

TCD

**PENGEMBANGAN METODE  
IDENTIFIKASI ORIENTASI DAN LINTASAN PAHAT  
PADA RUANG TERBATAS (*BOUNDED VOLUME*)  
PADA PEMESINAN *MILLING* AWAL (*ROUGHING*)  
MULTI-AXIS BERBASIS MODEL FASET 3D**

**TESIS**

**Eko Arif Syaefudin**

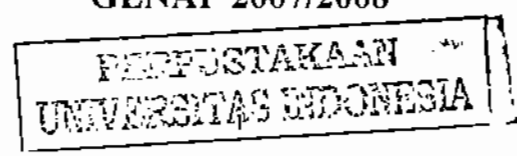
**06 06 00 2925**



T  
-----  
24422

**TESIS INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN  
PERSYARATAN MENJADI MAGISTER TEKNIK**

**PROGRAM STUDI MANUFaktur  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
GENAP 2007/2008**



"Bacalah dengan nama Tuhanmu, Yang menciptakan. Dia Menciptakan Manusia dari segumpal darah. Bacalah! dan Tuhanmu amat mulia. Yang telah mengajar dengan pena. Dia telah mengajarkan kepada manusia apa yang tidak diketahuinya". (Surat (96) *AL-ALAQ* / Segumpal Darah ayat 15/25).

Sesungguhnya harta dan anak-anakmu hanyalah cobaan (bagimu); dan disisi Allah-lah pahla yang besar (15)  
Maka bertaqwalah kamu kepada Allah menurut keanggupanmu dan dengarlah serta taatlah; dan nafkahkanlah nafkah yang baik untuk dirimu. Dan barang siapa yang dipelihara dari kekikiran dirinya, maka mereka itulah orang-orang yang beruntung(16). (*AT-TAGABUN* / Hari ditampakkan kesalahan kesalahan ayat : 15 & 16)

***Kupersembahkan Karya Besarku ini Kepada :***  
***Ayahandaku Tercinta : H. Sumardi***  
***Ibundaku Tersayang : Warsiti***  
***Pembimbingku yang kuhormati : DR. Ir. Gandjar K, M.Eng***  
***Adikku yang sangat kusayangi : Dwi Kurniawati***

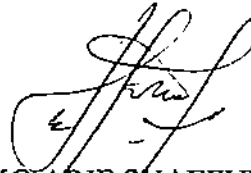
## PERNYATAAN KEASLIAN THESIS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Thesis dengan judul :

**PENGEMBANGAN METODE  
IDENTIFIKASI ORIENTASI DAN LINTASAN PAHAT PADA  
RUANG TERBATAS (*BOUNDED VOLUME*)  
PADA PEMESINAN *MILLING* AWAL (*ROUGHING*) MULTI-AXIS  
BERBASIS MODEL FASET 3D**

Yang dibuat untuk melengkapi persyaratan menjadi Magister Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Program Pascasarjana Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari thesis yang pernah di publikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar mata kuliah thesis atau mendapatkan gelar Magister di lingkungan Universitas Indonesia maupun Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang dikutip dan sumber informasi/refrensinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 14 Juli 2008



EKO ARIE SYAEFUDIN

NPM : 06 06 00 2925

## LEMBAR PENGESAHAN

Thesis dengan judul :

**PENGEMBANGAN METODE  
IDENTIFIKASI ORIENTASI DAN LINTASAN PAHAT PADA  
RUANG TERBATAS (*BOUNDED VOLUME*)  
PADA PEMESINAN *MILLING* AWAL (*ROUGHING*) MULTI-AXIS  
BERBASIS MODEL FASET 3D**

Dibuat untuk melengkapi persyaratan kurikulum Program Magister Teknik Bidang Ilmu Teknik Universitas Indonesia guna memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Pascasarjana Program Studi Teknik Mesin.

Thesis ini telah disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian Thesis.

Depok, 14 Juli 2008

Menyetujui Dosen Pembimbing,



Dr. Gandjar Kiswanto, M.Eng.

NIP. 132 137 846

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

**DR. Ir. Gandjar Kiswanto, M.Eng**

Selaku dosen pembimbing yang bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga penelitian tesis ini dapat selesai dengan baik.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas rahmat, pertolongan, dan karunia-Nya lah penulis mampu menyelesaikan pelaksanaan dan laporan seminar ini. Pada kesempatan ini, perkenankanlah penulis untuk mengucapkan terima kasih semua pihak yang telah memberikan doa, bimbingan, serta dukungan kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Kedua orang tua (Ayahanda H. Sumardi dan Ibunda Warsiti serta adindaku tersayang Dwi Kurniawati) dan keluarga yang telah memberikan suportnya dan dukungan dalam segala hal.
2. DR. Ir. Gandjar Kiswanto, M.Eng selaku dosen pembimbing penelitian yang banyak memberikan arahan dalam melakukan penelitian ini.
3. Dosen Penguji diantaranya : Bp. Hengky S Nugroho, M.Eng., Bp. Bambang Purwo Priyanto, Mkom, Bp. Jos Istiyanto, MT. yang banyak memberikan masukan, kritikan dan saran.
4. Seluruh staf pengajar dan karyawan dan karyawan Departemen Teknik Mesin yang telah banyak membantu dalam proses jalannya penelitian ini.
5. Dosen pembimbing gelar kesarjanaan yang mensupport saya tentang dasar-dasar pengetahuan *engineering* diantaranya : Dr. Mohammad Dhandhang P, M.Sc, Ir. Sungkono, MT, Wismanto S, MT dan lainnya.
6. Rekan satu tim dalam penelitian : Himawan Hadi S, Ahmad Kholil, Agung P dan Herwindo P yang telah memberikan banyak masukan dan saran terhadap penelitian dan penulisan ini.
7. P Edi Kresnha yang telah banyak memberikan pengertian dasar-dasar ilmu yang menjadi acuan penelitian, kawan-kawan di S2 Teknik Mesin yang telah memberikan dukungan baik secara teori dan konsistensi dalam penelitian.

Penulis juga ingin mengucapkan permohonan maaf yang sebesar-besarnya bila dalam proses penelitian, penulisan dan penyampaian teori dalam makalah ini banyak kesalahan. Besar harapan penulis atas dikembangkannya penulisan ini dikemudian hingga tuntas.

Jakarta, 19 Juni 2008

Penulis

Eko Arif Syaefudin

## DAFTAR ISI

|   |            |
|---|------------|
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN TESIS</b>  | <b>iv</b>  |
| <b>PENGESAHAN</b>   | <b>v</b>   |
| <b>UCAPAN TERIMA KASIH</b>  | <b>vi</b>  |
| <b>ABSTRAK</b>  | <b>vii</b> |
| <b>KATA PENGANTAR</b>   | <b>ix</b>  |
| <b>DAFTAR ISI</b>   | <b>x</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>  | <b>xii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL</b>   | <b>xv</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b>  | <b>xvi</b> |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>  | <b>1</b>   |
| <b>I.1 Latar belakang</b>   | <b>1</b>   |
| <b>I.2 Tujuan penelitian</b>  | <b>2</b>   |
| <b>I.3 Perumusan masalah</b>  | <b>2</b>   |
| <b>I.4 Batasan masalah</b>  | <b>2</b>   |
| <b>I.5 Metodologi penelitian</b>  | <b>3</b>   |
| <b>I.6 Sistematika Penulisan</b>  | <b>5</b>   |
| <br>  |            |
| <b>BAB II PROSES PEMESINAN CAD CAM</b>  | <b>7</b>   |
| <b>II.1. Struktur Model Faset 3D dan 3 Dimensi Obyek</b>                        | <b>7</b>   |
| <b>II.2. Metode mengidentifikasi <i>Feature</i>, model faset dan STL file</b>   | <b>9</b>   |
| <b>II.3. Informasi Vektor Normal</b>  | <b>11</b>  |
| <b>II.4. Arah Normal Vektor</b>   | <b>12</b>  |
| <b>II.5. Persamaan Garis Linier</b>   | <b>13</b>  |
| <b>II.6. Penentuan Tinggi Titik dalam Bidang</b>                                | <b>15</b>  |
| <b>II.7. Pengembangan Metode perhitungan <i>Normal Vektor</i> pada CC-point</b> | <b>16</b>  |
| <b>II.8. Jenis dan Type Pemesinan 5 Axis</b>                                    | <b>18</b>  |
| <b>II.9. Normalisasi Sumbu</b>  | <b>22</b>  |
| <br>  |            |
| <b>BAB III ANALISIS DATA</b>  |            |
| <b>III.1. Penyusunan index Vertex dalam Algoritma</b>                           | <b>21</b>  |
| <b>III.2. Normalisasi Sumbu</b>   | <b>22</b>  |

|  |  |    |
|--|--|----|
| III.3.   | Bucket   |    |
| III.4.   | Pembentukan Orientasi Pahat  |    |
| 3.3.1.   | Proses pemesinan awal ( <i>roughing</i> )                              | 24 |
| 3.3.2.   | Proses pemesinan akhir ( <i>finishing</i> )                            | 24 |
| III.5.   | Langkah implementasi Algoritma   | 25 |
| III.6.   | Pengindentifikasian <i>Bounded Volume</i>                              | 30 |
| 3.6.1.   | Daerah Terbatas Terbuka ( <i>Open Bounded Volume</i> )                 | 33 |
| 3.6.2.   | Daerah Terbatas tertutup ( <i>Close Bounded Volume</i> )               | 37 |
| <br>   |  |    |
| <b>BAB IV IMPLEMENTASI ALUR ALGORITMA PEMOGRAMAN DALAM<br/>MATLAB 6.5</b>    |  |    |
| IV.1.  | Penentuan Countur Obyek Awal berdasarkan STL file                      | 38 |
| IV.2.  | Operasi Inti   | 43 |
| 4.2.1.   | Pembacaan Vektor Normal dengan Radius Tool dan mendeteksi<br>kesolidan |    |
| 4.2.2.   | Mendeteksi Ruang terbatas dan Menampilkannya                           | 46 |
| 4.2.3.   | Deteksi <i>Close Bounded Volume</i>                                    | 49 |
| 4.2.4.   | Implementasi Vektor Pahat  | 51 |
| 4.2.5.   | Deteksi <i>Open Boundary Volume</i>                                    | 53 |
| <br>   |  |    |
| <b>BAB V SIMULASI GRAPHIC USER INTERFACE DAN STAND-ALONE<br/>APPLICATION</b> |  |    |
| V.1.   | Graphic User Interface   | 58 |
| 5.1.1.   | Desain Layout  | 59 |
| 5.1.2.   | Komunikasi Perangkat Sentuh  | 62 |
| V.2.   | STAND-ALONE Application  | 67 |
| <br>   |  |    |
| <b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN PENELITIAN LEBIH LANJUT</b>                   |  |    |
| VI.1.  | Kesimpulan   | 70 |
| VI.2.  | Saran  | 70 |
| <br>   |  |    |
| <b>DAFTAR ACUAN</b>  |  | 71 |
| <b>LAMPIRAN</b>  |  |    |



## DAFTAR GAMBAR

|                       |  |    |
|-----------------------|--|----|
| <b>Gambar I.1</b>     | Flowchart alur penelitian  | 4  |
| <b>Gambar II.1</b>    | Obyek Gambar yang dibuat dalam Software Uni-Graphich   | 8  |
| <b>Gambar II.2</b>    | Representasi obyek Model dalam STL file  | 6  |
| <b>Gambar II.3</b>    | Model Triangular Mesh 2D   | 9  |
| <b>Gambar II.4</b>    | Model Struktur Data I  | 10 |
| <b>Gambar II.5</b>    | Referensi Toleransi Triangulasi  | 10 |
| <b>Gambar II.6.</b>   | Contoh isi file stl  | 10 |
| <b>Gambar II.7</b>    | Arah Vektor Normal Segitiga  | 12 |
| <b>Gambar II.8</b>    | Arah Vektor Normal   | 13 |
| <b>Gambar II.9.</b>   | Sumbu vektor normal  | 13 |
| <b>Gambar II.10</b>   | Pemeriksaan titik apakah ada didalam atau diluar garis   | 13 |
| <b>Gambar II.11</b>   | titik yang memotong segitiga   | 13 |
| <b>Gambar II.12.</b>  | proyeksi segitiga pada bidang x.y  | 14 |
| <b>Gambar II.13a</b>  | <i>Normal Vektor</i>   | 17 |
| <b>Gambar II.13.b</b> | <i>Merupakan normal vector dari cc point yang jatuh pada vertek yang dikelilingi serangkaian segitiga.</i> | 17 |
| <b>Gambar II.13c</b>  | <i>Orientasi normal Vertex</i>   | 18 |
| <b>Gambar. II.14a</b> | Orientasi kepala holder  | 19 |
| <b>Gambar II.14b</b>  | orientasi meja berputar dengan sumbu holder tetap  | 19 |
| <b>Gambar II.14c</b>  | orientasi meja dan holder (orientasi keduanya)   | 19 |
| <b>Gambar II.15a</b>  | tegak lurus terhadap bidang datar  | 20 |
| <b>Gambar II.15b</b>  | tegak lurus dan berpusat pada Pahat.   | 20 |
| <b>Gambar II.15c</b>  | Tiga dimensi pemakan pada punggung pahat.  | 20 |
| <b>Gambar II.15d</b>  | Tiga dimensi berpusat pada <i>handle</i> pemakanan   | 21 |
| <b>Gambar II.16a</b>  | Contoh mesin 5-axis  | 21 |
| <b>Gambar II.16.b</b> | Contoh mesin 5 axis.   | 22 |
| <b>Gambar II.22.</b>  | Normalisasi koordinat  | 22 |
| <b>Gambar III.1.</b>  | Segitiga yang saling berdekatan, 1 node bisa dimiliki 2 segitiga atau lebih.                               | 23 |
| <b>Gambar III.2.</b>  | Normalisasi sumbu pada sebuah model faset  | 25 |

|                              |  |    |
|------------------------------|--|----|
| <b>Gambar III.3.a</b>        | Sebelah kiri koordinat tersusun masih acak belum dilakukan normalisasi   |    |
|                              | b. Sebelah kanan koordinat sudah pada posisi (0,0,0) dan obyek dalam satu kuadran kerja.                         | 25 |
| <b>Gambar III.4.</b>         | Proyeksi Bucketing pada sumbu X dan Y  | 26 |
| <b>Gambar III.5.</b>         | Segitiga dalam Bucket  | 27 |
| <b>Gambar III.6.</b>         | Hasil Perolehan posisi pada garis tengah lengkungan  | 28 |
| <b>Gambar III.7.</b>         | Proyeksi terhadap bidang planar  | 29 |
| <b>Gambar III.8.</b>         | Jalan alur sumbu pahat   | 29 |
| <b>Gambar III.9.</b>         | Pengecekan apakah titik berada di dalam atau di luar segitiga  | 30 |
| <b>Gambar III.10</b>         | Pendeteksian segitiga bertumpuk  | 29 |
| <b>Gambar III.11</b>         | Pendeteksian kesejajaran atau berpotongan pada vektor normal   | 31 |
| <b>Gambar III.12</b>         | Pendeteksian posisi titik tengah diantara 2 surface lungkung   | 32 |
| <b>Gambar III.13</b>         | Normal vector pada bidang <i>Open Bounded volume</i>   | 33 |
| <b>Gambar III.13.a1,a2,b</b> | Langkah Pembacaan Sumbu pada faset ketika mendeteksi <i>Open Bounded volume</i> dan sisi sampingnya              | 34 |
| <b>Gambar III.13.c</b>       | Langkah pembacaan lanjutan dari gambar 13.a1 dan 13.b sampai bertemu vector berlawanan sudut                     | 34 |
| <b>Gambar III.13.d,e</b>     | Contoh Ilustrasi pembacaan bidang kesadellan dalam Program   | 35 |
| <b>Gambar III.14.a</b>       | Bila tidak ada perbedaan sumbu maka dideteksi perbedaan tingginya  | 36 |
| <b>Gambar III.14.b,c</b>     | Deteksi Simpangan derajat antara <i>normal vector</i> dan sumbu pahat (segaris dengan garis pembacaan) pada OBV, | 36 |
| <b>Gambar III.15</b>         | Deteksi segitiga bertumpuk pada CBV.   | 37 |
| <b>Gambar IV.1.</b>          | Bentuk <i>Solid</i> model dalam obyek 3 Dimensi  | 38 |
| <b>Gambar IV.2</b>           | Contoh Bentuk Deteksi Surface  | 45 |
| <b>Gambar IV.3</b>           | Contoh Bentuk Deteksi Solid  | 45 |
| <b>Gambar IV.4 .</b>         | Tampilkan Vektor Normal  | 48 |

|                      |  |    |
|----------------------|--|----|
| <b>Gambar IV.5.</b>  | Hasil Plot dari pendeteksian terhadap <i>Close Boundary Volume</i>                               | 50 |
| <b>Gambar IV.6.a</b> | Menunjukkan gerak Orientasi Vektor Pahat   | 51 |
| <b>Gambar IV.6b</b>  | Gambar Alur Pahat dibuat dari posisi awal Pahat dari 2 arah bebas (ditengah terdapat solid)      | 52 |
| <b>Gambar IV.6c</b>  | Pandangan Dari atas, posisi jatuh pahat antar pahat berjarak sesuai dengan lebar radius tool     | 52 |
| <b>Gambar IV.7</b>   | Tampilan Deteksi <i>Open Bounded Volume</i> (a) tampak samping kanan dan (b) tampak samping kiri | 54 |
| <b>Gambar IV.8</b>   | Tampak samping Orientasi pahat pada bidang <i>close</i> dan <i>open bounded</i>                  | 56 |
| <b>Gambar IV.9</b>   | Tampak depan Orientasi pahat pada bidang <i>close</i> dan <i>open bounded</i> satu tingkat       | 57 |
| <b>Gambar V.1</b>    | Layout sederhana yang digunakan penulis untuk berkomunikasi antara operator dengan program inti. | 59 |
| <b>Gambar V.2</b>    | Menunjukkan fungsi <i>callback</i>   | 60 |
| <b>Gambar V.3</b>    | Operasi <i>Callback</i> dan setting  | 63 |
| <b>Gambar V.4a</b>   | Menunjukkan <i>command</i> perangkat sentuh (Input GUI)  | 64 |
| <b>Gambar V.4b</b>   | Menunjukkan <i>command</i> perangkat sentuh (Output GUI)   | 65 |
| <b>Gambar V.5a</b>   | Contoh aplikasi <i>Stand Alone</i> yang bergerak dalam Platform WindowsXP (TestAkhir.exe)        | 68 |
| <b>Gambar V.5b</b>   | Contoh aplikasi <i>Stand Alone</i> yang bergerak dalam Platform WindowsXP (TestAkhir.exe)        | 68 |
| <b>Gambar V.6a</b>   | Mode <i>ZoomViewer</i> diaktifkan.   | 69 |
| <b>Gambar V.6b</b>   | Mode <i>ZoomViewer</i> diaktifkan tampak atas  | 69 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabel III.1</b> Struktur table indeks segitiga..... | 23 |
| <b>Table III.2</b> Struktur table Indeks Vertek.....   | 24 |
| <b>Tabel V.1</b> Operator Tag dan parameternya .....   | 61 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |    |
|---|----|
| <b>Lampiran 1.</b> List Bahasa Program dalam Program <i>Matrik Laboratory</i> | 73 |
|---|----|