



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENGATURAN LAJU PEMAKANAN
TERHADAP PERUBAHAN SUDUT INKLINASI PADA
PROSES PEMESINAN *MULTI-AXIS* TERHADAP KUALITAS
PERMUKAAN HASIL PEMESINAN PRODUK BERKONTUR**

SKRIPSI

**SUNTORO
04 04 02 0657**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
DESEMBER 2008**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENGATURAN LAJU PEMAKANAN
TERHADAP PERUBAHAN SUDUT INKLINASI PADA
PROSES PEMESINAN *MULTI-AXIS* TERHADAP KUALITAS
PERMUKAAN HASIL PEMESINAN PRODUK BERKONTUR**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**SUNTORO
04 04 02 0657**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
KEKHUSUSAN MANUFAKTUR
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Suntoro

NPM : 04 04 02 0657

Tanda Tangan :

Tanggal : 9 Desember 2008

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Suntoro

NPM : 04 04 02 0657

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : PENGARUH PENGATURAN LAJU PEMAKANAN
TERHADAP PERUBAHAN SUDUT INKLINASI PADA
PROSES PEMESINAN *MULTI-AXIS* TERHADAP KUALITAS
PERMUKAAN HASIL PEMESINAN PRODUK BERKONTUR

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Gandjar Kiswanto, M.Eng ()

Penguji : Ir. Hengky Suskito Nugroho, MT ()

Penguji : Ir. Hendri DS Budiono, M.Eng ()

Penguji : Sugeng Supriadi, ST, MS-Eng ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 23 Desember 2008

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalammu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT, skripsi ini akhirnya dapat diselesaikan dengan baik tepat pada waktunya. Tak lupa penulis juga ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak, antara lain:

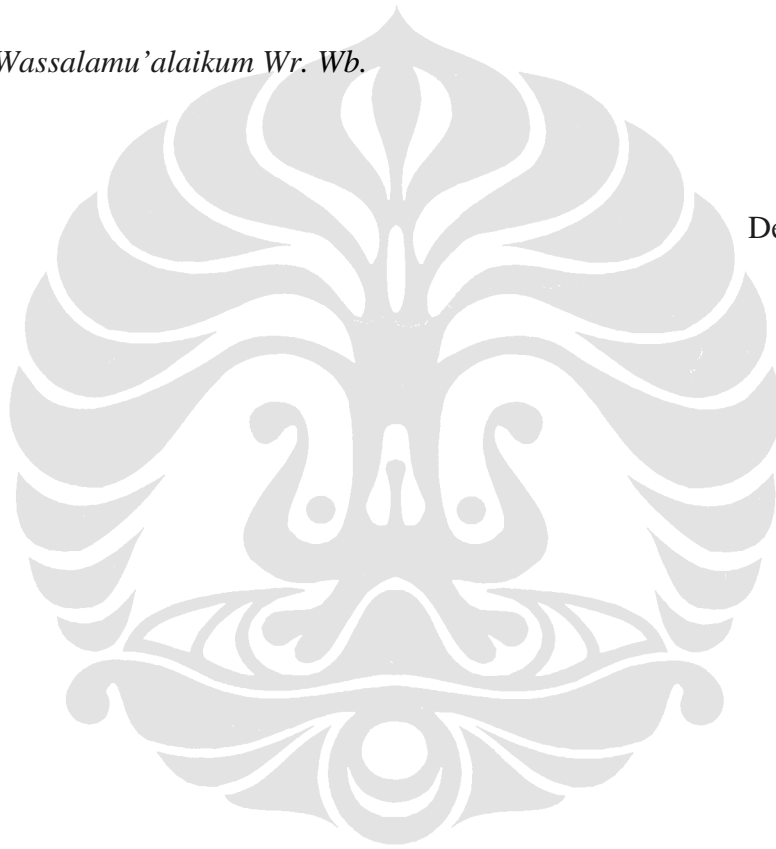
1. Ibunda dan Ayahanda tercinta beserta kakak-kakak yang tanpa pernah lelah memberikan doa, nasihat, dan dorongan semangat kepada penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Gandjar Kiswanto, M.Eng, selaku pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaganya dalam membimbing serta menjadi referensi utama dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Dosen-dosen Departemen Teknik Mesin, yang telah banyak memberikan saran dan kritik membangun kepada penulis.
4. Bapak Hendry Paul, Direktur ATMI atas ijin dan kerjasamanya dalam peminjaman mesin CNC 5-axis untuk proses pemesinan.
5. Bapak Wicoro, Programmer ATMI yang telah membantu penulis dalam melakukan proses pemesinan.
6. Mas Heri dari Mitutoyo yang telah membantu penulis meminjamkan alat ukur kekasaran permukaan yang relevan.
7. Seluruh karyawan DTM-FTUI terutama kepada : Mas Awang, Mas Yasin, Mas Syarif, Mas Udiono, dan karyawan lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
8. Teman-teman Mesin angkatan 2004, yang banyak membantu memberikan saran dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
9. Afimonika, yang selalu memberikan semangat dan dorongan kepada penulis sampai akhir penelitian dan penulisan ini.
10. Teman-teman SMP, Ayu, Indah, Genih, Ezza, dan Mega yang selalu memberikan semangat dalam menyelesaikan penulisan ini.

Serta teman-teman dan pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih atas dukungan baik moriil maupun materiil yang telah

diberikan kepada penulis hingga dapat terselesaikannya penelitian dan penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan di dalam penelitian dan penyampaian laporan skripsi ini. Baik dalam pengumpulan informasi dan pengolahan data yang didapatkan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun bagi pembaca agar menjadi masukan bagi penulisan karya ilmiah selanjutnya. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat ilmu pengetahuan serta berguna bagi penelitian selanjutnya dimasa depan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.



Depok, Desember 2008

Suntoro

NPM 04 04 02 0657

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Suntoro
NPM : 04 04 02 0657
Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PENGARUH PENGATURAN LAJU PEMAKANAN TERHADAP
PERUBAHAN SUDUT INKLINASI PADA PROSES PEMESINAN *MULTI-
AXIS* TERHADAP KUALITAS PERMUKAAN HASIL PEMESINAN
PRODUK BERKONTUR**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 9 Desember 2008
Yang menyatakan

(S u n t o r o)

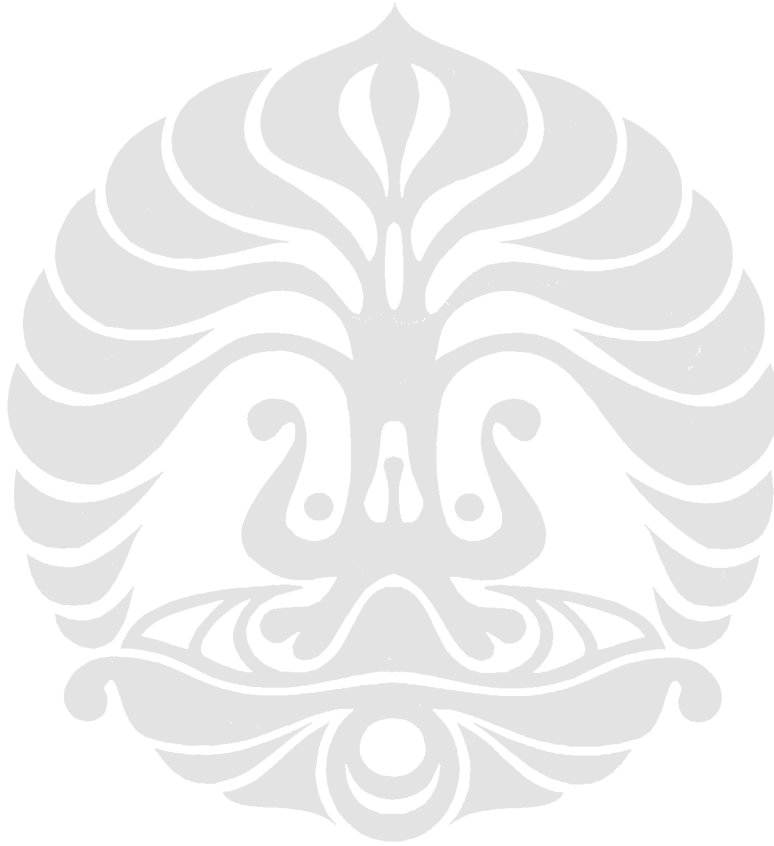
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR RUMUS	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Metodologi Penelitian	5
1.5 Sistematika Penulisan	7
BAB 2 TEORI PEMOTONGAN LOGAM DAN PRINSIP DASAR PERCOBAAAN	9
2.1 Proses Pemesinan	7
2.2 Proses Pemotongan	12
2.3 Proses <i>Milling</i>	13
2.3.1 Metode Proses <i>Milling</i>	14
2.3.1.1 <i>Peripheral</i> dan <i>Face Milling</i>	14
2.3.1.2 <i>Up Milling</i> dan <i>Down Milling</i>	15
2.3.2 Jenis Mesin <i>Milling</i>	18
2.3.3 Pembentukan <i>Chips</i>	19
2.3.4 Elemen Dasar Parameter Proses <i>Milling</i>	19
2.4 Terminologi Profil Permukaan	22
2.4.1 Panjang <i>Cutoff</i>	25
2.4.2 Parameter Topografi Permukaan (<i>Surface Finish</i>)	26
2.4.3 Simbol untuk Kekasaran Permukaan	29
2.4.4 Pengukuran Kekasaran Permukaan	30
2.5 Prinsip Dasar Percobaan	32
BAB 3 RANCANGAN DAN PELAKSANAAN PERCOBAAAN	33
3.1 Instalasi Alat Percobaan	33
3.2 Komponen Percobaan	33
3.2.1 Mesin <i>Milling</i> Deckel Maho DMU-50 eVolution	33
3.2.2 Material Benda Kerja	34
3.2.3 Pahat	35
3.2.4 <i>Tool Holder</i>	36

3.2.5 <i>Surface Roughness Tester</i>	36
3.3 Kondisi Pemotongan	37
3.4 Prosedur Pengambilan Data	38
3.4.1 Tahap Persiapan	38
3.4.2 Tahap Pemesinan	39
3.4.3 Tahap Pengukuran	42
BAB 4 PEMBAHASAN DAN ANALISA DATA HASIL PERCOBAAN ..	45
4.1 Data Hasil Percobaan	45
4.2 Analisis Data Hasil Percobaan	48
4.2.1 Pengaruh Pola Pergerakan <i>Tool</i> terhadap Data Hasil Percobaan	48
4.2.2 Analisa Kekasaran Permukaan Hasil Proses Pemesinan	50
4.2.3 Analisa Hasil Kekasaran dengan <i>Feed</i> Konstan dan Gradual	52
4.2.4 Analisa Gelombang (<i>Waviness</i>) dengan <i>Feed</i> Konstan dan Gradual	54
4.2.5 Fenomena Dinamika Munculnya Gelombang	55
4.2.6 Analisa Hasil Permukaan dengan Perlakuan <i>Feed</i> Menurun..	60
4.3 Analisa Grafik Hasil Percobaan	61
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN PENELITIAN LEBIH LANJUT....	73
5.1 Kesimpulan Penelitian	73
5.2 Saran Penelitian Lebih Lanjut	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai <i>Cut-off</i> untuk Masing-masing Proses Manufaktur	25
Tabel 3.1. Tabel Pengambilan Data	43
Tabel 4.1. Data Hasil Percobaan	45
Tabel 4.2. Nilai Laju Perubahan Sudut Inklinasi Sudut 10^0 dan 20^0	50
Tabel 4.3. Nilai Kekasaran pada <i>Feed</i> Konstan dan Gradual	52
Tabel 4.4. Nilai <i>Feed per Tooth</i> dengan Kondisi <i>Feed</i> Konstan dan Gradual	54
Tabel 4.5. Nilai <i>Waviness</i> pada <i>Feed</i> Konstan dan Gradual	54
Tabel 4.6. Pengaruh Perubahan Sudut Terhadap Gaya pada Motor	59
Tabel 4.7. Plot Analisa Grafik Hasil Pengukuran (dalam um berdasarkan Grafik Hasil Pengukuran)	69



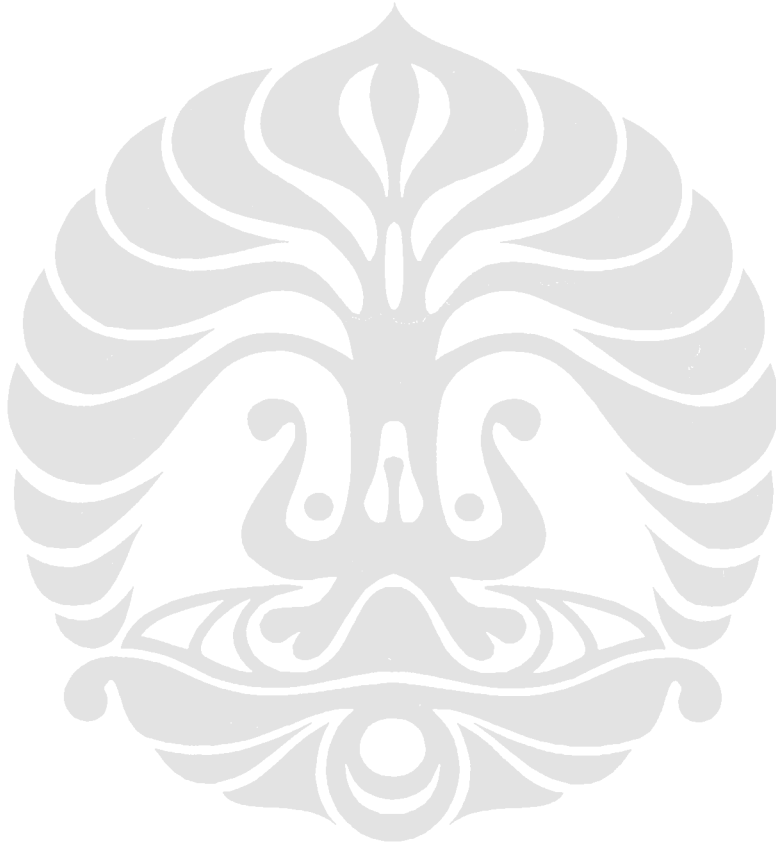
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Proses Pemesinan <i>Milling</i> dengan Menggunakan Mesin <i>Milling 3-axis</i>	1
Gambar 1.1. Proses Pemesinan <i>Milling</i> dengan Menggunakan Mesin <i>Milling 5-axis</i>	2
Gambar 1.3. <i>Dies</i> , Contoh Produk dengan Profil <i>Sculpture</i>	3
Gambar 1.4. <i>Flowchart</i> Proses Penelitian.....	9
Gambar 2.1. <i>Chip Formation</i> dalam <i>Machining</i>	9
Gambar 2.2. Proses <i>Milling</i>	10
Gambar 2.3. <i>Milling Tool</i> dan <i>Milling Toolholder</i>	10
Gambar 2.4. Faktor-faktor pada Proses <i>Milling</i>	11
Gambar 2.5. Proses <i>Drilling</i>	11
Gambar 2.6. Proses <i>Milling</i>	13
Gambar 2.7. Metode <i>Milling</i> secara <i>Peripheral</i>	14
Gambar 2.8. Metode <i>Milling</i> secara <i>Face Milling</i>	15
Gambar 2.10. Proses <i>Up Milling</i> dan Proses <i>Down Milling</i>	17
Gambar 2.11. Jenis Mesin <i>Milling</i>	18
Gambar 2.12. Pengaruh <i>Feed</i> dan <i>Depth of Cut</i> pada Pembentukan <i>Chips</i>	19
Gambar 2.13. Terminologi Profil Permukaan.....	23
Gambar 2.14. Penampang <i>Surface Texture</i>	25
Gambar 2.15. <i>Sampling Length</i> dan <i>Evaluation Length</i>	26
Gambar 2.16. <i>Peak to Peak Cut-off</i>	26
Gambar 2.17. Ilustrasi Permukaan Benda Uji.....	28
Gambar 2.18. Titik yang Digunakan dalam Pengukuran Kekasaran.....	28
Gambar 2.19. Simbol untuk Kekasaran Permukaan	29
Gambar 2.20. Standar Simbol Kekasaran	30
Gambar 2.21. Pengukuran Kekasaran Permukaan.....	31
Gambar 2.22. Profil Kekasaran Permukaan	31
Gambar 2.23. Bagan Prinsip Dasar Percobaan	32
Gambar 3.1. Mesin CNC <i>5-axis</i> Deckel Maho DMU-50 eVolution.....	33
Gambar 3.2. Deckel Maho DMU-50 eVolution.....	34
Gambar 3.3. Material Uji <i>Steel AISI 4140</i>	34
Gambar 3.4. Proses <i>Facing Workpiece</i>	35
Gambar 3.5. Pahat Jenis <i>Flat-end</i> yang Digunakan dalam Percobaan	36
Gambar 3.6. Standar <i>Tool Holder</i>	36
Gambar 3.7. <i>Roughness Tester SV-C3000 CNC</i>	37
Gambar 3.8. Pemodelan Pada <i>Software CAM</i>	38
Gambar 3.9. Pemasangan Benda Uji pada <i>Bed</i> Mesin	39
Gambar 3.10. Pemasangan <i>Tool</i> pada <i>Tool Holder</i>	40
Gambar 3.11. Proses <i>Face Milling</i> untuk Meratakan Permukaan	40
Gambar 3.12. Proses Penentuan <i>Base Point</i> pada Mesin	41
Gambar 3.13. Proses Pemesinan <i>Milling</i>	41
Gambar 3.14. Proses Pengukuran Kekasaran Permukaan	42
Gambar 3.15. Parameter Penggunaan Alat Ukur Kekasaran	42
Gambar 3.16. Proses Pengambilan Data.....	43
Gambar 4.1. Grafik <i>Roughness</i> untuk Laju Pemakanan Gradual	46

Gambar 4.2. Grafik <i>Waviness</i> untuk Laju Pemakanan Gradual.....	47
Gambar 4.3. Ilustrasi Pemodelan dengan CAM	48
Gambar 4.4. Ilustrasi Perubahan Sudut pada <i>Tool</i>	51
Gambar 4.5. Proses Pembentukan Kekasaran Natural untuk Sudut Inklinasi	51
Gambar 4.6. Perbandingan Nilai Ra pada Perlakuan <i>Feed</i> Konstan dan Gradual	53
Gambar 4.7. Nilai Fz pada <i>Feed</i> Konstan dan Gradual	54
Gambar 4.8. Perbandingan Nilai Wa pada Perlakuan <i>Feed</i> Konstan dan Gradual	55
Gambar 4.9. Perubahan Sudut Inklinasi pada Mesin	56
Gambar 4.10. Visualisasi <i>Bed</i> dari Sumbu Rotasi Sudut 45 ⁰	56
Gambar 4.11. <i>Free Body Diagram</i> Bed dari Sumbu Rotasi Sudut 45 ⁰	57
Gambar 4.12. Grafik Hubungan Sudut dengan Gaya	59
Gambar 4.13. Perbandingan Nilai Ra dan Wa pada Perlakuan <i>Feed</i> secara Gradual dan secara Tiba-tiba.....	61
Gambar 4.14. Grafik <i>Roughness</i> dan <i>Waviness</i> untuk Perubahan Sudut 10-0-10	62
Gambar 4.15. Grafik <i>Roughness</i> dan <i>Waviness</i> untuk Perubahan Sudut 20-0-20	63
Gambar 4.16. Grafik <i>Roughness</i> dan <i>Waviness</i> untuk Perubahan Sudut 30-0-30	64
Gambar 4.17. Grafik <i>Roughness</i> dan <i>Waviness</i> untuk Perubahan Sudut 45-0-45	65
Gambar 4.18. Grafik <i>Roughness</i> dan <i>Waviness</i> untuk Perubahan Sudut 0-10-0 ..	66
Gambar 4.19. Grafik <i>Roughness</i> dan <i>Waviness</i> untuk Perubahan Sudut 0-20-0 ..	67
Gambar 4.20. Grafik <i>Roughness</i> dan <i>Waviness</i> untuk Perubahan Sudut 0-30-0 ..	68
Gambar 4.21. Grafik <i>Roughness</i> dan <i>Waviness</i> untuk Perubahan Sudut 0-45-0 ..	69
Gambar 4.22. Gerak Mundur <i>Tool</i> saat Perubahan Sudut Vertikal ke Miring	70
Gambar 4.23. Gerak <i>Tool</i> pada Perubahan Sudut.....	71
Gambar 4.24. Profil <i>Tool Flat-end</i>	71
Gambar 4.25. Gerak Mundur Pahat Saat Manuver.....	72

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1. Rumus Kecepatan Potong.....	20
Rumus 2.2. Rumus Kecepatan Spindel	20
Rumus 2.3. Rumus Kecepatan Pemakanan Meja	20
Rumus 2.4. Rumus Kecepatan Pemakanan per Gigi.....	21
Rumus 2.5. Rumus Pemakanan Perputaran	21
Rumus 2.6. Rumus Tebal Rata-rata <i>Chip</i>	22
Rumus 2.7. Rumus Laju Pembuangan	22
Rumus 2.8. Rumus Kekasaran Ra	27
Rumus 2.9. Rumus Kekasaran Ra RMS	27
Rumus 2.10. Rumus Kedalaman Total	27



DAFTAR NOTASI

CCP	= Cutter Contact Point
CLP	= Cutter Location Point
DOC	= Depth of Cut
Ra	= Nilai Kekasaran (Roughness)
Wa	= Nilai Gelombang (Waviness)
V_c	= Kecepatan Potong (m/min)
π	= phi, 22/7
D	= Diameter Tool (m)
n	= Kecepatan Spindel (rpm)
V_f	= Kecepatan Pemakanan Meja (mm/min)
f_z	= Pemakanan per Gigi (mm/tooth)
z_n	= Jumlah Gigi
h_{ex}	= Ketebalan Chip Maksimum (mm)
f_n	= Pemakanan per Putaran (mm/rev)
h_m	= Tebal Chip Rata-rata (mm)
a_p	= Dalam Pemakanan (mm)
a_e	= Lebar Pemotongan (mm)
Q	= Volume Laju Pembuangan Chip (cm ³)