

**Optimasi Parameter Pemotongan CNC Milling untuk
Mencapai Keausan Minimal pada Pahat Insert Carbide
terhadap Material DIN 1.2311 dengan Metode Statistik**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Muhammad Syahdan Fathu Al Haq

221411031



PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR

JURUSAN TEKNIK MANUFAKTUR

POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:
**Optimasi Parameter Pemotongan CNC Milling untuk Mencapai
Keausan Minimal pada Pahat Insert Carbide terhadap Material DIN
1.2311 dengan Metode Statistik**

Oleh:
Muhammad Syahdan Fathu Al Haq
221411031

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 30 Juli 2025

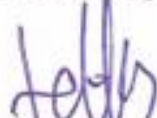
Disetujui,

Pembimbing I,



Otto Purnawarman, ST., M.T.
NIP. 19620710989031004

Pembimbing II,



Febby Fanziah, S.Tr.T., M.T.
NIP. 199803022025062005

Disahkan,
Ketua Penguji,



Harist Setiawan, S.S.T., M.T.
197512043001121001

Penguji I,



Iwan Harianton, BSME, M.Eng.
196405071992011001

Penguji II,



Jata Budiman, S.S.T, M.T
197703052006041012

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Syahdan Fathu Al Haq
NIM : 221411031
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Optimasi Parameter Pemotongan CNC Milling untuk Mencapai Keausan Minimal pada Pahat Insert Carbide terhadap Material DIN 1.2311 dengan Metode Statistik

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut diatas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 07 – 07 – 2025
Yang Menyatakan,

Muhammad Syahdan Fathu Al Haq
NIM 221411031

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Syahdan Fathu Al Haq
NIM : 221411031
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Optimasi Parameter Pemotongan CNC Milling untuk Mencapai Keausan Minimal pada Pahat Insert Carbide terhadap Material DIN 1.2311 dengan Metode Statistik

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaannya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 07 – 07 – 2025
Yang Menyatakan,

Muhammad Syahdan Fathu Al Haq
NIM 221411031

MOTO PRIBADI

Pekerjaan yang baik adalah pekerjaan yang selesai. Jadi skripsi yang baik adalah skripsi yang selesai.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk almarhum Ayah saya Nanu Hermana.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: "Analisis parameter Pemotongan Terhadap keausan pahat insert carbide Menggunakan Mesin CNC Milling dengan Metode Taguchi dan Anova".

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Kepada yang penulis cintai dan penulis sayangi Ibu penulis Ibu Nani Mulyani yang selalu mendoakan, memberikan motivasi, memberikan tenaga dan materi dan selalu berkorban kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sangat baik.
2. Kepada yang penulis cintai dan banggakan serta penulis rindukan Alm ayah Nanu hermana yang semasa hidupnya selalu mendukung, mendoakan serta memberikan kepercayaan. Penulis yakin ayah pasti bangga kepada penulis karena penulis telah berjuang untuk membanggakan namanya dengan mengerjakan Tugas akhir ini dengan sungguh-sungguh.

3. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah U., S.ST.,M.T.
4. Ketua Jurusan Teknik Manufaktu, Bapak Dr. Herman Budi Harja, S.T.,M.T.,IPM,
5. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Bapak Dr. Heri Setiawan, S.T.,M.T.
6. Pembimbing 1 Tugas akhir Bapak Otto purnawarman S.T.,M.T yang sudah selalu membimbing dan membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Pembimbing 2 Tugas akhir Ibu Febby Fauziah S.Tr.T.,M.T yang sudah membimbing dan membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir.
8. Panitia Tugas Akhir jenjang studi Diploma IV Jurusan Teknik Manufaktur.
9. Kepada Bapak Uli wikanda, S.ST yang sudah membimbing dan membantu penulis secara Teknis saat penulis melaksanakan TA.
10. Kepada ketujuh orang kaka penulis Rani, Riki, Rendi, Sendi, Awan, Andriansyah, Herdiansyah yang telah memberikan dukungan moral dan materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan sebaik-baiknya.
11. Kepada Sahabat sekaligus ketua angkatan Haviz yang selalu menemani penulis selama masa perkuliahan dan memberikan dukungan moral, materi, semangat, feedback dan kebersamai penulis selama menjalani TA
12. Kepada Puteri salsabila nasir S.Psi selaku kekasih, Penulis mengucapkan Terimakasih seluas langit karena selalu menemani penulis dan memberikan dukungan moral, tenaga dan materi serta mendengarkan keluh kesah penulis sehingga penulis dapat meyelesaikan Tugas akhir dengan sangat baik.
13. Kepada Sahabat penulis Kunkun, Wawan, Popon, Paang yang selalu ada mendengarkan keluh kesah penulis serta menemani penulis di kala senang dan susah.
14. Kepada Teman-Teman 4MEE yang telah menjadi bagian dari cerita penulis selama 4 tahun ini karena selalu memberikan semangat dan pengertian kepada penulis selama melaksanakan perkuliahan dan penulis sudah anggap teman teman 4MEE seperti keluarga sendiri.

15. Kepada Syabanil, Zirkon, Ryan, Abdul, Satrio, Rangga, Hammam, dan para penghuni kosan yang telah menjadi teman penulis ketika susah dan senang.
16. Kepada Fadli, Ivan, Fathir dan teman-teman angkatan ME46 karena sudah menemani penulis selama masa perkuliahan.
17. Kepada Himpunan Mahasiswa Teknik Manufaktur yang telah menjadi rumah penulis dan membantu penulis untuk berkembang.
18. Serta segala pihak yang Penulis tidak dapat sebut satu per satu, Penulis ucapkan Terimakasih sebanyak-banyaknya.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 7 Juli 2025

M.Syahdan Fathu Al Haq

ABSTRAK

Keausan pahat bagian tepi merupakan salah satu permasalahan utama dalam proses pemesinan, khususnya pada mesin *CNC milling*, yang berdampak langsung terhadap umur pahat, efisiensi pemotongan, dan kualitas permukaan benda kerja. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh parameter pemotongan terhadap keausan pahat insert carbide tipe *Sandvik R245-12T3 M-PM 530* pada material DIN 1.2311 menggunakan mesin *CNC milling* tahun 2008 tipe DMTG XD-40A. Parameter yang diuji meliputi kecepatan potong (*Velocity Cutting*), laju pemakanan (*Feed per Tooth*), dan pola pemakanan (*Toolpath*). Metode Taguchi dengan rancangan *Orthogonal Array L9* digunakan untuk menentukan kombinasi parameter optimal. Selanjutnya, analisis statistik *ANOVA* digunakan untuk mengukur kontribusi tiap faktor, dan koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk mengevaluasi stabilitas model serta mendeteksi ketidakstabilan konstruksi pada bagian meja mesin *CNC*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan potong merupakan faktor paling dominan terhadap keausan pahat dengan kontribusi sebesar 75,54%, diikuti pola pemakanan sebesar 20,63%, dan *feed/tooth* sebesar 2,51%. Nilai keausan minimum sebesar 0,10575 mm diperoleh pada kombinasi parameter kecepatan potong 260 m/min, *toolpath* one way, dan *feed/tooth* 0,08 mm/rev. Nilai R^2 sebesar 92,31% mengindikasikan bahwa model regresi dapat menjelaskan variasi keausan secara sangat baik, serta membantu dalam mengidentifikasi kemungkinan ketidakstabilan pada konstruksi meja mesin *CNC* yang sudah berumur.

Kata kunci: keausan pahat, parameter pemotongan, Taguchi, ANOVA, mesin *CNC milling*.

ABSTRACT

Flank wear is one of the primary concerns in machining processes, especially in CNC milling, as it directly affects tool life, machining efficiency, and the surface quality of workpieces. This study aims to analyze the effect of cutting parameters on the wear rate of carbide insert tools (Sandvik R245-12T3 M-PM 530) when machining DIN 1.2311 material using a 2008 CNC milling machine (DMTG XD-40A). The parameters tested include cutting speed (V_c), feed per tooth (f_z), and toolpath. The Taguchi method with an L9 orthogonal array was used to determine the optimal parameter combination. ANOVA was used to evaluate the contribution of each factor, while the coefficient of determination (R^2) was applied to assess model accuracy and detect structural instability of the CNC machine's table.

The results show that cutting speed was the most dominant factor contributing 75.54% to tool wear, followed by toolpath at 20.63%, and feed per tooth at 2.51%. The minimum observed tool wear was 0.10575 mm, achieved using 260 m/min cutting speed, one-way toolpath, and 0.08 mm/rev feed rate. The regression model yielded an R^2 value of 92,31%, indicating high model reliability and its ability to reflect potential mechanical instability in the machine's construction due to aging. These findings are expected to guide industrial applications in optimizing machining conditions, extending tool life, and improving productivity, particularly when using modern cutting tools on older CNC machines.

Keywords: *Flank wear, cutting parameters, Taguchi, ANOVA, 2008 CNC milling machine.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iv
MOTO PRIBADI	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-3
I.3 Batasan Masalah.....	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat	I-4
I.5 Sistematika Penulisan	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
II.1 Tinjauan Teori.....	II-1
II.1.1 Proses Pemesinan	II-1
II.1.2 Mesin <i>CNC Milling</i>	II-1
II.1.3 Parameter Pemesinan	II-2
II.1.4 Material <i>DIN 1.2311</i>	II-4
II.1.5 <i>Tool Geometry</i>	II-5
II.1.6 Keausan Pahat	II-6
II.1.7 Kekerasan Material	II-8
II.1.8 <i>Design Of Eksperiment (Doe)</i>	II-10
II.1.9 Uji Normalitas / <i>Normality Test</i>	II-11
II.1.10 Metode Taguchi	II-12
II.1.11 Pengolahan data dengan metode Taguchi	II-16
II.1.12 Uji konfirmasi	II-18
II.1.13 <i>Analisis Variansi (Anova)</i>	II-19

II.1.14	<i>R Square</i>	II-24
II.1.15	Optimum Costing	II-24
II.2	Tinjauan alat	II-27
II.2.1	Mesin CNC Milling DMTG XD – 40A	II-27
II.2.2	<i>Insert Sandvik R245-12 T3 M-PM 530</i>	II-28
II.2.3	Facemill	II-30
II.2.4	Alat Ukur Profil Digital	II-30
II.2.5	<i>Tachnometer</i>	II-31
II.3	Studi Penelitian Terdahulu	II-31
BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH		III-1
III.1	Diagram Alir Penelitian	III-1
III.2	Rancangan Penelitian	III-6
III.2.1	Pemilihan <i>Insert carbide</i>	III-6
III.2.2	Karakteristik Kualitas Penelitian	III-8
III.2.3	Pemilihan Faktor	III-8
III.2.4	Menentukan Level	III-8
III.3	Pengujian Kekerasan Material	III-11
III.3.1	Prosedur Pengujian Kekerasan	III-13
III.4	Menentukan <i>Orthogonal Array</i>	III-13
III.5	Pelaksanaan Pengujian	III-14
III.5.1	Design Benda Kerja	III-14
III.5.2	<i>Setting</i> Parameter	III-15
III.5.3	Pembuatan <i>CAM</i> Di <i>Solidworks</i>	III-15
III.6	Proses Pengukuran	III-16
III.7	Proses Pengambilan Dan Analisis Data	III-16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		IV-1
IV.1	Hasil Pengujian	IV-1
IV.2	Uji Normalitas	IV-1
IV.3	Analisis Menggunakan Metode Taguchi	IV-2
IV.3.1	Perhitungan <i>Average</i>	IV-3
IV.3.2	Perhitungan <i>Mean square deviation</i>	IV-4
IV.3.3	Perhitungan <i>S/N ratio</i>	IV-4
IV.3.4	Perhitungan <i>Main Effect</i>	IV-6
IV.4	Uji Konfirmasi	IV-8
IV.4.1	Prediksi Hasil Parameter Optimum	IV-8
IV.4.2	Uji Konfirmasi/ Validasi dari rumus regresi	IV-10

IV.5	<i>Anova Untuk Respon Keausan Pahat</i>	IV-10
IV.5.1	<i>Degree Of Freedom</i>	IV-10
IV.5.2	<i>Total Sum Of Square (S_{total})</i>	IV-11
IV.5.3	<i>Sum Of Square Mean (S_{mean})</i>	IV-11
IV.5.4	<i>Main Effect</i>	IV-11
IV.5.5	<i>Sum Of Square (S_m)</i>	IV-12
IV.5.6	<i>Mean Square (M_s)</i>	IV-12
IV.5.7	<i>Contribution (%)</i>	IV-12
IV.5.8	<i>F value</i>	IV-13
IV.5.9	Perbandingan hasil perhitungan <i>Anova</i> manual dan <i>Aplikasi Analisis Statistik</i>	IV-14
IV.5.10	Hipotesis Masing Masing Faktor	IV-15
IV.6	Analisis R Square	IV-16
IV.6.1	Hasil Analisis R Square	IV-16
IV.6.2	Temuan Analisis R Square.....	IV-18
IV.7	<i>Optimum cost</i>	IV-20
IV.7.1	Perhitungan <i>Optimum Cost</i>	IV-20
IV.7.2	<i>Grafik Cost Production</i>	IV-22
IV.7.3	<i>Total cost</i>	IV-22
IV.8	Regresi linier berganda	IV-23
IV.8.1	Menghitung Koefisien.....	IV-24
IV.8.2	Menghitung Determinan	IV-24
IV.8.3	Persamaan Regresi linier berganda	IV-25
BAB V	PENUTUP	V-1
V.1	Kesimpulan	V-1
V.2	Saran.....	V-2
DAFTAR PUSTAKA	xix
LAMPIRAN	xxiv

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Range Kecepatan Potong [7].	II-2
Tabel II. 2 Nilai Keausan Pahat	II-7
Tabel II. 3 Distribusi Nilai F	II-23
Tabel II. 4 Spesifikasi Mesin DMTG	II-27
Tabel II. 5 Spesifikasi <i>Insert Carbide</i>	II-29
Tabel II. 6 Studi Penelitian Terdahulu	II-32
Tabel III. 1 Keterangan Diagram Alir	III-3
Tabel III. 2 Panjang Total Toolpath	III-11
Tabel III. 3 Data Hasil Pengujian Kekerasan	III-12
Tabel III. 4 Kombinasi <i>Orthogonal Array</i>	III-14
Tabel III. 5 Hasil Respon Pengujian	III-16
Tabel III. 6 Contoh Pengisian Data <i>MSD</i> Dan <i>S/N Ratio</i>	III-17
Tabel III. 7 Contoh Tabel Data <i>Main Effect</i>	III-17
Tabel III. 8 Input Data Hasil Perhitungan Anova	III-18
Tabel IV. 1 Hasil Pengujian	IV-1
Tabel IV. 2 Hasil Pengujian	IV-3
Tabel IV. 3 Hasil <i>S/N ratio</i>	IV-5
Tabel IV. 4 Tabel Main effect	IV-6
Tabel IV. 5 Interpretasi Dari Hasil <i>Regression Equation</i>	IV-9
Tabel IV. 6 Hasil Uji Konfirmasi	IV-10
Tabel IV. 7 Nilai F Pada Distribusi 0,05	IV-14
Tabel IV. 8 Perhitungan Anova	IV-14
Tabel IV. 9 Hasil Analisis R Square	IV-19
Tabel IV. 10 Total Cost	IV-23
Tabel IV. 11 Perhitungan koefisien regresi linier 4 <i>variable</i>	IV-24
Tabel V. 1 Parameter Yang Optimal Dari Setiap Faktor	V-1
Tabel V. 2 Urutan Faktor Yang Paling Berpengaruh	V-1
Tabel V. 3 Nilai Kontribusi Dari Setiap Faktor Menggunakan Anova	V-2
Tabel V. 4 Nilai Keausan Yang Di Hasilkan Dari Parameter Optimum	V-2

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Visualisasi Putaran Mesin Milling RPM[9]	II-3
Gambar II. 2 Ilustrasi <i>Feedrate</i> [7]	II-4
Gambar II. 3 Material Din 1.2311	II-5
Gambar II. 4 <i>Geometry</i> Pahat Untuk <i>Milling</i> [3]	II-5
Gambar II. 5 <i>Geometry Insert Carbide</i> Dengan 4 Sisi Potong[3]	II-6
Gambar II. 6 Keausan Pahat Jenis <i>Flank Wear</i> [33]	II-6
Gambar II. 7 Mata Potong <i>Facemill</i> [8]	II-7
Gambar II. 8 Jenis Pengujian Kekerasan Material[13]	II-9
Gambar II. 9 Pengukuran HB[13]	II-9
Gambar II. 10 Tabel Standar <i>Orthogonal Array</i> [18]	II-14
Gambar II. 11 Grafik Karakteristik <i>Smaller Is Better</i> [18]	II-15
Gambar II. 12 Grafik Karakteristik <i>Nominal Is The Best</i> [18]	II-15
Gambar II. 13 Grafik Karakteristik <i>Larger The Better</i> [18]	II-16
Gambar II. 14 Pengaruh Cutting speed terhadap Machining cost	II-25
Gambar II. 15 Pengaruh V_c terhadap <i>Tool changing cost</i>	II-26
Gambar II. 16 DMTG XD-40A	II-27
Gambar II. 17 Insert <i>R245-12T3 M-PM 530</i>	II-29
Gambar II. 18 Facemill	II-30
Gambar II. 19 Dino-lite AM4113/AD4113	II-31
Gambar II. 20 Tachometer	II-31
Gambar III. 1 Diagram Alir Penelitian	III-2
Gambar III. 2 keunggulan setiap sudut pahat	III-7
Gambar III. 3 Spesifikasi dan keunggulan setiap sudut potong	III-7
Gambar III. 4 Rekomendasi jenis cutter untuk proses pemotongan material DIN 1.2311	III-8
Gambar III. 5 Rekomendasi V_c Sandvik Coromant	III-9
Gambar III. 6 <i>One Way Hatch</i>	III-9
Gambar III. 7 <i>50 Degree Zigzag</i>	III-10
Gambar III. 8 <i>Spiral</i>	III-10
Gambar III. 9 Metode Sketch untuk mengukur panjang toolpath	III-10
Gambar III. 10 Rekomendasi Feed/Tooth	III-11

Gambar III. 11 Proses Pengecekan Kekerasan Menggunakan Metode <i>HB</i>	III-12
Gambar III. 12 Prosedur Pengujian Kekerasan.....	III-13
Gambar III. 13 Geometri Benda Kerja Dan Dimensinya.....	III-14
Gambar III. 14 <i>Setting</i> Parameter.....	III-15
Gambar III. 15 Proses Pembuatan <i>CAM</i>	III-15
Gambar IV. 1 hasil uji normalitas <i>shapiro wilk</i>	IV-1
Gambar IV. 2 Hasil Perhitungan S/N Ratio Pada Aplikasi Analisis Statistik ..	IV-5
Gambar IV. 3 Hasil Kalkulasi Perhitungan Menggunakan Aplikasi Analisis Statistik.....	IV-7
Gambar IV. 4 Grafik <i>Main Effect</i> Terhadap Respon Keausan Pahat.....	IV-7
Gambar IV. 5 Koefisien Regresi	IV-8
Gambar IV. 6 Hasil <i>VB</i> optimum.....	IV-9
Gambar IV. 7 Hasil Perhitungan Anova pada aplikasi analisis statistik.....	IV-15
Gambar IV. 8 <i>R Square Toolpath One Way Hatch</i>	IV-17
Gambar IV. 9 <i>R Square 50-Degree Zigzag</i>	IV-17
Gambar IV. 10 <i>R Square Spiral</i>	IV-18
Gambar IV. 11 Grafik <i>Cost Production</i>	IV-22
Gambar IV. 12 Grafik <i>Total Cost</i>	IV-23
Gambar IV. 13 Persamaan regresi linier berganda dari software	IV-25
Gambar IV. 14 Nilai Model summary	IV-26

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A** Tahapan Proses Pengecekan Kekerasan Material (HB).
- Lampiran B** Tahapan Proses Pengambilan Data
- Lampiran C** Operatin Plan Penggunaan Dyno Lite
- Lampiran D** Spesifikasi Material Dari Steelindo
- Lampiran E** Hasil Pengujian
- Lampiran F** Hasil Uji Konfirmasi
- Lampiran G** F Tabel Anova
- Lampiran H** Riwayat Perbaikan Mesin
- Lampiran I** Riwayat Penggunaan mesin
- Lampiran J** Dimensi Toolpath

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

<i>ANOVA</i>	= <i>Analysis of Variance</i>
<i>CAM</i>	= <i>Computer Aided Manufacturing</i>
<i>CAD</i>	= <i>Computer Aided Design</i>
<i>CNC</i>	= <i>Computer Numerical Control</i>
<i>DoE</i>	= <i>Design of Experiment</i>
<i>OA</i>	= <i>Orthogonal Array</i>
<i>HB</i>	= <i>Hardness Brinell</i>
<i>V_c</i>	= <i>Velocity Cutting</i>
<i>f_z</i>	= <i>Feed per Tooth</i>
<i>VB</i>	= <i>Flank Wear</i>
<i>MS</i>	= <i>Mean Square</i>
<i>SS</i>	= <i>Sum of Squares</i>
<i>df</i>	= <i>Degree of Freedom</i>
<i>F</i>	= <i>Fisher Value</i>
<i>R²</i>	= <i>Coefficient of Determination</i>
<i>S/N Ratio</i>	= <i>Signal to Noise Ratio</i>
<i>RPM</i>	= <i>Rotation Per Minute</i>
<i>L_o / L_i</i>	= <i>Panjang Awal / Panjang Akhir</i>
<i>GLM</i>	= <i>General Linear Model</i>
<i>DF</i>	= <i>Degree of Freedom</i>
<i>DIN 1.2311</i>	= <i>Deutsches Institut für Normung 1.2311</i>
<i>PVD</i>	= <i>Physical Vapor Deposition</i>
<i>RE</i>	= <i>Corner Radius</i>
<i>IC</i>	= <i>Inscribed Circle Diameter</i>
<i>LE</i>	= <i>Cutting Edge Effective Length</i>
<i>BS</i>	= <i>Wiper Edge Length</i>
<i>S</i>	= <i>Insert Thickness</i>
<i>BS</i>	= <i>Wiper Edge Length</i>
<i>S</i>	= <i>Insert Thickness</i>

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Menurut kementerian perindustrian (2024) dalam kurun waktu 2014-2022 PDB manufaktur indonesia memiliki pertumbuhan sebesar 3,44% per tahun. Pertumbuhan ini mendorong kemajuan di bidang teknologi dalam proses pemesinan, salah satunya penggunaan mesin *CNC milling* [1].

Mesin *CNC milling* yang beroperasi secara otomatis menawarkan fleksibilitas tinggi dan keakuratan lebih baik, sehingga mampu menghasilkan benda kerja rumit dengan efisiensi waktu lebih unggul dibandingkan mesin konvensional [2].

Seiring dengan kemajuan teknologi ini, keberadaan fasilitas di Laboratorium *CAD*, *CAM*, dan *CNC* Politeknik Manufaktur Bandung perlu menjadi perhatian dalam proses pembelajaran maupun produksi. Berdasarkan data inventaris yang tertera pada **Lampiran I**, diketahui bahwa mesin *CNC* merek *DMTG* yang digunakan di laboratorium telah beroperasi sejak tahun 2008, dengan data *cutting time* sebanyak 192.512 menit dan data *power on time* sebanyak lebih dari satu juta menit. Dengan usia operasional yang cukup panjang, *Groover* (2020) menjelaskan bahwa usia operasional mesin dan kondisi alat potong sangat memengaruhi tingkat akurasi dan produktivitas mesin *CNC*, sehingga evaluasi performa secara berkala sangat diperlukan untuk menjaga kualitas hasil pemesinan[3].

Terlepas dari kondisi mesin yang sudah cukup lama, dalam proses pemotongan menggunakan mesin *CNC*, pemilihan parameter pemotongan yang tepat menjadi aspek krusial yang tidak boleh diabaikan. Parameter seperti kecepatan pemotongan (*cutting speed*), kecepatan pergerakan pemakanan (*feed rate*), dan Pola pemakanan (*Toolpath*) harus disesuaikan secara cermat dengan karakteristik mesin serta jenis pahat yang digunakan. Hal ini menjadi semakin penting ketika mesin yang digunakan telah beroperasi cukup lama, seperti mesin *CNC* tahun 2008, sementara pahat yang digunakan merupakan generasi terbaru yang dirancang untuk mesin dengan kapabilitas tinggi. Ketidaksesuaian parameter dapat menyebabkan berbagai

permasalahan seperti keausan alat potong yang cepat, peningkatan suhu pemotongan, hingga penurunan kualitas permukaan benda kerja. Pemilihan parameter pemotongan yang tepat memiliki dampak langsung terhadap umur pahat, efisiensi proses, dan kualitas hasil akhir, terutama dalam kondisi mesin dengan keterbatasan struktural. Oleh karena itu, penyesuaian parameter pada kombinasi mesin lama dan pahat modern perlu dikaji secara menyeluruh untuk mencapai hasil pemesinan yang optimal dan efisien[4].

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Andrehidayat 2021) mengidentifikasi bahwa parameter pemesinan seperti *Velocity cutting* (V_c), *feed rate* (F), dan *depth of cut* (Doc) memiliki pengaruh pada keausan pahat. Hasil penelitian tersebut menemukan kombinasi parameter pemotongan yang optimal untuk proses pemotongan material *AISI 4140* Dengan menggunakan Metode Taguchi. Ouput dari penelitian tersebut ialah mengidentifikasi bahwa parameter mesin yang optimal meliputi *cutting speed* 200 m/min, *feed rate* 0,1 mm/rev dan *depth of cut* 0,5 mm [5].

Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis secara komprehensif dampak parameter pemotongan pada mesin *CNC Milling* menggunakan *cutter* tipe *Sandvik* terhadap material *DIN 1.2311 (plastic mold steel)*. Penelitian ini mengombinasikan pendekatan eksperimental dan analisis statistik untuk mengidentifikasi kombinasi parameter pemotongan yang menghasilkan nilai keausan (*tool wear*) paling minimal pada insert carbide. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan menentukan parameter pemotongan yang paling dominan memengaruhi keausan pahat, seperti *Velocity cutting* (VC), pola pemakanan (*Toolpath*), laju pemakanan (*feed/tooth*), atau faktor lainnya.

Harapannya, temuan penelitian ini tidak hanya memberikan rekomendasi kombinasi parameter yang optimal untuk meminimalkan keausan pahat, tetapi juga dapat menjadi acuan dalam meningkatkan efisiensi proses pemesinan, memperpanjang umur pahat, dan menjaga konsistensi kualitas produk hasil machining di polman bandung dan industri manufaktur. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan dalam industri manufaktur, khususnya pada proses pembuatan mold dan komponen presisi, untuk mencapai produktivitas yang lebih tinggi dengan biaya perawatan alat yang lebih rendah.

Implikasi lebih luas dari penelitian ini mencakup kontribusi pada pengembangan database parameter pemotongan untuk material *DIN 1.2311*, serta pendekatan metodologis yang dapat diadaptasi untuk material atau tipe cutter lainnya.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalahnya sebagai berikut :

- 1) Bagaimana Menghasilkan kombinasi parameter yang optimum untuk nilai keausan pahat?
- 2) Faktor apa yang paling berpengaruh terhadap nilai keausan pahat?
- 3) Seberapa besar pengaruh setiap faktor terhadap nilai keausan pahat?
- 4) Berapa nilai keausan yang di hasilkan dari percobaan menggunakan parameter optimum?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

- 1) Material yang di gunakan yaitu *DIN 1.2311* dengan dimensi 87,5 x 85 x 50 mm.
- 2) Alat potong yang digunakan yaitu *insert carbide Sandvik R245-12T3 M-PM 530*.
- 3) Sudut potong pahat 45°.
- 4) Proses machining menggunakan mesin *CNC milling DMTG XD-40A* dan tidak menggunakan coolant.
- 5) Parameter yang diuji untuk mencari nilai kausan pahat berupa *Velocity cutting (VC)* yang bervariasi 260 m/min, 292,5 m/min, dan 325 m/min.
- 6) *Parameter pemotongan feed (fz)* 0,08 mm/rev, 0,165 mm/rev, 0,25 mm/rev.
- 7) Pola pemakanan atau *Toolpath* yang digunakan yaitu *one way Hatch, 50 degree zig-zag, spiral*.
- 8) Parameter *Depth of cut* konstan (0,8mm).
- 9) Alat ukur digital *Dino-Lite AMP4113* digunakan untuk mengukur dan mengamati keausan pada pahat dengan presisi tinggi.
- 10) Metode yang digunakan untuk menghitung umur pahat adalah Metode Taguchi.

- 11) Hasil nilai kekasaran permukaan yang terjadi diabaikan.
- 12) Analisis konstruksi diabaikan.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Selain dari tugas untuk menyelesaikan studi sarjana terapan (Diploma IV), penelitian ini bertujuan untuk :

- 1) Mengetahui kombinasi parameter yang optimal untuk meminimalisir keausan pahat.
- 2) Mengetahui faktor apa yang paling berpengaruh diantara 3 faktor (*Velocity Cutting*, *Feedrate*, *Toolpath*) terhadap nilai keausan pahat insert carbide sandvik di mesin CNC milling DMTG XD-40A.
- 3) Mengetahui besaran kontribusi setiap faktor terhadap fenomena keausan pahat.
- 4) Mendapatkan nilai keausan paling rendah untuk tool insert carbide.

Adapun manfaat yang diharapkan dengan adanya penelitian ini :

- 1) Memberikan informasi penggunaan tool moderend untuk mesin CNC DMTG XD-40A.
- 2) Memberikan pemahaman mengenai parameter pemesinan. Dengan memahami hal ini, maka keausan pahat akan diminimalisir dan umur pakai pahat akan lebih maksimum.
- 3) Memberikan solusi mengenai keausan pahat dan dapat efisiensi dalam penggunaan pahat serta memberikan peningkatan kualitas benda kerja yang dihasilkan.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematikan Tugas Akhir ini di bahas dengan penjabaran sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TUJUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, Bab ini berisi hasil dari langkah-langkah perhitungan dan pengujian yang dibahas untuk menentukan kesimpulan dari penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN, Bab ini berisi ringkasan dari hasil analisis data, pembahasan yang menjawab rumusan masalah dan saran untuk penelitian selanjutnya yang membahas topik yang sama. Disampaikan secara singkat, dan jelas.