

**PENGEMBANGAN *LASER TRAJECTORY*
PROSES *RAPID PROTOTYPING* UNTUK
PRODUK BERKONTUR DAN PRISMATIK**

TESIS

Oleh

AHMAD KHOLIL

06 06 00 2843



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
PROGRAM PASCASARJANA BIDANG ILMU TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

**PENGEMBANGAN *LASER TRAJECTORY*
PROSES *RAPID PROTOTYPING* UNTUK
PRODUK BERKONTUR DAN PRISMATIK**

TESIS

Oleh

**AHMAD KHOLIL
06 06 00 2843**



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

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
PROGRAM PASCASARJANA BIDANG ILMU TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tesis dengan judul :

PENGEMBANGAN *LASER TRAJECTORY* *PROSES RAPID PROTOTYPING* UNTUK PRODUK BERKONTUR DAN PRISMATIK

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

Depok, 14 Juli 2008

AHMAD KHOLIL
NPM : 06 06 00 2843

PENGESAHAN

Tesis dengan judul :

PENGEMBANGAN *LASER TRAJECTORY* PROSES *RAPID PROTOTYPING* UNTUK PRODUK BERKONTUR DAN PRISMATIK

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi **Magister Teknik** pada Program Pascasarjana Teknik Manufaktur Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Tesis ini telah diujikan pada sidang ujian tesis pada tanggal 7 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai tesis pada Program Pascasarjana Teknik Manufaktur Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 14 Juli 2008

Dosen Pembimbing,

Dr. Ir. Gandjar Kiswanto, M.Eng.

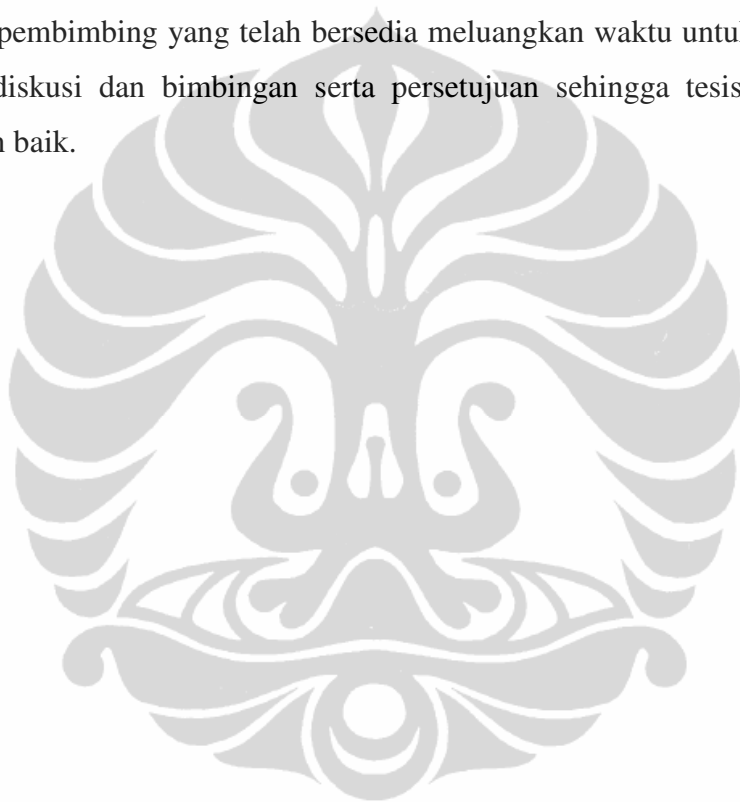
NIP : 132 137 846

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr. Ir. Gandjar Kiswanto, M.Eng.

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



Ahmad Kholil
NPM 06 06 002 843
Departemen Teknik Mesin

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Gandjar Kiswanto, M.Eng.

PENGEMBANGAN *LASER TRAJECTORY* PROSES *RAPID PROTOTYPING* UNTUK PRODUK BERKONTUR DAN PRISMATIK

ABSTRAK

Rapid prototyping atau *layered manufacturing* secara singkat merupakan proses fabrikasi produk dengan *layer by layer*, dimana material ditambahkan ke layer berturut-turut sesuai dengan *laser trajectory*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *laser trajectory* proses *rapid prototyping* untuk produk berkontur dan prismatic dengan arah *directional parallel*. Pengembangan ini menggunakan parameter *layer thickness* dan *hatch space* yang menjadi variabel dari interval bidang potong pembuatan *laser trajectory*.

Hasil penelitian ini berupa algoritma pembuatan *laser trajectory* pada model STL berkontur dan prismatic. Algoritma yang dikembangkan menampilkan *graphic user interface* (GUI) sehingga pemakai dapat menentukan model, memasukkan nilai parameter, dan kemudian mensimulasikan. Selain menghasilkan grafik, juga menghasilkan file *G-Code* yang disertai titik-titik koordinat penentu *laser trajectory*. Dari simulasi dengan beberapa model prismatic dan berkontur menghasilkan *laser trajectory* yang teratur sesuai dengan pola model dan file *G-Code* dalam format text.

Kata kunci : rapid prototyping, laser trajectory

Ahmad Kholil
NPM 06 06 002 843
Mechanical Engineering Department

Councillor
Dr. Ir. Gandjar Kiswanto, M.Eng.

LASER TRAJECTORY DEVELOPMENT FOR RAPID PROTOTYPING PROCESS OF SCULPTURED AND PRISMATIC PARTS

ABSTRACT

Rapid Prototyping or layered manufacturing simply is parts fabrication process with layer by layer, where material added to layer successively as according to laser trajectory. This research aim to laser trajectory generation of rapid prototyping process for sculptured and prismatic parts with directional parallel. The development use parameter layer thickness, and hatch space as variable of slicing interval to generate laser trajectory.

The result is algorithm of laser trajectory generation for sculptured and prismatic of STL model. The algorithm presenting graphic user intervace (GUI) in order to user can determine model, input parameter value, and than simulate model. Beside yielding graph, also yield G-Code file accompanied coordinate points as determinant laser trajectory. From simulation of model sculptured and prismatic resulting laser trajectory consecutively as according to model pattern and G-Code file in text format.

Keywords : rapid prototyping, laser trajectory

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang dengan rahmat dan hidayah-Nya, Tesis ini bisa terselesaikan dengan baik.

Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi S2 bidang manufaktur, laporan tesis terdiri dari lima bagian, yaitu: pendahuluan, *rapid prototyping*, algoritma pembuatan *laser trajectory*, pengujian simulasi dan analisa akhir, serta kesimpulan dan saran penelitian lebih lanjut.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Gandjar Kiswanto, M.Eng., sebagai pembimbing tesis yang telah memberikan kesempatan, bimbingan, saran, dan kritik kepada penulis yang sangat berguna bagi penelitian ini.
2. Dr. Ir. Harinaldi, M.Eng., sebagai Kepala Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia.
3. Seluruh staff pengajar S2 Teknik Manufaktur yang telah mendidik dan membimbing penulis hingga bisa menyelesaikan studi dengan baik.
4. Orang Tua, Istri, dan Keluarga yang telah memberikan dukungan dan semangat untuk terus belajar.
5. Teman-teman se-angkatan di jurusan manufaktur.

Penulis sadar bahwa "*Tidak ada gading yang tak retak*". Tesis ini masih belum sempurna. Segala kritik dan saran akan sangat dihargai. Semoga hasil tesis ini bermanfaat bagi kemajuan pengembangan penelitian *rapid prototyping* lebih lanjut.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Depok, 14 Juli 2008

Penulis

DAFTAR ISI

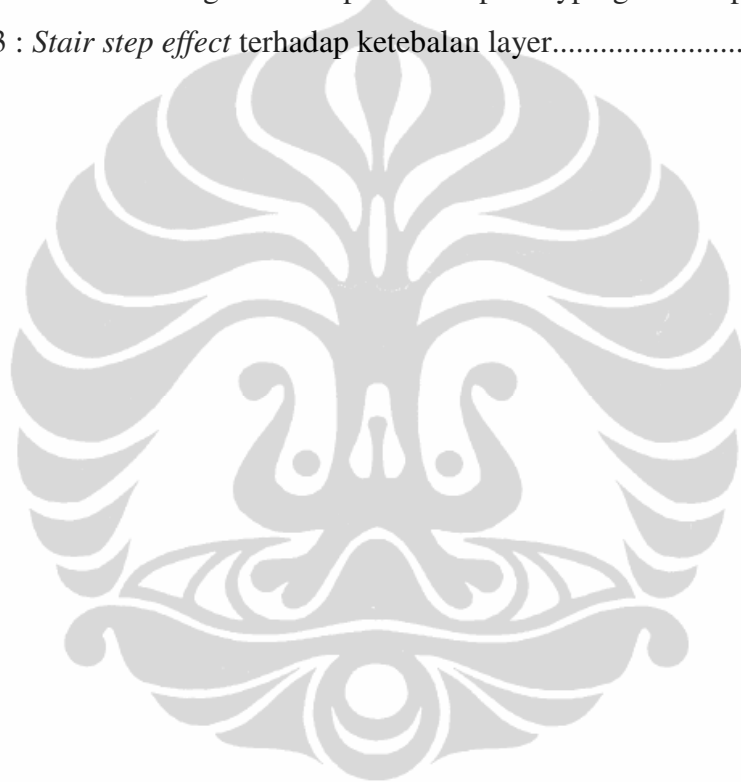
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	i
PENGESAHAN	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Pembatasan Masalah	4
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II <i>RAPID PROTOTYPING</i>	6
2.1 Klasifikasi <i>Rapid Prototyping</i>	6
2.2 Proses <i>Rapid Prototyping</i>	8
2.3 Parameter Proses <i>Rapid Prototyping</i>	11
2.4 Reviuw <i>Slicing</i> dan Pembuatan Lintasan.....	14
2.5 Model <i>Facet 3D</i>	16
2.6 Metode Penentuan CC-Point.....	19
2.7 Metode Perpotongan Sisi Segitiga Dengan Bidang-Z	22

BAB III ALGORITMA PEMBUATAN <i>LASER TRAJECTORY</i>	24
3.1 Algoritma <i>Generate Laser Trajectory</i>	24
3.2 Penentuan Index Segitiga, Index Vertex, dan Kordinat Vertex	28
3.3 Penentuan Index Segitiga yang Berpotongan	33
3.4 Penentuan CC-Point Tiap <i>Slicing</i>	35
3.5 Penentuan Lintasan Setiap Layer	38
3.6 Algoritma Keseluruhan	39
BAB IV PENGUJIAN SIMULASI DAN ANALISA HASIL	41
4.1 GUI Proses Pembuatan <i>Laser Trajectory</i>	41
4.2 Simulasi Program	45
4.3 Hasil Simulasi Model Prismatik	48
4.4 Hasil Simulasi Model Berkontur	54
4.5 Pengaruh Parameter Proses Terhadap Keakuratan	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN PENELITIAN LEBIH LANJUT	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran Penelitian Lebih Lanjut	63
DAFTAR ACUAN	64
LAMPIRAN	65

DAFTAR GAMBAR

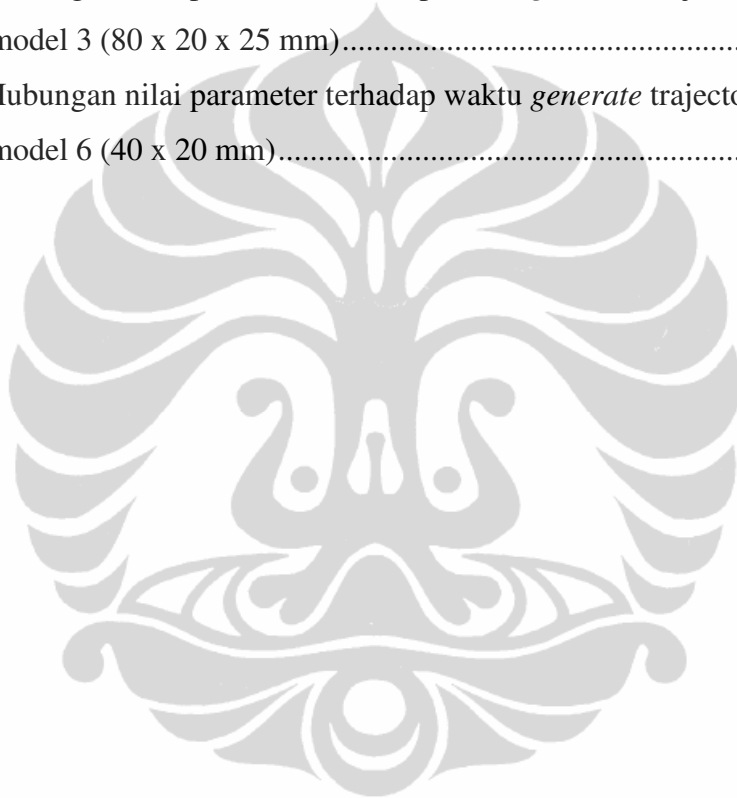
Gambar II.1 : Macam-macam proses RP	7
Gambar II.2 : Diagram proses <i>rapid prototyping</i>	9
Gambar II.3 : Proses <i>Selective Laser Sintering</i> (SLS)	10
Gambar II.4 : Contoh produk <i>prototyping</i>	11
Gambar II.5 : Metode <i>slicing</i> pada RP	13
Gambar II.6 : Simulasi Virtual proses <i>rapid prototyping</i>	14
Gambar II.7 : STL ASCII Format.....	16
Gambar II.8 : Contoh isi file STL.....	17
Gambar II.9 : Arah pencarian perpotongan antara bidang potong dengan model <i>facet</i>	21
Gambar II.10 : Garis pada ruang R3	22
Gambar III.1 : Algoritma <i>laser trajectory</i>	24
Gambar III.2 : File STL input	25
Gambar III.3 : <i>Slicing</i> dengan interval seragam pada sumbu-z	25
Gambar III.4 : Permukaan layer pada tahapan <i>slicing</i>	26
Gambar III.5 : <i>Path elements generation</i>	26
Gambar III.6 : <i>Path lingking</i>	27
Gambar III.7 : Hasil output: a. <i>laser trajectory</i> , b. File <i>G-Code</i>	27
Gambar III.8 : Model dan File STL Balok.....	29
Gambar III.9 : Index segitiga, index vertex, dan koordinat vertex	32
Gambar III.10 : Titik perpotongan segitiga yang mungkin.	34
Gambar III.11 : Persamaan garis pada ruang R3	36
Gambar III.12 : Penentuan titik selanjutnya.	37
Gambar III.13 : Penentuan titik-titik path elements.....	38
Gambar IV.1 : Algoritma pada GUI	41
Gambar IV.2 : Tampilan GUI Program	45
Gambar IV.3 : Model prisma untuk file input	46
Gambar IV.4 : Model berkontur untuk file input	47
Gambar IV.5 : Hasil simulasi model 1.....	48

Gambar IV.6 : File output model 1 dengan kode mesin	49
Gambar IV.7 : Hasil simulasi model 2.....	50
Gambar IV.8 : Hasil simulasi model 3.....	52
Gambar IV.9 : Hasil simulasi model 4.....	54
Gambar IV.10 : Hasil simulasi model 5.....	56
Gambar IV.11 : Hasil simulasi model 6.....	57
Gambar IV.12 : Grafik hubungan antara parameter prototyping terhadap waktu.	59
Gambar IV.13 : <i>Stair step effect</i> terhadap ketebalan layer.....	60



DAFTAR TABEL

Tabel II.1 : Karakteristik proses <i>rapid prototyping</i>	8
Tabel II.2 : Tabel struktur index segitiga	19
Tabel II.3 : Tabel struktur index vertex	19
Tabel IV.1 : Hubungan nilai parameter terhadap waktu <i>generate trajectory</i> model 3 (80 x 20 x 25 mm).....	53
Tabel IV.2 : Hubungan nilai parameter terhadap waktu <i>generate trajectory</i> model 6 (40 x 20 mm).....	58



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PROGRAM PEMBUATAN <i>LASER TRAJECTORY</i>	65
LAMPIRAN 2a. FILE OUTPUT MODEL 1.....	77
LAMPIRAN 2b. FILE OUTPUT MODEL 2	79
LAMPIRAN 2c. FILE OUTPUT MODEL 3.....	83
LAMPIRAN 2d. FILE OUTPUT MODEL 4	93
LAMPIRAN 2e. FILE OUTPUT MODEL 5.....	106
LAMPIRAN 2f. FILE OUTPUT MODEL 6.....	109

