

**OPTIMASI PARAMETER PROSES MESIN 3D *PRINTING*
LIQUID DEPOSITION MODELING (LDM) PADA MATERIAL
TANAH LIAT KOMERSIAL UNTUK MENGHASILKAN
AKURASI DIMENSI TERTINGGI MENGGUNAKAN
RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM)**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Fakultas Teknik dan Teknologi

Universitas Jenderal Achmad Yani Yogyakarta



Disusun oleh:

Putri Noviana Nih Pratama

212105015

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI (S-1)
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD YANI YOGYAKARTA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

OPTIMASI PARAMETER PROSES MESIN 3D *PRINTING* *LIQUID DEPOSITION MODELING* (LDM) PADA MATERIAL TANAH LIAT KOMERSIAL UNTUK MENGHASILKAN AKURASI DIMENSI TERTINGGI MENGGUNAKAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* (RSM)

Diajukan Oleh

Putri Noviana Nih Pratama
NPM. 212105015

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 12 Juni 2025

Dewan Penguji

Pembimbing

Ir. Ibnu Abdul Rosid, S.T., M.Sc.

NIDN. 0510079301

Penguji I

Nuzila Putri Al-Bana, S.T., M.T.

NUPTK. 2436777678230112

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
sarjana pada Program Studi Teknik Industri (S-1)

Tanggal, 12 Juni 2025

Ketua Program Studi Teknik Industri (S-1)
Fakultas Teknik dan Teknologi Informasi
Universitas Jenderal Achmad Yani Yogyakarta



Sido Dea Arvia, S.T., M.T.

NPTK. 2023.13.2027

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini adalah mahasiswa Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik dan Teknologi Informasi Universitas Jenderal Achmad Yani Yogyakarta,

Nama : Putri Noviana Nih Pratama
NPM : 212105015
Judul Skripsi : Optimasi Parameter Proses Mesin 3D *Printing Liquid Deposition Modeling* (LDM) Pada Material Tanah Liat Komersial Untuk Menghasilkan Akurasi Dimensi Tertinggi Menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM)

Menyatakan bahwa hasil penelitian dengan judul tersebut di atas adalah asli karya saya sendiri dan bukan hasil *plagiarisme*. Semua referensi dan sumber terkait yang dikutip dalam karya ilmiah ini telah ditulis sesuai kaidah penulisan ilmiah yang berlaku. Dengan ini, saya menyatakan untuk menyerahkan hak cipta penelitian kepada Universitas Jenderal Achmad Yani Yogyakarta guna kepentingan ilmiah.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak mana pun. Apabila terdapat kekeliruan atau ditemukan adanya pelanggaran akademik di kemudian hari, maka saya bersedia menerima konsekuensi yang berlaku sesuai ketentuan akademik.

Yogyakarta, 12 Juni 2025



Putri Noviana Nih Pratama

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan dengan tulus kepada:

Diri sendiri, atas segala ketekunan, perjuangan, dan keyakinan yang tak pernah pudar dalam menghadapi setiap tantangan selama proses penyusunan skripsi ini. Moto hidup yang senantiasa menemani langkah penulis, *"There is nothing known as perfect. It's only those imperfections which we choose not to see,"* menjadi pengingat bahwa kesempurnaan sejati terletak pada penerimaan dan pembelajaran dari setiap kekurangan.

Skripsi ini penulis persembahkan dengan penuh cinta dan rasa hormat kepada keluarga tercinta, terutama kepada Ibu Elis Marlina dan Bapak Yon Denih, atas curahan kasih sayang yang tak terhingga, dukungan tanpa batas yang selalu menguatkan, serta doa tulus yang senantiasa mengiringi setiap langkah penulis dalam meniti pendidikan. Kehadiran dan kepercayaan kalian adalah sumber kekuatan terbesar dalam meraih cita-cita ini.

Skripsi ini juga penulis persembahkan sebagai wujud bakti dan realisasi dari harapan serta cita-cita mulia yang senantiasa diamanahkan oleh kedua orang tua tercinta. Pencapaian ini merupakan tujuan utama dalam menempuh perjalanan studi ini, dan penulis berharap dapat menjadi kebanggaan bagi keluarga

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Optimasi Parameter Proses Mesin 3D *Printing Liquid Deposition Modeling* (LDM) Pada Material Tanah Liat Komersial untuk Menghasilkan Akurasi Dimensi Tertinggi Menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM)” tepat waktu dan tanpa kendala berarti. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan bimbingan, arahan, dorongan, serta kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Elis Marlina dan Bapak Yon Denih, selaku kedua orang tua tercinta, atas dukungan, doa, dan kasih sayang yang tak pernah putus. Restu dan motivasi dari Ayah dan Ibu menjadi penyemangat utama dalam menyelesaikan studi dan skripsi ini.
2. Ketiga adik penulis yang selalu menjadi motivasi penulis untuk selalu semangat dalam menjalani masa studi ini.
3. Kepada keluarga besar penulis atas segala afirmasi positif yang diberikan selama proses penyusunan skripsi, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
4. Bapak Ir. Ibnu Abdul Rosid, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik dan skripsi, yang dengan sabar dan penuh dedikasi memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi sampai dengan selesainya skripsi ini.
5. Ibu Nuzila Putri Al-Bana, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran yang sangat berharga untuk perbaikan laporan skripsi ini.
6. Bapak Sido Dea Auvia, S.T., M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Jenderal Achmad Yani Yogyakarta.

7. Segenap dosen Program Studi Teknik Industri Universitas Jenderal Achmad Yani Yogyakarta yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan bimbingan selama masa studi penulis.
8. Sahabat-sahabat penulis dari UKM Mengaji UNJAYA, Fana Fitriah, Meli Novianti Rohali, Anggita Indriyanti, dan M. Abi Yazid Burhani, atas dukungan, bantuan, dan doa yang selalu menyertai penulis selama proses penyusunan skripsi.
9. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Industri angkatan 2021 atas dukungan dan kebersamaan yang terjalin selama masa perkuliahan.
10. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan memberi masukan dalam penyusunan skripsi yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang mengajarkan tentang indahnya keberanian bermimpi dan usaha untuk mewujudkannya, menemani penulis dalam setiap tahapan penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi penyajian maupun analisis data. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh

Yogyakarta, 08 Mei 2025



Putri Noviana Nih Pratama

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
INTISARI	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan dan Asumsi	5
1.5.1 Batasan	5
1.5.2 Asumsi	6
BAB 2 LANDASAN TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 Teknologi 3D <i>Printing</i>	10
2.2.2 3D <i>Printing Liquid Deposition Modeling</i>	11
2.2.3 Kadar Air Tanah	11
2.2.4 <i>Design of Experiment</i>	12
2.2.5 <i>Response Surface Methodology</i>	14
2.2.6 <i>Box Behnken Design</i>	17

2.2.7	Akurasi Dimensi	18
2.2.8	<i>Analysis of Variance</i>	18
2.2.9	Koefisien Determinasi	20
2.2.10	Uji <i>Lack of Fit</i>	21
2.2.12	Uji Asumsi Residual	22
2.2.13	Uji Konfirmasi	23
BAB 3 METODE PENELITIAN		24
3.1	Objek Penelitian	24
3.1.1	Parameter Penelitian	24
3.1.2	Variabel Penelitian	25
3.1.3	Desain Spesimen	26
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	27
3.2.1	Alat Penelitian	27
3.2.2	Bahan Penelitian	30
3.3	Tahapan Penelitian	32
3.3.1	Studi Literatur	33
3.3.2	Perumusan Masalah, Tujuan, dan Manfaat Penelitian	33
3.3.3	Penentuan Respons, Faktor, dan Level	33
3.3.4	Rancangan Percobaan	36
3.3.5	Pembuatan Kombinasi Menggunakan DOE	36
3.3.6	Pembuatan Desain Spesimen	37
3.3.7	Proses <i>Slicing</i>	37
3.3.8	Persiapan Alat dan Bahan	37
3.3.9	Proses Cetak	38
3.3.10	Pengambilan Data	39
3.3.11	Pengolahan Data	39
3.3.12	Validasi Model	40
3.3.13	Penentuan Parameter Optimal	41
3.3.14	Uji Konfirmasi	41
3.3.15	Analisis Hasil dan Pembahasan	42
3.3.16	Kesimpulan dan Saran	42

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Hasil Penelitian	43
4.1.1 Hasil Pengujian Material.....	43
4.1.2 Analisis Geometri Model Eksperimen.....	46
4.2 Analisis Statistik	52
4.2.1 Penentuan Model Regresi Variabel Respons.....	52
4.2.2 Analisis Variabel Independen Terhadap Variabel Respons	54
4.2.3 Uji Signifikansi	56
4.2.4 Uji Kesesuaian Model	61
4.2.5 Uji Asumsi Residual.....	62
4.2.6 Penyusunan Model Matematis	68
4.2.7 Validasi Model	68
4.2.8 Analisis <i>Response Surface</i>	69
4.2.9 Optimasi Respons <i>Error</i> Dimensi Terkecil	75
4.2.10 Uji Konfirmasi	76
4.3 Pembahasan.....	78
4.3.1 Analisis Hasil Optimasi Material	78
4.3.2 Analisis Hasil Optimasi Parameter	80
4.3.3 Analisis Faktor <i>Noise</i> Terhadap Respons.....	83
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	85
5.1 Kesimpulan	85
5.2 Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA.....	87
LAMPIRAN.....	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Pertumbuhan Pasar 3D printing tahun 2018 - 2028.....	2
Gambar 2. 1 Response <i>Surface Plot</i>	15
Gambar 3. 1 Dimensi Spesimen Balok.....	26
Gambar 3. 2 Desain Spesimen	26
Gambar 3. 3 Titik Pengukuran Spesimen.....	27
Gambar 3. 4 Mesin 3D Printing LDM	28
Gambar 3. 5 Jangka Sorong	28
Gambar 3. 6 Timbangan Digital.....	29
Gambar 3. 7 Gelas Ukur.....	29
Gambar 3. 8 <i>4 in 1 Environmental Meter</i>	30
Gambar 3. 9 Oven	30
Gambar 3. 10 Tahapan Penelitian	32
Gambar 4. 1 Hasil Cetak Spesimen.....	46
Gambar 4. 2 Bar Chart hasil pengukuran Panjang dari Setiap <i>Run Time</i>	47
Gambar 4. 3 Bar Chart hasil pengukuran Lebar dari Setiap <i>Run Time</i>	48
Gambar 4. 4 Bar Chart hasil pengukuran Tinggi dari Setiap <i>Run Time</i>	49
Gambar 4. 5 Grafik Pareto <i>Error</i> Dimensi x.....	55
Gambar 4. 6 Grafik Pareto <i>Error</i> Dimensi y.....	55
Gambar 4. 7 Grafik Pareto <i>Error</i> Dimensi z.....	56
Gambar 4. 8 Normal Plot Signifikansi <i>Error</i> Dimensi x	58
Gambar 4. 9 Normal Plot Signifikansi <i>Error</i> Dimensi y	59
Gambar 4. 10 Normal Plot Signifikansi <i>Error</i> Dimensi z.....	60
Gambar 4. 11 Plot Residual untuk Error Dimensi x	63
Gambar 4. 12 Plot Residual untuk <i>Error</i> Dimensi y.....	63
Gambar 4. 13 Plot Residual untuk <i>Error</i> Dimensi z.....	64
Gambar 4. 14 Plot <i>Autocorrelation Function Error</i> Dimensi x	64
Gambar 4. 15 Plot <i>Autocorrelation Function Error</i> Dimensi y	65
Gambar 4. 16 Plot <i>Autocorrelation Function Error</i> Dimensi z	65
Gambar 4. 17 Grafik Normal <i>Probability Plot Error</i> Dimensi x	66

Gambar 4. 18 Grafik Normal <i>Probability Plot Error</i> Dimensi y	67
Gambar 4. 19 Grafik Normal <i>Probability Plot Error</i> Dimensi z	67
Gambar 4. 20 <i>Contour Plot Error</i> Dimensi x.....	70
Gambar 4. 21 <i>Surface Plot Error</i> Dimensi x.....	71
Gambar 4. 22 <i>Contour Plots Error</i> Dimensi y	72
Gambar 4. 23 <i>Surface Plot Error</i> Dimensi y.....	73
Gambar 4. 24 <i>Contour Plot Error</i> Dimensi z.....	74
Gambar 4. 25 <i>Surface Plot Error</i> dimensi z.....	75
Gambar 4. 26 Hasil Optimasi Kombinasi Parameter Mesin 3D <i>printing</i> LDM ...	76
Gambar 4. 27 Grafik Perbandingan Hasil Eksperimen dengan Hasil Optimasi ...	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka	9
Tabel 2. 2 Klasifikasi Kadar Air.....	12
Tabel 2. 3 Perbandingan Metode dalam Desain Eksperimen.....	14
Tabel 2. 4 Tabel ANOVA	19
Tabel 2. 5 Nilai R^2 dan Tingkat Hubungan Variabel	21
Tabel 3. 1 Parameter Proses yang Diteliti.....	25
Tabel 3. 2 Variabel Penelitian.....	25
Tabel 3. 3 Kriteria Material Cetak.....	31
Tabel 3. 4 Level dan Faktor Penelitian.....	34
Tabel 3. 5 Nilai Level Faktor	35
Tabel 3. 6 Parameter Penelitian.....	35
Tabel 3. 7 <i>Design of Experiment Box Behnken</i>	36
Tabel 4. 1 Hasil Uji Komposisi Material.....	44
Tabel 4. 2 Hasil Uji Geometri Spesimen.....	46
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan <i>Error</i> Dimensi.....	49
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Suhu dan Kelembapan	50
Tabel 4. 5 Koefisien Regresi untuk Respons <i>Error</i> Dimensi x	52
Tabel 4. 6 Koefisien Regresi untuk Respons <i>Error</i> Dimensi y	53
Tabel 4. 7 Koefisien Regresi untuk Respons <i>Error</i> Dimensi z	53
Tabel 4. 8 Keterangan nama Faktor	54
Tabel 4. 9 Hasil Uji Signifikansi ANOVA <i>Error</i> Dimensi x	57
Tabel 4. 10 Hasil Uji Signifikansi ANOVA <i>Error</i> Dimensi y	58
Tabel 4. 11 Hasil Uji Signifikansi ANOVA <i>Error</i> Dimensi z	59
Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan Nilai Prediksi Respons	68
Tabel 4. 13 Hasil Uji Validasi.....	69
Tabel 4. 14 Hasil Pengukuran Spesimen Optimasi	76
Tabel 4. 15 Selisih Hasil Eksperimen dan Hasil Optimasi.....	77
Tabel 4. 16 Hasil <i>one-sample t</i> Uji Konfirmasi.....	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Peminjaman Fasilitas Laboratorium	96
Lampiran 2 Data Desain <i>Eksperiment</i>	97
Lampiran 3 <i>Coding Sheets</i> Hasil Pengukuran Spesimen	98
Lampiran 4 Hasil Cetak 3D <i>Printing</i> LDM	100
Lampiran 5 Jadwal Penelitian	101
Lampiran 6 Kartu Bimbingan Skripsi	102

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD YANI
YOGYAKARTA

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

LDM	= <i>Liquid Deposition Modeling</i>
3D	= Tiga Dimensi
RP	= <i>Rapid Prototyping</i>
SLA	= <i>Stereolithography Apparatus</i>
SLS	= <i>Selective Laser Sintering</i>
DLP	= <i>Digital Light Processing</i>
FDM	= <i>Fused Deposition Modeling</i>
AM	= <i>Additive Manufacturing</i>
DOE	= <i>Design of Experiment</i>
RSM	= <i>Response Surface Methodology</i>
BBD	= <i>Box Bhenken Design</i>
CCD	= <i>Central Composite Design</i>
LOF	= <i>Lack of Fit</i>
ANOVA	= <i>Analysis of Variance</i>
SS	= <i>Sum of Squares</i>
SSE	= <i>Sum of Squares Error</i>
SS _{PE}	= <i>Sum of Squares Pure Error</i>
SS _{LOF}	= <i>Sum of Squares Lack of Fit</i>
Df	= <i>Degree of Freedom</i>
MS	= <i>Mean of Square</i>
F-value	= Nilai F
P-value	= Nilai p
R-square	= Nilai Koefisien Determinasi
y	= Variabel Respons
k	= Faktor
ε	= <i>Error Term</i>
α	= Alpa
°C	= <i>Derajat Celsius</i>
%RH	= <i>Percent Relative Humidity</i>

mm	= milimeter
mm/s	= milimeter per detik
gr	= gram
ml	= mililiter
RAM	= <i>Random Access Memory</i>
SSD	= <i>Solid State Drive</i>
GB	= <i>Gigabyte</i>
w/v	= berat per volum
LH	= <i>Layer Height</i>
PS	= <i>Print Speed</i>
WT	= <i>Wall Thickness</i>
ND	= <i>Nozzle Diameter</i>
ACF	= <i>Autocorrelation Function</i>