

**SKRIPSI**  
**ANALISIS GAYA POTONG DAN GAYA**  
**PEMAKANAN PADA PROSES PEMESINAN BUBUT**  
**TITANIUM Ti6Al4V**



**SIDIK ALMALIKI**  
**03051181419005**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2019**

**SKRIPSI**  
**ANALISIS GAYA POTONG DAN GAYA**  
**PEMAKANAN PADA PROSES PEMESINAN BUBUT**  
**TITANIUM Ti6Al4V**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana**  
**Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH :**  
**SIDIK ALMALIKI**  
**03051181419005**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS GAYA POTONG DAN GAYA PEMAKANAN PADA PROSES PEMESINAN BUBUT TITANIUM Ti6AL4V


### SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya


Oleh:

**SIDIK ALMALIKI**  
**03051181419005**


Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

  
Irsyadi Yanti, S.T, M. Eng, Ph.D  
NIP. 19711225 199702 1 001

Inderalaya, Juli 2019  
Diperiksa dan disetujui oleh  
Pembimbing Skripsi

  
Dipl.-Ing. Ir. Amrifan S. M, Ph.D  
NIP. 19640911 199903 1 002

JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. : 031/tm/ak/2019  
Diterima Tanggal : 7/11/2019  
Paraf : 

### SKRIPSI

NAMA : SIDIK ALMALIKI  
NIM : 03051181419005  
JURUSAN : TEKNIK MESIN  
JUDUL : ANALISIS GAYA POTONG DAN GAYA  
PEMAKANAN PADA PROSES PEMESINAN  
BUBUUT TITANIUM Ti6Al4V.  
DIBERIKAN : Oktober 2017  
SELESAI : April 2019

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yan, S.T, M. Eng, Ph.D  
NIP. 19711225 199702 1 001

Inderalaya, Juli 2019  
Diperiksa dan disetujui oleh:  
Pembimbing Skripsi



Dipl.-Ing. Ir. Amrifan S. M, Ph. D  
NIP. 19640911 199903 1 002

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi dengan judul “Analisis Gaya Potong dan Gaya Pemakanan pada Proses Pemesinan Bubut Titanium Ti6Al4V” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 30 April 2019.

Palembang, Mei 2019

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua Penguji :

1. Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D  
NIP. 19790927 200312 1004

(  )

Anggota Penguji :

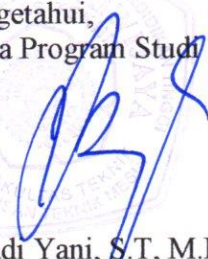
1. Qomarul Hadi, S.T, M.T  
NIP. 19690213 199503 1 001

(  )


2. Gunawan, S.T, M.T, Ph.D  
NIP. 19770507 200112 1 001

(  )

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Mesin

  
Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D  
NIP. 19711225 199702 1 001

Pembimbing Skripsi

  
Dipl.-Ing. Ir. Amrifan. S. M, Ph.D  
NIP. 19640911 199903 1 002

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sidik Almaliki

NIM : 03051181419005

Judul : Analisis Gaya Potong dan Gaya Pemakanan pada Proses Pemesinan  
Bubut Titanium Ti6Al4V.

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (Corresponding author)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Inderalaya, Juli 2019



Sidik Almaliki

Nim. 03051181419005

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sidik Almaliki

NIM : 03051181419005

Judul : Analisis Gaya Potong dan Gaya Pemakanan pada Proses Pemesinan  
Bubut Titanium Ti6Al4V.

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Sidik Almaliki  
03051181419005

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi ini.

Skripsi ini yang berjudul “Analisis Gaya Pemotongan dan Gaya Pemakanan pada Proses Pemesinan Bubut Titanium Ti6Al4V menggunakan *Software* DEFORM-2D”, disusun untuk dapat melengkapi persyaratan dalam menempuh ujian sarjana di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam pengerjaan skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun secara tidak langsung, baik secara moril maupun spiritual. Penulis mengucapkan rasa trimakasih tak terhingga kepada :

1. Orang tua penulis yang selalu mendukung penulis dan telah meberikan bantuan usaha dan do'a dari awal sampai akhir kuliah sehingga semuanya berjalan lancar.
2. Bapak Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Univeritas Sriwijaya.
3. Bapak Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dipl.-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph. D, selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang banyak sekali memberikan ilmu, arahan, saran, dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Ismail Thamrin, S.T, M.T, yang telah banyak memberikan petuah-petuah bijak dan humor selama bimbingan.
6. Bapak Arie Yudha Budiman, S.T, M.T, yang juga telah banyak memberikan arahan dan saran kepada penulis.
7. Seluruh Staf Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
8. Kak Irwanto, Kak Yanwar, dan Kak Sapril yang juga telah banyak membantu dalam menyelesaikan urusan administrasi berkas-berkas.



7. Kak Muhammad Zahir, S.T, M.T, yang telah banyak memberikan bantuan dan arahan ke jalan yang lurus dalam penulisan tugas akhir skripsi ini.
8. Sahabat-sahabatku Hanipa dan Satria yang telah banyak memberikan semangat dan motivasi dan bantuan semasa kuliah serta canda-tawa disaat senang dan susah.
9. Teman seperjuangan pejuang S.T di akhir masa kuliah ini Bobie, Hanipa, Satria dan teman-teman Teknik Mesin khususnya Angkatan 2014 “*Solidarity Forever Brother*”.
10. Teman semasa kuliah Kampus Indralaya Teknik Mesin 2014 Kelas A (Komponen Squad-A).
11. Teman-teman KBK Produksi 2014 .
12. Perempuan yang saat ini ada di sisiku Karolin Febiola, yang Insya Allah nanti akan aku Sah kan.
13. Kang Tole, selaku pemilik kolam pemancingan yang juga menjadi tempat bagi penulis untuk mencari inspirasi dan mengerjakan tugas akhir skripsi ini.
14. Teman-Teman mancing dikolam dan teman mancing ngebolang yang tidak bisa kusebut namanya satu-persatu, yang selalu menanyakan “kapan wisuda ndrong ?”.
14. Almamaterku Tercinta.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan karya ilmiah skripsi ini masih banyak sekali kekurangan, karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan supaya dapat lebih baik lagi dikemudian hari.

Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa akan datang.

## RINGKASAN

### ANALISIS GAYA PEMOTONGAN DAN GAYA PEMAKANAN PADA PROSES PEMESINAN BUBUT TITANIUM Ti6Al4V

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, April 2019

Sidik Almaliki, Dibimbing oleh Dipl.-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph. D

Analysis Cutting Forced in Turning Titanium Ti6Al4V Uses DEFORM-2D Software

xxix + 54 Halaman, 7 Tabel, 36 Gambar, 1 Lampiran

### RINGKASAN

Proses bubut adalah salah satu proses pemesinan yang banyak digunakan dalam dunia manufaktur. Pada umumnya, mesin bubut merupakan mesin perkakas untuk pemotongan logam (metal cutting process). Fungsi utama mesin bubut adalah untuk pengerjaan benda kerja dengan bentuk silinder. Saat ini di industri pemesinan, proses hard turning sedang digunakan untuk mendapatkan tingkat pelepasan material yang tinggi. Untuk keberhasilan implementasi pembubutan keras, pemilihan parameter yang sesuai untuk pahat potong, benda kerja dan peralatan mesin adalah hal yang sangat penting. Studi tentang gaya potong sangat penting dalam proses bubut karena gaya potong berhubungan erat dengan kinerja pemotongan logam seperti kekasaran permukaan, keausan pahat potong, kerusakan pahat, dan suhu pemotongan. Gaya potong yang dihasilkan umumnya dikelompokkan menjadi tiga komponen, yaitu feed forced, thrust forced, dan cutting forced. Besarnya gaya potong saat proses pemotongan berlangsung dipengaruhi oleh beberapa parameter antara lain adalah kecepatan potong, gerak pemakanan, kedalaman potong, pahat potong, material benda kerja, dan material pahat potong. Titanium Ti6Al4V banyak digunakan untuk material ruang angkasa dan sangat andal di berbagai bidang aplikasi untuk ketahanan terhadap korosi, kekerasan, ketangguhan yang sangat baik dan rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi dibandingkan paduan titanium lainnya. Karena hal tersebut, Titanium Ti6Al4V ini bisa diklarifikasikan bahan yang sulit dipotong. Kendala lain yang terlibat adalah akumulasi panas di zona pemotongan karena konduktivitas termal yang rendah mengakibatkan panas yang dihasilkan akibat pemotongan tidak dapat dihamburkan secara efektif melalui chip pemotong dan bahan benda kerja. Dalam penelitian ini akan mencari nilai gaya pemotongan dan nilai gaya pemakanan pada proses pemesinan bubut titanium Ti6Al4V

menggunakan simulasi FEM Software DEFORM-2D. Penelitian ini dibatasi pada kondisi pemotongan tegak (orthogonal cutting) 2D, dimana pada pemotongan tegak (orthogonal cutting) 2D hanya ada 2 gaya yang berlaku yaitu gaya terhadap arah kecepatan potong ( $F_c$ ) dan gaya terhadap arah pemakanan ( $F_t$ ). Dalam penelitian ini parameter yang digunakan adalah kecepatan potong ( $V_c$ ) 120 m/min dan pemakanan ( $f$ ) 0.1 mm/rev. Kondisi pemesinan yang digunakan pada simulasi FEM ini adalah pemotongan kering, dimana pada simulasi FEM ini tidak ada cairan pendingin yang digunakan. Pada simulasi ini material pahat potong yang digunakan adalah WC tidak berlapis dan pahat WC berlapis, dan material pelapis pahat potong yang digunakan adalah TiAlN. Hasil analisis pada penelitian ini akan membandingkan hasil dari simulasi FEM menggunakan Software DEFORM-2D dengan hasil dari jurnal yang menjadi acuan. Hasil yang didapatkan dari simulasi FEM menggunakan software DEFORM-2D gaya potong ( $F_c$ ) pada pahat WC tidak berlapis lebih besar dibandingkan pada pahat WC berlapis TiAlN. Sedangkan untuk nilai gaya pemakanan ( $F_t$ ) pada proses pemesinan bubut titanium Ti6Al4V menggunakan pahat WC tidak berlapis lebih besar dibandingkan pahat WC berlapis TiAlN. Dari hasil simulasi FEM tersebut nilai gaya potong ( $F_c$ ) pada pahat WC tidak berlapis sebesar 239.30 N dan pada pahat WC berlapis TiAlN sebesar 237.94 N, untuk nilai gaya pemakanan ( $F_t$ ) pada pahat WC tidak berlapis sebesar 182.01 N dan pada pahat WC berlapis TiAlN sebesar 181.50 N pada kondisi pemotongan kering dan parameter pemotongan yang sama. Dari hasil simulasi FEM tersebut penggunaan pelapis TiAlN pada pahat potong berpengaruh dalam menurunkan nilai gaya potong ( $F_c$ ). Hal serupa juga terjadi pada gaya pemakanan ( $F_t$ ), dimana nilai gaya pemakanan ( $F_t$ ) pada pahat WC tidak berlapis lebih besar dibandingkan pada pahat WC berlapis TiAlN. Dari hasil simulasi FEM proses pemesinan tersebut pemberian material pelapis TiAlN berpengaruh dapat menurunkan nilai gaya potong ( $F_c$ ) dan gaya pemakanan ( $F_t$ ) yang dihasilkan.

**Kata Kunci** : DEFORM-2D, Gaya Potong, Gaya Pemakanan, Titanium Ti6Al4V, Pemotongan Kering.

## SUMMARY

### ANALYSIS CUTTING FORCED AND FEED FORCED IN TURNING TITANIUM Ti6Al4V

Scientific Paper in the form of Skripsi, April 2019

Sidik Almaliki, Supervised by Dipl.-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohrni, Ph. D

Analisis Gaya Potong dan Gaya Pemakanan pada Proses Pemesinan Bubut Titanium Ti6Al4V menggunakan Software DEFORM-2D.

xxix + 54 Pages, 7 Table, 36 Picture, 1 Attachment

### SUMMARY

Turning process is one of the machining process that are widely used in the world of manufacturing. In general, turning are machine tools for metal cutting process. The main function of a turning process is to work on a workpiece with a cylindrical shape. Currently in the machining industry, difficult to change processes are being used to obtain high levels of material removal. To win the hard turning agreement, the selection of suitable parameters for cutting tools, workpiece equipment and equipment is very important. The study of cutting forced is very important in the turning process because the cutting forced is related to metal layers such as surface roughness, tool wear cutting tool, tool damage, and cutting temperature. The cutting forced produced is generally grouped into three components, namely feed forced, thrust forced, and cutting forced. The amount of cutting forced during the cutting process takes place by several parameters including cutting speed, feed rate, cutting speed, cutting tool, workpiece material, and cutting tool material. Titanium Ti6Al4V is widely used for space materials and is very reliable in various fields of application for corrosion, defense, excellent toughness and higher strength to weight ratios compared to other titanium alloys. Because of this, Titanium Ti6Al4V can be clarified with hard-to-cut beans. The constraints involved are heat accumulation in the cutting zone because the low thermal conductivity produced by the heat produced cannot be effectively dissipated through cutting chips and workpiece material. In this study, we will look for the cutting forced value and the value of feeding forced in the turning titanium Ti6Al4V machining process using FEM software DEFORM-2D simulation. This research is limited to 2D orthogonal cutting conditions, where in 2D orthogonal cutting there are only 2 forced that apply, namely the forced to the direction of cutting speed ( $F_c$ ) and the forced to

the direction of feed ( $F_t$ ). In this study the parameters used are cutting speed ( $V_c$ ) 120 m/min and feeding ( $f$ ) 0.1 mm/rev. The machining conditions used in this FEM simulation are dry cutting, where in this FEM simulation no coolant is used. In this simulation the cutting tool material used is a non-layered WC and layered WC tool, and the coating material used is TiAlN. The results of the analysis in this study will compare the results of the FEM simulation using Software DEFORM-2D with the results of the reference journal. The results obtained from the FEM simulation using software DEFORM-2D cutting forced ( $F_c$ ) on a non-layered WC tool are greater than the TiAlN-coated WC tool. Whereas for the in feed forced value ( $F_t$ ) in the Ti6Al4V titanium turning machining process using a non-layered WC tool is greater than the TiAlN-coated WC tool. From the FEM simulation results the cutting forced value ( $F_c$ ) on non-layered WC tool is 239.30 N and on TiAlN layered WC tool is 237.94 N. Whereas for the value of feed forced ( $F_t$ ) on non-layered WC tool of 182.01 N and in TiAlN coated WC tool at 181.50 N on the same dry cutting conditions and cutting parameters. From the results of this FEM simulation using the TiAlN layer on the trimmed tool in reducing the cutting forced value ( $F_c$ ). The same is true for the feed forced ( $F_t$ ), where the value of the feed forced ( $F_t$ ) on the WC tool is not larger than the TiAlN-coated WC tool. From the results of the FEM simulation the machining process gives the effect of influential TiAlN coating material can reduce the value of the cutting forced ( $F_c$ ) and the feed forced ( $F_t$ ) produced.

**Keyword** : DEFORM-2D, Cutting Forced, Feed Forced, Titanium Ti6Al4V, Dry Cutting.

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	xiii
RINGKASAN .....	15
SUMMARY .....	17
DAFTAR ISI .....	19
DAFTAR GAMBAR .....	21
DAFTAR TABEL .....	23
DAFTAR SIMBOL.....	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan dari Penelitian.....	4
1.5 Manfaat dari Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Proses Pemesinan Bubut ( <i>Turning Process</i> ).....	7
2.2 Parameter Dasar Pemesinan Bubut.....	7
2.3 Gaya Potong ( <i>Cutting Forces</i> ).....	8
2.4 Tipe Pemotongan .....	9
2.4.1 Pemotongan Tegak ( <i>Orthogonal Cutting</i> ) .....	10
2.4.2 Pemotongan <i>Oblique</i> .....	10
2.5 Alat Potong (Cutting Tool).....	11
2.5.1 Pahat Bubut .....	11
2.5.2 Geometri Pahat Bubut .....	12

2.6	Material Pahat .....	13
2.6.1	Pahat karbida .....	13
2.7	Pelapisan Pahat .....	14
2.8	Benda Kerja .....	15
2.8.1	Titanium Ti6Al4V .....	15
2.9	Pemotongan Kering ( <i>Dry Cutting</i> ) .....	15
2.10	Metode Elemen Hingga (MEH).....	16
2.11	Referensi Sebelumnya .....	17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....		19
3.1	Diagram Alir Penelitian .....	19
3.2	Prosedur Penelitian .....	20
3.3	Pengumpulan Data Penelitian .....	21
3.4	Tampilan Awal <i>Software</i> DEFORM-2D3D. ....	22
3.5	Prosedur Simulasi Menggunakan <i>Software</i> DEFORM-2D .....	23
BAB 4 HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN .....		35
4.1	Hasil Simulasi FEM Penelitian yang menjadi Acuan.....	35
4.2	Proses Pembuatan Model Simulasi FEM.....	36
4.3	Hasil Simulasi FEM Gaya Potong .....	45
4.4	Hasil Simulasi Gaya Pemakanan .....	48
4.5	Tabel Hasil Simulasi .....	49
4.6	Pembahasan .....	50
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		53
5.1	Kesimpulan .....	53
5.2	Saran .....	53
DAFTAR RUJUKAN .....		i

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Merchant Diagram</i> (Boothroyd and Knight, 1989).....	9
Gambar 2.2	<i>Orthogonal Cutting</i> (Altintas, 2013). ....	10
Gambar 2.3	<i>Oblique Cutting</i> (Altintas, 2013). ....	11
Gambar 2.4	Geometri Pahat Bubut (Kesavan and Ramnath, 2010).....	12
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian. ....	19
Gambar 3.2	Tampilan Jendela Awal <i>Software</i> DEFORM-2D. ....	22
Gambar 3.3	Pemberian Nama <i>File</i> Simulasi FEM dan Pemilihan Satuan Ukuran yang digunakan.....	24
Gambar 3.4	Tahap <i>Process Setup</i> untuk Pemberian Nilai Kecepatan Potong dan <i>feed rate</i> . ....	25
Gambar 3.5	Tahap <i>Process Condition</i> . ....	25
Gambar 3.6	Tampilan Pembuatan dan Pemberian Geometri Pahat Potong pada <i>Software</i> DEFORM-2D. ....	26
Gambar 3.7	Pemberian Material Pelapis pada Pahat Potong. ....	27
Gambar 3.8	Pemberian Material pada Pahat Potong. ....	27
Gambar 3.9	Pembuatan dan Pemberian Ukuran pada Benda Kerja pada <i>Software</i> DEFORM-2D. ....	28
Gambar 3.10	Pemberian Material pada Benda Kerja. ....	29
Gambar 3.11	Tampilan untuk Menentukan Posisi Pahat Potong terhadap Benda Kerja pada <i>Software</i> DEFORM-2D. ....	29
Gambar 3.12	Tampilan <i>Database Generation</i> . ....	30
Gambar 3.13	Tampilan Jendela Simulator pada <i>software</i> DEFORM-2D. ....	31
Gambar 3.14	Tampilan Jendela awal <i>Post-Processor</i> yang akan di klik. ....	32
Gambar 3.15	Tampilan Awal <i>Post-Processor</i> pada <i>software</i> DEFORM-2D. ....	32
Gambar 3.16	Tampilan Input Parameter Gaya atau Graph (Load-Stroke).....	33
Gambar 3.17	Tampilan Contoh Parameter Gaya yang akan di Prediksi. ....	34
Gambar 4.1	Pemberian Nama dan Satuan Ukuran. ....	36
Gambar 4.2	Pemberian Nilai Kecepatan Potong dan Laju Pemakan pada <i>software</i> DEFORM-2D. ....	37



Gambar 4.3	Kondisi Pemesinan.....	38
Gambar 4.4	Pembuatan dan Pemberian Geometri Pahat Potong.....	39
Gambar 4.5	Pemberian Pelapisan pada Pahat Potong. ....	40
Gambar 4.6	Pemberian Material Pahat Potong pada <i>Software</i> DEFORM-2D. .....	41
Gambar 4.7	Pembuatan dan Pemberian Geometri Benda Kerja. ....	41
Gambar 4.8	Pemberian Material Benda Kerja.....	42
Gambar 4.9	Menentukan Nilai Panjang Pemotongan pada Simulasi FEM pada <i>software</i> DEFORM-2D. ....	43
Gambar 4.10	<i>Generated Database.</i> ....	43
Gambar 4.11	Proses Memulai <i>Running Simulation.</i> ....	44
Gambar 4.12	Hasil Simulasi FEM Gaya Potong.....	45
Gambar 4.13	Grafik Hasil Simulasi FEM Gaya Potong menggunakan Pahat WC Tidak Berlapis. ....	46
Gambar 4.14	Grafik Hasil Simulasi FEM Gaya Potong menggunakan Pahat WC Berlapis TiAlN. ....	47
Gambar 4.15	Grafik Hasil Simulasi FEM pada Gaya Pemakanan pada Pahat WC Tidak Berlapis. ....	48
Gambar 4.16	Grafik Hasil Simulasi FEM pada Gaya Pemakanan pada Pahat WC Berlapis TiAlN. ....	49

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Kondisi Batas Pemesinan (Özel <i>et al.</i> , 2010).....	21
Tabel 3.2	Sifat Mekanik Benda Kerja Titanium Ti6Al4V (Pontevedra <i>et al.</i> , 2018).....	21
Table 3.3	Sifat Mekanik Pahat Potong WC (Xi <i>et al.</i> , 2014).....	22
Tabel 3.4	Geometri Pahat Potong (Özel <i>et al.</i> , 2010).....	22
Tabel 4.1	Hasil simulasi FEM pada penelitian (Özel <i>et al.</i> , 2010).....	35
Tabel 4.2	Hasil Simulasi FEM menggunakan Pahat WC Tidak Berlapis dan Berlapis TiAlN pada <i>software</i> DEFORM-2D.....	50



## DAFTAR SIMBOL

Lambang	Keterangan	Satuan
$V_c$	Kecepatan Potong	m/min
$f$	Pemakanan	mm/rev
$d$	Diameter	mm
$d_o$	Diameter awal	mm
$d_i$	Diameter akhir	mm
$F_c$	Gaya potong	N
$F_t$	Gaya pemakanan	N
$l_{oc}$	Panjang pemotongan	mm
$T$	<i>Temperature</i>	°C
$a$	Kedalaman ppotong	mm
$n$	Putaran spindel	rpm
$t_c$	Waktu pemotongan	min
	Ketebalan pelapis	μm
$\pi$	Phi	
$r$	Rasio	
$\gamma_o$	<i>Rake angle</i>	°
$\alpha$	<i>Relief angle</i>	°
$r_\beta$	<i>Cutting edge radius</i>	μm
$m$	<i>Shear friction factor</i>	
$v_f$	Kecepatan pemakanan	mm/min



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Proses pemesinan bubut adalah salah satu proses pemesinan yang paling banyak digunakan dalam dunia manufaktur. Dengan semakin meningkatnya penerapan untuk proses pemesinan terkhusus pada proses bubut untuk dapat mengoptimalkan prediksi gaya potong dan parameter pemesinan (Zhang and Guo, 2015).

Pada umumnya, mesin bubut adalah mesin perkakas yang berfungsi untuk proses pemotongan logam (*metal cutting process*). Mesin bubut memiliki fungsi utama yaitu untuk pengerjaan benda kerja yang berbentuk silinder (Susila *et al.*, 2013).

Gesekan yang terjadi antara pahat dengan benda kerja ketika pemotongan berlangsung menimbulkan *temperature* yang berlebih. Hampir seluruh energi pemotongan diubah menjadi energi panas melalui gesekan saat proses pemotongan berlangsung. Karena tekanan yang besar akibat gaya pemotongan serta *temperature* yang tinggi, maka permukaan aktif dari pahat akan mengalami keausan (Žitňanský *et al.*, 2014).

Ti6Al4V banyak digunakan untuk material luar angkasa dan sangat andal di berbagai bidang aplikasi untuk ketahanan terhadap korosi, kekerasan, ketangguhan yang sangat baik dan rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi dibandingkan paduan titanium lainnya. Karena itu, paduan ini bisa diklasifikasikan bahan yang sulit dipotong. Kendala lain yang terlibat adalah akumulasi panas di zona pemotongan karena konduktivitas termal yang buruk mengakibatkan panas yang dihasilkan tidak dapat dihamburkan secara efektif melalui *chip* pemotong dan bahan benda kerja (Mohrni *et al.*, 2017).

Pada kasus pemotongan kering, kenaikan suhu di daerah pemotongan akan terjadi dengan waktu yang sangat singkat. Bila kenaikan panas terfokus di suatu

tempat tertentu dapat menyebabkan kenaikan *temperature* di zona pemotongan yang melewati batas. Kenaikan panas yang melewati batas ini bisa mengakibatkan kerusakan pada pahat potong dan kegagalan proses (Wiyono, 2014).

Saat ini di industri pemesinan proses *hard turning* sedang digunakan untuk mendapatkan tingkat pelepasan material yang tinggi. Untuk keberhasilan implementasi pembubutan keras, pemilihan parameter pemotongan yang sesuai untuk pahat potong, benda kerja dan peralatan mesin adalah langkah yang sangat penting. Studi tentang gaya potong sangat penting dalam proses bubut karena gaya potong berhubungan erat dengan kinerja pemotongan logam seperti kekasaran permukaan (*surface roughness*), keausan pahat (*tool wear*), kerusakan pahat, suhu pemotongan, dll. Gaya potong yang dihasilkan umumnya dikelompokkan menjadi tiga komponen, yaitu *feed force*, *thrust force*, dan *cutting forces* (Bonneau and Lebreuil, 2012).

Besarnya gaya potong saat proses pemotongan berlangsung dipengaruhi oleh beberapa elemen dasar pemesinan antara lain kecepatan potong, gerak pemakanan, kedalaman potong, pahat potong, material benda kerja, dan cara pendinginan benda kerja (Pradeesh *et al.*, 2016).

Akhir-akhir ini, cairan pemotongan bekas (cairan pemotongan yang telah habis masa pakainya) sebagai buangan dari industri pemotongan logam mendapat perhatian serius karena mengancam kelestarian lingkungan. Jutaan galon pelumas bekas yang dihasilkan dari industri manufaktur logam per tahunnya. Pelumas bekas tersebut biasanya disimpan di dalam kontainer dan di pendam di bawah permukaan tanah. Sebagai industri yang membutuhkan banyak pelumas pemotongan ketika proses pembentukan produk dari material titanium, pabrik pesawat terbang harus mempertimbangkan dampak perusakan lingkungan tersebut. Untuk mencegah hal ini, para ahli manufaktur menyarankan sebuah rencana yang cukup ekstreme, yang mana rencana tersebut menerapkan pemotongan kering (pemotongan tanpa menggunakan pelumas pemotongan) dengan kata lain bila di pandang terhadap lingkungan, rencana ini bisa disebut dengan nama pemesinan hijau (*green machining*) (Ginting, 2006).

Kinerja pemesinan paduan titanium dapat ditingkatkan dengan meningkatkan material pahat dan pelapisan pahat. Saat ini, sebagian besar pahat WC dilapisi dengan teknik CVD atau PVD. Pahat potong yang dilapisi dengan teknik PVD telah ditemukan memiliki kinerja yang lebih baik daripada pelapisan dengan teknik CVD. Teknik pelapisan PVD dapat dengan mudah diterapkan pada pelapisan tipis dan dapat dengan mudah diterapkan pada keadaan suhu yang lebih rendah. Pahat WC berlapis PVD-TiAlN sering digunakan dalam proses pemotongan logam karena kekerasannya yang tinggi, ketahanan aus dan stabilitas kimia. Selain itu, pelapisan dengan teknik PVD memiliki manfaat yang lebih tinggi dalam hal masa pakai pahat (*tool life*) dan kinerja pemesinan (Bonneau and Lebreuil, 2012).

Merujuk pada latar belakang yang telah dibuat tersebut, dibuatlah skripsi yang berjudul “Analisis Gaya Potong dan Gaya Pemakanan pada Proses Pemesinan Bubut Titanium Ti6Al4V”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Masalah yang biasa terjadi pada pemotongan material titanium Ti6Al4V yang pada umumnya sulit untuk dikerjakan pemesinan karena kekerasan dan ketangguhannya yang sangat baik serta konduktivitas termal yang rendah. Pada penelitian ini dapat dirumuskan masalah yang akan terjadi, yaitu bagaimana mengetahui nilai gaya pemotongan dan gaya pemakanan pada proses bubut titanium Ti6Al4V menggunakan metode simulasi MEH (Metode Elemen Hingga) pada *software* DEFORM-2D.



### 1.3 Batasan Masalah

Karena banyak masalah yang terjadi, maka dibuatlah batasan masalah pada penelitian ini. Adapun batasan masalah yang ditetapkan pada penelitian ini, sebagai berikut :

1. Pada penelitian skripsi ini menggunakan *software* DEFORM-2D, dimulai dari pembuatan *cutting tools* dan *workpiece* hingga *running database simulation* yang sudah dibuat menggunakan *software* DEFORM-2D.
2. Penelitian ini dilakukan tidak melebihi dari simulasi MEH (Metode Elemen Hingga) pemotongan *orthogonal 2D* menggunakan *software* DEFORM-2D untuk mengetahui nilai gaya potong dan gaya pemakanan yang dihasilkan pada proses pemesinan bubut titanium Ti6Al4V.
3. Material pahat potong yang digunakan adalah WC.
4. Material pelapis pahat potong yang digunakan adalah TiAlN.
5. Titanium Ti6Al4V digunakan sebagai material benda kerja.

### 1.4 Tujuan dari Penelitian

Dilakukannya penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besar gaya potong dan gaya pemakanan pada simulasi FEM proses bubut titanium Ti6Al4V dengan bantuan *software* DEFORM-2D.

### 1.5 Manfaat dari Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang diinginkan dari dilaksanakannya penelitian ini yaitu :

1. Untuk menghasilkan nilai gaya potong dan gaya pemakanan yang lebih optimal pada proses pemesinan bubut titanium Ti6Al4V.
2. Sebagai masukan atau informasi terhadap simulasi MEH (Metode Elemen Hingga) menggunakan *software* DEFORM-2D pada proses pembubutan titanium Ti6Al4V.
3. Sebagai referensi untuk penelitian sejenisnya dengan tujuan untuk meningkatkan ilmu pengetahuan tentang gaya potong dan gaya pemakanan pada simulasi FEM proses bubut titanium Ti6Al4V.



## DAFTAR RUJUKAN

- Altintas, Y. (2013) *Manufacturing Automation, Health, Safety and Ergonomics*.  
doi: 10.1016/b978-0-408-02386-3.50016-0.
- Bonneau, H. P. dan Lebreuil, G. (2012) 'Dry Machinning of Ti-6Al-4V Using PVD Coated TiAlN Tools', *Nouvelle Presse Medicale*, 3(23), p. 1641.
- Boothroyd, G. dan Knight, W. A. (1989) *Fundamentals of Machinning and Machine Tools*.
- Dewi, F. G. U. dan Gapsari, F. (2013) 'Optimasi Parameter Pembubutan Terhadap Kekasaran Permukaan Produk', *Jurnal Rekayasa Mesin*, 4(3), pp. 177–181.
- Ginting, A. (2006) 'Karakteristik Pemotongan Ortogonal Kering Paduan Titanium Ti6Al4V Menggunakan Pahat Karbida', *Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), pp. 37–43.
- Ginting, A. et al. (2015) 'Dampak Beban Mekanik Terhadap Pahat Karbida Berlapis Bahan (TiAlN/TiN) pada Pembubutan Kering', 5(April), pp. 52–55.
- Hamdhani, F. dan Hamsi, A. (2014) 'Optimasi Pemesinan Pada Mesin Bubut Tipe M-300', *Jurnal E-Dinamis*, 8(Maret), pp. 184–193.
- Kesavan, D. R. dan Ramnath, B. V. (2010) 'Elementary Treatment Of Metal Cutting Theory', *Machine tools*, pp. 1–95.
- Kosaraju, S. et al. (2013) 'Finite Element Simulation of Cutting Forces in Turning Ti6Al4V Using DEFORM-3D', pp. 1–7.
- Kosaraju, S., Anne, V. dan Ghanta, V. (2011) 'Effect of Rake Angle and Feed Rate on Cutting Forces in an Orthogonal Turning Process', pp. 150–154.
- Makmur, H. (2010) 'Analisa Pengaruh Kecepatan Potong Proses Pembubutan Baja Amutit K 460 Terhadap Umur Pahat HSS', 1(April).

- Mawarni, S. (2017) 'Studi Pahat Karbida Berlapis ( TiAlN / TiN ) pada Pembubutan Kering Kecepatan Potong Tinggi Bahan Paduan Aluminium 6061', 07(2).
- Mohruni, A. S., Yanis, M., Sharif, S., Yani, I., Yuliwati, E., Ismail, A. F. dan Shayfull, Z. (2017) 'A Comparison RSM and ANN Surface Roughness Models in Thin-wall Machining of Ti6Al4V using Vegetable Oils under MQL-Condition', AIP Conference Proceedings, 1885(October). doi: 10.1063/1.5002355.
- Özel, T., Sima, M., Srivastava, A. K. dan Kaftanoglu, B. (2010) 'Investigations on the effects of multi-layered coated inserts in machining Ti-6Al-4V alloy with experiments and finite element simulations', CIRP Annals - Manufacturing Technology. CIRP, 59(1), pp. 77–82.
- Paridawati (2015) 'Pengaruh Kecepatan dan Sudut Potong Terhadap Kekasaran Benda Kerja pada Mesin Bubut', Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 3(1), pp. 53–67.
- Pontevedra, V., North, S. M. E., Manufacturing, A., Khatri, A., Jahan, M. P., Khatri, A. dan Jahan, M. P. (2018) 'Investigating Tool Wear Mechanisms in Machining of Ti-6Al-4V in Flood Coolant, Dry and MQL Conditions', Procedia Manufacturing. Elsevier B.V., 26, pp. 434–445.
- Pradeesh, A. R., Mubeer, M. P., Nandakishore, B., K, M. A., Manzoor, M. dan U, M. R. M. (2016) 'Effect of Rake Angles on Cutting Forces for A Single Point Cutting Tool', pp. 2592–2600.
- Rajesh, R., Lilly Mercy, J., Ravikumar, S. dan Singh, A. (2017) 'Design and Analysis of Tool Wear Characteristics During Turning Using Deform 3D', ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 12(17), pp. 4940–4952.
- Sastal, A. Z. et al. (2018) 'Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Perubahan Temperatur Pahat dan Keausan Pahat Bubut pada Proses Pembubutan Baja Karbon Sedang', 3(1), pp. 1–11.

- Sayuti, M. Y. dan M. (2006) 'Chip Thickness Terhadap Daya Pemotongan', *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 7(April), pp. 47–52.
- Sima, M. and Özel, T. (2010) 'Modified material constitutive models for serrated chip formation simulations and experimental validation in machining of titanium alloy Ti-6Al-4V', *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 50(11), pp. 943–960.
- Su-marna, G. C. P. (2014) 'Optimasi Parameter Proses Bubut Baja St 60 dengan Media Pendingin Cooled Air jet Cooling', 2(3), pp. 267–274.
- Susila, I. N., Arifin, Z. dan Susilo, D. D. (2013) 'Pengaruh Sudut Potong Pahat Terhadap Gaya Pemotongan pada Proses Bubut Beberapa Material dengan Pahat HSS', *Mekanika*, 12(1), pp. 28–33.
- Wiyono, S. et al. (2014) 'Distribusi Temperatur Area Pemotongan pada Proses Dry Machining Baja AISI 1045', 2(April), pp. 1–3.
- Xi, Y., Bermingham, M., Wang, G. dan Dargusch, M. (2014) 'Finite Element Modelling of Cutting Force and Chip Formation during Thermally Assisted Machining of Ti6Al4V Alloy', *Computational Materials Science*, 84(December), pp. 188–197. doi: 10.1016/j.commatsci.2013.12.018.
- Yahya (2014) 'The Performance Evaluation of Ceramic and Carbide Cutting Tools in Machining of Austempered Ductile Irons', pp. 67–76.
- Zhang, G. dan Guo, C. (2015) 'Modeling of Cutting Force Distribution on Tool Edge in Turning Process', *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V., 1, pp. 954–965. doi: 10.1016/j.promfg.2015.09.001.
- Žitňanský, J., Polák, P. dan Kotus, M. (2014) 'Cutting Inserts Effect on Heat Generation in Turning Process'. *Journal of Central European Agriculture*, 15(1), pp. 86–93. doi: 10.5513/JCEA01/15.1.1416.