

SKRIPSI

**OPTIMASI PARAMETER CNC *MILLING*
UNTUK PEMBUATAN CETAKAN TELAPAK
KAKI PROSTETIK BERBAHAN AISI 1020
DENGAN METODE TAGUCHI**



Oleh:

DHIMAS YOGIE NUGRAHA

NPM. 21036010022

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2025**

SKRIPSI

**OPTIMASI PARAMETER CNC *MILLING*
UNTUK PEMBUATAN CETAKAN TELAPAK
KAKI PROSTETIK BERBAHAN AISI 1020
DENGAN METODE TAGUCHI**



Oleh:
DHIMAS YOGIE NUGRAHA
NPM. 21036010022

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2025**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**OPTIMASI PARAMETER CNC MILLING UNTUK PEMBUATAN CETAKAN
TELAPAK KAKI PROSTETIK BERBAHAN AISI 1020 DENGAN METODE
TAGUCHI**

Disusun Oleh :

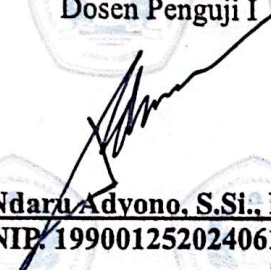
DHIMAS YOGIE NUGRAHA
NPM. 21036010022

Telah diuji, dipertahankan, dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Program Studi
Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Hari Jum'at, 28 November 2025

Telah Disahkan Oleh:

Dosen Penguji I

Dosen Pembimbing


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


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

Dosen Penguji II

Koordinator Program Studi Teknik Mesin


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


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

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


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



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

Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294 Telp. 031-8782179
Email: teknikmesin@upnjatim.ac.id , Laman : <http://tekmesin.upnjatim.ac.id/>

KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Dhimas Yogie Nugraha

NPM : 21036010022

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~~
/TUGAS AKHIR Ujian Lisan Periode II, TA . 2025/2026.

Dengan judul : OPTIMASI PARAMETER CNC MILLING UNTUK PEMBUATAN CETAKAN
TELAPAK KAKI PROSTETIK BERBAHAN AISI 1020 DENGAN METODE TAGUCHI

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi

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

2. Dr. Ir. Luluk Edahwati, MT.

Surabaya, 05 Desember 2025

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

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

NIP : 19940428 2022032011

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dhimas Yogie Nugraha
NPM : 21036010022
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 ditemulan 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, 05 Desember 2025

Yang Membuat pernyataan



Dhimas Yogie Nugraha
NPM. 21036010022

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dengan segala keterbatasannya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan lancar. Dalam terselesaikannya tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara moral maupun materi, yakni:

1. **Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.** selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. **Ibu Dr.T.Ir. Luluk Edahwati, M.T.** selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. **Ibu Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd.,MT.** selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, ilmu, motivasi, serta koreksi dalam penulisan dan pengerjaan tugas akhir.
4. **Bapak Ndaru Adyono, S.Si., M.T.** dan **Ibu Dr.T.Ir. Luluk Edahwati, M.T.** selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan koreksi dalam penulisan dan pengerjaan Tugas Akhir.
5. **Kedua Orang Tua** yang telah memberikan motivasi, dan doa terbaiknya.
6. **Teman – teman seluruh angkatan Program Studi Teknik Mesin** yang telah memberikan dukungan selama pelaksanaan pengerjaan Tugas Akhir.

Penulis sangat berharap adanya kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Terakhir, penulis juga berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan motivasi bagi pengembangan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Surabaya, 28 November 2025

Dhimas Yogie Nugraha

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan parameter pemotongan pada proses CNC *Milling* dalam pembuatan cetakan telapak kaki prostetik berbahan AISI 1020 agar diperoleh efisiensi waktu pemesinan dan kualitas permukaan yang sesuai standar. Tiga parameter utama yang diuji meliputi *Stepover*, *feed rate*, dan *depth of cut*, masing-masing pada tiga level. Desain eksperimen menggunakan metode Taguchi dengan *Orthogonal Array L₂₇*, sementara analisis dilakukan melalui *Signal-to-Noise (S/N) Ratio* dan *Analysis of Variance (ANOVA)* untuk menilai pengaruh setiap parameter terhadap dua respon, yaitu waktu pemesinan (simulasi Mastercam) dan kekasaran permukaan (uji eksperimen). Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh parameter berpengaruh signifikan terhadap waktu pemesinan, dengan *feed rate* menjadi faktor dominan dalam mempercepat proses dengan kombinasi optimal pada *Stepover* 0,45 mm, *feed rate* 800 mm/min, dan *depth of cut* 0,4 mm. Pada respon kekasaran permukaan, kombinasi optimal diperoleh pada *Stepover* 0,15 mm, *feed rate* 300 mm/min, dan *depth of cut* 0,2 mm dengan nilai *Ra* rata-rata 1,101 μm . Selanjutnya, *optimasi multi-respon* menggunakan *Desirability Function* menghasilkan kombinasi parameter terbaik pada *Stepover* 0,30 mm, *feed rate* 500 mm/min, dan *depth of cut* 0,30 mm, yang memberikan nilai *overall desirability* sebesar 0,73940. Kombinasi ini menghasilkan kekasaran permukaan 2,368 μm serta waktu pemesinan yang lebih efisien, yaitu 13,221 jam untuk bagian *upper* dan 12,197 jam untuk bagian *lower* cetakan. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa pengaturan parameter pemotongan yang tepat mampu meningkatkan efisiensi proses dan kualitas permukaan pada pembuatan cetakan prostetik.

Kata Kunci: CNC *Milling*, Optimasi, Kekasaran Permukaan, Waktu Pemesinan, *Desirability Function*.

ABSTRACT

This study aims to optimize cutting parameters in the CNC milling process for manufacturing prosthetic foot molds made of AISI 1020 material in order to achieve machining time efficiency and surface quality that meets standards. Three main parameters were tested, including Stepover, feed rate, and depth of cut, each at three levels. The experimental design uses the Taguchi method with Orthogonal Array L₂₇, while the analysis is carried out through Signal-to-Noise (S/N) Ratio and Analysis of Variance (ANOVA) to assess the effect of each parameter on two responses, namely machining time (Mastercam simulation) and surface roughness (experimental test). The results of the study indicate that all parameters have a significant effect on machining time, with feed rate being the dominant factor in accelerating the process with an optimal combination of 0.45 mm Stepover, 800 mm/min feed rate, and 0.4 mm depth of cut. In terms of surface roughness response, the optimal combination was obtained at a Stepover of 0.15 mm, a feed rate of 300 mm/min, and a depth of cut of 0.2 mm with an average Ra value of 1.101 μm . Furthermore, multi-response optimization using the Desirability Function produced the best parameter combination at a Stepover of 0.30 mm, feed rate of 500 mm/min, and depth of cut of 0.30 mm, which gave an overall desirability value of 0.73940. This combination produces a surface roughness of 2,368 μm and more efficient machining time, namely 13,221 hours for the upper part and 12,197 hours for the lower part of the mold. Overall, this study confirms that proper cutting parameter settings can improve process efficiency and surface quality in prosthetic mold manufacturing.

Keywords: CNC Milling, Optimization, Surface Roughness, Machining Time, Desirability Function.

DAFTAR ISI

COVER

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR BEBAS REVISI.....	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Optimasi Parameter CNC <i>Milling</i>	5
2.2. Proses Pembuatan Cetakan Telapak Kaki Prostetik.....	8
2.3. Landasan Teori	9
2.3.1. Kaki Prostetik.....	9
2.3.2. CAM (<i>Computer Aided Manufacturing</i>).....	10
2.3.3. CNC <i>Milling</i>	10
2.3.4. Material AISI 1020.....	16
2.3.5. <i>Surface Roughness</i>	17
2.3.6. <i>Time Machining</i>	19
2.3.7. Metode Taguchi.....	19
2.4. Hipotesis Penelitian.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1. Waktu Dan Tempat Penelitian.....	24
3.2. Alat dan Bahan.....	24
3.3. Diagram Alir Penelitian.....	25

3.4. Prosedur Penelitian.....	26
3.4.1 Studi Literatur	26
3.4.2 Variabel Penelitian	26
3.4.3 Desain Eksperimen.....	27
3.4.4 <i>Setup</i> Penelitian.....	28
3.4.4.1 <i>Setup</i> Penelitian Simulasi	28
3.4.4.2 <i>Setup</i> Penelitian Eksperimen	30
3.4.5 Proses Pengambilan dan Pengolahan Data	32
3.4.5.1 Proses Pengambilan Data Simulasi Mastercam.....	32
3.4.5.2 Proses Pengambilan Data Eksperimen	33
3.4.5.3 Pengolahan Data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1. Pengaruh Variasi Parameter Pemotongan Terhadap Waktu Pemesinan	35
4.1.1. Data Hasil Total Waktu Pemesinan Cetakan Telapak Kaki Prostetik	35
4.1.2. <i>S/N Ratio</i> Pada Pemotongan Telapak Kaki Prostetik Bagian <i>Upper</i>	37
4.1.3. <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Pada Pemotongan Telapak Kaki Prostetik Bagian <i>Upper</i>	39
4.1.4. Prediksi Rata-Rata Respon Optimum Total Waktu Pemesinan Bagian <i>Upper</i>	40
4.1.5. Uji Konfirmasi Total Waktu Pemesinan Bagian <i>Upper</i>	40
4.1.6. <i>S/N Ratio</i> Pada Pemotongan Telapak Kaki Prostetik Bagian <i>Lower</i>	41
4.1.7. <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Pada Pemotongan Telapak Kaki Prostetik Bagian <i>Lower</i>	43
4.1.8. Prediksi Rata-Rata Respon Optimum Total Waktu Pemesinan Bagian <i>Lower</i>	44
4.1.9. Uji Konfirmasi Total Waktu Pemesinan Bagian <i>Lower</i>	44
4.2. Pengaruh Variasi Parameter Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan.....	45
4.2.1. Data Hasil Kekasaran Permukaan Pada Pembuatan Cetakan Telapak Kaki Prostetik	46
4.2.2. <i>S/N Ratio</i> Pada Kekasaran Permukaan Pada Pembuatan Cetakan Telapak Kaki Prostetik.....	47
4.2.3. <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Pembuatan Telapak Kaki Prostetik.....	49
4.2.4. Prediksi Rata-Rata Respon Optimum Kekasaran Permukaan Pada Pembuatan Cetakan Telapak Kaki Prostetik.....	50

4.2.5. Uji Konfirmasi Kekasaran Permukaan Pada Pembuatan Cetakan Telapak Kaki Prostetik	50
4.3. Pengaruh Parameter Pemotongan Optimal Terhadap Waktu Pemesinan Paling Efisien Dan Kekasaran Permukaan Yang Sesuai Dengan Standar Kualitas Cetakan	51
4.3.1. Analisis <i>Desirability</i>	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1. Kesimpulan	58
5.2. Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA.....	60
LAMPIRAN.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu Terkait Optimasi Manufaktur dan Metode	5
Tabel 2. 2. Spesifikasi Mesin CNC Milling SMTCL Brio Miller 8	11
Tabel 2. 3. <i>Mechanical Properties</i> Baja AISI 1020	17
Tabel 2. 4. Interpretasi Nilai <i>Desirability</i> (<i>Desirability Function Scale</i>)	23
Tabel 3. 1 Variabel Bebas Penelitian	26
Tabel 3. 2 Desain <i>Orthogonal Array</i> L ₂₇	27
Tabel 4. 1 Hasil Total Waktu Pemesinan	35
Tabel 4. 2 Rata-Rata Nilai S/N Ratio Total Waktu Simulasi Pemesinan Bagian <i>Upper</i>	37
Tabel 4. 3 ANOVA terhadap Total Waktu Pemesinan Cetakan Telapak Kaki Prostetik Bagian <i>Upper</i>	39
Tabel 4. 4 Hasil Uji Konfirmasi Total Waktu Simulasi pembuatan Cetakan Telapak Kaki Bagian Upper	40
Tabel 4. 5 Rata-Rata Nilai S/N Ratio Total Waktu Simulasi Pemesinan Bagian Lower	41
Tabel 4. 6 ANOVA Terhadap Total Waktu Pemesinan Cetakan Telapak Kaki Prostetik Bagian <i>Lower</i>	43
Tabel 4. 7 Hasil Uji Konfirmasi Total Waktu Simulasi pembuatan Cetakan Telapak Kaki Bagian Bawah	44
Tabel 4. 8 Hasil Data Uji Kekasaran Permukaan (Ra)	46
Tabel 4. 9 Rata-Rata Nilai S/N Ratio Hasil Uji Kekasaran Permukaan (Ra)	47
Tabel 4. 10 ANOVA Terhadap Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan	49
Tabel 4. 11 Hasil Uji Konfirmasi Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan	50
Tabel 4. 12. <i>Desirability</i> Total Waktu Simulasi Cetakan Bagian Atas	52
Tabel 4. 13. <i>Desirability</i> Total Waktu Simulasi Cetakan Bagian Bawah	53
Tabel 4. 14. <i>Desirability</i> Kekasaran Permukaan (Ra)	54
Tabel 4. 15. Nilai <i>Desirability</i> Dari Setiap Respon	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik S/N <i>Ratio Roughness Wet Machining</i>	7
Gambar 2. 2. Desain cetakan telapak kaki prostetik.....	8
Gambar 2. 3. Prosthetic Ankle-foot	9
Gambar 2. 4. Mesin CNC <i>Milling</i> SMTCL Brio Miller 8	11
Gambar 2. 5 (a) Variasi Kecepatan Potong pada Pahat <i>Ball End Mill</i> , dan (b) Posisi Titik Kontak Pahat dan Benda Kerja.....	13
Gambar 2. 6. Alat uji Kekasaran Permukaan HANDYSURF+35	18
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3. 2 (a) Desain Cetakan Telapak Kaki Prostetik Bagian Bawah (b) Desain Cetakan Telapak Kaki Prostetik Bagian Atas	28
Gambar 3. 3 <i>Setup</i> Simulasi Pembuatan Cetakan Telapak Kaki Prostetik Menggunakan <i>Software</i> Mastercam	29
Gambar 3. 4 Desain Spesimen Pesngujian Kekasaran Permukaan	30
Gambar 3. 5 <i>Setup</i> Pengujian Kekasaran Permukaan.....	30
Gambar 4. 1 Hasil Data Total Waktu Pemesinan Cetakan Telapak Kaki Prostetik	36
Gambar 4. 2 Pengaruh Parameter Pemotongan Pada Simulasi Pemesinan Bagian <i>Upper</i> .	38
Gambar 4. 3 Pengaruh Parameter Pemotongan Pada Simulasi Pemesinan Bagian <i>Lower</i> .	42
Gambar 4. 4 Produk Hasil Spesimen Uji Kekasaran Permukaan.....	45
Gambar 4. 5 Pengaruh Parameter Pemotongan Terhadap Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan	48
Gambar 4. 6. <i>Overall Desirability</i>	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Data Penelitian.....	67
Lampiran 2. Langkah – langkah Pengambilan Data Simulasi Mastercam.....	68
Lampiran 3. <i>Link</i> Video Simulasi Mastercam Cetakan Telapak Kaki Prostetik.....	69
Lampiran 4. Langkah – langkah Eksperimen Pembuatan Spesimen Uji Kekasaran.....	70
Lampiran 5. Langkah – langkah uji kekasaran.....	72
Lampiran 6. Spesifikasi <i>Roughness Tester</i> Accretech Handysurf+	73
Lampiran 7. Perhitungan Rata-rata Respon Total Waktu Simulasi Pemesinan Bagian <i>Upper</i> (a), Bagian <i>Lower</i> (b), dan Kekasaran Permukaan (c)	74
Lampiran 8. Biodata Mahasiswa	77

DAFTAR NOTASI

N	= Jumlah total eksperimen
α	= Resiko, level kepercayaan = 1 - resiko
$\bar{y}$	= Nilai rata-rata respon
$\sum x_i$	= Penjumlahan seluruh nilai individu dari pengamatan
μ_p	= Rata-rata prediksi
N	= Jumlah total pengamatan atau data yang dihasilkan selama eksperimen
df	= Derajat kebebasan dari kombinasi faktor yang signifikan.
$F_{(\alpha;v1;v2)}$	= Nilai F Rasio dari tabel
MS_e	= Rata-rata kuadrat <i>error</i>
n_{eff}	= Banyaknya pengamatan efektif