digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kekerasan dan kekuatan *impact* pada proses *3D Printing* menggunakan material PLA dengan menerapkan metode Taguchi. Parameter – parameter ini memiliki kombinasi dan tiga tingkatan level yang berbeda untuk menghasilkan nilai yang optimal guna memenuhi kebutuhan tertentu di bidang teknologi industri dan sains. Parameter *3D Printing* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Nozzle temperature*, *infill density*, *printing speed*, *layer thickness*, *infill pattern*, dan orientasi dengan masing-masing parameter memiliki tiga level. Hasil dari pencetakan menggunakan mesin *3D printing* ini selanjutnya akan diuji mekanis yaitu pengujian kekerasan metode Shore-D dan pengujian *impact*. Pengujian kekerasan metode Shore-D menggunakan mesin uji yang bermerk Zwickroell dan pengujian *Impact* menggunakan mesin uji tipe *izod*. Hasil pengujian mekanik tersebut nantinya akan dioptimalkan menggunakan metode Taguchi dan menentukan nilai S/N Rasionya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi parameter optimal yang menghasilkan kekerasan terbesar yaitu 76,90 psi serta kekuatan *impact* terbesar dengan nilai 10,60 Joule. Dari beberapa hasil dari pengujian tersebut telah divalidasi melalui eksperimen konfirmasi didapatkan bahwa parameter optimal tersebut menghasilkan nilai kekerasan dan nilai *impact* tertinggi sehingga dapat disimpulkan produk akhir dari hasil cetak dapat melewati proses lebih lanjut. Penggunaan metode taguchi juga menunjukkan bahwa kombinasi parameter proses pencetakan merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kualitas permukaan cetakan. Dengan optimasi ini, diharapkan dapat meningkatkan kualitas produk *3D Printing* serta memperluas aplikasi material PLA dalam berbagai industri.

Kata Kunci : *3D Printing*, *Polyalactid Acid* (PLA), kekerasan, kekuatan *impact*, Taguchi, Optimasi.