

**OPTIMALISASI PARAMETER CETAK PADA 3D PRINTING FUSED  
DEPOSITION MODELLING TERHADAP KEKUATAN BENDING  
POLYLACTIC ACID**

**Tugas Akhir**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Padang*



**BERRIL HABIBIL RIZKA**

**18338027/2018**

**Program Studi Sarjana Teknik Mesin**

**Departemen Teknik Mesin**

**Fakultas Teknik**

**Universitas Negeri Padang**

**2022**

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

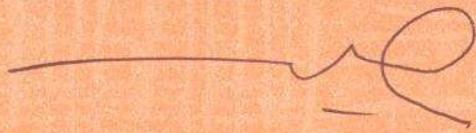
OPTIMALISASI PARAMETER CETAK PADA 3D *PRINTING FUSED DEPOSITION MODELLING* TERHADAP KEKUATAN *BENDING* FILAMEN *POLYLACTIC ACID*

Nama : Berril Habibil Rizka  
NIM / BP : 18338027 / 2018  
Konsentrasi : Material  
Departemen : Teknik Mesin  
Program Studi : S1 Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik

Padang, 01 November 2022

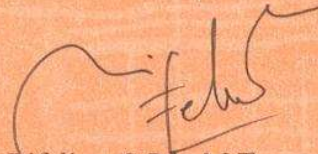
Disetujui Oleh :

Ketua Program Studi  
S1 Teknik Mesin



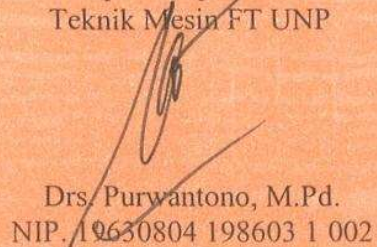
Dr. Ir. Remon Lapisa, S.T., M.T., M.Sc.  
NIP. 19770918 200812 1 001

Pembimbing Tugas Akhir



Rifelino, S.Pd., M.T.  
NIP. 19800215 200604 1 001

Kepala Departemen  
Teknik Mesin FT UNP



Drs. Purwantono, M.Pd.  
NIP. 19630804 198603 1 002

## HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

### OPTIMALISASI PARAMETER CETAK PADA 3D PRINTING FUSED DEPOSITION MODELLING TERHADAP KEKUATAN BENDING FILAMEN POLYLACTIC ACID

Nama : Berril Habibil Rizka  
NIM / BP : 18338027 / 2018  
Konsentrasi : Material  
Departemen : Teknik Mesin  
Program Studi : S1 Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Dewan Penguji Tugas Akhir  
Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang pada  
Tanggal 01 November 2022.

#### Dewan Penguji

Nama	Tanda tangan
1. Rifelino, S.Pd., M.T.	1 ..... ( Ketua penguji )
2. Drs. Yufrizal A, M.Pd.	2 ..... ( Penguji )
3. Dr. Ir.Mulianti, M.T.	3 ..... ( Penguji )

#### Dewan Penguji Eksternal

1. Dr. Eng Zuldesmi, S.T., M.Eng dari Universitas Negeri Manado

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Berril Habibil Rizka  
NIM / BP : 18338027 / 2018  
Konsentrasi : Material  
Departemen : Teknik Mesin  
Program Studi : S1 Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul : Optimalisasi Parameter Cetak pada 3D Printing  
*Fused Deposition Modelling terhadap Kekuatan  
Bending Polylactic Acid*

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 21 Oktober 2022

Yang Menyatakan



Berril Habibil Rizka  
NIM. 18338027

## ABSTRAK

**Berril Habibil Rizka: Optimalisasi Parameter Cetak pada 3D Printing  
*Fused Deposition Modelling* terhadap Kekuatan  
*Bending Polylactic Acid***

Percetakan 3 dimensi (*3D Printing*) merupakan contoh dari teknologi yang berkembang pada saat ini. Teknologi mesin 3D print memiliki parameter-parameter cetak yang mempengaruhi sifat mekanis dari hasil cetakan. Pada penelitian ini mempunyai tujuan untuk mendapatkan hasil optimasi *bending strength* menggunakan bahan PLA (*PolyLactic Acid*) dari parameter-parameter pengaturan cetak 3D print yaitu *print speed*, *layer thickness*, *infill percentage* dan *nozzle temperature*. Spesimen pengujian *bending* menggunakan standarisasi pengujian ASTM D790 dan terdapat perlakuan suhu yang berbeda saat pencetakan yaitu pencetakan pada ruangan tanpa AC dan ruangan ber-AC.

Data hasil pengujian *bending* kemudian diolah menggunakan metode taguchi dengan matriks *Orthogonal Array*  $L_9(3^4)$ . Berdasarkan hasil pengujian *bending* dan pengolahan data didapatkan faktor *infill percentage* merupakan faktor tertinggi yang mempengaruhi respon *bending strength*, kemudian *nozzle temperature*. Terdapat perbedaan urutan ke 3 dan terakhir pada faktor *print speed* dan *layer thickness* saat perlakuan saat pencetakan dilakukan. Pada perlakuan suhu ruangan saat pencetakan, kedua hasil dari perlakuan suhu tersebut menghasilkan perbedaan hasil *bending strength* sebesar 0,218 MPa. Sehingga perbedaan perlakuan suhu ruangan saat pencetakan tidak memiliki pengaruh yang besar terhadap respon *bending strength*. Faktor-faktor yang terdapat pada konfirmasi eksperimen yang dilakukan tidak ada pada tabel *orthogonal array* dan hasil dari konfirmasi eksperimen didapatkan nilai *bending strength* yang lebih besar dari semua eksperimen yang telah dilakukan.

**Kata Kunci:** *3D Printing*, *Polylactic Acid*, Metode Taguchi

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis ucapkan atas kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya penulis mampu menyusun tugas akhir dengan judul **“OPTIMALISASI PARAMETER CETAK PADA 3D PRINTING FUSED DEPOSITION MODELLING TERHADAP KEKUATAN BENDING POLYLACTIC ACID “**

Penyusunan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan kelulusan penulis pada program studi S1 Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Penyusunan tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat adanya dorongan dari dalam diri penulis serta pihak yang memberikan semangat, motivasi dan arahnya. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan semangat, motivasi dan doa kepada penulis
2. Bapak Rifelino, S.Pd., M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir yang memberi arahan dan masukan kepada penulis dalam pengerjaan tugas akhir.
3. Bapak Drs. Purwantono, M.Pd. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Hendri Nurdin, M.T selaku Sekretaris Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

5. Bapak Dr. Ir. Remon Lapisa, S.T., M.T., M.Sc. selaku K.A Prodi S1 Teknik Mesin.
6. Bapak Drs. Yufrizal A, M.Pd. selaku Pembimbing Akademik.
7. Bapak dan Ibu Dosen beserta Staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
8. Rekan-rekan mahasiswa Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan, dorongan, motivasi, arahan dan doa kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Meskipun tugas akhir ini telah diupayakan agar tersusun sedemikian rupa, namun masih terdapat kemungkinan adanya kesalahan dan kerancuan. Maka dengan itu, penulis sangat mengharapkan masukan dari saran yang dapat membangun.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih. Semoga tugas akhir ini bisa bermanfaat bagi pembaca, komunitas teknik mesin, khususnya bagi penulis pribadi, dan juga pembaca sekalian.

Padang, 21 Oktober 2022

Penulis

BERRIL HABIBIL RIZKA

18338027

## DAFTAR ISI

COVER .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I .....	1
A.Latar Belakang Masalah .....	1
B.Identifikasi Masalah.....	4
C.Batasan Masalah .....	5
D.Rumusan Masalah.....	5
E.Tujuan Penelitian .....	6
F.Manfaat Penelitian.....	6
BAB II.....	8
A.Mesin 3D Print.....	8
B.Proses Kerja 3D Print .....	8
C.Fused Deposition Modeling (FDM) .....	9
D.Proses FDM .....	10
E. Parameter FDM.....	11
F. Filament Polylactic <i>Acid</i> (PLA).....	14



G. Pengujian Bending.....	16
H. Metode Taguchi.....	20
I. Tahapan Desain Eksperimen Metode Taguchi .....	22
J. Penelitian yang Relevan.....	32
BAB III.....	8
A. Jenis Penelitian .....	8
B. Waktu dan Tempat Penelitian.....	8
C. Tahap Penelitian .....	8
D. Variabel Penelitian .....	36
E. Jenis dan Sumber Data.....	38
F. Alat Dan Bahan .....	39
G. Rancangan Eksperimen .....	40
H. Tahapan Analisis Data.....	44
BAB IV .....	48
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	48
A. Hasil Pengujian <i>Bending Strength</i> .....	48
B. Tahapan Pengolah Data Menggunakan Software Minitab 18 .....	50
C. Perhitungan <i>Ratio S/N</i> .....	58
D. Analysis Of Variance (ANOVA) .....	66
F. Konfirmasi Eksperimen.....	68
G. Hasil Pencetakan di Ruang Tanpa AC dan Ruang ber-AC.....	70
BAB V.....	71
A. Kesimpulan.....	71
B. Saran .....	72
DAFTAR PUSTAKA .....	73

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Mesin 3D Print Sumber .....	8
Gambar 2 Proses Skema <i>Fused Deposition Modeling</i> .....	10
Gambar 3 Proses Ekstrusi FDM.....	11
Gambar 4 Perbedaan Hasil Cetak dengan Thickness Berbeda .....	12
Gambar 5 Variasi <i>Infill Percentage</i> .....	13
Gambar 6 Variasi <i>Infill Pattern</i> /.....	13
Gambar 7 <i>Three Point Bending</i> .....	18
Gambar 8 <i>Four Point Bending</i> .....	19
Gambar 9 Diagram Alir Penelitian.....	35
Gambar 10 Mesin 3D Printing FDM ANET A8 PLUS V-1.6.....	39
Gambar 11 Mesin UTM tipe HT 2402 .....	40
Gambar 12 Spesimen Uji ASTM D790 .....	42
Gambar 13 Desain Spesimen Menggunakan <i>Software Solidwork</i> .....	42
Gambar 14 Pembuatan Desain Taguchi .....	50
Gambar 15 Pemilihan Tipe Desain Taguchi .....	51
Gambar 16 Penentuan Desain Taguchi yang Tersedia .....	51
Gambar 17 Pengisian Nilai Faktor .....	52
Gambar 18 Rancangan Eksperimen Taguchi.....	53
Gambar 19 Rancangan Eksperimen dan <i>Bending Strength</i> .....	53
Gambar 20 Analisa Desain Taguchi.....	54
Gambar 21 Pemilihan Data Respon Analisa.....	55
Gambar 22 Pemilihan Grafik .....	55
Gambar 23 Pemilihan Data Respon .....	56
Gambar 24 Pemilihan <i>Ratio S/N</i> .....	56
Gambar 25 Pemilihan Storage Data .....	57
Gambar 26 Konfirmasi Data Analisa .....	57
Gambar 27 Tampilan Analisa Data yang Diperoleh .....	58
Gambar 28 Grafik <i>S/N Ratio</i> Ruangn Tanpa AC .....	62
Gambar 29 Grafik <i>Mean of Means</i> Ruangn Tanpa AC .....	62
Gambar 30 Grafik <i>S/N Ratio</i> Ruangn ber-AC.....	63
Gambar 31 Grafik <i>Mean of Means</i> Ruangn ber-AC.....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Spesifikasi Filament PLA (Bari, 2021).....	15
Tabel 2 Tabel Orthogonal $L_9(3^4)$ .....	26
Tabel 3 Tabel Variabel Bebas .....	38
Tabel 4 Variabel Bebas dan Level .....	41
Tabel 5 Rancangan Eksperimen Berdasarkan Matriks OA $L_9(3^4)$ .....	42
Tabel 6 Tabulasi Data Hasil Pengujian di Ruang Tanpa AC .....	43
Tabel 7 Tabulasi Data Hasil Pengujian di Ruang ber-AC.....	44
Tabel 8 Analisis <i>Varians</i> .....	45
Tabel 9 Hasil <i>Bending Strength</i> di Ruang Tanpa AC .....	48
Tabel 10 Hasil <i>Bending Strength</i> Di Ruang ber-AC .....	49
Tabel 11 Hasil <i>Ratio S/N</i> Ruang Tanpa AC .....	59
Tabel 12 Hasil <i>Ratio S/N</i> Ruang ber-AC.....	59
Tabel 13 <i>Response Table for Signal to Noise Ratio</i> Ruang Tanpa AC.....	60
Tabel 14 <i>Response Table for Means</i> Ruang Tanpa AC .....	60
Tabel 15 <i>Response Table for Signal to Noise Ratios</i> Ruang ber-AC.....	61
Tabel 16 <i>Response Table for Means</i> Ruang ber-AC.....	61
Tabel 17 Analysis of Variance Ruang Tanpa AC .....	67
Tabel 18 Analysis of Variance Ruang ber-AC.....	67
Tabel.19 Konfirmasi Eksperimen .....	69

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A.Latar Belakang Masalah

Ilmu pengetahuan terus berkembang dari masa ke masa yang mempengaruhi berbagai aspek yang ada di dunia (R. A. Putra, 2018). Teknologi merupakan salah satu aspek yang berkembang pesat selama beberapa tahun belakang, salah satu teknologi yang berkembang saat ini adalah teknologi percetakan 3 dimensi (*3D Printing*). Teknologi ini bergerak dalam mengembangkan sebuah komponen nyata atau *prototype* dalam desain melalui komputer kemudian mencetaknya dalam 3 dimensi. Mesin *3D Printing* dapat mencetak alat-alat peraga untuk pendidikan, aksesoris perhiasan, alat-alat kesehatan, desain produk, mainan anak-anak dan berbagai kebutuhan lain dalam bentuk 3 dimensi (K. S. Putra & Sari, 2018). Salah satu jenis *3D Printing* adalah teknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM), saat ini dibandingkan teknologi lain FDM merupakan teknologi percetakan 3D yang paling banyak digunakan, dikarenakan penggunaannya yang mudah, hemat biaya, ramah lingkungan serta lebih mudah dalam proses pengembangan produk, prototyping dan manufaktur 3D (Finali et al., 2021). Prinsip kerja dari *3D Printing* FDM yaitu dengan cara melelehkan filamen sebagai bahan aditif untuk mencetak profil objek 3 dimensi kemudian filamen masuk melalui *nozzle* yang panas pada temperatur leleh yang selanjutnya produk dicetak dengan cara ditumpuk *layer per layer*. Filamen yang ada pada mesin *3D Printing*

mempunyai beberapa macam jenis yaitu plastik dan logam. Salah satu contoh filament plastic yaitu filamen PLA (*Polylactic Acid*). Filamen PLA adalah bahan yang diekstrusi melalui *nozzle* yang berfungsi sebagai bahan utama dalam mencetak benda 3D yang terbuat dari bahan yang mudah terurai seperti tepung jagung, tapioca dan olahan tebu. Menurut (Setiawan, Satria, 2019) PLA tidak terlalu sensitif terhadap perubahan suhu maka dari itu peneliti melakukan perlakuan suhu yang berbeda ketika pencetakan 3D print untuk mengetahui apakah ada perbandingan dalam hasil pengujian *bending*.

Pada teknologi 3D Printing FDM terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi sifat mekanis dari hasil dari cetakan tersebut seperti kekuatan, ketangguhan, kekasaran, dan elastisitas pada hasil cetak.(Hwang et al., 2015). Adapun beberapa parameter-parameter tersebut diantara lain yaitu : kecepatan gerak *printer* (*printer speed*), ketebalan antar *layer* (*layer thickness*), *infill percentage*, *nozzle temperature* dan lainnya. Mesin 3D Printing FDM dikendalikan melalui komputer sehingga parameter-parameter yang ada dapat diatur di dalam komputer. Benda yang akan dicetak terlebih dahulu didesain melalui *software solidworks*, kemudian menggunakan *software slicer* yang berguna untuk mengatur parameter-parameter yang kemudian pengaturan tersebut diinputkan ke mesin *printer* untuk membuat pencetakan objek 3D. Parameter-parameter yang ada akan mengakibatkan perbedaan pada hasil kekuatan mekanik dari cetakan tersebut sehingga dibutuhkan pengujian kekuatan mekanik terhadap hasil cetakan tersebut.

Mesin UTM (*Universal Testing Machine*) adalah alat atau mesin pengujian yang digunakan untuk menguji ketahanan, kekuatan dan mengetahui struktur pada suatu material yang akan diuji. Salah pengujian dari mesin UTM adalah uji *bending*, uji *bending* bertujuan untuk mendapatkan besarnya kekuatan material akibat pembebanan sehingga dapat mengetahui titik batas elastisitasnya, pada pengujian *bending* spesimen akan diberi beban pada titik tengah spesimen dan kedua ujung dari spesimen ditumpu sehingga bagian atas pada spesimen akan mengalami tekanan dan bagian bawah pada spesimen akan mengalami tegangan tarik (Beliu et al., 2016). Hasil cetak 3D *printing* dapat digunakan untuk beberapa hal mulai dari engsel pintu, mur dan baut, hingga dengan gearbox. Parameter proses cetak pada mesin 3D *printing* memberikan kontribusi terhadap kekuatan mekanik dari hasil cetak, diantaranya *infill geometry*, *printing speed* dan *nozzle temperature* (Bowo et al., 2021).

Salah satu metode rancangan eksperimen untuk pengoptimalisasian hasil dari parameter-parameter saat proses eksperimen adalah metode Taguchi. Metode Taguchi adalah pendekatan efisien yang menggunakan perencanaan percobaan untuk menghasilkan kombinasi faktor atau level yang dapat dikendalikan dengan memperhatikan harga terendah namun tetap memenuhi kebutuhan dan harapan. (Kusumawardani et al., 2015). Taguchi menggunakan metode perancangan yang berprinsip pada perbaikan mutu dengan memperkecil akibat dari variasi tanpa menghilangkan penyebabnya (Didik Wahjudi et al., 2001). Metode ini merupakan metode untuk peningkatan kualitas yang dilakukan sebelum proses produksi terjadi atau disebut off-line

quality control. Teknik ini menggunakan *Orthogonal Array* (OA) untuk tata letak eksperimennya. *Orthogonal array* (OA) merupakan salah satu bagian *fractional factorial experiment* (FFE). Sedangkan FFE merupakan percobaan yang hanya menggunakan sebagian dari kondisi total (Wuryandari et al., 2009). *Orthogonal Array* digunakan untuk menentukan jumlah eksperimen yang seminimal mungkin untuk mendapatkan informasi sebanyak mungkin dari semua *level* yang mempengaruhi parameter. Dalam penelitian ini, metode taguchi digunakan untuk mendapatkan hasil yang optimal dari parameter-parameter yang ada.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan berikut ini :

1. Parameter-parameter 3D *printing* mempengaruhi kekuatan mekanik pada hasil cetak.
2. Kekuatan *bending* dari hasil cetak 3D *printing* yang belum diketahui dengan parameter-parameter yang ada.
3. Perlakuan suhu saat pencetakan untuk menilai apakah ada perbedaan yang signifikan
4. Penggunaan metode taguchi untuk mendapatkan nilai yang optimal pada produk.

### **C. Batasan Masalah**

Agar penelitian ini sistematis maka ruang lingkup permasalahan perlu di batasi guna menghindari pembahasan masalah yang melebar dan tidak terarah pada permasalahan utama maka perlu adanya. Batasan – batasan masalah sebagai berikut :

1. Pembuatan desain dilakukan pada *solidworks* dan pengaturan parameter cetak dilakukan pada aplikasi *cura* dengan parameter-parameter : *print speed, layer thickness, infill percentage* dan *nozzle temperature*.
2. Analisis data menggunakan metode taguchi yang mempunyai 4 faktor dan 3 level.
3. Pengujian *bending* dilakukan dengan jenis point bending yaitu *three point bending*.

### **D. Rumusan Masalah**

Berawal dari latar belakang diatas maka dapat dirumuskan masalah yaitu bagaimana optimalisasi parameter-parameter cetak 3D print terhadap kekuatan mekanik menggunakan uji *bending* pada hasil produk 3D *printing* menggunakan metode taguchi dengan perlakuan suhu saat pencetakan yang berbeda?



### **E. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan masalah yang dimukakan maka tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil kekuatan mekanik menggunakan uji *bending* dari hasil cetak untuk mencari parameter-parameter yang paling optimal dari hasil cetak 3D *printing* menggunakan metode taguchi dengan pengaruh perlakuan suhu yang berbeda saat pencetakan.

### **F. Manfaat Penelitian**

Adapun beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini diantaranya adalah :

#### 1. Bagi Peneliti

Peneliti dapat mengaplikasikan pemahaman tentang uji *bending* mesin *Universal Testing Machine* (UTM) pada hasil cetak 3D *Printing* dengan jenis *Fused Deposition Modeling* (FDM) dengan jenis filamen *Polylactic Acid* (PLA) dan menggunakan metode taguchi untuk mendapatkan hasil yang optimal.

#### 2. Bagi Pembaca

Memberikan informasi dan wawasan pengetahuan dalam bidang kekuatan material khususnya yaitu pengujian *bending* dan pengaplikasian metode taguchi untuk mendapatkan hasil optimal pada hasil 3D *Printing*.