

**Optimasi Kekasaran Permukaan dengan  
Algoritma Genetika pada *End Milling* Ti-6Al-4V  
menggunakan Pahat Bersalut TiAlN**



**SKRIPSI**

**Dibuat untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

**Oleh :**

**HERDINALD FAIZAL  
03043150056**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
INDERALAYA  
2009**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**SKRIPSI**

**Optimasi Kekasaran Permukaan dengan  
Algoritma Genetika pada *End Milling* Ti-6Al-4V menggunakan Pahat  
Bersalut TiAlN**



**Disusun oleh :**

**HERDINALD FAIZAL  
03043150056**

**Inderalaya, Mei 2009**

**Diketahui oleh  
Ketua jurusan Teknik mesin**

**Diperiksa dan disetujui oleh  
Dosen Pembimbing**

**Ir. Helmy Alian, MT  
NIP. 131 672 077**

**Dr. Ir. Amrifan SM, Dipl.-Ing.  
NIP. 132 231 463**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**Agenda No :  
Diterima Tgl :  
Paraf :**

**SKRIPSI**

**Nama : HERDINALD FAIZAL  
NIM : 03043150056  
Judul Skripsi : OPTIMASI KEKASARAN PERMUKAAN DENGAN  
ALGORITMA GENETIKA PADA *END MILLING*  
Ti-6Al-4V MENGGUNAKAN PAHAT BERSALUT  
TiAIN  
Dibuat Tanggal : 20 Oktober 2008  
Selesai :**

**Indralaya, Mei 2009**

**Mengetahui,  
Ketua jurusan Teknik mesin  
Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

**Disetujui Oleh,  
Pembimbing Skripsi**

**Ir. Helmy Alian, MT  
NIP. 131 672 077**

**Dr. Ir. Amrifan SM, Dipl.-Ing.  
NIP. 132 231 463**

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT dengan semua berkah yang telah diberikan Nya kepada penulis selama penulis mengenyam pendidikan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya sampai penulis bisa menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Optimasi Kekasaran Permukaan dengan Algoritma Genetika pada End Milling menggunakan Pahat Bersalut TiAlN”. Serta shalawat beriring salam atas Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang.

Penyusunan tugas akhir ini merupakan syarat yang harus dipenuhi untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Selama mengenyam pendidikan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya serta dalam penyusunan tugas akhir ini banyak sekali hambatan yang penulis hadapi, dimana hambatan itu tidak semuanya bisa penulis selesaikan sendiri. Oleh karena itu melalui kata pengantar ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis selama mengenyam pendidikan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya serta menyelesaikan tugas akhir ini, yang diantaranya adalah :

1. Bapak Dr. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Dipl. Ing selaku Dosen Pembimbing tugas akhir ini, yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini

2. Bapak Ir. Helmy Alian, MT selaku Ketua Jurusan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
3. Bapak Qomarul Hadi, ST, MT selaku Sekretaris Jurusan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
4. Bapak Jimmy D. Nasution, ST, MT selaku Pembimbing Akademik penulis selama mengenyam pendidikan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
5. Bapak M. Yanis ST, MT selaku Kepala Koordinator KBK Produksi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
6. Bapak dan Ibu Staff pengajar di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah membantu penulis selama mengenyam pendidikan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
7. Staff administrasi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
8. Ma Lumphuly Family, Abah, Ibu, Ayuk Iyen beserta suami dan anak, Kak Endik beserta istri dan anak, Ayuk Itha
9. Saudara satu perjuangan dalam penyelesaian tugas akhir ini, Ardi dan Hanson beserta Keluarganya
10. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya angkatan 2004 yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu,.

11. Orang yang selalu memberikan senyum, perhatian, rasa sayang, kesabaran kepada penulis, Hani Febrina

Penulis menyadari masih banyak kekurangan pada tugas akhir ini, oleh karena itu, untuk kemajuan kita bersama khususnya Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya maka penulis mengharapkan kritik yang membangun dari semua pihak. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat untuk kita semua.

Prabumulih, 2009

Penulis

Herdinald Faizal

### MOTTO

- *Orang yang berusaha kembali ke masa lalu adalah tak ubahnya orang yang menumbuk tepung, atau menggergaji serbuk kayu (Aidh AL Qarni)*
- *Membaca kembali lembaran mimpi buruk masa lalu hanya akan memupuskan masa depan, mengendurkan semangat dan menyaniyakan harapan (Aidh Al Qarni)*
- *Hidup akan menjadi lebih berarti jika kita bisa dan mau memberi arti untuk hidup itu sendiri (Dinald)*

### *Kupersembahkan Kepada :*

- ✓ *Abah dan Ibu*
- ✓ *Ayuk Iyen, Kak Hendri, Ayuk Itha*
- ✓ *Keponakanku : Imam, Hafizh, Alif*
- ✓ *Saudara satu perjuangan : Ardi, Hanson*
- ✓ *Almamaterku*

## ABSTRAK

Pengkajian ini merupakan pengkajian tentang optimasi kekasaran permukaan pada *end milling* dengan menggunakan pendingin. Metode Algoritma Genetika (AG) digunakan untuk menemukan kondisi pemotongan optimum seperti kecepatan potong ( $V$ ), gerak makan permata potong ( $f^z$ ) dan sudut sadak radial ( $\gamma_0$ ). Hasil optimasi dibandingkan dengan metode yang digunakan pada penelitian sebelumnya menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM). Dari hasil yang didapatkan diketahui bahwa hasil yang didapatkan menggunakan metode AG lebih akurat daripada menggunakan metode RSM dimana hasil yang didapatkan dari kedua metode tersebut di validasi menggunakan data yang diambil dari *design of experiments* (DOE).

*Kata kunci: Surface Roughness, End Milling, Titanium Alloys, Genetic Algorithm, Response Surface Methodology*



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>MOTTO</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1 - 1
1.2. Tujuan Pengkajian .....	1 - 2
1.3. Pembatasan Pengkajian .....	1 - 2
1.4. Pentingnya Pengkajian.....	1 - 3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Pendahuluan .....	2 - 1
2.2. Proses Pemesinan .....	2 - 1
2.2.1. Klasifikasi Proses Pemesinan .....	2 - 2
2.2.2. Proses Freis .....	2 - 3

2.3. Material Perkakas Potong .....	2 - 13
2.4. Pendingin .....	2 - 17
2.5. Optimasi Proses Pemesinan .....	2 - 18
2.5.1. Skema Pengkodean .....	2 - 20
2.5.1.1 <i>Real-Number Encoding</i> .....	2 - 21
2.5.1.2 <i>Discrete Decimal Encoding</i> .....	2 - 21
2.5.1.3 <i>Binary Encoding</i> .....	2 - 21
2.5.2. Nilai Fitness .....	2 - 21
2.5.3. Seleksi Orang Tua .....	2 - 23
2.5.4. Pindah Silang .....	2 - 24
2.5.5. Mutasi .....	2 - 26
2.5.6. Elitisme .....	2 - 27
2.5.7. Penggantian Populasi .....	2 - 27
2.5.8. Kriteria Penghentian .....	2 - 28
2.6. Keadaan Terkini .....	2 - 28

### **BAB 3. METODOLOGI PENGKAJIAN**

3.1. Pendahuluan .....	3 - 1
3.2. Metode yang digunakan pada Pengkajian ini .....	3 - 1
3.3. Peralatan dan Spesifikasinya .....	3 - 5
3.4. Spesifikasi Material Benda Kerja dan Perkakas Potong .....	3 - 7
3.4.1. Material Benda Kerja .....	3 - 7
3.4.2. Material Perkakas Potong .....	3 - 8

**BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Hasil Eksperimen .....	4 - 1
4.2. Pembahasan Pengkajian.....	4 – 2

**BAB 5 PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	5 - 1
5.2 Pengkajian Selanjutnya .....	5 - 2

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN -LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Kondisi Terkini.....	2 - 32
3.1. Hasil pengkodean variabel pemesinan untuk Ti-6Al-4V .....	3 - 3
3.2. Sifat Mekanik Ti-6Al-4V pada temperatur kamar .....	3 - 8
3.3. Komposisi kimia Ti-6Al-4V .....	3 - 8
3.4. Sifat perkakas potong yang digunakan dalam pengkajian .....	3 - 9
4.1. Data DOE untuk <i>end milling</i> Ti-6Al-4V .....	4 - 1
4.2. Hasil tes validasi 3F1- <i>surface roughness model</i> dan 2 <sup>nd</sup> <i>order CCD</i> <i>surface roughness model</i> terhadap data DOE .....	4 - 2
4.3. Hasil tes validasi menggunakan metode RSM dan AG terhadap data DOE .....	4 - 4
4.4. Hasil optimasi $R_a$ dengan menggunakan metode RSM .....	4 - 5
4.5. Hasil optimasi $R_a$ dengan menggunakan metode AG.....	4 - 5

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.2. Proses Freis Selubung dan Freis Muka.....	2 - 4
2.3. Profil kekasaran dan gelombang permukaan .....	2 - 5
2.4. Ilustrasi tekstur permukaan .....	2 - 6
2.5. Perubahan tebal geram dalam proses freis terjadi karena mata potong (1,2,...,z) bergerak mengikuti bentuk sikloidal .....	2 - 7
2.6. Jenis dari operasi - operasi freis .....	2 - 9
2.7. Bagian – bagian pahat <i>end mill</i> .....	2 -10
2.8. Potongan pahat <i>end mill</i> .....	2 -11
2.9. Goemetri pahat pada <i>end milling</i> .....	2 -12
2.10. Gambar perputaran pahat dalam <i>radial</i> dan <i>axial rake angle</i> .....	2 -12
2.11. Struktur mikro lapisan PVD dan CVD dari TiN pada HSS .....	2 -16
2.12. Perbandingan kecepatan patah yang bersalut dan tidak bersalut .....	2 -17
2.13. Contoh seleksi orang tua menggunakan metode <i>roulette-wheel</i> . Individu S5 yang bernilai <i>fitness</i> paling besar menempati seperempat lingkaran roda <i>roulette</i> . Dengan demikian, S5 memiliki peluang sebesar 0,25% untuk terpilih sebagai orang tua. ....	2 -23
2.14. Contoh pindah silang satu titik .....	2 -24
2.15. Contoh pindah silang banyak titik ( <i>n-point crossover</i> ). Dalam contoh ini terdapat dua titik pindah silang.....	2 -25
2.16. Contoh pindah silang pola seragam ( <i>uniform crossover</i> ). Pindah	

silang dilakukan jika pola bernilai nol .....	2 -25
2.17. Contoh mutasi tingkat kromosom .....	2 -26
2.18. Contoh mutasi tingkat gen .....	2 -26
2.19. Contoh mutasi tingkat bit .....	2 -27
3.1. Representasi kromosom dengan string biner untuk 3 variabel .....	3 - 4
3.2. Mesin CNC MAHO MH 700S .....	3 - 6
3.3. Persiapan Eksperimen .....	3 - 6
3.4. Alat ukur <i>Taylor Hobson Surftronic+3</i> untuk mengukur kekasaran permukaan gaya multi komponen .....	3 - 7
4.1 Penyimpangan $R_a$ menggunakan metode RSM dan AG data DOE .....	4 - 7

## DAFTAR SIMBOL

### BAB 1

#### Simbol

$f_z$

$V$

$\gamma_o$

#### Pengertian

Gerak makan pergigi (mm/gigi)

Kecepatan potong (m/min)

Sudut sadak radial( $^{\circ}$ )

### BAB 2

#### Simbol

$A$

$a$

$A_{shi}$

$b$

$d$

$f$

$h$

$h_m$

$h_{max}$

$L$

$l_w$

$n$

$R_a$

$R_q$

$r_e$

$v_f$

$W$

$x$

$y$

#### Pengertian

Penampang geram sebelum terpotong,  $b \cdot h$  (mm<sup>2</sup>)

Kedalaman potong benda kerja

Penampang bidang geser,  $A / \sin \Phi$  (mm<sup>2</sup>)

Lebar geram sebelum terpotong

Diameter luar pahat freis

Nilai *fitness* algoritma genetika

Tebal geram sebelum terpotong

Tebal geram rata-rata

Tebal geram maksimum

Panjang sampel

Panjang pemotongan benda kerja

Putaran poros utama mesin freis

Kekasaran permukaan rata-rata

Kekasaran rata-rata kuadratis

Radius pojok

Kecepatan makan mesin freis

Lebar pemotongan benda kerja

Jarak radial dari lingkaran luar pisau freis ke tepi  
mula benda kerja

Ordinat profil

$z$	Jumlah gigi pahat freis
$z_e$	Jumlah gigi efektif
$\alpha_r$	Sudut potong utama pahat freis ( $90^\circ$ untuk pahat freis selubung)
$\tau_{shi}$	Tegangan geser pada bidang geser ( $N/mm^2$ )
$\Phi$	Sudut posisi ( $^\circ$ )
$\Phi_c$	Sudut persentuhan ( $(\arcsin 2 \sqrt{a/d},$ untuk menegefreis selubung), $(\Phi_2 - \Phi_1) \pi/180^\circ$ , memfreis muka dan <i>end milling</i> )
$\Phi_1$	Sudut masuk ( $^\circ$ )
$\Phi_2$	Sudut keluar ( $^\circ$ )
$\alpha_0$	Sudut bebas orthogonal
$\lambda_s$	Sudut miring

### BAB 3

#### Simbol

$a$	batas bawah
$b$	batas atas
$L$	Panjang Total kromosom algoritma genetika
$L_1$	Panjang kromosom algoritma genetika untuk $x_1$
$L_2$	Panjang kromosom algoritma genetika untuk $x_2$
$L_3$	Panjang kromosom algoritma genetika untuk $x_3$
$x_1$	Gerak makan pergigi dalam kode
$x_2$	Kecepatan potong dalam kode
$x_3$	Sudut sadak radial dalam kode
$x$	<i>Kode</i>
$x_n$	<i>Kode pada saat n</i>
$x_{n0}$	<i>Kode pada saat n = 0</i>
$x_{n1}$	<i>Kode pada saat n = 1</i>



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

Lampiran A Diagram alir algoritma genetika

Lampiran B Data keluaran algoritma genetika

Lampiran C Kode program

Lampiran D Lembar konsultasi

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Proses freis (*milling*) merupakan proses pengerjaan permukaan benda kerja dengan cara membuang material yang ada pada benda kerja menggunakan pahat yang berputar dengan kecepatan putar beraturan. Salah satu faktor penting dalam proses pemesinan adalah menentukan kondisi pemotongan seperti kecepatan potong ( $V$ ), gerak makan ( $f_z$ ) dan juga sudut sadak ( $\gamma$ ). Saat ini salah satu hal yang menjadi perhatian penting dalam dunia industri adalah kekasaran permukaan benda kerja yang di dapatkan dari proses pemesinan. Hal ini dikarenakan kekasaran permukaan bisa dijadikan acuan mutu dari benda kerja yang dihasilkan. Oleh karena itu tujuan dari kajian ini adalah mendapatkan kondisi optimal dari kondisi pemotongan agar didapat nilai kekasaran permukaan yang minimum.

Pengguna ataupun operator mesin perkakas seharusnya mengetahui bagaimana menentukan kondisi pemotongan (dalam hal ini  $V, f, \gamma$ ) untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang diinginkan. Selain menentukan variabel pemesinan, kita juga harus mempertimbangkan material benda kerja, material pahat, serta kemampuan mesin perkakas yang digunakan dalam proses pemesinan. Disini digunakan suatu metode untuk mendapatkan kombinasi kondisi pemotongan yang optimal agar didapat nilai kekasaran permukaan yang minimum. Metode itu disebut algoritma genetika (AG). Dengan metode ini

diharapkan bisa didapatkan kondisi pemotongan yang optimal untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan benda kerja yang minimum. Oleh karena itu dari penjelasan singkat diatas judul yang penulis ambil untuk tugas akhir ini adalah “Optimasi Kekasaran Permukaan dengan Algoritma Genetika pada *End Milling* menggunakan Pahat Bersalut TiAlN”

## 1.2 Tujuan Pengkajian

Dari penjelasan singkat diatas tujuan dari pengkajian ini adalah untuk mendapatkan kondisi pemotongan yang optimal pada *end milling* dengan menggunakan metode algoritma genetika pada benda kerja Ti-6Al-4V sehingga didapatkan nilai kekasaran permukaan benda kerja yang minimum.

## 1.3 Pembatasan Pengkajian

Pada tugas akhir ini penulis hanya akan membahas beberapa masalah untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan minimum, diantaranya :

1. Mendapatkan kondisi pemotongan yang optimal untuk *end milling*
2. Kondisi pemotongan dan perkakas potong yang digunakan pada *end milling*, dengan batasan sebagai berikut :

Ø Kecepatan potong ( $V$ )	: 130 - 160 m/min
Ø Gerak makan per mata potong ( $f_z$ )	: 0,03 – 0,07 mm/mata potong
Ø Sudut sadak radial ( $\gamma$ )	: 7 – 13°

- Ø Material pahat adalah karbida padat (*solid carbide*) bersalut TiAlN (*Titanium Aluminium Nitride*)
  - Ø Benda kerja yang digunakan adalah paduan titanium Ti-6Al-4V
  - Ø Pemakaian cairan pendingin dengan cara dibanjirkan (*flooding*)
3. Penggunaan algoritma genetika untuk mengoptimasi parameter pemesinan.

#### **1.4 Pentingnya Pengkajian**

1. Penguasaan teknologi pemesinan untuk benda kerja Ti-6Al-4V yang lebih baik, dalam pencapaian nilai kekasaran permukaan yang minimum.
2. Belum adanya informasi yang akurat mengenai kondisi pemotongan yang optimal untuk mencapai nilai kekasaran permukaan yang minimum pada benda kerja Ti-6Al-4V.
3. Mencoba untuk pertama kalinya penggunaan algoritma genetika pada proses optimasi kondisi pemotongan untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan yang minimum.
4. Memberikan kontribusi informasi kondisi pemotongan yang optimal untuk proses pemesinan .