

SKRIPSI

**PENENTUAN PARAMETER OPTIMUM PROSES PEMAKANAN *END MILL* MENGGUNAKAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* (RSM)
PADA MESIN *MILLING* KONVENSIONAL DENGAN *BOX-BEHNKEN DESIGN***

(Studi Kasus: Laboratorium Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sunan

Kalijaga Yogyakarta)

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Disusun oleh:

Nama lengkap : Dwian Adi Purnama

NIM : 21106060062

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1155/Un.02/DST/PP.00.9/06/2025

Tugas Akhir dengan judul : Penentuan Parameter Optimum Proses Pemakanan End Mill Menggunakan Response Surface Methodology (RSM) pada Mesin Milling Konvensional dengan Box Behnken Design (Studi Kasus: Laboratorium Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : DWIAN ADI PURNAMA
Nomor Induk Mahasiswa : 21106060062
Telah diujikan pada : Rabu, 11 Juni 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Gunawan Budi Susilo, M.Eng.
SIGNED

Valid ID: 6851006227b9a



Penguji I
Dr. Ir. Ira Setyaningsih, S.T., M.Sc, IPM,
ASEAN Eng.
SIGNED

Valid ID: 68408175d8bac



Penguji II
Hermanjati Paramawardhani, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6850064decd52



Yogyakarta, 11 Juni 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68511a4936d7f

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp :-

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga

Di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi, serta mengadakan perbaikan seperlunya maka, kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara:

Nama : Dwian Adi Purnama

NIM : 21106060062

Judul Skripsi : PENENTUAN PARAMETER OPTIMUM PROSES PEMAKANAN
END MILL MENGGUNAKAN *RESPONSE SURFACE*
METHODOLOGY (RSM) PADA MESIN *MILLING*
KONVENSIONAL DENGAN *BOX-BEHNKEN DESIGN* (Studi
Kasus: Laboratorium Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sunan
Kalijaga Yogyakarta)

Sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Teknik Industri.

Dengan ini kami mengharapkan agar skripsi/tugas akhir saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 15 Mei 2025
Dosen Pembimbing Skripsi,

Gunawan Budi Susilo, M.Eng.
NIP. 19860423 201903 1 007

SURAT KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dwian Adi Purnama
NIM : 21106060062
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya bahwa skripsi saya yang berjudul: "PENENTUAN PARAMETER OPTIMUM PROSES PEMAKANAN *END MILL* MENGGUNAKAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* (RSM) PADA MESIN *MILLING* KONVENSIONAL DENGAN *BOX-BEHNKEN DESIGN* (Studi Kasus: Laboratorium Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta)" adalah hasil karya pribadi yang tidak mengandung plagiarisme dan berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang penulis ambil sebagian dengan tata cara yang dibenarkan secara ilmiah.

Jika terbukti pernyataan ini tidak benar, maka penulis siap mempertanggungjawabkan sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 15 Mei 2025
Yang menyatakan,



Dwian Adi Purnama
NIM 2110606062

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

"The only source of knowledge is experience."
(Satu-satunya sumber pengetahuan adalah pengalaman.)

-Albert Einstein-

“Maju tak gentar mundur tak pancal”

-Dwian Adi Purnama-



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, saya persembahkan tugas akhir/skripsi ini kepada kedua orang tua yang selalu memberikan segala macam bentuk dukungan dalam mengerjakan dan menyusun skripsi ini.

Saya juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan segala ilmu yang telah diberikan, serta kesabaran dalam membimbing saya hingga tugas akhir/skripsi ini dapat selesai dengan baik.

Tidak lupa, saya juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman di Teknik Industri yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan hiburan ketika saya mengerjakan tugas akhir/skripsi ini.



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul *“Penentuan Parameter Optimum Proses Pemakanan End Mill Menggunakan Response Surface Methodology (RSM) Pada Mesin Milling Konvensional Dengan Box-Behnken Design (Studi Kasus: Laboratorium Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta)”* dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, suri teladan sepanjang zaman, yang telah membawa umat manusia menuju jalan kebenaran dan ilmu pengetahuan. Semoga kita semua memperoleh syafaat beliau di hari kiamat kelak. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi jenjang Strata Satu (S1) dan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak, tugas akhir ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setulus-tulusnya kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dan memberikan dukungan selama penyusunan tugas akhir ini.

1. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan moral dan material kepada penulis.
2. Bapak Gunawan Budi Susilo, M.Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang senantiasa memberikan bimbingan dan dukungan sehingga tugas akhir dapat terselesaikan.

3. Seluruh Pranata Laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian tugas akhir.
4. Rekan-rekan mahasiswa dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan penelitian tugas akhir.

Penulis berharap, semoga skripsi atau tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan, khususnya dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan pendidikan di Laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga. Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa memberikan keberkahan dan kemudahan bagi kita semua dalam setiap langkah dan usaha.

Yogyakarta, 15 Mei 2025
Penulis,

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
(Dwian Adi Purnama)
NIM 21106060062

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR..... i

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR..... ii

SURAT KEASLIAN SKRIPSI iii

MOTTO..... iv

HALAMAN PERSEMBAHAN v

KATA PENGANTAR..... vi

DAFTAR ISI viii

DAFTAR TABEL..... xi

DAFTAR GAMBAR xii

DAFTAR LAMPIRAN xiii

ABSTRAK xiv

ABSTRACT..... xv

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Pertanyaan Penelitian 3

1.3 Tujuan Penelitian..... 3

1.4 Manfaat Penelitian 4

1.5 Batasan Penelitian 4

BAB II LANDASAN TEORI 5

2.1 Penelitian Terdahulu..... 5

2.2 Landasaan Teori 8

2.2.1 *Design of Experiments* (DoE)..... 8

2.2.2	Mesin <i>Milling</i> Konvensional	9
2.2.3	Proses Pemotongan <i>End mill</i>	11
2.2.4	<i>Stainless Steel</i> 304	11
2.2.5	<i>Response Surface Methodology</i> (RSM).....	12
2.2.6	<i>Box-Behnken Design</i>	13
2.2.7	Derajat Kebebasan	16
2.2.8	Analisis Varians (ANOVA).....	17
2.2.9	<i>Signal-to-Noise Ratio</i> (SNR).....	19
BAB III METODE PENELITIAN		20
3.1	Objek Penelitian	20
3.2	Metode Pengumpulan Data	24
3.2.1	Jenis Data.....	24
3.2.2	Pengumpulan Data.....	25
3.3	Uji Validitas.....	27
3.4	Variabel Penelitian	27
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	30
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Analisis.....	32
4.1.1	Tahap Perencanaan	32
4.1.2	Tahap Pelaksanaan.....	39
4.1.3	Tahap Analisis.....	46
4.2	Catatan Eksperimen	55
4.3	Implikasi Manajerial	59
BAB V KESIMPULAN.....		61

5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....		63
LAMPIRAN		



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu.....	5
Tabel 2. 2 Komposisi Kimiawi <i>Stainless Steel</i> 304.....	12
Tabel 2. 3 Box-Behnken 3 Variabel	15
Tabel 3. 1 Tabel Spesifikasi Mesin <i>Milling</i> Knuth WF 2.1	21
Tabel 3. 2 Pengaturan Kecepatan <i>Spindle</i>	22
Tabel 3. 3 Pengaturan <i>Feed Rate</i>	22
Tabel 3. 4 Variabel Faktor	27
Tabel 3. 5 <i>Running Data</i>	28
Tabel 4. 1 <i>Range</i> Faktor Eksperimen	35
Tabel 4. 2 Kombinasi <i>Treatment</i>	37
Tabel 4. 3 Hasil data eksperimen	45
Tabel 4. 4 <i>Coded Coefficients</i>	47
Tabel 4. 5 <i>Parameters</i>	50
Tabel 4. 6 <i>Solution</i>	51
Tabel 4. 7 <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA)	51

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Balok Persegi <i>Stainless Steel</i> 304	20
Gambar 3. 2 Mesin <i>Milling</i> Knuth WF 2.1	22
Gambar 3. 3 Mata Pahat <i>End Mill</i> 12mm	23
Gambar 3. 4 Jangka Sorong	24
Gambar 3. 5 <i>Surface Roughness Tester</i> (Mitutoyo SJ-210).....	24
Gambar 3. 6 Diagram Alir.....	30
Gambar 4. 1 Benda Kerja.....	36
Gambar 4. 2 Pengoperasian Mesin <i>Milling</i> Konvensional.....	40
Gambar 4. 3 Melakukan setting mata pahat.....	40
Gambar 4. 4 Melakukan setting parameter	41
Gambar 4. 5 Mengatur posisi <i>ram</i> dan <i>traverse crank</i>	41
Gambar 4. 6 Menghidupkan mesin <i>milling</i> konvensional	42
Gambar 4. 7 Menjalankan proses pemakanan.....	42
Gambar 4. 8 Mematikan saklar pada mesin	43
Gambar 4. 9 Membuka <i>Chuck</i>	43
Gambar 4. 10 Titik Ukur	44
Gambar 4. 11 Diagram <i>Pareto Standardized Effects</i>	48
Gambar 4. 12 <i>Contour Plots of Response</i>	49
Gambar 4. 13 Setting parameter <i>Feed Rate</i>	56
Gambar 4. 14 Setting parameter <i>Spindle Speed</i>	56
Gambar 4. 15 Mata pahat <i>end mill</i> patah	57
Gambar 4. 16 Bagian <i>support axle ram</i>	58
Gambar 4. 17 Efek <i>support axle ram</i>	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Hasil Pemakanan	L-1
Lampiran 2 Pengolahan Data	L-2
Lampiran 3 Dokumentasi selama mengerjakan Tugas Akhir/Skripsi	L-5
Lampiran 4 <i>Curriculum Vitae</i>	L-6



PENENTUAN PARAMETER OPTIMUM PROSES PEMAKANAN *END MILL* MENGGUNAKAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* (RSM) PADA MESIN *MILLING* KONVENSIONAL DENGAN *BOX BEHNKEN DESIGN*

(Studi Kasus: Laboratorium Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta)

Dwian Adi Purnama (21106060062)

Program Studi Teknik Industri
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan parameter pemesinan yang optimal pada proses pemakanan end mill menggunakan mesin milling konvensional. Pendekatan yang digunakan adalah *Response Surface Methodology* (RSM) dengan rancangan eksperimen *Box-Behnken Design* (BBD). Eksperimen dilaksanakan di Laboratorium Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, dengan menggunakan material *stainless steel* 304. Tiga parameter utama yang diteliti meliputi kedalaman pemotongan (*depth of cut*) sebesar 0,15–0,25 mm, kecepatan pemakanan (*feed rate*) sebesar 60–110 mm/menit, dan kecepatan putar spindle (*spindle speed*) sebesar 815–1600 rpm. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk meminimalkan kekasaran permukaan hasil pemesinan. Hasil analisis menunjukkan bahwa *feed rate* merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan dengan kontribusi sebesar 18,03%, diikuti oleh spindle speed sebesar 6,22%. Nilai kekasaran permukaan yang diamati merupakan rata-rata (*average roughness*) dari tiga titik ukur pada hasil pemakanan. Kombinasi parameter optimal yang diperoleh adalah *depth of cut* sebesar 0,25 mm, *feed rate* 96,36 mm/menit, dan *spindle speed* 1100,45 rpm, yang menghasilkan estimasi kekasaran permukaan minimum sebesar 0,328 μm dengan nilai *desirability* 1,0. Selain itu, penelitian ini juga mengidentifikasi beberapa faktor teknis penting yang mempengaruhi hasil pemesinan, seperti stabilitas mesin (khususnya pada *support axle ram*), penggunaan pendingin, dan kondisi pahat (*end mill*). Temuan ini memberikan rekomendasi praktis dalam pengaturan parameter pemesinan konvensional untuk material *stainless steel* 304 dan dapat menjadi dasar untuk penelitian lanjutan, khususnya terkait optimasi kecepatan penghilangan material (*Material Removal Rate/MRR*) dan analisis keausan alat.

Kata kunci: Mesin *Milling* Konvensional, *End mill*, *Response Surface Methodology*, *Box-Behnken Design*, *Depth of Cut*, *Feed Rate*, *Spindle Speed*, *Stainless Steel* 304.

Determination of Optimum Parameters for End Mill Cutting Process Using Response Surface Methodology (RSM) on Conventional Milling Machine with Box-Behnken Design
(Case Study: Industrial Engineering Laboratory, State Islamic University of Sunan Kalijaga Yogyakarta)

Dwian Adi Purnama (21106060062)
*Departement of Industrial Engineering
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sunan Kalijaga Yogyakarta*

ABSTRACT

This study aims to determine the optimal machining parameters in the end milling process using a conventional milling machine. The approach employed is Response Surface Methodology (RSM) with a Box-Behnken Design (BBD) experimental design. The experiments were conducted at the Industrial Engineering Laboratory of Sunan Kalijaga State Islamic University Yogyakarta, using stainless steel 304 as the workpiece material. Three main parameters were investigated: depth of cut (0.15–0.25 mm), feed rate (60–110 mm/min), and spindle speed (815–1600 rpm). The primary objective of this research is to minimize the surface roughness of the machined workpiece. The analysis results show that feed rate is the most influential factor on surface roughness, contributing 18.03%, followed by spindle speed with a contribution of 6.22%. Surface roughness values were measured as the average roughness from three measuring points on the machined surface. The optimal parameter combination obtained was a depth of cut of 0.25 mm, feed rate of 96.36 mm/min, and spindle speed of 1100.45 rpm, resulting in an estimated minimum surface roughness of 0.328 μm with a desirability value of 1.0. In addition, this study identified several critical technical factors affecting the machining outcome, including machine stability (particularly at the support axle ram), the use of coolant, and the condition of the cutting tool (end mill). These findings provide practical recommendations for setting machining parameters when working with stainless steel 304 and serve as a basis for further research on optimizing the material removal rate (MRR) and tool wear analysis.

Keywords: *Conventional Milling Machine, End Mill, Response Surface Methodology, Box-Behnken Design, Depth of Cut, Feed Rate, Spindle Speed, Stainless Steel 304.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan ilmu pengetahuan di bidang pemesinan, khususnya dalam proses pemakanan menggunakan mesin *milling* konvensional di Laboratorium Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Melalui identifikasi dan penentuan parameter optimal pada proses pemakanan dengan alat pemotong *end mill*, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, akurasi, dan efektivitas eksperimen mahasiswa, serta memperkuat kapasitas laboratorium sebagai sarana pembelajaran praktis.

Pemilihan material *stainless steel* 304 sebagai objek penelitian di latar belakang oleh sifatnya yang menuntut pengaturan parameter mesin secara presisi, sehingga menjadi tantangan tersendiri dalam proses pemotongan. Untuk menjawab tantangan tersebut, metode *Response Surface Methodology* (RSM) digunakan dengan pendekatan *Box-Behnken Design*, yang memungkinkan identifikasi parameter optimal secara sistematis dan efisien, tanpa memerlukan banyak percobaan *trial and error*.

RSM sendiri merupakan pendekatan statistik yang mengadopsi prinsip *Design of Experiment* (DoE) untuk membangun model matematis hubungan sebab-akibat antara variabel bebas dan respons yang diamati (Moayyedien *et al.*, 2020). Sementara itu, *Box-Behnken Design* adalah salah satu metode desain eksperimental tiga tingkat yang cocok diterapkan dalam pengaturan parameter yang kompleks, seperti pada mesin *milling* konvensional (Montgomery, 2013).

Permasalahan utama yang mendorong penelitian ini adalah kurangnya pengalaman praktikan dalam mengoperasikan mesin *milling*, khususnya dalam mengatur parameter proses pemakanan *end mill*. Minimnya pengalaman ini tidak hanya berdampak pada kualitas hasil eksperimen atau produksi, tetapi juga meningkatkan risiko kerusakan alat dan menurunkan efektivitas proses pembelajaran di laboratorium.

Dalam proses *milling*, hasil pemakanan sangat dipengaruhi oleh parameter utama berdasarkan spesifikasi mesin *milling* seperti *depth of cut*, *feed rate*, dan *spindle speed*. Ketidaksesuaian dalam kombinasi dan pengaturan parameter tersebut dapat menyebabkan permukaan benda kerja menjadi kasar, ketidaktepatan dimensi, hingga keausan alat potong yang lebih cepat. Oleh karena itu, penting untuk memahami faktor-faktor tersebut secara sistematis agar dapat menghasilkan proses pemesinan yang optimal (Hadiyat *et al.*, 2022). Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh masing-masing parameter terhadap kualitas hasil pemakanan, sehingga dapat menjadi acuan praktikan dalam mengatur parameter secara tepat dan efisien di lingkungan laboratorium.

Di sisi lain, mesin *milling* konvensional memiliki peran vital dalam industri manufaktur, terutama untuk pemrosesan material melalui alat potong seperti *end mill*. Keahlian dalam mengatur parameter pemotongan menjadi sangat penting agar diperoleh hasil produksi yang optimal dan presisi (Ghosh *et al.*, 2020). Oleh karena itu, penguasaan terhadap teknik pemesinan konvensional di tingkat perguruan tinggi sangat penting sebagai fondasi pengembangan kompetensi mahasiswa di bidang manufaktur.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada penyelesaian masalah operasional di laboratorium, tetapi juga memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan keilmuan dan peningkatan kualitas pendidikan Teknik Industri di UIN Sunan Kalijaga.

1.2 Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan penelitian yang disusun berdasarkan latar belakang penelitian adalah sebagai berikut:

1. Faktor dan level apa saja yang memengaruhi proses pemakanan *end mill* pada material *stainless steel* 304 menggunakan mesin *milling* konvensional?
2. Bagaimana kombinasi parameter yang optimal untuk menghasilkan kualitas dimensi terbaik pada proses pemakanan *end mill*?
3. Parameter proses apa yang memiliki pengaruh paling signifikan terhadap hasil pemakanan *end mill* pada mesin *milling* konvensional?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ialah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi faktor yang memengaruhi proses pemakanan *end mill* pada material *stainless steel* 304 menggunakan mesin *milling* konvensional di laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga.
2. Dapat mengetahui kombinasi parameter terbaik untuk proses pemakanan *end mill* pada mesin *milling* konvensional.
3. Mengetahui parameter yang memiliki pengaruh paling besar dalam proses pemakanan *end mill* pada mesin *milling* konvensional.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi proses pemakanan *end mill* pada material *stainless steel* 304 menggunakan mesin *milling* konvensional di laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga.
2. Memahami parameter yang dibutuhkan dalam proses pemakanan *end mill* pada mesin *milling* konvensional.
3. Mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi pengaturan parameter optimal proses pemakanan *end mill* pada material *stainless steel* 304 menggunakan mesin *milling* konvensional serta memahami keterkaitan antara faktor-faktor tersebut.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya terfokus pada proses pemakanan *end mill* menggunakan material *stainless steel* 304 pada mesin *milling* konvensional.
2. Data dan eksperimen hanya dilakukan di laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga menggunakan mesin *milling* konvensional.
3. Penentuan Parameter dan variabel faktor yang digunakan menyesuaikan kondisi dan spesifikasi mesin *milling* konvensional di laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, berikut merupakan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini:

1. Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa faktor utama yang memengaruhi proses pemakanan *end mill* pada material *stainless steel* 304 menggunakan mesin *milling* konvensional meliputi *feed rate* (kecepatan pemakanan), *spindle speed* (kecepatan spindle), dan *depth of cut* (kedalaman pemotongan). *Feed rate* memberikan pengaruh paling signifikan dengan kontribusi sebesar 18,03% terhadap kekasaran permukaan, diikuti oleh *spindle speed* yang berkontribusi sebesar 6,22%. Sementara itu, *depth of cut* menunjukkan pengaruh yang relatif kecil dengan kontribusi hanya 0,12%.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi parameter optimal untuk menghasilkan kualitas dimensi terbaik pada proses pemakanan *end mill* adalah dengan menggunakan *depth of cut* sebesar 0,25 mm, *feed rate* 96,36 mm/menit, dan *spindle speed* 1100,45 rpm. Kombinasi parameter ini terbukti menghasilkan kekasaran permukaan minimum sebesar 0,328 μm dengan tingkat *desirability* sempurna (1,0). Hal ini menunjukkan bahwa kestabilan parameter lebih berpengaruh terhadap hasil akhir dibandingkan besar-kecilnya nilai parameter, misalnya *feed rate* yang rendah dan *spindle speed* yang tinggi cenderung memberikan hasil lebih baik.

3. Parameter *Feed Rate* merupakan faktor paling dominan dalam memengaruhi hasil pemakanan *end mill*, terutama dalam hal kekasaran permukaan. Efek kuadratik dari *feed rate* juga menunjukkan pengaruh *non-linear* yang signifikan. Sementara itu, interaksi antar parameter seperti *Depth of Cut* dan *Spindle Speed* tidak memberikan pengaruh yang signifikan.

5.2 Saran

Adapun saran-saran berikut disampaikan oleh peneliti berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk lebih memfokuskan penelitian pada tingkat *material removal rate* (MRR) serta keausan pada mata pahat *end mill*, guna memperoleh pemahaman yang lebih mendalam terhadap efisiensi proses pemesinan.
2. Pengembangan penelitian selanjutnya dapat menambahkan variabel, seperti spesifikasi jenis mata pahat yang lebih detail serta jenis cairan pendingin yang digunakan, agar hasil yang diperoleh menjadi lebih optimal dan aplikatif.
3. Sebelum pelaksanaan penelitian, disarankan untuk terlebih dahulu melakukan pengecekan terhadap spesifikasi dan batas kemampuan minimal maupun maksimal dari mesin yang digunakan. Hal ini penting untuk menghindari terjadinya kerusakan mesin maupun kegagalan produksi pada benda kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullahi, Y. U., & Oke, S. A. (2022). Optimizing The Machining Process of IS 2062 E250 Steel Plates with The Boring Operation Using a Hybrid Taguchi-Pareto Box Behnken-teaching Learning-based Algorithm. *International Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 4(2), 49–64. <https://doi.org/10.24002/ijieem.v4i2.5820>
- Asiltürk, I., Neşeli, S., & Ince, M. A. (2016). Optimisation of parameters affecting surface roughness of Co28Cr6Mo medical material during CNC lathe machining by using the Taguchi and RSM methods. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 78, 120–128. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.09.052>
- Box, G. (1988). Signal-to- noise ratios, performance criteria, and transformations. *Technometrics*, 30(1), 1–17. <https://doi.org/10.1080/00401706.1988.10488313>
- Camposeco-Negrete, C., & de Dios Calderón-Nájera, J. (2019). Optimization of energy consumption and surface roughness in slot milling of AISI 6061 T6 using the response surface method. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 103(9–12), 4063–4069. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03848-2>
- Cortina, J. M., Green, J. P., Keeler, K. R., & Vandenberg, R. J. (2017). Degrees of Freedom in SEM: Are We Testing the Models That We Claim to Test? *Organizational Research Methods*, 20(3), 350–378. <https://doi.org/10.1177/1094428116676345>
- Dimas, P. U. , Yudo, E. , & Erwansyah, E. (2022). PENGARUH VARIASI PARAMETER TERHADAP MATERIAL REMOVAL RATE DAN KEKASARAN PERMUKAAN STAINLESS STEEL 304 PADA PROSES CNC MILLING. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 2(1), 266–272. <https://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/view/187>
- Eid, E. A., & Sadawy, M. M. (2021). Role of Effective Strain During Cold Rolling Deformation on Mechanical Characteristics of AISI 304 Steel. *Metals and Materials International*, 27(11), 4536–4549. <https://doi.org/10.1007/s12540-020-00722-9>
- Endrian, E., Subhan, M., Mesin, T., & Manufaktur Negeri Bangka Belitung, P. (2021). ANALISIS NILAI KEKASARAN PERMUKAAN PROSES CNC MILLING BAJA AISI 1045 METODE RESPON SURFACE. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 1(1), 22–28. <https://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/view/48>

- Ferreira, S. L. C., Bruns, R. E., Ferreira, H. S., Matos, G. D., David, J. M., Brandão, G. C., da Silva, E. G. P., Portugal, L. A., dos Reis, P. S., Souza, A. S., & dos Santos, W. N. L. (2007). Box-Behnken design: An alternative for the optimization of analytical methods. In *Analytica Chimica Acta* (Vol. 597, Issue 2, pp. 179–186). <https://doi.org/10.1016/j.aca.2007.07.011>
- Ghosh, T., Wang, Y., Martinsen, K., & Wang, K. (2020). A surrogate-assisted optimization approach for multi-response end milling of aluminum alloy AA3105. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 111(9–10), 2419–2439. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-06209-6>
- Hadiyat, M. A., Sopha, B. M., & Wibowo, B. S. (2022). Response Surface Methodology Using Observational Data: A Systematic Literature Review. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 20). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app122010663>
- Indaka, A., & Wahyudi, B. (2024). Optimization of CNC milling parameters using the response surface method for aluminum 6061. *Disseminating Information on the Research of Mechanical Engineering-Jurnal Polimesin*, 22(3). <http://e-jurnal.pnl.ac.id/polimesin>
- Lestari, W. D., Adyono, N., Faizin, A. K., Haqiyah, A., Sanjaya, K. H., Nugroho, A., Kusmasari, W., & Ammarullah, M. I. (2024). Optimization of the cutting process on machining time of ankle foot as transtibial prosthesis components using response surface methodology. *Results in Engineering*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101736>
- Moayyedien, M., Mohajer, A., Kazemian, M. G., Mamedov, A., & Derakhshandeh, J. F. (2020). Surface roughness analysis in milling machining using design of experiment. *SN Applied Sciences*, 2(10). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03485-5>
- Montgomery, D. C. . (2013). *Design and analysis of experiments*. John Wiley & Sons, Inc.
- Öktem, H., Erzurumlu, T., & Kurtaran, H. (2005). Application of response surface methodology in the optimization of cutting conditions for surface roughness. *Journal of Materials Processing Technology*, 170(1–2), 11–16. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.04.096>
- Pratama, M. Y. (2017). Analisis Parameter Pemotongan Dan Debit Pendingin CNC Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Menggunakan Box Behnken Design. *Digital Repository Universitas Jember*. <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/84546>

- Purwanti, E. P. , & Pilarian, F. (2013). OPTIMASI PARAMETER PROSES PEMOTONGAN STAINLESS STEEL SUS 304 UNTUK KEKASARAN PERMUKAAN DENGAN METODE RESPONSE SURFACE. *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 3–4. <http://eprints.uny.ac.id/id/eprint/10830>
- Sarstedt, M., & Mooi, E. (2014). Hypothesis Testing & ANOVA. In *A Concise Guide to Market Research* (pp. 141–192). https://doi.org/10.1007/978-3-642-53965-7_6
- Ståhle, L., & Wold, S. (1989). Analysis of Variance (ANOVA). *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 6(4), 259–272. [https://doi.org/10.1016/0169-7439\(89\)80095-4](https://doi.org/10.1016/0169-7439(89)80095-4).

