

# **TUGAS SARJANA**

## **OPTIMASI PARAMETER PEMESINAN PROSES CNC FREIS TERHADAP HASIL KEKASARAN PERMUKAAN DAN KEAUSAN PAHAT MENGUNAKAN METODE TAGUCHI**



Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Kesarjanaan Strata Satu (S-1)  
di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

**Disusun oleh:**

**DANIEL**

**L2E604202**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

**2009**



**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
FAKULTAS TEKNIK**

**TUGAS SARJANA**

Diberikan kepada:

Nama : Daniel  
NIM : L2E 604 202  
Pembimbing : 1. Dr. Rusnaldy, ST, MT  
2. Dr. Joga Dharma Setiawan, MSc  
Jangka Waktu : 8 (delapan) bulan  
Judul : Optimasi Parameter Pemesinan Proses CNC Freis Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Dan Keausan Pahat Menggunakan Metode Taguchi  
Isi Tugas : 1. Melakukan eksperimen dengan mengaplikasikan parameter pemesinan pada proses pemesinan CNC Freis.  
2. Mendapatkan kondisi optimal proses pemesinan terhadap kekasaran permukaan benda kerja dan keausan pahat.

Semarang, Desember 2009

Dosen Pembimbing I

Dr. Rusnaldy, ST, MT  
NIP.132 236 132

Dosen Pembimbing II

Dr. Joga Dharma S, MSc  
NIP. 132 316 216

Mengetahui,

Koordinator Tugas Sarjana

Dr. MSK Tony Suryo U, ST, MT  
NIP. 132 231 137

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Sarjana yang berjudul "Optimasi Parameter Pemesinan Proses CNC Frais Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Dan Keausan Pahat Menggunakan Metode Taguchi" telah disetujui pada:

Hari : .....

Tanggal : ..... 2009

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Rusnaldy, ST, MT  
NIP. 132 236 132

Pembimbing II



Dr. Joga Dharma S, MSc  
NIP. 132 316 216

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir



Dr. MSK Tony Suryo U, ST, MT  
NIP. 132 231 137

## **ABSTRACT**

*Milling process is one of machining process mostly used to manufacture a component. In machining a component, high quality production should be met. High quality production is indicated by a better quality of surface roughness. Implementing combination of maximum machining parameters will cause higher surface roughness. For that reason, machining parameters of milling process such as spindle speed, feed rate, depth of cut, and cutting condition must be optimized to get an optimum condition of surface quality and tool wear.*

*This research attempts to identify the significance of processing parameters and optimize the surface roughness and tool wear of milling operations. The Taguchi method is used to find the optimum process parameters. Analysis of Variance (ANOVA) is employed to investigate the characteristics of performance. Based on the optimization result, the optimum condition of surface roughness is  $0.72 \pm 0.18 \mu\text{m}$  with machining parameters as followed: 2500 rpm spindle speed; 0.12 mm/rev feed rate, 1 mm depth of cut, and cutting condition using palm oil. Meanwhile, the optimum condition for tool wear is  $3.3 \pm 0.2 \mu\text{m}$  with machining parameters as followed: 2500 rpm spindle speed; 0.12 mm/rev feed rate; 1 mm depth of cut, and cutting condition using palm oil.*

*Keyword: milling, machining parameters, optimizing, Taguchi method, ANOVA.*

## ABSTRAK

Proses pemesinan freis (*milling*) merupakan salah satu proses pemesinan yang banyak digunakan untuk pembuatan suatu komponen. Dalam pembuatan suatu komponen selalu diikuti dengan tuntutan kualitas hasil produksi yang baik. Kualitas hasil produksi yang baik ditandai dengan kualitas permukaan yang baik yang sesuai rancangan gambar kerja. Pemakaian parameter pemesinan yang maksimum akan mengakibatkan kekasaran permukaan ( $Ra$ ) yang tinggi dan keausan pahat (*tool wear*) yang tinggi pula. Oleh sebab itu, parameter proses pemesinan *milling* (kecepatan putaran spindle, kecepatan pemakanan, kedalaman pemotongan, dan kondisi pemotongan) yang optimal perlu diketahui dengan tujuan untuk mendapatkan kualitas permukaan hasil pemesinan yang optimal dan keausan pahat yang optimal pula.

Dalam penelitian ini juga ingin diketahui parameter pemesinan yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan dan keausan pahat. Metode optimasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Taguchi dan ANOVA (*Analysis of Variance*) digunakan untuk mengetahui karakteristik performansi dari parameter pemesinan. Dari hasil optimasi yang telah dilakukan diperoleh bahwa untuk hasil kekasaran yang optimal adalah  $0,72 \pm 0,18 \mu\text{m}$  dengan kecepatan putaran spindle 2500 rpm, kecepatan pemakanan 0,12 mm/rev, kedalaman pemotongan 1 mm, dan dengan pendingin minyak. Sedangkan untuk keausan pahat adalah  $3,3 \pm 0,2 \mu\text{m}$  dengan kecepatan putaran spindle 2500 rpm, kecepatan pemakanan 0,12 mm/rev, kedalaman pemotongan 1 mm, dan dengan pendingin minyak.

Kata kunci: freis (*milling*), parameter pemesinan, optimasi, metode Taguchi, ANOVA.

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

**“Kerjakan Bagianmu Dan Berikan Yang Terbaik”**

**“Setiap tantangan pasti ada jalan keluar”**

**“Sebab barangsiapa meninggikan diri, ia akan direndahkan dan barangsiapa merendahkan diri, ia akan ditinggikan ”**

**(Lukas 14:11)**

**Tugas sarjana ini saya persembahkan untuk:**

- **Bapak dan Ibuku tercinta, karena doa dan harapanmu aku kuat dan aku bisa.**
- **Kedua saudaraku: andreas dan prasetyo (pipik), dukung selalu dalam doamu agar aku bisa menjadi kakak yang bisa membantu dan membimbing kalian.**
- **Teman-teman terbaikku (banyak banget..) yang telah mendukungku.**
- **Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Mesin Jaya..!!!**

## KATA PENGANTAR

Salam Sejahtera,

Puji dan sembah syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan hikmat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan baik.

Tugas Sarjana ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Dr. Rusnaldy, ST, MT, selaku pembimbing I atas bimbingan, saran dan pemikiran yang sangat berguna bagi penyusunan Tugas Sarjana ini.
2. Dr. Joga Dharma S, MSc selaku pembimbing II atas bimbingan, saran dan pemikiran yang sangat berguna bagi penyusunan Tugas Sarjana ini.
3. Pak Herman dan Pak Naryo atas semua kebaikannya.
4. Giyatno (pno) teman sekerja seperjuangan.
5. Semua pihak yang tidak dapat saya sebut satu per satu, dan telah membantu dalam proses penyelesaian Tugas Sarjana ini.

Penulis sadar bahwa Tugas Sarjana ini masih jauh dari sempurna. Segala kritik dan saran yang membangun guna perbaikan dimasa yang akan datang akan sangat dihargai. Semoga Tugas Sarjana ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Semarang, Desember 2009

Penulis

Daniel  
L2E 604 202

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN TUGAS SARJANA .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN <i>ABSTRACT</i> .....	iv
HALAMAN ABSTRAK.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
NOMENKLATUR.....	xvi
Bab I   Pendahuluan .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Metode Penelitian .....	3
1.5. Sistematika Penulisan .....	3
Bab II   Landasan Teori.....	5
2.1. Proses Manufaktur .....	5
2.2. Proses Pemesinan.....	7
2.2.1. Klasifikasi Proses Pemesinan .....	7
2.2.2. Proses Freis.....	9
2.3. Pengetahuan Umum Tentang Pahat ( <i>Insert</i> ) .....	16
2.3.1. Material Pahat .....	20
2.3.2. Keausan Pahat .....	26
2.4. Fluida Pematangan ( <i>Cutting fluids</i> ).....	32
2.5. Metrologi Konfigurasi Permukaan.....	34
2.5.1. Konfigurasi Permukaan.....	34

2.5.2.	Parameter Kekasaran Permukaan .....	37
2.5.3.	Parameter Bentuk Profil Kekasaran Permukaan .....	41
2.5.4.	Cara Penulisan spesifikasi Permukaan Pada Gambar Teknik .....	44
2.5.5.	Teknik Pengukuran Permukaan .....	46
2.5.	Metode Taguchi .....	48
Bab III	Metodologi Penelitian .....	54
3.1.	Eksperimen.....	54
3.1.1.	Material .....	54
3.1.2.	Pahat ( <i>Insert</i> ) dan <i>Toolholder</i> .....	57
3.1.3.	Mesin Freis CNC .....	60
3.1.4.	Fluida Pemotongan .....	61
3.1.4.	Eksperimen Setup .....	62
3.2.	Pengukuran Kekasaran Permukaan.....	62
3.2.1.	Alat Uji Kekasaran Permukaan.....	62
3.2.2.	Persiapan Pengukuran .....	63
3.2.3.	Alat Uji Pengamatan Keausan Pahat .....	64
3.2.4.	Persiapan Pengukuran Keausan Pahat .....	65
3.3.	Desain Eksperimen.....	65
3.3.1.	Variabel Penelitian .....	65
3.3.2.	Penentuan Metode Penelitian.....	66
3.4.	Diagram alir Penelitian .....	70
Bab IV	Hasil Dan Pembahasan.....	72
4.1.	Hasil Eksperimen .....	72
4.2.	Hasil Pengolahan Data .....	73
4.2.1.	Analisis Variansi Kekasaran Permukaan Dan Keausan Pahat .....	74
4.2.2.	Prediksi Nilai Kekasaran Permukaan .....	75
4.2.3.	Interval Kepercayaan Kekasaran Permukaan Rata-rata .....	76
4.2.4.	Prediksi Nilai Keausan Pahat Rata-rata .....	76

4.2.5.	Interval Kepercayaan Keausan Pahat Rata-rata .....	77
4.2.6.	Analisis Rasio S/N .....	77
4.2.7.	Analisis Variansi Rasio S/N Kekasaran Permukaan Dan Keausan Pahat.....	79
4.2.8.	Prediksi Nilai Rasio S/N Kekasaran Permukaan .....	80
4.2.9.	Interval Kepercayaan Rasio S/N Kekasaran Permukaan .....	80
4.2.10.	Prediksi Nilai Rasio S/N Keausan Pahat.....	80
4.2.11.	Interval Kepercayaan Rasio S/N Keausan Pahat .....	81
4.3.	Interpretasi Hasil Eksperimen .....	81
4.4.	Analisis Hasil Eksperimen .....	88
4.4.1	Analisis Hasil Kekasaran Permukaan.....	88
4.4.2	Pengaruh Parameter Pemesinan Terhadap Kekasaran Permukaan .....	91
4.4.3	Analisis Hasil Keausan Pahat .....	97
4.4.4	Pengaruh Parameter Pemesinan Terhadap Keausan Pahat .....	100
Bab V	Penutup .....	105
5.1.	Kesimpulan .....	105
5.2.	Saran .....	106
DAFTAR PUSTAKA .....		107
LAMPIRAN .....		109
A.	Data pengujian kekasaran permukaan.....	
B.	Hasil Penghitungan .....	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Diagram alir proses manufaktur suatu produk .....	6
<b>Gambar 2.2</b> Klasifikasi proses freis .....	9
<b>Gambar 2.3</b> Pengaruh pemasangan dan pemilihan pahat .....	10
<b>Gambar 2.4</b> Ciri permukaan dan cacat dalam proses freis.....	10
<b>Gambar 2.5</b> Komponen kecepatan potong pada proses <i>Milling</i> .....	11
<b>Gambar 2.6</b> Analogi pembentukan geram .....	12
<b>Gambar 2.7</b> Mesin CNC Freis .....	12
<b>Gambar 2.8</b> Elemen dasar proses freis datar dan tegak .....	15
<b>Gambar 2.9</b> Macam-macam <i>insert</i> dan <i>toolshank (toolholder)</i> .....	16
<b>Gambar 2.10</b> Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan pahat .....	17
<b>Gambar 2.11</b> Pengaruh dimensi atau bentuk <i>insert</i> .....	18
<b>Gambar 2.12</b> Pengaruh temperatur terhadap kekerasan pahat.....	21
<b>Gambar 2.13</b> <i>Flank wear</i> ( keausan tepi) .....	28
<b>Gambar 2.14</b> <i>Creator wear</i> (keausan kawah) .....	29
<b>Gambar 2.15</b> Grafik hubungan temperatur dan keausan kawah (a) HSS; (b) C-1 karbida; (c) C-2 Karbida .....	29
<b>Gambar 2.16</b> <i>Chipping</i> .....	30
<b>Gambar 2.17</b> <i>Built Up-Edge</i> .....	31
<b>Gambar 2.18</b> Deformasi plastis.....	32
<b>Gambar 2.19</b> Profil kekasaran permukaan .....	35
<b>Gambar 2.20</b> Posisi profil referensi, profil tengah dan profil alas terhadap profil terukur untuk satu panjang sampel.....	38
<b>Gambar 2.21</b> Analisis profil terukur dalam arah sumbu gerak sensor alat ukur .....	39
<b>Gambar 2.22</b> Kurva Abbott.....	40
<b>Gambar 2.23</b> Penentuan ketinggian gelombang W untuk profil yang bergelombang.....	42
<b>Gambar 2.24</b> Simbol untuk menyatakan spesifikasi permukaan .....	44
<b>Gambar 2.25</b> Pengukuran profil permukaan dengan <i>Stylus instrument</i> .....	46

<b>Gambar 2.26</b> Model refleksi: (a) kombinasi <i>specular</i> dan <i>diffuse</i> ; (b) <i>specular</i> ; (c) <i>diffuse</i> .....	47
<b>Gambar 2.27</b> <i>Constant height mode</i> dari STM .....	48
<b>Gambar 2.28</b> <i>Constant current mode</i> .....	48
<b>Gambar 2.29</b> <i>Scanning</i> profil permukaan STM .....	48
<b>Gambar 3.1</b> Material pengujian baja ST 40 .....	57
<b>Gambar 3.2</b> Pahat ( <i>insert</i> ) <i>milling</i> XOMT 060204 .....	57
<b>Gambar 3.3</b> <i>Tool holder</i> dan dimensinya.....	58
<b>Gambar 3.4</b> Mesin CNC MILL MASTER ZK 7040 .....	60
<b>Gambar 3.5</b> Dromus dan minyak nabati .....	61
<b>Gambar 3.6</b> Persiapan eksperimen freis.....	62
<b>Gambar 3.7</b> Surftest SJ-201P Series .....	63
<b>Gambar 3.8</b> Persiapan pengukuran kekasaran permukaan.....	64
<b>Gambar 3.9</b> Mikroskop Olympus BX-41 .....	64
<b>Gambar 3.10</b> Persiapan pengukuran keausan pahat.....	65
<b>Gambar 3.11</b> Diagram alir penelitian.....	70
<b>Gambar 4.1</b> Grafik respon pengaruh level parameter pemesinan terhadap hasil kekasaran permukaan .....	82
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Rasio S/N kekasaran permukaan .....	83
<b>Gambar 4.3</b> Grafik respon pengaruh level parameter pemesinan terhadap keausan pahat .....	84
<b>Gambar 4.4</b> Grafik Rasio S/N keausan pahat .....	85
<b>Gambar 4.5</b> Grafik prediksi nilai kekasaran permukaan .....	86
<b>Gambar 4.6</b> Grafik prediksi nilai Rasio S/N kekasaran permukaan .....	86
<b>Gambar 4.7</b> Grafik prediksi nilai keausan pahat .....	87
<b>Gambar 4.8</b> Grafik prediksi nilai Rasio S/N keausan pahat .....	87
<b>Gambar 4.9</b> Pengaruh parameter kecepatan putaran spindel terhadap kekasaran permukaan dan rasio S/N .....	91
<b>Gambar 4.10</b> Pengaruh kecepatan putaran spindel terhadap profil permukaan spesimen dengan perbesaran 5X .....	92

<b>Gambar 4.11</b> Grafik pengaruh kecepatan pemakanan terhadap kekasaran permukaan dan rasio S/N .....	92
<b>Gambar 4.12</b> Pengaruh kecepatan pemakanan terhadap profil permukaan spesimen dengan perbesaran 5X .....	93
<b>Gambar 4.13</b> Grafik pengaruh kedalaman pemakanan terhadap kekasaran permukaan dan rasio S/N .....	94
<b>Gambar 4.14</b> Pengaruh kedalaman pemakanan terhadap profil permukaan spesimen dengan perbesaran 5X .....	95
<b>Gambar 4.15</b> Morfologi geram .....	95
<b>Gambar 4.16</b> Grafik pengaruh kondisi pemotongan terhadap kekasaran permukaan dan rasio S/N .....	96
<b>Gambar 4.17</b> Pengaruh kondisi pemotongan terhadap profil permukaan spesimen dengan perbesaran 5X .....	97
<b>Gambar 4.18</b> Grafik pengaruh kecepatan putaran spindel terhadap keausan pahat dan rasio S/N .....	100
<b>Gambar 4.19</b> Grafik pengaruh kecepatan pemakanan terhadap keausan pahat dan rasio S/N .....	101
<b>Gambar 4.20</b> Grafik pengaruh kedalaman pemakanan terhadap keausan pahat dan rasio S/N .....	102
<b>Gambar 4.21</b> Grafik pengaruh kondisi pemotongan terhadap keausan pahat dan rasio S/N .....	103

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b>	Klasifikasi Proses Pemesinan.....	16
<b>Tabel 2.2.</b>	Blok Pemrograman CNC .....	22
<b>Tabel 2.3.</b>	Nomenklatur Standarisasi Kode <i>Insert</i> .....	42
<b>Tabel 2.4.</b>	Baja Karbon Campuran Rendah.....	43
<b>Tabel 2.5.</b>	Ketidakteraturan Suatu Profil (Konfigurasi Penampang Permukaan) ·	45
<b>Tabel 2.6.</b>	Beberapa Profil Teoritik Dengan Harga Parameter Kekasarannya.....	46
<b>Tabel 2.7.</b>	Angka Kekasaran (ISO <i>Roughness Number</i> ). .....	47
<b>Tabel 3.1.</b>	Nilai Pengujian Kekerasan Rockwell A. ....	55
<b>Tabel 3.2.</b>	Hasil Uji Komposisi Baja ST 40. ....	55
<b>Tabel 3.3.</b>	Kebutuhan Panjang Spesimen .....	56
<b>Tabel 3.4.</b>	Grade Chart <i>Milling Insert</i> .....	58
<b>Tabel 3.5.</b>	Grade PVD Coating .....	59
<b>Tabel 3.6.</b>	Spesifikasi Komponen <i>Milling Insert</i> .....	59
<b>Tabel 3.7.</b>	Operating Guidelines Insert XOMT 06 .....	59
<b>Tabel 3.8.</b>	Parameter Pemesinan .....	62
<b>Tabel 3.9.</b>	Desain Eksperimen Parameter dan Level .....	67
<b>Tabel 3.10.</b>	Nilai Derajat Kebebasan ( <i>degree of freedom</i> ) .....	68
<b>Tabel 3.11.</b>	Rancangan Penelitian Taguchi <i>Orthogonal Array L<sub>9</sub></i> .....	68
<b>Tabel 4.1.</b>	Desain Eksperimen Parameter dan Level .....	72
<b>Tabel 4.2.</b>	Penelitian Taguchi <i>Orthogonal Array L<sub>9</sub></i> .....	72
<b>Tabel 4.3.</b>	Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan dan Keausan Pahat .....	73
<b>Tabel 4.4.</b>	Respon Kekasaran Permukaan Rata-rata dan Keausan Pahat Rata-rata .....	73
<b>Tabel 4.5.</b>	Analisis Variansi (ANOVA) Untuk Data Kekasaran Permukaan .....	74
<b>Tabel 4.6.</b>	Analisis Variansi (ANOVA) Untuk Data Keausan Pahat .....	75
<b>Tabel 4.7.</b>	Respon Rasio S/N Kekasaran Permukaan Dan Keausan Pahat .....	78
<b>Tabel 4.8.</b>	Analisis Variansi (ANOVA) Rasio S/N Kekasaran Permukaan .....	79
<b>Tabel 4.9.</b>	Analisis Variansi (ANOVA) Rasio S/N Keausan Pahat .....	79
<b>Tabel 4.10.</b>	Hasil Pengukuran Ra Optimal .....	88

<b>Tabel 4.11.</b> Interpretasi Hasil Eksperimen Konfirmasi Dan Eksperimen Taguchi Kekasaran Permukaan .....	90
<b>Tabel 4.12.</b> Hasil Pengukuran Keausan Pahat Optimal .....	97
<b>Tabel 4.13.</b> Interpretasi Hasil Eksperimen Konfirmasi Dan Eksperimen Taguchi Keausan Pahat .....	99

## NOMENKLATUR

Simbol	Arti	Satuan
$a$	Kedalaman pemakanan	[mm]
$d$	Diameter luar	[mm]
$f$	Kecepatan pemakanan	[mm/rev]
HRA	Nilai kekerasan Rockwell A	[-]
KA	Jumlah level faktor	[-]
Kr	Sudut potong utama	[ $^{\circ}$ ]
L	Lebar	[mm]
$l_0$	Panjang pemotongan	[mm]
$l_t$	Panjang total pemotongan	[mm]
MS	Mean square (jumlah kuadrat rata-rata)	[
N	Jumlah data keseluruhan	[-]
$n$	Putaran poros utama	[rpm]
P	Panjang	[mm]
Ra	Kekasaran rata-rata aritmetik	[ $\mu$ m]
SS	Sum of square (jumlah kuadrat)	[-]
$T$	Tinggi	[mm]
T	Jumlah keseluruhan nilai data	[-]
$t_c$	Waktu pemotongan	[min]
$w$	Lebar pemotongan benda kerja	[mm]
$y$	nilai data	[-]
Z	Kecepatan menghasilkan geram	[mm]
$z$	jumlah gigi	[-]