

**PENGEMBANGAN METODE PENDETEKSIAN DAN
PENGHILANGAN INTERFERENSI
PROSES PEMESINAN AKHIR MULTIAKSIS
BERBASIS MODEL FASET 3 D
MENGUNAKAN PAHAT TOROID**

TESIS

Agung Premono
NPM. 0606002830



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
DEPOK
JULI 2009**

**PENGEMBANGAN METODE PENDETEKSIAN DAN
PENGHILANGAN INTERFERENSI
PROSES PEMESINAN AKHIR MULTIAKSIS
BERBASIS MODEL FASET 3 D
MENGUNAKAN PAHAT TOROID**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Magister
Teknik**

Agung Premono
NPM. 0606002830



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
KEKHUSUSAN TEKNIK MANUFAKTUR
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Agung Premono

NPM : 06 06 00 2830

Tanda Tangan :

Tanggal : 13 Juli 2009



HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Agung Premono
NPM : 06 06 00 2830
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tesis : PENGEMBANGAN METODE PENDETEKSIAN
DAN PENGHILANGAN INTERFERENSI PADA
PEMESINAN AKHIR MULTIAKSIS BERBASIS
MODEL FASET 3D MENGGUNAKAN PAHAT
TOROID

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

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

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

Penguji : Ir. Henky Suskito Nugroho, MT. (.....)

Penguji : Ir. Bambang Purwo Prianto, M.I.Komp. (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 6 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, penulis panjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT karena atas limpahan rahmatNya tesis ini dapat diselesaikan.

Tesis dengan judul ”*Pengembangan Metode Pendeteksian dan Penghilangan Interferensi Pada Pemesinan Akhir Multiaksis Berbasis Model Faset 3D Menggunakan Pahat Toroid*” secara garis besar membahas tentang : (1) metode pendeteksian interferensi antara model pahat toroid dengan permukaan model faset 3D; (2) model matematika yang digunakan untuk menghilangkan interferensi yang terjadi; serta (3) simulasi yang digunakan untuk validasi model matematika yang telah dihasilkan.

Penulis sadar bahwa dalam menyelesaikan studi Magister Teknik, penulis banyak dibantu oleh berbagai pihak, sehingga dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tak berhingga kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Gandjar Kiswanto, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing dan juga sebagai Pembimbing Akademik, ditengah jadwal kerjanya yang begitu sibuk masih bisa meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran, dan teguran yang bersifat membangun dan menggugah semangat penulis untuk selalu belajar dengan sepenuh hati. Hanya doa yang bisa penulis persembahkan kepada Beliau semoga amal ibadahnya mendapat pahala dari Allah SWT, amin.
2. Bapak Ir. Hendri DS Budiono, M.Eng, Bapak Ir. Henky Suskito Nugroho, MT, Bapak Ir. Bambang Purwo Prianto, M.I.Komp, Bapak Jos Istiyanto, ST.,MT, Bapak Dr-Ing. Ir. Nasrudin, M.Eng., Bapak Dr-Ing. Nandy Setiadi DP,ST, Bapak Dr.Ir. Ahmad Indra S, dan Bapak Dr. Engkos A Kosasih, MT, serta seluruh staf dosen DTM FT UI yang telah banyak memberikan tambahan bekal ilmu kepada penulis dalam rangka mendidik generasi penerus bangsa. Tak lupa juga terima kasih kepada Ketua Departemen Teknik Mesin Bapak Dr.Ir. Harinaldi, M.Eng yang ikut memberikan support di akhir masa-masa kritis penulis menyelesaikan studi
3. Para pimpinan UNJ dan FT UNJ yang memberikan kesempatan kepada penulis untuk melanjutkan studi Magister

4. Istriku tercinta Kartika Hermawati serta kedua putriku tercinta Anindya Kaila Premono dan Anindita Kenara Premono yang dengan tulus hati bersedia untuk mendapat perhatian yang tidak penuh dari penulis selama penulis menyelesaikan studi
 5. Ibunda tercinta, kakak dan adikku, serta Paman Prof. Dr. H. Soedijarto, MA yang selalu memberikan dukungan baik moral maupun material
 6. Teman-teman Manufaktur 06 : Herwindo PM, Eko Arif S, Himawan HS, Ahmad Kholil serta empat teman penulis, Mas Awang, Budi Haryanto, Ahmad Yahya TP, dan Gatot Eka P yang selalu memberikan masukan dan support untuk selalu berjuang dalam menyelesaikan penelitian
 7. Priadhana Edi Kresnha yang telah memberikan dasar-dasar pembuatan algoritma dan pemrograman
 8. Seluruh pihak yang tidak mungkin penulis sebut satu per satu
- Semoga amal ibadah semuanya diberi balasan pahala dari Allah SWT, amin.

Akhir kata, semoga tesis ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu Teknik Manufaktur di masa datang.

Depok, Juli 2009

Penulis,

Agung Premono

ABSTRAK

Nama : Agung Premono
Departemen : Teknik Mesin
Judul : Pengembangan Metode Pendeteksian dan Penghilangan Interferensi Pada Pemesinan Multiaksis Berbasis Model Faset 3D Menggunakan Pahat Toroid

Permasalahan *Gouging* dan *Collision* sampai saat ini masih menjadi kendala terbesar dalam proses pemesinan 5-aksis, tidak terkecuali dalam pemodelan proses pemesinan 5-aksis yang menggunakan pahat toroid berbasis model faset. *Gouging* pada model faset dideteksi terjadi pada titik (*vertex*), sisi (*edge*) maupun muka (*face*) dari model faset. Metode yang dikembangkan dalam penelitian ini meliputi : metode penurunan persamaan matematika serta metode pemodelan yang berfungsi untuk verifikasi model matematika yang telah dihasilkan. Metode matematika digunakan untuk menurunkan persamaan inklinasi pahat minimal yang dapat digunakan untuk menghilangkan *gouging*. Untuk *vertex gouging* penurunan persamaan diturunkan berbasis geometri analitik, sedangkan *edge gouging* dan *face gouging* diturunkan berbasis numerik. Metode pemodelan dilakukan dengan bantuan MATLAB berfungsi untuk mensimulasi persamaan yang dihasilkan, sehingga terlihat persamaan yang tekah diturunkan benar adanya.

Kata Kunci : Deteksi dan Penghilangan Interferensi, Model Faset, Inklinasi Pahat, Pemesinan 5-aksis, Pahat Toroid

: Deteksi dan Penghilangan Interferensi, Model Faset, Inklinasi Pahat, 5-aksis, Pahat Toroid

ABSTRACT

Name : Agung Premono
Department : Mechanical Engineering
Title : The Development of Interference Detection and Elimination Method for Multiaxis Machining Based on Faceted Models Using Toroidal Cutter

Gouging and collision are the main problems in multiaxis machining. Gouging in faceted models detected in the vertex, edge, and face of the triangles. There are two methods to avoid gouging which are lifting tool and inclining too). In this research, the minimum inclination angle for avoid gouging must be found. The tool is inclined based on the types of gouging. In vertex gouging, the equation of inclination angle for avoid gouging based on analytical mathematic, but for edge and face gouging, the equation of the inclination angle for avoid gouging based on numerical methods. These types of gouging are described and the tool inclining procedure has been developed and implemented for gouging elimination .

Keywords : Interference detection and elimination, Faceted models, Tool Incline, 5-axis machining, Toroidal Cutter

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
<u>PENGESAHAN</u>	iii
<u>KATA PENGANTAR</u>	Iv
<u>ABSTRAK</u>	v
<u>ABSTRACT</u>	vi
<u>DAFTAR ISI</u>	vii
<u>DAFTAR GAMBAR</u>	viii
<u>BAB I PENDAHULUAN</u>	
1.1. <u>Latar Belakang</u>	1
1.2. <u>Perumusan Masalah</u>	4
1.3. <u>Tujuan</u>	4
1.4. <u>Pembatasan Masalah</u>	4
1.5. <u>Metodologi Penelitian</u>	5
1.6. <u>Sistematika Penulisan</u>	6
<u>BAB II TEORI DASAR</u>	
2.1. <u>Proses Pemesinan Multi Aksis</u>	8
2.2. <u>Model Faset</u>	9
2.2.1. <u>Struktur Data Model Faset 3D</u>	9
2.2.2. <u>Penghitungan Vektor Normal</u>	10
2.3. <u>Interferensi (<i>Gouging</i>)</u>	13
2.3.1. <u>Jenis Interferensi Pada Model Faset</u>	14
2.3.2. <u>Metode Eliminasi Interferensi</u>	15
2.4. <u>Persamaan-persamaan Matematika Yang Relevan</u>	18
2.4.1. <u>Pahat Toroid (<i>Filleted-Endmill</i>)</u>	18
2.4.2. <u>Sistem Koordinat</u>	19
<u>BAB III ANALISIS INTERFERENSI ANTARA PAHAT <i>FILLETED-ENDMILL</i> DENGAN MODEL FASET 3D</u>	
3.1 <u>Deteksi Interferensi</u>	22

3.2. <u>Deteksi Interferensi Pada Titik Segitiga (<i>Vertex Gouging</i>)</u>	23
3.3. <u>Deteksi Interferensi Pada Sisi Segitiga (<i>Edge Gouging</i>)</u>	25
3.3.1. <u>Perpotongan Garis dan Bidang Pahat Terjadi Pada Sisi Samping Pahat dan Lengkung Fillet Pahat</u>	27
3.3.2. <u>Perpotongan Garis dan Bidang Pahat Terjadi Pada Lengkung Fillet dan Bagian Bawah Pahat</u>	30
3.3.3. <u>Perpotongan Garis dan Bidang Pahat Keduanya Terletak di Lengkung Fillet Pahat</u>	32
3.4. <u>Interferensi Pada Muka Segitiga (<i>Face Gouging</i>)</u>	37
BAB IV <u>ANALISIS ELIMINASI INTERFERENSI DENGAN METODE INKLINASI PAHAT</u>	
4.1. <u>Metode Eliminasi Interferensi</u>	37
4.2. <u>Eliminasi Interferensi Vertek</u>	39
4.2.1. <u>Persamaan Sudut Inklinasi Pahat untuk Interferensi Titik Yang Memiliki Proyeksi Pada Lengkung Fillet dan Garis Sumbu</u>	39
4.2.2. <u>Persamaan Sudut Inklinasi Pahat untuk Interferensi Titik Yang Memiliki Proyeksi Tepat Di Bagian Bawah Pahat</u>	43
4.2.3. <u>Persamaan Sudut Inklinasi Pahat untuk Interferensi Titik Yang Memiliki Proyeksi di Bagian Fillet Pahat dan Tidak Terletak pada Sumbu Pahat</u>	44
4.3. <u>Eliminasi Interferensi <i>Edge</i></u>	47
4.4. <u>Eliminasi Interferensi <i>Face</i></u>	48
4.5. <u>Algoritma Interferensi</u>	49
4.7. <u>Hasil Simulasi Eliminasi Interferensi</u>	51
BAB V <u>KESIMPULAN DAN SARAN LEBIH LANJUT</u>	
5.1. <u>Kesimpulan</u>	53
5.2. <u>Saran Penelitian</u>	53

DAFTAR GAMBAR

			Hal
Gambar	1.1.	<u>Produk <i>Handphone</i></u>	1
Gambar	1.2.	<u>Model CAD</u>	2
Gambar	1.3.	<u>Fenomena <i>Gouging</i> (Interferensi)</u>	3
Gambar	2.1.	<u>Bentuk Konfigurasi Proses Pemesinan 5-Aksis</u>	8
Gambar	2.2.	<u>Mesin 5-aksis</u>	8
Gambar	2.3.	<u>Model Surface Parametric dan Model Faset</u>	9
Gambar	2.4.	<u>Vektor Normal Segitiga</u>	11
Gambar	2.5.	<u>Vektor Normal CC-point</u>	12
Gambar	2.6.	<u>Vektor Normal CC-point Pada Penghitungan Resultan Normal Bidang</u>	12
Gambar	2.7.	<u>Vektor Normal CC-point Pada Interpolasi Normal Vektor</u>	13
Gambar	2.8.	<u>Interferensi dan Cacatnya</u>	14
Gambar	2.9.	<u>Gouging Berdasar Lokasi</u>	14
Gambar	2.10.	<u>Interferensi Pada Vertek</u>	14
Gambar	2.11.	<u>Interferensi Pada <i>Edge</i></u>	15
Gambar	2.12.	<u>Interferensi Pada <i>Face</i></u>	15
Gambar	2.13.	<u>CC-point Pada Sambungan Dua Permukaan Majemuk</u>	16
Gambar	2.14.	<u>Pahat Tidak Gouging Dari 2 Permukaan</u>	17
Gambar	2.15.	<u>Metode Z-map</u>	17
Gambar	2.16.	<u>Pahat Toroid</u>	18
Gambar	2.17.	<u>Orientasi Titik ke Sistem Koordinat Lokal</u>	20
Gambar	3.1.	<u><i>Bucketing</i></u>	22
Gambar	3.2.	<u>Normalisasi Sumbu</u>	22
Gambar	3.3.	<u>Interferensi Vertek Pahat Toroid</u>	23
Gambar	3.4.	<u>Interferensi Vertek Pahat Toroid Pada Sumbu Pahat</u>	24
Gambar	3.5.	<u>Interferensi Vertek Pahat Toroid Yang Memiliki Orientasi Terhadap Sumbu Pahat</u>	24
Gambar	3.6.	<u><i>Edge Gouging</i></u>	25
Gambar	3.7.	<u>Model <i>Edge Gouging Case 1</i></u>	27
Gambar	3.8.	<u>Model <i>Edge Gouging Case 2</i></u>	30
Gambar	3.9.	<u>Model <i>Edge Gouging Case 3</i></u>	32

Gambar	3.10	<u>Model Face Gouging</u>	37
Gambar	4.1.	<u>Metode Pengangkatan Pahat</u>	39
Gambar	4.2.	<u>Metode Pemutaran Pahat</u>	40
Gambar	4.3.	<u>Sistem Koordinat Lokal</u>	40
Gambar	4.4.	<u>Simulasi Pemrograman</u>	52



DAFTAR SIMBOL

R	Radius pahat	mm
r	Radius Toroid	mm
θ	Sudut Inklinasi	derajat
α	Bobot untuk radius R_1 , diukur dari tengah diameter pahat sampai titik awal lengkung fillet	
β	Bobot untuk ketinggian pahat, diukur dari titik akhir lengkung fillet sampai tinggi pahat	
ϕ	Sudut pada sisi lengkung fillet pahat pada bidang X – Y	
a	Titik pusat lingkaran 1, dalam koordinat x	
b	Titik pusat lingkaran dalam koordinat y	
c	Titik pusat lingkaran dalam koordinat x, adalah koordinat x dari pusat fillet	
d	Titik pusat lingkaran	