



**PENENTUAN KONDISI OPTIMUM PADA PROSES PENCETAKAN 3D
DENGAN VARIASI DIAMETER NOZZLE, SUHU, DAN MATERIAL**

SKRIPSI

SATRIO YUDISTIANO ANANDA TOMMY

2110311090

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2025



**PENENTUAN KONDISI OPTIMUM PADA PROSES PENCETAKAN 3D
DENGAN VARIASI DIAMETER NOZZLE, SUHU, DAN MATERIAL**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
sarjana teknik**

SATRIO YUDISTIANO ANANDA TOMMY

2110311090

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

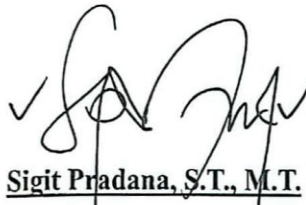
2025

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

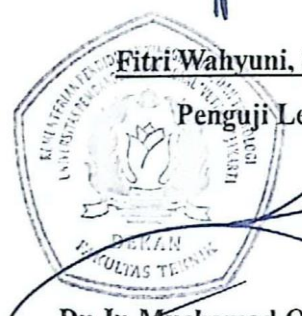
Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Satrio Yudistiano Ananda Tommy
NIM : 2110311090
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Penentuan Kondisi Optimum Proses Pencetakan 3D
dengan Variasi Diameter Nozzle, Suhu, dan Material

Telah berhasil dipertahankan dihadapan para penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

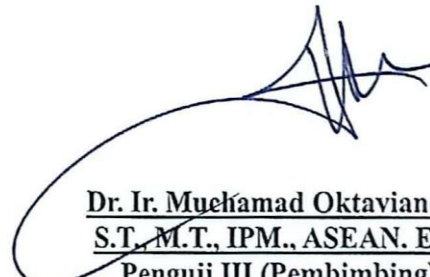


Sigit Pradana, S.T., M.T.
Penguji Utama



Fitri Wahyuni, S.Si., M.Eng
Penguji Lembaga
Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T.,
M.T., IPM., ASEAN. Eng

Plt. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri,
S.T., M.T., IPM., ASEAN. Eng
Penguji III (Pembimbing)



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.

Kepala Program Studi Teknik
Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 17 Juli 2025

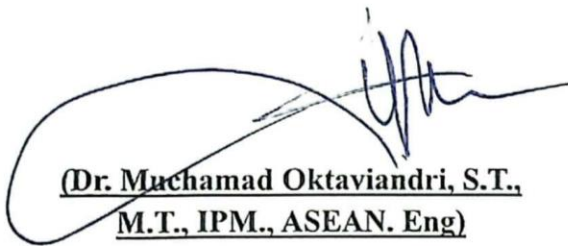
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Satrio Yudjistiano Ananda Tommy
NIM : 2110311090
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Penentuan Kondisi Optimum Proses Pencetakan 3D
dengan Variasi Diameter Nozzle, Suhu, dan Material

Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui,



(Dr. Muchamad Oktaviandri, S.T.,
M.T., IPM., ASEAN. Eng)

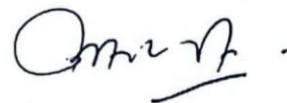
Pembimbing 1



Ir. Fahrudin S.T., M.T.

Pembimbing 2

Mengetahui,



Ir. Fahrudin S.T., M.T.

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar,

Nama : Satrio Yudistiano Ananda Tommy

NIM : 2110311090

Prodi : Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 17 Juli 2025

Yang menyatakan,

The image shows a handwritten signature in black ink over a rectangular official stamp. The stamp is light blue and contains the text 'METENAN TEMPEL' and a unique alphanumeric code '0DDFAMX408918771'. To the left of the stamp, there is a vertical red stamp that reads 'SERAH DI BUKU'.

(Satrio Yudistiano Ananda Tommy)

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
Saya yang akan bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Satrio Yudistiano Ananda Tommy

NIM : 2110311090

Fakultas : Teknik

Program studi : Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

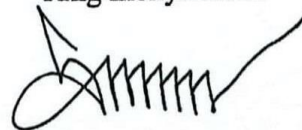
**“PENENTUAN KONDISI OPTIMUM PADA PROSES PENCETAKAN 3D
DENGAN VARIASI DIAMETER NOZZLE, SUHU, DAN MATERIAL”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi/PKL saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 17 Juli 2025

Yang menyatakan



(Satrio Yudistiano Ananda Tommy)

PENENTUAN KONDISI OPTIMUM PADA PROSES PENCETAKAN 3D DENGAN VARIASI DIAMETER NOZZLE, SUHU, DAN MATERIAL

Satrio Yudistiano Ananda Tommy

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum dalam proses pencetakan 3D dengan pendekatan melalui optimasi proses ekstrusi filamen berbahan dasar biji plastik PLA dan PP. Filamen dibuat menggunakan mesin ekstruder rakitan dengan memvariasikan diameter nozzle (2 mm, 3 mm, dan 4 mm) serta suhu pemanasan (180°C, 200°C, dan 220°C). Filamen yang dihasilkan dievaluasi berdasarkan kestabilan diameter, cacat visual, dan kelayakan untuk digunakan pada proses pencetakan 3D. Filamen layak kemudian digunakan untuk mencetak spesimen *XYZ Calibration Cube* menggunakan metode *Fused Deposition Modeling (FDM)* sebagai validasi kualitas. Evaluasi lanjutan dilakukan dengan mengukur deviasi dimensi hasil cetakan sebagai indikator kualitas hasil ekstrusi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter optimum diperoleh pada kombinasi penggunaan material PLA, nozzle 3 mm, dan suhu 220°C yang menghasilkan filamen dengan deviasi kecil dan spesimen cetak dengan deviasi dimensi minimum sebesar 0,13%. Material PP menunjukkan banyak cacat dan deviasi tinggi, sehingga kurang layak untuk digunakan dalam pencetakan.

Kata Kunci: pencetakan 3D, ekstrusi filamen, PLA, PP, nozzle, suhu, FDM

DETERMINATION OF OPTIMUM CONDITIONS IN THE 3D PRINTING PROCESS WITH VARIATIONS IN NOZZLE DIAMETER, TEMPERATURE, AND MATERIAL

Satrio Yudistiano Ananda Tommy

ABSTRACT

This study aims to determine the optimum condition in the 3D printing process by focusing on the optimization of the filament extrusion stage using PLA and PP plastic pellets. The filament was produced using a self-built extruder machine with variations in nozzle diameter (2 mm, 3 mm, and 4 mm) and heating temperatures (180°C, 200°C, and 220°C). The resulting filament was evaluated based on diameter consistency, visual defects, and feasibility for 3D printing. Qualified filaments were then used to print XYZ Calibration Cube specimens using the Fused Deposition Modeling (FDM) method as a quality validation step. Further evaluation was performed by measuring the dimensional deviation of the printed specimens as an indicator of extrusion quality. The results showed that the optimum parameters were achieved using PLA material, a 3 mm nozzle, and 220°C temperature, which produced low-deviation filament and printed objects with a minimum dimensional deviation of 0.13%. In contrast, PP material exhibited frequent defects and large deviations, making it less suitable for printing.

Keywords: 3D printing, filament extrusion, PLA, PP, nozzle, temperature, FDM

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul "PENENTUAN KONDISI OPTIMUM PADA PROSES PENCETAKAN 3D DENGAN VARIASI DIAMETER NOZZLE, SUHU, DAN MATERIAL " ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak wawasan dan pengalaman yang sangat berharga. Pengalaman ini tentu memberikan kontribusi besar dalam pengembangan pengetahuan dan keterampilan penulis di bidang teknik mesin.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan petunjuk dan karunia-Nya kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan proposal skripsi dengan baik.
2. Orang tua dan keluarga, yang selalu memberikan dukungan moral dan material kepada penulis.
3. Bapak Dr. Muchamad Oktaviandri, S.T., M.T., IPM., ASEAN. Eng, selaku dosen pembimbing I, atas segala bimbingan, arahan yang jelas dalam penyusunan skripsi, serta dukungan dan bimbingan moral yang telah diberikan kepada penulis selama proses penelitian berlangsung.
4. Bapak Ir. Fahrudin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II dan Kepala Prodi Teknik Mesin yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan proposal skripsi ini.

5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 2021 yang telah menemani, memberikan dukungan serta doa guna kelancaran penyelesaian proposal skripsi ini.
7. Kekasih penulis Nabila Yuniar, selaku pasangan yang senantiasa memberikan dukungan moril, semangat, serta doa yang tulus selama proses penyusunan skripsi ini.
8. Teman-teman Bona-Boni yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan akademik dan kehidupan penulis.
9. Bang Muflih yang telah banyak membantu memfasilitasi kebutuhan penelitian serta mendampingi dalam pelaksanaannya.
10. Teman-teman dari *The Glorians* atas semangat dan kebersamaan yang telah diberikan.
11. Seluruh teman-teman lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, namun telah memberikan kontribusi dan dukungan yang tidak ternilai.

Penulis menyadari bahwa penelitian masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak guna penyempurnaan penelitian ini.

Akhir kata, semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi yang berguna bagi semua pihak.

Jakarta, Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESHAAN PENGUJI.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Studi Literatur	5
2.2 Mesin Extruder Filamen	6
2.3 Pencetakan 3D.....	9
2.4 Pengaruh Variasi Nozzle Dalam Proses Pencetakan 3D.....	10
2.5 Filamen Pencetakan 3D	10
2.5.1 Plastik <i>Polypropylene</i> (PP).....	11
2.5.2 Plastik <i>Polylactic Acid</i> (PLA)	12
2.6 <i>Computer-Aided Design</i> (CAD)	13
2.7 <i>Fused Deposition Modelling</i> (FDM).....	15
2.8 <i>Calibration Cubes</i>	16

BAB 3 METODE PENELITIAN	18
3.1 Diagram Alir Penelitian	18
3.2 Ideasi dan Penyusunan Konsep.....	18
3.3 Persiapan Alat dan Bahan	19
3.4 Persiapan Alat Uji	20
3.5 Penentuan Variabel	20
3.6 Proses Pencetakan Filamen	20
3.7 Pengujian Keseragaman Diameter Filamen	21
3.7.1 Keseragaman Diameter Filamen	21
3.7.2 Cacat Filamen	22
3.8 Pembuatan Spesimen Uji.....	22
3.9 Analisa Data Pengujian.....	22
3.10 Penyimpulan Hasil dan Pelaporan.....	26
BAB 4 PEMBAHASAN DAN HASIL PENELITIAN	27
4.1 Ideasi dan Pembahasan Konsep.....	27
4.2 Persiapan Alat dan Bahan	27
4.2.1 Pengecekan Mesin Extruder	27
4.2.2 Modifikasi Nozzle dan Adapter	29
4.2.3 Alat Penarik Filamen Otomatis.....	30
4.3 Persiapan Alat Uji	31
4.3.1 Kalibrasi dan Integrasi Sistem	31
4.4 Penentuan Variabel	32
4.5 Proses Pencetakan Filamen	33
4.6 Pengujian Keseragaman Diameter Filamen	34
4.7 Pembuatan Spesimen Uji.....	35
4.8 Analisa Data Pengujian	39
4.8.1 Deviasi Diameter Filamen.....	39
4.8.2 Deviasi Dimensi Hasil Cetak 3D.....	42
4.8.3 Cacat Pada Filamen dan Hasil Cetak 3D.....	43
4.9 Pembahasan	49
4.9.1 Deviasi Diameter Filamen.....	49

4.9.2 Deviasi Dimensi Cetak	50
4.9.3 Cacat Pada Filamen dan Hasil Cetakan 3D.....	52
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	
RIYAWAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin Extruder Berbasis Arduino (Luthfianto, S. et al., 2023).....	8
Gambar 2.2 Mesin Extruder Vertikal (Firmansyah et al., 2025)	8
Gambar 2.3 Desain Hasil Optimasi (ZHU et al., 2021)	14
Gambar 2.4 Prinsip Kerja dari Fused Deposition Modelling (FDM).....	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	18
Gambar 4.1 Hasil filamen dari uji fungsi awal yang menunjukkan bentuk tidak rata dan tidak stabil.	28
Gambar 4.2 Filamen mulai keluar dari nozzle 2 mm setelah perbaikan sistem kelistrikan.....	29
Gambar 4.3 Adapter Nozzle (Sudah di Bubut 1/2")	29
Gambar 4.4 Nozzle (diameter 2 mm, 3 mm, dan 4 mm).....	30
Gambar 4.5 Kondisi keseluruhan rangkaian sistem extruder, termasuk sistem pendingin air dan sistem penarik filamen otomatis.....	32
Gambar 4.6 Proses Pembuatan Filamen	33
Gambar 4.7 Filamen diberi Label.....	33
Gambar 4.8 Pengambilan Data Pengukuran Diameter Filamen.....	34
Gambar 4.9 Model XYZ Calibration Cube	36
Gambar 4.10 Hasil Cetakan 3D Dengan Mesin 3D Printing.....	37
Gambar 4.11 Pengukuran Hasil Cetakan	37
Gambar 4.12 Grafik Deviasi Filamen PP	40
Gambar 4.13 Grafik Deviasi Filamen PLA	41
Gambar 4.14 Grafik Deviasi Hasil Cetakan Polypropylene (PP).....	42
Gambar 4.15 Grafik Deviasi Hasil Cetakan Polylactic Acid (PLA)	42
Gambar 4.16 Jenis Cacat Pada Filamen Meliputi Permukaan Kasar (K), Bentuk Tidak Bulat (B), Retakan Mikro (R), Gelembung Udara (G), dan Warna Tidak Merata (W).....	43
Gambar 4.17 Jenis Cacat Pada Hasil Cetakan 3D (<i>layer shifting</i> (L), <i>over-extrusion</i> (O), <i>stringing</i> (S) , dan permukaan kasar(P)).....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Bentuk Calibration cube (Ermolai et al., 2024)	17
Tabel 3.1 Alat dan Bahan.....	19
Tabel 3.2 Elemen Penelitian	20
Tabel 3.3 Tabel Eksperimen Diameter Filamen	24
Tabel 3.4 Tabel Eksperimen Cacat Filamen dan Hasil Cetakan 3D	24
Tabel 3.5 Kode Jenis Cacat Filamen dan Hasil Cetakan 3D	25
Tabel 3.6 Tabel Eksperimen Kualitas Spesimen.....	26
Tabel 4.1 Matriks Kombinasi Eksperimen	27
Tabel 4.2 Komponen Alat Penarik Filamen Otomatis	30
Tabel 4.3 Variabel Penelitian	32
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Diameter Filamen Polypropylene (PP)	34
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Diameter Filamen Polylactic Acid (PLA).....	35
Tabel 4.6 Parameter Cetak Mesin 3D Printing.....	36
Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Deviasi Hasil Cetakan 3D Material PP	38
Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Deviasi Hasil Cetakan 3D Material PLA.....	38
Tabel 4.9 Hasil Evaluasi Cacat Pada Filamen PP dan PLA	44
Tabel 4.10 Jumlah Cacat Pada Filamen PP dan PLA	45
Tabel 4.11 Hasil Pengamatan Visual Pada Cacat Hasil Cetakan 3D	46
Tabel 4.12 Jumlah Cacat Visual Pada Hasil Cetakan 3D	48