

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT. yang telah senantiasa melimpahkan rahmat, berkah dan karunia -Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat bantuan, petunjuk dan bimbingan dari berbagai pihak yang telah banyak membantu proses penyelesaian tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr.Eng Nurkholis Hamidi,ST., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
2. Bapak Purnami, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan juga selaku Dosen Pembimbing II yang dengan sabar memberikan bimbingan dan arahan untuk kesempurnaan penulisan tugas akhir ini
3. Ibu Dr.Eng Widya Wijayanti, S.T., M.T. selaku KPS S1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
4. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc. Selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Produksi Jurusan Mesin Fakultas teknik Universitas Brawijaya.
5. Bapak Dr. Ir. Achmad As`Ad Sonief, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan segala bimbingan, nasehat, pengarahan, motivasi, dan masukan yang telah diberikan.
6. Bapak Ir. Handono S, M.Eng.Sc. dan juga Bapak Khairul Anam, S.T., M.Sc. selaku dosen wali.
7. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang yang bersedia berbagi ilmunya. Khususnya staff beserta asisten Laboratorium NC/CNC dan Metrologi Industri Universitas Brawijaya Malang.
8. Kedua orang tua yang tercinta, Bapak Suyitno dan Ibu Siti Masitoh, beserta adik ku tersayang Nur`Aini Karimah dan seluruh anggota keluarga yang telah memberikan banyak dukungan material maupun non-material hingga terselesaikannya penulisan tugas akhir ini.
9. Agung Kusuma Nugraha Sartono atas dukungan moril, motivasi, doa dan semua hal berharga sampai saat ini.

10. Bapak Sudi Sartono, Ibu Christien Retnowati dan Mbak Diana yang selalu membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
11. Teman kos Kertoasri 126B terutama Mbak Shinta, Anggun, Ina, Titis.
12. Teman – teman asisten gamtek.
13. Teman-teman Jurusan Mesin angkatan 2010 terutama Andita, Puspita, Icha, Tasya, dan Praisyy.

Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca sekaligus dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian lebih lanjut.

Malang, Juli 2014

Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	viii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	4
2.2 Pemotongan Logam .....	5
2.3 Proses <i>Milling</i> .....	6
2.3.1 Fungsi Mesin <i>Milling</i> .....	8
2.3.2 Klasifikasi Mesin <i>Milling</i> .....	8
2.3.3 Mekanisme <i>Milling</i> .....	10
2.3.4 Parameter Pemotongan .....	11
2.3.5 Mekanisme Pembentukan Geram .....	13
2.4 End Mill .....	15
2.4.1 Bentuk Pahat <i>End Mill</i> .....	16
2.4.2 Fitur <i>End Mill</i> .....	16
2.5 Kekasaran Permukaan .....	18
2.5.1 Profil Permukaan .....	19
2.5.2 Parameter Permukaan .....	21
2.5.3 Kriteria Evaluasi Permukaan Akhir .....	21
2.5.4 Alat Ukur Kekasaran Permukaan .....	23
2.6 Alumunium .....	23

2.6.1	Klasifikasi paduan aluminium.....	23
2.6.2	Unsur - Unsur Paduan Aluminium.....	24
2.7	Hipotesis .....	25
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>		
3.1	Metode Penelitian yang digunakan.....	27
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian .....	27
3.3	Variabel Penelitian .....	27
3.4	Spesifikasi Alat dan Bahan .....	28
3.4.1	Alat Penelitian .....	28
3.4.2	Bahan Penelitian.....	29
3.5	Prosedur Penelitian .....	30
3.6	Pengukuran Kekasaran Permukaan.....	31
3.7	Diagram Alir Penelitian .....	32
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Data Hasil Penelitian.....	33
4.2	Analisis Dengan Metode Regresi Berganda .....	33
4.3	Analisa Grafik.....	36
4.3.1	Analisa Grafik Hubungan antara <i>Feed Rate</i> dan <i>Spindle Speed</i> dengan Kekasaran Permukaan pada Pemakanan <i>Conventional</i> dengan Kemiringan Pahat 1°.....	36
4.3.2	Analisa Grafik Hubungan antara <i>Feed Rate</i> dan <i>Spindle Speed</i> dengan Kekasaran Permukaan pada Pemakanan <i>Conventional</i> dengan Kemiringan Pahat 3°.....	37
4.3.3	Analisa Grafik Hubungan antara <i>Feed Rate</i> dan <i>Spindle Speed</i> dengan Kekasaran Permukaan pada Pemakanan <i>Conventional</i> dengan Kemiringan Pahat 5°.....	38
4.3.4	Analisa Grafik Hubungan antara Kemiringan Pahat dan <i>Spindle Speed</i> dengan Kekasaran Permukaan pada Pemakanan <i>Conventional</i> dengan Nilai <i>Feed Rate</i> 100 mm/min.....	39
4.3.5	Analisa Grafik Hubungan antara Kemiringan Pahat dan <i>Spindle Speed</i> dengan Kekasaran Permukaan pada Pemakanan <i>Conventional</i> dengan Nilai <i>Feed Rate</i> 200 mm/min.....	40

4.3.6 Analisa Grafik Hubungan antara Kemiringan Pahat dan *Spindle Speed* dengan Kekasaran Permukaan pada Pemakanan *Conventional* dengan Nilai *Feed Rate* 300 mm/min ..... 41

4.3.7 Analisa Grafik Hubungan antara Kekasaran Permukaan dengan Proses Pemotongan *Conventional* dengan Kemiringan Pahat 1°, 3°, Dan 5° ..... 43

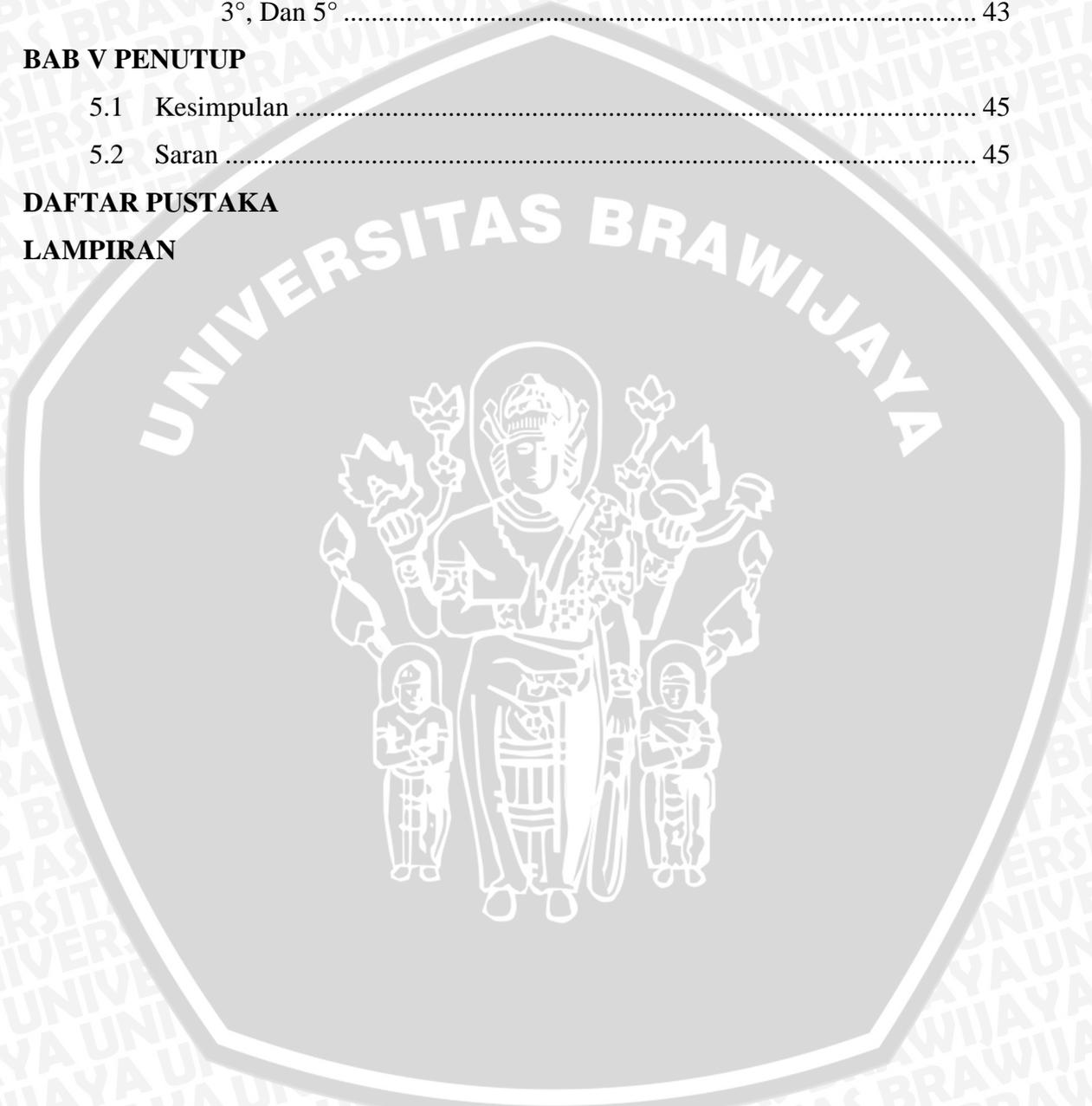
**BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan ..... 45

5.2 Saran ..... 45

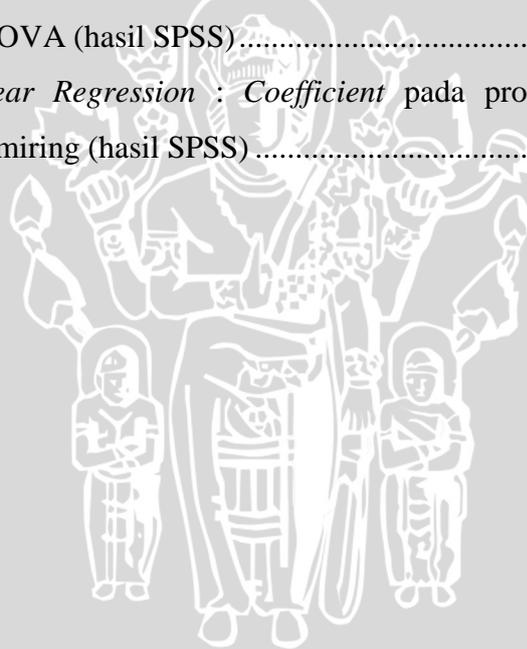
**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



**DAFTAR TABEL**

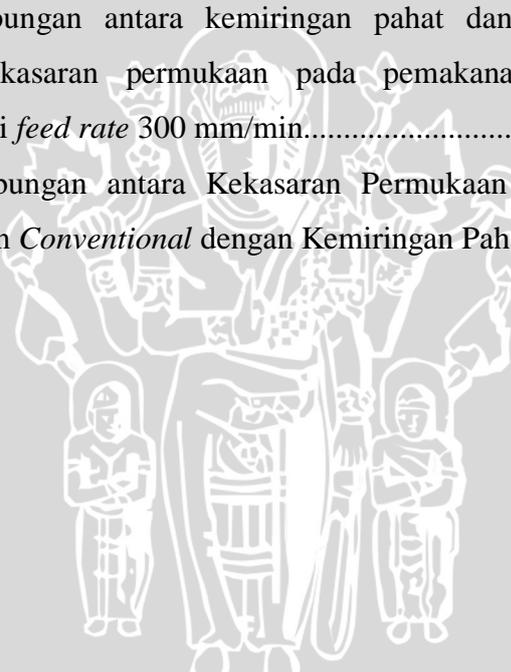
No.	Judul Halaman	Halaman
Tabel 2.1	Data untuk Mesin Frais .....	12
Tabel 2.2	Ketidakteraturan Suatu Profil.....	19
Tabel 2.3	Angka kekasaran (ISO <i>roughness number</i> ) dan panjang sampel standart.....	22
Tabel 2.4	Kemampuan proses mesin untuk kekasaran permukaan .....	22
Tabel 2.5	Sifat-sifat fisik aluminium .....	23
Tabel 2.6	Sifat-sifat mekanik aluminium.....	23
Tabel 4.1	Tabel hasil uji kekasaran permukaan dengan pahat <i>conventional</i> .....	33
Tabel 4.2	<i>Multiple Linear Regression : Model Summary</i> pada proses pemakanan <i>conventional</i> miring (hasil SPSS).....	34
Tabel 4.3	Hasil Tes ANOVA (hasil SPSS).....	34
Tabel 4.4	<i>Multiple Linear Regression : Coefficient</i> pada proses pemakanan <i>conventional</i> miring (hasil SPSS).....	35



## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Klasifikasi proses pemesinan menurut jenis gerakan pahat terhadap benda kerja .....	6
Gambar 2.2	Mesin <i>milling horizontal</i> .....	7
Gambar 2.3	Mesin <i>milling vertical</i> .....	7
Gambar 2.4	Mesin <i>milling universal</i> .....	7
Gambar 2.5	Klasifikasi mesin <i>milling</i> (a) <i>slab milling</i> ; (b) <i>face milling</i> ; (c) <i>end milling</i> .....	9
Gambar 2.6	Pahat <i>Slab Mill</i> .....	9
Gambar 2.7	Pahat <i>Face Mill</i> .....	10
Gambar 2.8	Pahat <i>End Mill</i> .....	10
Gambar 2.9	<i>Up milling</i> .....	11
Gambar 2.10	<i>Down milling</i> .....	11
Gambar 2.11	<i>Dept of cut</i> .....	13
Gambar 2.12	Teori yang menerangkan terjadinya geram .....	14
Gambar 2.13	Strategi Proses <i>End Mill</i> .....	15
Gambar 2.14	Jenis pahat <i>end mill</i> .....	16
Gambar 2.15	Desain <i>End Mill</i> .....	16
Gambar 2.16	<i>Flute</i> .....	17
Gambar 2.17	<i>Helix Angle</i> .....	18
Gambar 2.18	Permukaan yang kasar.....	18
Gambar 2.19	Permukaan yang bergelombang .....	19
Gambar 2.20	Posisi profil referensi, profil tengah dan profil dasar terhadap profil terukur untuk satu panjang sampel.....	19
Gambar 2.21	Lebar gelombang dan lebar kekasaran .....	21
Gambar 2.22	Menentukan Rz dan Ra dari penyimpangan permukaan.....	22
Gambar 3.1	Mesin CNC TU-3A .....	28
Gambar 3.2	<i>Surface Roughness</i> SJ - 301 .....	29
Gambar 4.1	Grafik hubungan antara <i>feed rate</i> dan <i>spindle speed</i> dengan kekasaran permukaan pada pemakanan <i>conventional</i> dengan kemiringan pahat $1^{\circ}$ .....	36

Gambar 4.2	Grafik hubungan antara <i>feed rate</i> dan <i>spindle speed</i> dengan kekasaran permukaan pada pemakanan <i>conventional</i> dengan kemiringan pahat 3° .....	37
Gambar 4.3	Grafik hubungan antara <i>feed rate</i> dan <i>spindle speed</i> dengan kekasaran permukaan pada pemakanan <i>conventional</i> dengan kemiringan pahat 5° .....	38
Gambar 4.4	Grafik hubungan antara kemiringan pahat dan <i>spindle speed</i> dengan kekasaran permukaan pada pemakanan <i>conventional</i> dengan nilai <i>feed rate</i> 100 mm/min.....	39
Gambar 4.5	Grafik hubungan antara kemiringan pahat dan <i>spindle speed</i> dengan kekasaran permukaan pada pemakanan <i>conventional</i> dengan nilai <i>feed rate</i> 200 mm/min.....	40
Gambar 4.6	Grafik hubungan antara kemiringan pahat dan <i>spindle speed</i> dengan kekasaran permukaan pada pemakanan <i>conventional</i> dengan nilai <i>feed rate</i> 300 mm/min.....	41
Gambar 4.7	Grafik Hubungan antara Kekasaran Permukaan dengan Proses Pemotongan <i>Conventional</i> dengan Kemiringan Pahat 1°, 3°, Dan 5° ....	43



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Hasil *Print Out* Mitutoyo *Surftest* SJ - 301
- Lampiran 2 Data untuk grafik hubungan antara kekasaran permukaan dengan proses pemotongan *conventional* dengan kemiringan pahat 1°, 3°, dan 5°
- Lampiran 3 Tabel Uji F
- Lampiran 4 Data untuk hubungan antara *feed rate* dan *spindle speed* dengan kekasaran permukaan pada pemakanan *conventional* dengan masing - masing kemiringan pahat
- Lampiran 5 Data untuk hubungan antara kemiringan pahat dan *spindle speed* dengan kekasaran permukaan pada pemakanan *conventional* dengan masing - masing nilai *feed rate*
- Lampiran 6 Gambar Hasil Proses Pemakanan
- Lampiran 7 Gambar Proses Kemiringan Pahat
- Lampiran 8 Tabel Uji t



## RINGKASAN

**Anggi Astriana Rizkiani**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2014, *Pengaruh Spindle Speed, Feed Rate, dan Kemiringan Pahat Pada Proses Pemakanan Conventional Miring Menggunakan Pahat End Mill Terhadap Kekasaran Permukaan*, Dosen Pembimbing : Achmad As'ad Sonief dan Purnami.

Proses *milling* merupakan salah satu proses pemotongan yang sering digunakan dalam suatu proses produksi. Mesin *milling* merupakan suatu proses dimana alat potong berputar pada sumbunya dan melakukan pemakanan terhadap benda kerja. Mesin *milling* dilakukan untuk pemakanan permukaan benda kerja dengan akurasi yang tinggi. Pada proses *milling* terdapat parameter pemotongan dan geometri pahat yang dapat mempengaruhi hasil kekasaran permukaan pada hasil akhir produk. Kekasaran permukaan merupakan faktor utama untuk evaluasi produk dapat diterima atau tidak. Kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dari proses pemesinan. Jika kekasaran permukaan yang tinggi akan mengakibatkan kinerja komponen pasangan produk yang dihasilkan akan terganggu. Dalam suatu proses *milling* masih dimungkinkan untuk penerapan beberapa strategi untuk menghasilkan parameter yang lebih optimum sehingga didapatkan kualitas permukaan yang lebih baik yaitu dengan proses pemakanan miring (*oblique*).

Penelitian ini menggunakan pahat *ball nose end mill* dari bahan karbida dengan pemakanan *conventional* miring pada benda kerja aluminium 6061 yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kekasaran permukaan pada proses pemakanan *conventional* miring menggunakan pahat *end mill* untuk masing – masing parameter dan mencari kombinasi kecepatan *spindle*, kecepatan pemakanan, dan sudut kemiringan pahat *end mill* yang dapat memprediksi kekasaran permukaan. Dalam hal ini, pengaturan sudut kemiringan pemesinan dapat meningkatkan kinerja alat dan permukaan kekasaran. Pada proses pemakanan *conventional* miring ini menggunakan 3 variasi *spindle speed* yaitu 700, 800, dan 900 rpm; 3 variasi *feed rate* yaitu 100, 200, dan 300 mm/min; serta 3 variasi kemiringan pahat yaitu 1°, 3°, dan 5°. Masing – masing spesimen diuji kekasaran permukaannya ( $R_a$ ).

Hasil dari penelitian ini diolah menggunakan *Multiple Regression Linier* untuk mendapatkan model matematis dari proses pemesinan yang dilakukan. Hasil yang didapatkan berupa persamaan  $R_a = 0.513 - 0.001x_1 + 0.006x_2 - 0.017x_3$  dimana nilai  $x_1$  adalah koefisien *spindle speed*,  $x_2$  adalah koefisien *feed rate*, dan  $x_3$  adalah koefisien kemiringan pahat dengan koefisien regresi kesesuaian terhadap data hasil pengujian adalah 98.9 persen. Hal ini dapat digunakan untuk memprediksi nilai kekasaran permukaan untuk memilih parameter yang sesuai yaitu *spindle speed*, *feed rate*, dan kemiringan pahat. *Feed rate* memiliki pengaruh positif (berbanding lurus) terhadap kekasaran permukaan sedangkan *spindle speed* dan kemiringan pahat memiliki pengaruh negatif (berbanding terbalik). Sedangkan parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan hasil benda kerja adalah kemiringan pahat, dimana koefisien dari kemiringan pahat diperoleh berdasarkan pada persamaan regresi yang telah didapat dan nilai kekasaran permukaan yang paling rendah didapatkan pada parameter *spindle speed* 900 rpm, *feed rate* 100 mm/min, dan kemiringan pahat 5° dengan nilai kekasarannya 0.58667  $\mu\text{m}$

**Kata Kunci:** pemotongan logam, *milling*, *end mill*, *feed rate*, *spindle speed*, kemiringan pahat, kekasaran permukaan, *multiple regression linier*.