

SKRIPSI

**STUDI OPTIMASI MATERIAL DAN
KETEBALAN PADA PEMBUATAN SOKET
PROSTETIK KAKI BAWAH LUTUT
DENGAN METODE 3D PRINTING**



Oleh :

HIGAN PILARGENTA
NPM. 21036010009

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK & SAINS

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN

JAWA TIMUR

2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**STUDI OPTIMASI MATERIAL DAN KETEBALAN PADA
PEMBUATAN SOKET PROSTETIK KAKI BAWAH LUTUT
DENGAN METODE 3D PRINTING**

Disusun Oleh :

HIGAN PILARGENTA
NPM. 21036010009

Telah diuji, dipertahankan, dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Program Studi
Teknik Mesin Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Hari Selasa, 21 Oktober 2025

Dosen Penguji I

Dosen Pembimbing


Ndaru Adyono, S.Si., M.T.
NIP. 199001252024061001


Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT
NPT. 20219910114203

Dosen Penguji II

Koordinator Program Studi Teknik Mesin


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


Dr. T.Ir. Luluk Edahwati, MT
NIP. 19640611 199203 2 001

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



Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS

KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Higan Pilargenta
NPM : 21036010009
Program Studi : ~~Teknik Kimia / Teknik Industri / Teknologi Pangan /~~
~~Teknik Lingkungan / Teknik Sipil / Teknik Mesin~~

Telah mengerjakan revisi / ~~tidak ada revisi *~~ ~~PRA-RENCANA (DESAIN) / SEMINAR~~
~~PROPOSAL / SKRIPSI / TUGASAKHIR~~ Ujian Lisan Periode II, TA. 2025/2026.

Dengan judul : STUDI OPTIMASI MATERIAL DAN KETEBALAN PADA
PEMBUATAN SOKET PROSTETIK KAKI BAWAH LUTUT DENGAN
METODE 3D PRINTING

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi

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

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

()
() 31/10/2025.

Surabaya, **21** Oktober 2025

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT.
NIP. 199101142025062005

Catatan: *) coret yang tidak perlu

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Higan Pilargenta
NPM : 21036010009
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik & Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 21 Oktober 2025

Yang Membuat pernyataan



Higan Pilargenta
NPM 21036010009

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur yang mendalam saya haturkan kepada Allah Subhanahu wa ta'ala, karena atas rahmat, petunjuk, dan pertolongan-Nya, penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Studi Optimasi Material Dan Ketebalan Pada Pembuatan Soket Prostetik Kaki Bawah Lutut Dengan Metode 3D Printing”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pembangunan Nasional Jawa Timur. Proses pembuatan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P. selaku Dekan Fakultas Teknik & Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, MT. selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT. selaku Dosen Pembimbing skripsi ini.
4. Bapak Ndaru Adyono, S.Si., M.T. selaku Dosen Penguji 1 skripsi ini.
5. Bapak Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji 2 skripsi ini.
6. Kepada Bude, Pakde, Orang tua yang telah memberikan arahan hidup yang sangat berharga serta menjadi sumber inspirasi bagi penulis untuk bekerja keras dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Kepada semua teman teman Program Studi Teknik Mesin yang tidak sempat penulis tuliskan satu persatu dan telah memberikan kontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian studi, penulis mengucapkan banyak terimakasih atas bantuannya.
8. Kepada teman sekaligus pendukung dalam menyelesaikan studi Davina Evelyn Adelia.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak luput dari kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang 3D printing dan prostetik.

Akhir kata, penulis berharap segala jerih payah dalam penyusunan skripsi ini mendapatkan berkah dan ridho dari Tuhan Yang Maha Esa.

Surabaya, 21 Oktober 2025

Penulis

Higan Pilargenta

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
KETERANGAN REVISI	ii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I 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 Masalah	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Kajian Teori	8
2.1.1 Teknologi 3D Printing Terhadap Aplikasi Biomedis.....	8
2.1.2 Soket Prostetik.....	9
2.1.3 Teknologi 3D Printing.....	10
2.1.3.1 Jenis-Jenis 3D Printing	11
2.1.3.2 Komponen 3D Printing FDM	12
2.1.3.3 Mekanisme 3D Printing	15

2.1.3.4	Parameter 3D Printing.....	15
2.1.3.5	Rapid Prototyping Jenis Fused Deposition Modelling (FDM).....	17
2.1.4	Prostetik Bawah Lutut	19
2.1.4.1	Soket Prostetik	21
2.1.5	Material Untuk 3D Printing Soket Prostetik	21
2.1.5.1	Polylactic Acid (PLA).....	21
2.1.5.2	ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)	23
2.1.5.3	PP (Polypropylene)	23
2.1.6	Metode Optimasi Penelitian	23
2.1.6.1	Metode Taguchi	24
2.1.6.2	Signal to Noise Ratio	25
2.1.6.3	Analysis of Variance (ANOVA)	25
2.1.6.4	Uji Konfirmasi	26
2.1.7	Waktu Pencetakan dan Massa Soket Sebagai Parameter Kerja	27
2.1.8	Specific Strength.....	28
2.1.9	Desirability.....	28
2.1.10	Stress Von Misses	29
2.1.11	Safety of Factor	30
2.2	Hipotesis	30
BAB III METODE PENELITIAN		32
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	32
3.1.1	Lokasi Penelitian	32
3.1.2	Waktu Penelitian	32
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	32
3.3	Desain Eksperimen	32

3.4 Alur Penelitian	34
3.4.1 Studi Literatur	35
3.4.2 Kriteria Desain	35
3.4.3 Penentuan Parameter 3D Printing	36
3.4.4 Penentuan Desain Eksperimen	36
3.4.5 Simulasi Pada <i>Software</i> 3D Printing	38
3.4.6 Evaluasi Respon Hasil.....	39
3.4.7 Pencetakan Soket Prostetik	40
3.4.8 Metode Analisis Data	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Analisis Hasil Respon Waktu	43
4.1.1 Data Hasil Waktu Cetak Soket Prostetik.....	43
4.1.2 Rasio S/N Terhadap Respon Waktu Cetak	44
4.1.3 Hasil ANOVA Waktu Cetak	46
4.1.4 Prediksi Rata-Rata Respon Optimum Waktu Cetak	47
4.1.5 Eksperimen Konfirmasi Waktu Cetak.....	48
4.2 Analisis Hasil Respon Massa Soket Prostetik	49
4.2.1 Data Hasil Massa Soket Prostetik	49
4.2.2 Rasio S/N Terhadap Respon Massa Soket	50
4.2.3 Hasil ANOVA Massa Soket.....	52
4.2.4 Prediksi Rata-Rata Respon Optimum	53
4.2.5 Eksperimen Konfirmasi Massa	53
4.2.6 Pembahasan Respon Massa Soket Prostetik	55
4.3 <i>Specific Strength</i> Soket	56
4.3.1 Hasil Data <i>Specific Strength</i>	56

4.3.2	Hasil SN Ratio <i>Specific Strength</i>	57
4.3.3	Hasil ANOVA <i>Specific Strength</i>	60
4.4	<i>Stress Von Mises</i>	61
4.4.1	Hasil Data <i>Stress Von Mises</i>	61
4.4.2	Hasil SN Ratio <i>Stress Von Mises</i>	62
4.4.3	Hasil ANOVA <i>Stress von Mises</i>	64
4.5	<i>Safety of Factor</i>	65
4.5.1	Hasil Data <i>Safety of Factor</i>	65
4.5.2	Hasil SN Ratio <i>Safety of Factor</i>	65
4.5.3	Hasil ANOVA <i>Safety of Factor</i>	67
4.6	<i>Analisis Desirability</i>	68
4.4.1	<i>Desirability Waktu Cetak</i>	68
4.4.2	<i>Desirability Massa Soket</i>	69
4.4.3	<i>Desirability Specific Strength</i>	70
4.4.4	<i>Desirability Stress Von Mises</i>	71
4.4.5	<i>Desirability Safety of Factor</i>	72
4.4.6	<i>Overall Desirability</i>	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		75
5.1	Kesimpulan	75
5.2	Saran	75
DAFTAR PUSTAKA		76
LAMPIRAN		82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Spool Holder</i>	13
Gambar 2.2 <i>Nozzle</i>	13
Gambar 2.3 <i>Print Head</i>	14
Gambar 2.4 <i>Display Screen</i>	14
Gambar 2.5 <i>Build Platform</i>	14
Gambar 2.6 Pola <i>Infill</i> yang Berbeda	16
Gambar 2.7 <i>Infill Density</i> yang Berbeda.....	17
Gambar 2.8 Skema Kerja FDM	18
Gambar 2.9 3D Printing tipe FDM	19
Gambar 2.10 Desain Prostetik	20
Gambar 2.11 Fillamen PLA	22
Gambar 2.12 Fillamen ABS	23
Gambar 3. 1 Diagram Alir	34
Gambar 3. 2 Desain Soket Prostetik	39
Gambar 3. 3 Simulasi Soket Pada <i>Software</i> 3D Printing	39
Gambar 3. 4 Skema Proses Pencetakan Soket Prostetik	41
Gambar 4. 1 Pengaruh Parameter Proses pada Respon Waktu Cetak.....	45
Gambar 4. 2 Interval Konfirmasi dan Prediksi Waktu Cetak	49
Gambar 4. 3 Pengaruh Parameter Proses pada Respon Massa Soket Prostetik	51
Gambar 4. 4 Perbandingan Hasil Massa Soket	54
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Interval Uji Konfirmasi dan Prediksi Massa Soket.....	55
Gambar 4. 6 Pengaruh Parameter Proses Pada Respon <i>Specific Strength</i>	59
Gambar 4. 7 Pengaruh Parameter Terhadap Respon <i>Stress Von Mises</i>	63
Gambar 4. 8 Pengaruh Parameter Terhadap Respon <i>Safety of Factor</i>	67
Gambar 4. 9 <i>Overall Desirability</i>	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Antromopetri Orang Indonesia	19
Tabel 2. 2 <i>Desirability Scale</i>	28
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan.....	32
Tabel 3.2 Parameter Cetak 3D Printing	37
Tabel 3.3 <i>Orthogonal Array</i>	37
Tabel 3.4 Rancangan Eksperimen.....	38
Tabel 4. 1 Hasil Data Waktu Cetak.....	43
Tabel 4.2 S/N Rasio Waktu Cetak	44
Tabel 4.3 Rata-Rata Nilai S/N Ratio Waktu cetak.....	44
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan ANOVA Waktu Cetak	46
Tabel 4. 5 Hasil Uji Konfirmasi Waktu Cetak.....	48
Tabel 4. 6 Data Hasil Massa Soket	49
Tabel 4.7 S/N Ratio Massa Soket Prostetik	50
Tabel 4.8 Rata-Rata Nilai S/N Ratio Massa Soket Prostetik	51
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan ANOVA Massa Soket Prostetik.....	52
Tabel 4.10 Hasil Konfirmasi Uji Massa Soket Prostetik	53
Tabel 4. 11 Hasil Nilai Uji Tarik	57
Tabel 4. 12 S/N Rasio <i>Specific Strength</i>	58
Tabel 4. 13 Rata-Rata Nilai S/N Ratio <i>Specific Strength</i>	58
Tabel 4. 14 Hasil Perhitungan ANOVA <i>Specific Strength</i>	60
Tabel 4. 15 Hasil Data Tegangan.....	61
Tabel 4. 16 Hasil SN Ratio <i>Stress Von Mises</i>	62
Tabel 4. 17 Rata-Rata Nilai SN Ratio <i>Stress Von Mises</i>	62
Tabel 4. 18 Hasil ANOVA <i>Stress Von Mises</i>	64
Tabel 4. 19 Hasil Data <i>Safety of Factor</i>	65
Tabel 4. 20 Hasil SN Ratio <i>Safety of Factor</i>	66
Tabel 4. 21 Rata-Rata Nilai SN Ratio <i>Safety of Factor</i>	66
Tabel 4. 22 Hasil ANOVA <i>Safety of Factor</i>	68
Tabel 4. 23 Hasil <i>Desirability</i> Waktu Cetak	69

Tabel 4. 24 Hasil <i>Desirability</i> Massa Soket.....	69
Tabel 4. 25 Hasil <i>Desirability Specific Strength</i>	70
Tabel 4. 26 <i>Desirability Stress Von Misses</i>	71
Tabel 4. 27 <i>Desirability Safety of Factor</i>	72
Tabel 4. 28 Nilai <i>Desirability</i> Seluruh Respon	73
Tabel 4. 29 Nilai <i>Overall Desirability</i>	73

ABSTRAK

Teknologi 3D Printing dengan metode *Fused Deposition Modeling* (FDM) menjadi solusi inovatif dalam pembuatan soket prostetik kaki bawah lutut yang ringan, presisi, dan ekonomis. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan parameter proses pencetakan, meliputi ketebalan dinding soket, jenis material (PLA, ABS, PP), serta diameter *nozzle*, terhadap lima parameter utama, yaitu waktu pencetakan, massa soket, *specific strength*, *stress von mises* dan *safety of factor*. Desain eksperimen menggunakan Metode Taguchi dengan *orthogonal array* L9 (3^3), menghasilkan sembilan kombinasi pengujian. Evaluasi dilakukan menggunakan *signal to noise Ratio* (S/N) dengan kriteria “*smaller is better*” dan “*large is better*” serta *analysis of variance* (ANOVA) untuk menentukan faktor paling berpengaruh, dan dilanjutkan dengan *desirability function* untuk menentukan kombinasi optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter yang paling optimal ketebalan 2 mm, material ABS dan diameter nozzle 0,8 mm, dengan nilai *desirability* tertinggi sebesar 0,753. Kombinasi ini menghasilkan waktu pencetakan yang efisien, massa soket yang ringan, serta nilai *specific strength* tertinggi, menandakan keseimbangan terbaik antara kekuatan dan berat total soket. Optimasi parameter 3D printing melalui metode taguchi terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi konsumsi material, serta menghasilkan soket prostetik yang ringan, kuat, dan nyaman bagi pengguna.

Kata Kunci: 3D Printing, Metode Taguchi, Soket Prostetik, Optimasi Parameter, *Fused Deposition Modeling*, *Desirability*.

ABSTRACT

3D Printing Technology using the Fused Deposition Modeling (FDM) method is an innovative solution for manufacturing lightweight, precise, and economical below-knee prosthetic sockets. This study aims to optimize the printing process parameters, including socket wall thickness, material type (PLA, ABS, PP) and nozzle diameter, against five main parameters, namely printing time, socket mass, specific strength, von Mises stress, and safety factor. The experimental design uses the Taguchi Method with OrthogonalArray L9 (3^3), resulting in nine test combinations. Evaluation was performed using Signal to Noise Ratio (S/N) with the criteria “smaller is better” and “large is better” as well as Analysis of Variance (ANOVA) to determine the most influential factors, followed by Desirability Function to determine the optimal combination. The results showed that the most optimal parameters were a thickness of 2 mm, ABS material, and a nozzle diameter of 0.8 mm, with the highest desirability value of 0.753. This combination resulted in efficient printing time, a lightweight socket mass and the highest specific strength value, indicating the best balance between strength and total socket weight. Optimizing 3D printing parameters using the Taguchi method proved effective in improving production efficiency, reducing material consumption and producing lightweight, strong, and comfortable prosthetic sockets for users.

Keywords: *3D Printing, Taguchi Method, Prosthetic Socket, Parameter Optimization, Fused Deposition Modeling, Desirability.*