

SKRIPSI

**PENGARUH INKLINASI PAHAT TERHADAP MORFOLOGI
CHIP PADA PEMESINAN MILLING CNC 5 AXIS**



Disusun Oleh:
ANNAS SAYYID KANDIVAS
1502617101

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2023

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 20 Agustus 2023
Yang membuat pernyataan



Annas Sayyid Kandivas
NIM. 1502617101

LEMBAR PENGESAHAN (1)

Judul : PENGARUH INKLINASI PAHAT TERHADAP
MORFOLOGI *CHIP* PADA PEMESINAN *MILLING* CNC 5
AXIS

Penyusun : Annas Sayyid Kandivas

NIM : 1502617101

Pembimbing I : Dr. Himawan Hadi Sutrisno, M.T

Pembimbing II : Dr. Eko Arif Syaefudin, MT.

Tanggal Ujian : 16 Agustus 2023

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Dr. Himawan Hadi Sutrisno, M.T

NIP. 198105052008121002

Pembimbing II

Dr. Eko Arif Syaefudin, MT.

NIP. 198310132008121002

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

Dr. Eko Arif Syaefudin, MT.

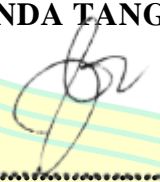
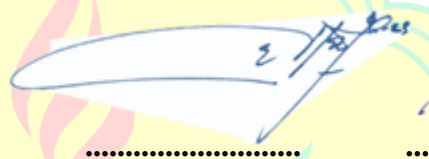
NIP. 198310132008121002

LEMBAR PENGESAHAN (2)

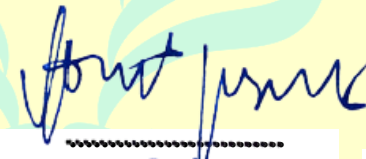
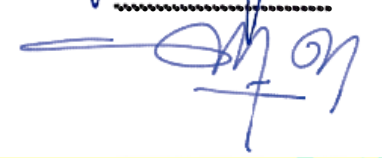
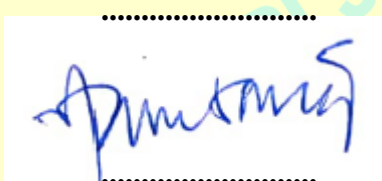
Judul : **PENGARUH INKLINASI PAHAT TERHADAP MORFOLOGI *CHIP* PADA PEMESINAN *MILLING* CNC 5 AXIS**

Nama Mahasiswa : **Annas Sayyid Kandivas**

NIM : **1502617101**

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
<u>Dr. Himawan Hadi Sutrisno, M.T</u> NIP : 198105052008121002 (Dosen Pembimbing 1)		21/08/23
<u>Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.</u> NIP : 198310132008121002 (Dosen Pembimbing 2)		22/8-2023

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
<u>Dr. Eng. Agung Premono. M.T</u> NIP : 197705012001121002 (Ketua Sidang)		22 / 8 / 2023
<u>Drs. Sopyan. M.Pd.</u> NIP : 196412231999031002 (Sekretaris Sidang)		21/8/23
<u>Drs. Tri Bambang AK, M.Pd.</u> NIP : 196412021990031002 (Dosen Ahli)		21/08'23

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin



Dr. Eko Arif Syaefudin, MT.
NIP. 198310132008121002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Annas Sayyid Kandivas
NIM : 1502617101
Fakultas/Prodi : Teknik / Pendidikan Teknik Mesin
Alamat email : cemaraannas@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Pengaruh Inklinasi Pahat Terhadap Morfologi *Chip* Pada Pemesinan *Milling*
CNC 5 Axis

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 29 Agustus 2023

Penulis

(Annas Sayyid Kandivas)

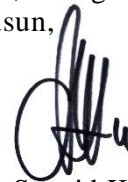
KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “**PENGARUH INKLINASI PAHAT TERHADAP MORFOLOGI CHIP PADA PEMESINAN MILLING CNC 5 AXIS**”. Penelitian ini tidak mungkin selesai tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak, oleh sebab itu dengan rasa hormat penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan secara moril dan materil.
2. Bapak Dr. Himawan Hadi Sutrisno, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan saran, bimbingan dan motivasi kepada penulis dalam penelitian ini.
3. Bapak Dr. Eko Arif Syaefudin, MT. selaku Ketua Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta dan juga selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Aam Amaningsih Jumhur, Ph.D, selaku Penasehat Akademik.
5. Adib Muchtar dan Haidar Hanif yang selalu membantu dan memberi semangat dalam penelitian ini.
6. Teman – teman mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin, angkatan 2017 yang telah memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis.
7. Dan seluruh pihak lain yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian serta dalam penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu – persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, baik dalam sistematika penulisan maupun dalam isi materinya. Untuk itu, penulis menerima kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan dalam penulisan dimasa yang akan datang. Semoga hasil penelitian pada proposal ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak.

Jakarta, 20 Agustus 2023
Penyusun,



Annas Sayyid Kandivas

ABSTAK

HIMAWAN HADI SUTRISNO¹, EKO ARIF SYAEFUDIN², ANNAS SAYYID KANDIVAS³, Pengaruh Inklinasi Pahat Terhadap Morfologi *Chip* Pada Pemesinan *Milling* CNC 5 Axis. Program Studi Pendidikan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Jakarta. Skripsi, Jakarta : Agustus 2023.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh inklinasi pahat terhadap morfologi *chip* dan gaya potong yang dihasilkan pada proses pemesinan *miling* pada material aluminium AISI 7072, dengan menggunakan pahat *flat-end mill* dan memvariasikan sudut inklinasi. Parameter yang menjadi variasi pada penelitian ini adalah sudut inklinasi benda kerja yaitu 5°, 10°, 15°, 20°, 25° dan 30°. Salah satu dampak negatif dari gaya potong yang besar adalah berupa rendahnya *lifetime* atau umur pahat sehingga menyebabkan pahat mudah mengalami kerusakan. Untuk menghindari hal ini, pengamatan dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental, setiap *chip* yang diperoleh pada proses pemesinan dianalisa sehingga mendapat hubungan dengan besar gaya potong. Pengambilan data gaya potong dilakukan pada awal pemakanan. Data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan prediksi gaya potong lalu diambil nilai gaya tertinggi setiap sumbu dari berbagai variasi sudut inklinasi. Sample *chip* yang diperoleh dari proses pemesinan dengan berbagai variasi sudut inklinasi lalu diamati dan diukur dengan menggunakan mikroskop serta dibandingkan dengan perhitungan prediksi morfologi *chip*. Hasil analisis dari berbagai proses pemesinan dengan memvariasikan sudut inklinasi menunjukkan bahwa, semakin bertambahnya sudut inklinasi maka semakin meningkat pula gaya potong yang dihasilkan. Peningkatan gaya potong dapat dilihat dari panjang *chip* dan lebar *chip* bertambah sedangkan ketebalan *chip* berkurang seiring dengan dengan meningkatnya sudut inklinasi benda kerja dari 5° sampai dengan 30°.

Kata kunci : Morfologi *chip*, gaya potong, prediksi, *flat-end mill*, pemesinan *milling*, CNC 5 Axis

ABSTRACT

HIMAWAN HADI SUTRISNO¹, EKO ARIF SYAEFUDIN², ANNAS SAYYID KANDIVAS³, Effect Of Tool Inclination On Chip Morphology In Milling Machining CNC 5 Axis. *Mechanical Engineering Education Study Program. Faculty of Engineering. State University of Jakarta. Skripsi, Jakarta : February 2023.*

This study aims to determine effect of tool inclination on chip morphology and cutting forces produced in the milling machining process on aluminium AISI 7072 material, using flat-end mill tool and varying the inclination angle of the tool. The parameter that varies this study is the inclination angle of workpiece which is 5°, 10°, 15°, 20°, 25° dan 30°. One of the negative impacts of large cutting forces is a low tool life that causes the tool to easily experience damage. To avoid this, observations were made using an experimental method, each chip obtained in the machining process is analyzed so as to obtain a relationship with the cutting forces. Cutting force data was collected at the beginning of the machining process. The data obtained is then compared with the prediction cutting force, and the highest force value for each axis of the various inclination angle variations is taken. Sample chip obtained from the machining process with various inclination angles variations were then observed and measured using a microscope and compared with chip morphology predictions calculations. The result of analysis of the various machining processes by varying the inclination angle showed that, as the inclination angle increases, The cutting force produced also increases. The increase in cutting force can be seen from the chip length and chip width increasing while chip thickness decreasing along with the increasing the inclination angle of the workpiece from 5° to 30°.

Keywords : *Chip Morphology, Cutting Forces, Prediction, Flat-End Mill, Milling Machining, CNC 5-Axis*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN (1)	iii
LEMBAR PENGESAHAN (2)	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang masalah	1
1.2 Identifikasi masalah	3
1.3 Batasan masalah.....	3
1.4 Rumusan masalah	4
1.5 Tujuan penelitian	4
1.6 Manfaat penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Mesin CNC (Computer Numerical Controlled)	5
2.2 Mesin CNC 5-Axis	5
2.3 Permukaan	6
2.3.1 Permukaan Teratur (<i>Ruled Surface</i>)	6
2.3.2 Permukaan Berkontur (<i>Sculpture Surface</i>).....	8
2.3.3 Permukaan Kurvatur (<i>Curvature Surface</i>).....	9
2.3.4 Permukaan Miring (<i>Inclination Surface</i>).....	10
2.4 Parameter Pemesinan	12
2.4.1 Kecepatan Potong (<i>Cutting Speed</i>).....	12
2.4.2 Kecepatan Putaran Spindel (<i>Spindle Speed</i>).....	14
2.4.3 Kecepatan Pemakanan (<i>Feed rate</i>).....	16
2.4.4 Kedalaman Pemakanan (<i>Depth Of Cut</i>)	18

2.5	Pembentukan Geram (<i>chip</i>)	20
2.5.1	Geometri <i>Chip</i>	22
2.5.1.1	Ketebalan <i>chip</i>	23
2.5.1.2	Panjang <i>chip</i>	23
2.5.1.3	Lebar <i>chip</i>	24
2.6	Gaya Potong (<i>Cutting force</i>).....	24
2.6.1	Prediksi Gaya Potong (<i>Prediction Cutting force</i>).....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		30
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	30
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	30
3.3	Diagam Alir Penelitian	33
3.4	Alur Penelitian	34
3.4.1	Studi literatur	34
3.4.2	Parameter pemesinan	34
3.4.3	Alat dan bahan penelitian	34
3.4.4	Pembuatan program akuisisi data	34
3.4.5	Kalibrasi gaya	36
3.4.6	Pembuatan gambar desain dan lintasan pahat	36
3.5	Teknik dan Prosedur Penelitian	37
3.6	Teknik Analisis Data	37
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		39
4.1	Deskripsi Hasil Penelitian.....	39
4.2	Analisis Data Penelitian.....	39
4.2.1	Prediksi Gaya Potong	39
4.2.2	Hasil Kalibrasi <i>Dynamometer</i>	44
4.2.3	Hasil Pengujian Gaya Potong	46
4.2.4	Perbandingan Hasil Pengujian Gaya Potong Dan Perhitungan Prediksi Gaya Potong.....	46
4.2.5	Hasil Pengujian Gaya Potong Pada Variasi Sudut Inklinasi ..	50
4.2.6	Hasil <i>Chip</i> Pada Proses Pemesinan.....	51
4.2.7	Hasil Pengukuran <i>Chip</i> Pada Variasi Sudut Inklinasi	55

4.2.8	Perbandingan Prediksi Dan Eksperimen <i>Chip</i> Yang Dihilkan Terhadap Sudut Inklinasi Permukaan Benda Kerja	56
4.2.8.1	Perbandingan Panjang Chip Terhadap Sudut Inklinasi	58
4.2.8.2	Perbandingan Lebar Chip Terhadap Sudut Inklinasi	59
4.2.8.3	Perbandingan Ketebalan Chip Terhadap Sudut Inklinasi .	
	60
4.3	Pembahasan	61
4.4	Aplikasi Hasil Penelitian	62
BAB V	PENUTUP	63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	71



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Perbandingan prediksi dengan eksperimen gaya potong pada proses flank milling	7
Gambar 2.2 Roughing	8
Gambar 2.3 Finishing	9
Gambar 2.4 pemesinan permukaan kurvatur	10
Gambar 2.5 Geometry ball-end milling pada inclination surface	11
Gambar 2.6 Perbandingan gaya potong antara prediksi dan eksperimen dengan sudut kemiringan pahat 0° sampai 50°	11
Gambar 2.7 Pengaruh kecepatan dan kedalaman potong terhadap gaya	14
Gambar 2.8 Grafik Hasil Kerataan Permukaan Dengan Kecepatan Spindel.	15
Gambar 2.9 Penjadwalan feedrate.....	16
Gambar 2.10 Grafik pengaruh kecepatan pemakanan (feed rate) terhadap waktu proses pemesinan	17
Gambar 2.11 Grafik pengaruh proses pemakanan terhadap kekasaran rata-rata permukaan menggunakan feedrate 358 mm/min, 477 mm/min, dan 594 mm/min.	17
Gambar 2.12 Pengaruh kedalaman dan kecepatan potong terhadap gaya potong	19
Gambar 2.13 Pembentukan chip akibat variasi kedalaman potong	20
Gambar 2.14 simulasi dan eksperimen morfologi chip pada parameter a). $r=0,4\text{mm}$ b.) $0,8\text{ mm}$ c.) $1,2\text{ mm}$ d.)ilustrasi ketebalan dan lebar chip	21
Gambar 2.15 Geometri pahat flat end mill.....	22
Gambar 2.16 a.) Ketebalan, panjang dan lebar Chip b.) Peningkatan lebar chip dan kedalaman potong Sesaat c.) Lebar Chip Sesaat Sebagai Fungsi Sudut d.) Segitiga hubungan panjang chip dan kedalaman potong pada sudut rotasi pahat 90°	23
Gambar 2.17 Perbedaan sebelum dan sesudah optimasi feedrate.....	25
Gambar 2. 18 Penjadwalan feedrate terhadap gaya potong yang menjadi konstan	25
Gambar 2.19 Grafik hubungan tool diameter dan axial depth of cut terhadap surface roughness	26
Gambar 2.20 Profil gaya potong dalam satu siklus pemotongan.....	26
Gambar 2.21 Perbandingan prediksi dan eksperimen gaya potong	27

Gambar 3.1 Mesin CNC milling 5-axis	30
Gambar 3.2 Alumunium AISI 7072.....	31
Gambar 3.3 Diagram alir penelitian	33
Gambar 3.4 Front Panel Labview	35
Gambar 3.5 koordinat lintasan sensor	35
Gambar 3.6 delapan sinyal output amplifler	36
Gambar 4.1 Grafik perhitungan prediksi gaya potong pada sudut inklinasi 5°	44
Gambar 4.2 Hasil Kalibrasi Dynamometer	44
Gambar 4.3 grafik korelasi antara Fx dan Voltase.....	45
Gambar 4.4 grafik korelasi antara Fy dan Voltase.....	45
Gambar 4.5 grafik korelasi antara Fz dan Voltase.....	45
Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Gaya Potong	46
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Nilai Gaya Potong Eksperimen dan Prediksi Gaya Potong	47
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Eksperimen Dan Prediksi Gaya Potong Pada Sumbu X.....	47
Gambar 4.9 Perbandingan eksperimen dan prediksi gaya potong pada sumbu Y	48
Gambar 4.10 Perbandingan eksperimen dan prediksi gaya potong pada sumbu Z	48
Gambar 4.11 Hasil Pengujian Gaya Potong Pada Variasi Sudut Inklinasi	50
Gambar 4.12 Bentuk chip yang dihasilkan pada setiap sudut inklinasi	53
Gambar 4.13 Gambar ketebalan chip pada setiap sudut inklinasi permukaan.....	55
Gambar 4.14 Geometri Pahat dan Pembentukan Chip.....	56
Gambar 4.15 a.) Eksperimental chip b.) Ilustrasi chip.....	58
Gambar 4.16 Grafik perbandingan panjang chip terhadap variasi sudut inklinasi	59
Gambar 4.17 Grafik perbandingan lebar chip terhadap variasi sudut inklinasi	59
Gambar 4.18 Grafik perbandingan ketebalan chip terhadap variasi sudut inklinasi	60
Gambar 4.19 Prediksi dan eksperimental chip (a) panjang, (b) lebar dan (c) tebal pada berbagai sudut inklinasi benda kerja	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan nilai maksimum dan rata-rata antra eksperimental dan prediksi gaya potong F_x , F_y , F_z pada sudut kemiringan pahat yang berbeda	11
Tabel 2.2 Kecepatan potong yang disarankan terhadap material	13
Tabel 2.3 Rekomendasi kecepatan pemakanan dan kecepatan potong dari beberapa material dan jenis pahat yang digunakan	18
Tabel 2.4 Pengaruh kedalaman pemakanan terhadap gaya potong	19
Tabel 2.5 Perbandingan Gaya Potong dengan Persentase Error	27
Tabel 3.1 Parameter pemesinan	34
Tabel 3.2 Beban Kalibrasi	36
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Prediksi Gaya Potong Untuk Sudut Inklinasi 5°	43
Tabel 4.2 Perbandingan Nilai Gaya Potong Eksperimen dan Prediksi Gaya Potong	46
Tabel 4.3 Perbandingan nilai maksimum error antara prediksi dan eksperimen gaya potong pada penelitian sebelumnya	49
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Gaya Potong Pada Variasi Sudut Inklinasi	50
Tabel 4.5 Hasil pengukuran chip pada setiap sudut inklinasi	55
Tabel 4.6 Perbandingan Morfologi Chip Antara Hasil Eksperimen Dengan Prediksi	58

DAFTAR LAMPIRAN

NO	Judul Lampiran	Halaman
1	Dokumentasi Saat Penelitian	73
2	Katalog Pahat <i>Flat End Mill</i>	74
3	Data Sheet Material Almununium AISI 7072	75
4	Technical Data Dynamometer Kitsler 91299AA	76
5	Technical Data Multichannel Charge Amplifier 5070A	77
6	Technical Data NI Compact-DAQ 9188	79
7	Technical Data Module NI 9201	83
8	Front Panel dan Blok Diagram Program Labview	84
9	Pengukuran <i>chip</i> yang dihasilkan pada proses pemesinan	85
10	Data Eksperimen Gaya Potong	94

