

SKRIPSI
ANALISIS DISTRIBUSI TEMPERATUR BENDA KERJA
PADA PROSES PEMBUBUTAN TITANIUM TI6AL4V
DENGAN PENDINGIN CRYOGENIC MENGGUNAKAN FEM
SOFTWARE DEFORM INTEGRATED 2D

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



BOBIE
03051281419082

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019

SKRIPSI

ANALISIS DISTRIBUSI TEMPERATUR BENDA KERJA PADA PROSES PEMBUBUTAN TITANIUM TI6AL4V DENGAN PENDINGIN CRYOGENIC MENGGUNAKAN FEM SOFTWARE DEFORM INTEGRATED 2D

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



**OLEH:
BOBIE
03051281419082**

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

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS DISTRIBUSI TEMPERATUR BENDA KERJA PADA PROSES PEMBUBUTAN TITANIUM Ti6AL4V DENGAN PENDINGIN CRYOGENIC MENGGUNAKAN FEM SOFTWARE DEFORM INTEGRATED 2D

SKRIPSI

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

Oleh:

BOBIE

03051281419082



**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin**

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

Palembang, Mei 2019

**Diperiksa dan disetujui oleh :
Pembimbing Skripsi,**

A handwritten signature in black ink, likely belonging to Amrifan Saladin Mohruni, is written above the printed name.

Dipl.-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D
NIP. 19640911 199903 1002

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :**

SKRIPSI

NAMA : Bobie
NIM : 03051281419082
JURUSAN : Teknik Mesin
BIDANG STUDI : Produksi
**JUDUL SKRIPSI : Analisis Distribusi Temperatur Benda Kerja
pada Proses Pembubutan Titanium Ti6Al4V
dengan Pendingin Cryogenic Menggunakan FEM
Software DEFORM INTEGRATED 2D.**
DIBUAT TANGGAL : Agustus 2018
SELESAI TANGGAL : Mei 2019

**Palembang, Mei 2019
Diperiksa dan disetujui oleh**

Dosen Pembimbing,



**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin,**

**Irsyadi Yani, ST, M.Eng, Ph.D
NIP. 19711225 199702 1 001**

**Dipl.-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D
NIP. 19640911 199903 1002**

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “ANALISIS DISTRIBUSI TEMPERATUR BENDA KERJA PADA PROSES PEMBUBUTAN TITANIUM TI6AL4V DENGAN PENDINGIN *CRYOGENIC* MENGGUNAKAN FEM SOFTWARE DEFORM INTEGRATED 2D” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal

Indralaya, 13 Mei 2019

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 19790927 200312 1 004



(.....)

Anggota :

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 Jurusan Teknik Mesin,

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

Pembimbing Skripsi,



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

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : BOBIE

NIM : 03051281419082

Judul : ANALISIS DISTRIBUSI TEMPERATUR BENDA KERJA
PADA PROSES PEMBUBUTAN TITANIUM TI6AL4V
DENGAN PENDINGIN *CRYOGENIC* MENGGUNAKAN FEM
SOFTWARE DEFORM INTEGRATED 2D

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.

Indralaya, Mei 2019



Bobie

NIM. 03051281419082

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : BOBIE

NIM : 03051281419082

Judul : ANALISIS DISTRIBUSI TEMPERATUR BENDA KERJA PADA
PROSES PEMBUBUTAN TITANIUM TI6AL4V DENGAN
PENDINGIN CRYOGENIC MENGGUNAKAN FEM SOFTWARE
DEFORM INTEGRATED 2D

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.



Indralaya, Mei 2019



Bobie

NIM. 03051281419082

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat untuk melanjutkan penelitian skripsi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Analisis Distribusi Temperatur Benda Kerja pada Proses Pembubutan Titanium Ti6Al4v dengan Pendingin Cryogenic Menggunakan Fem Software Deform Integrated 2D.

Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan proposal skripsi ini kepada:.

1. Kedua Orang Tua saya Bambang Haryono dan yusniarti, yang selalu mendukung dan memberikan bantuan usaha dan doa dari awal sampai akhir kuliah sehingga semuanya berjalan lancar.
2. Bapak Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
3. Bapak Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
4. Bapak Prof. Dipl.-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu selama proses penyelesaian skripsi;
5. Bapak Ir. Dyos santoso, M.T selaku dosen Pembimbing Akademik selama kuliah di Jurusan Teknik Mesin;
6. Seluruh staf pengajar Teknik Mesin Universitas Sriwijaya, untuk semua ilmunya selama penulis menimba ilmu di Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
7. Para Karyawan dan staff Jurusan Teknik Mesin,
8. Kak Muhamad Zahir S.T, M.T yang telah banyak membantu dalam mengerjakan skripsi ini

9. Para sahabat Yudha Vicsa Handrian, Trie Maseko, Feri Sastriawan, Aditya Nur Hidayat, Andre Geovano, Dendi Abshorianto yang telah melewati fase fase kehidupan kampus.
10. Tim skripsi Hanipa, Sidik Almaliki, Satria, Azom azuhri.
11. dan anggota grup komponen kelas C Teknik Mesin 2014;
12. Teman-teman di Teknik Mesin seluruh angkatan Teknik Mesin 2014;

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penelitian ini menjadi lebih baik. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

Inderalaya, Mei 2019

Penulis

RINGKASAN

ANALISIS DISTRIBUSI TEMPERATUR BENDA KERJA PADA PROSES PEMBUBUTAN TITANIUM Ti6Al4V DENGAN PENDINGIN CRYOGENIC MENGGUNAKAN FEM SOFTWARE DEFORM INTEGRATED 2D.

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Mei 2019

Bobie; Dibimbing oleh Dipl.-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D.

Analysis Temperature Distribution at Workpiece on Turning Process Titanium Ti6Al4V with Cryogenic Cooling Using FEM DEFORM INTEGRATED 2D Software.

xxvii + 52 Halaman, 7 tabel, 32 gambar, 1 lampiran.

RINGKASAN

Proses pemesinan merupakan suatu proses yang dilakukan dengan cara mengubah bentuk material logam menjadi seperti yang kita inginkan. Salah satu jenis proses pemesinan itu adalah Proses bubut. Proses bubut adalah suatu proses yang dilakukan dengan cara benda kerja di putar spindle dan pahat menyayat benda kerja. Pembubutan sangat berpengaruh pada penggunaan parameter-parameter yang ada pada pemesinan itu sendiri. Parameter pembubutan itu terdiri dari kecepatan potong, kecepatan makan, pemakanan, kedalaman potong, panjang pemotongan, waktu pemotongan dan kecepatan penghasil geram. Salah satu dampak yang ditimbulkan pada proses pembubutan adalah kenaikan temperatur, hal ini disebabkan karena gesekan antara pahat dan benda kerja. Kenaikan temperatur yang terjadi bisa berakibat negatif pada pahat maupun benda kerja. Panas yang berlebih pada pahat bisa menyebabkan keausan pada pahat, bisa memperpendek umur pahat dan mengurangi nilai ekonomis dari pahat. Sedangkan pada benda kerja panas berlebih bisa mengakibatkan kekusaran permukaan yang tidak baik dan hasil pembubutan tidak sesuai dengan yang diharapkan. Zona panas pada proses buubut terdiri dari zona primer, zona sekunder dan *workpiece interface*. Sesuai perkembangan zaman, Proses bubut bisa terjadi pada pada material apa saja, tak terkecuali pada titanium. Titanium biasa digunakan pada industri pesawat terbang dan industry lainnya. Tetapi pada saat melakukan proses pemesinan pada titanium terjadi kesulitan dikarenakan titanium memiliki konduktivitas thermal yang rendah, sehingga panas yang ada pada daerah gesekan tidak menyebar dan mengakibatkan keausan yang berlebih pada pahat sehingga bisa membuat pahat patah. Selain itu, hasil yang didapatkan saat melakukan proses pemesinan pada titanium tanpa pendingin yang cocok makan akan membuat hasil dari pemesinan tersebut tidak sesuai yang diharapkan. Penggunaan pendingin pada saat proses pemesinan bertujuan untuk meningkatkan umur

pahat, menurunkan temperatur pemotongan, mengurangi kekasaran permukaan dan meningkatkan produktivitas. Jenis-jenis pendingin yang digunakan banyak yang berbentupadat, cair maupun gas. Contoh dari pendingin gas adalah kryogenik. Dalam fisika, kryogenik adalah produksi dan perilaku bahan pada suhu yang sangat rendah. Pendingin kryogenik merupakan jenis pendingin yang ramah lingkungan dan efisien untuk menjaga suhu temperatur pemotongan Pendingin kryogenik yang digunakan dalam proses pemesinan mempunyai temperatur berkisar dibawah suhu-100 °C. Pendingin ini biasanya banyak menggunakan gas seperti metana, argon, hidrogen, nitrogen, helium dan oksigen, Penelitian ini menganalisis tentang distribusi temperatur yang terjadi selama proses pemesinan titanium dengan pendingin kryogenik menggunakan metode FEM *software* DEFORM 2D. Penelitian ini menganalisis temperatur yang terjadi pada benda kerja saat proses pemotongan terjadi. Metode elemen hingga (FEM) adalah metode yang digunakan dalam memecahkan masalah teknik dan matematika fisika. Tipe-tipe masalah dalam FEM ini seperti analisis struktral, perpindahan panas, aliran fluida, perpindahan masa, dan potensi magnetic. Penelitian ini menggunakan benda kerja titanium Ti6Al4V dan menggunakan pahat material karbida dengan lapisan TiAlN. Panjang benda kerja yang digunakan adalah 12 mm dan lebarnya 1.5 mm. Panjang pemotongan yang digunakan pada penelitian ini adalah sepanjang 2 mm. Selain itu penelitian ini menggunakan parameter yang berbeda, yaitu kecepatan potong sebesar 40 dan 50 m/min dan juga menggunakan pemakanan 0.2 dan 0,3 mm/rev. Berdasarkan data yang didapat dari simulasi, temperatur yang terjadi di benda kerja pada kecepatan potong 40m/min dan pemakanan 0.2mm/rev sebesar 778 °C dan untuk kecepatan potong 40m/min dan pemakanan 0.3mm/rev sebesar 848 °C. Sedangkan hasil simulasi untuk kecepatan potong 50m/min dan pemakanan 0.2mm/rev sebesar 850 °C dan kecepatan potong 50m/min dan pemakanan 0.3mm/rev sebesar 875 °C, terjadi kenaikan temperatur setiap perbedaan parameter pemesinan. Dilihat dari hasil diatas, penggunaan kecepatan potong yang tinggi akan menghasilkan temperatur yang tinggi dan juga penggunaan pemakanan yang tinggi akan menghasilkan temperatur yang tinggi juga. Selain itu, semakin besar gesekan yang terjadi, maka akan menghasilkan temperatur yang tinggi juga.

Kata Kunci : Temperatur Pemotongan, Pemesinan Kryogenik, FEM, DEFORM INTEGRATED 2D3D, Titanium Ti-6Al-4V

SUMMARY

ANALYSIS TEMPERATURE DISTRIBUTION AT WORKPIECE ON TURNING PROCESS TITANIUM Ti6AL4V WITH CRYOGENIC COOLING USING FEM DEFORM INTEGRATED 2D SOFTWARE

Final Project, May 2019

Bobie; Supervised by Dipl.-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D.

Analisis Distribusi Temperatur Benda Kerja pada Proses Pembubutan Titanium Ti6al4v dengan Pendingin *Cryogenic* Menggunakan FEM *Software* DEFORM INTEGRATED 2D

xxvii + 52 pages, 7 tables, 32 figures, 1 enclosures.

SUMMARY

Machining process is a process that is carried out by changing the shape of metal material to what we want. One type of machining process is the turning process. Turning process is a process that is carried out by means of the workpiece spindle and tool cutting workpiece. Turning is very influential on the use of the parameter that exist in the machining. Turning parameters consist of cutting speed, feeding speed, feeding, depth of cutting, length of cutting, and cutting time. One of the effects caused by the turning process is the increase in temperature, this is due to friction between the tool and the workpiece. Temperature rise that occurs can have a negative effect on the tool and workpiece. Overheated on the tool can cause wear on the tool, can shorten tool life and reduce the economic value of the tool. Whereas overheated at workpiece can result in bad surface roughness and the result of turning are not as expected. Heat zone in turning process consists of a primary zone, a secondary zone and workpiece interface. According to the times, turning process can occur in any material, including titanium. Titanium is commonly used in the aircraft industry and other industries. When doing the machining process in titanium there is difficulty because titanium has a low thermal conductivity, so that the heat in the friction area does not spread and results in tool wear so that it can break the tool. Besides, the results obtained when machining titanium without suitable cooling will make the machining results not as expected. Use cooling during the machining process aims to increase tool life, reduce cutting temperatures, reduce surface roughness and increase productivity in producing objects that have been machined process. Many types of coolers are in the form of solid, liquid or gas. Example of a solid cooler that we can find in everyday is grease. Example of liquid form coolers that we can find in everyday are oil, bromus, vegetable oil and others. Examples of gas form coolers that we can find in daily life are cryogenic. In physics, cryogenic is the production and behavior of materials at very low temperatures. Cryogenic cooler is a type of cooling that is environmentally friendly and efficient for maintaining the temperature of the cutting temperature. Cryogenic coolers used machining process have temperatures

ranging below -100°C . These coolers usually use a lot of gases such as methane, argon, hydrogen, nitrogen, helium and oxygen. This study analyzes the temperature distribution that occurs during the titanium machining process with a cryogenic cooler using the FEM DEFORM 2D method. This study analyzes the temperature that occurs when the cutting process. Finite element method (FEM), is a numerical method of problems of engineering and mathematical physics. Typical problem areas of interest include structural analysis, heat transfer, fluid flow, mass transport and electromagnetic potential. Finite element method formulation of the problem results in a system of algebraic equations. This study uses titanium Ti6Al4V as workpieces and uses a carbide tool with TiAlN layers. Length of the workpiece used is 12 mm and width 1.5 mm. Cutting length used in this study is 2 mm. In addition, this study uses different parameters, such as cutting speed of 40 and 50 m/min and uses feed of 0.2 and 0.3 mm/rev. Based on data obtained from the simulation, the temperature that occurs in the workpiece at the cutting speed of 40 m/min and feed of 0.2 mm/rev is 778°C and for cutting speed of 40 m/min and feed 0.3 mm/rev is 848°C. While the simulation results for a cutting speed of 50 m/min and feed of 0.2 mm/rev is 850°C and a cutting speed of 50 m/min and feed of 0.3 mm/rev is 875°C, an increase in temperature for each difference in machining parameters. Result of the study is if use of high cutting speed will produce high temperatures and also the use of high feeds will produce high temperatures as well. Besides, greater the friction that occurs it will produce a high temperature too.

Keyword : Cutting Temperature, Cryogenic Machining, FEM, DEFORM INTEGRATED 2D, Titanium Ti6Al4V.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR TABEL	xxv
DAFTAR SIMBOL	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Proses Pemesinan Bubut	7
2.1.1 Elemen Dasar Pemesinan.....	7
2.2 Alat Potong (Cutting Tool)	8
2.2.1 Geometris Pahat	9
2.2.2 Material Pahat	10
2.2.3 Pahat Karbida.....	10
2.3 Tipe Pemotongan	11
2.3.1 Pemotongan Tegak (Orthogonal Machining)	11
2.3.2 Pemotongan Oblique.....	12
2.4 Titanium	13
2.5 Teknik Pendingin Cryogenic	14

2.6	Metode Elemen Hingga	15
2.7	Distribusi Temperatur Pada Proses Bubut	16
2.8	Perpindahan Kalor Konduksi	19
2.9	Hubungan antara Kecepatan Potong dan Pemakanan Terhadap Temperatur	19
2.10	Penelitian-Penelitian Sebelumnya	21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1	Diagram Alir Penelitian	25
3.2	Tahapan Penelitian	26
3.3	Pengumpulan Data	26
3.3.1	Software DEFORM INTEGRATED 2D3D	27
3.3.2	Data Eksperimen dan Kondisi Pemotongan	27
3.4	Pahat dan Benda Kerja yang Dipakai	28
3.4.1	Alat Potong (<i>Cutting Tool</i>)	28
3.4.2	Benda Kerja (<i>Workpiece</i>)	28
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Pendahuluan	29
4.2	Parameter Pemesinan	30
4.3	Simulation Setup	30
4.3.1	Project	30
4.3.2	Operation Name	31
4.3.3	Process Setup	32
4.3.4	Process Condition	32
4.3.5	Tool Setup	33
4.3.6	Workpiece Setup	37
4.3.7	Menjalankan Simulasi	43

4.4 Hasil Akhir Simulasi.....	43
4.4.1 Hasil Simulasi Distribusi Temperatur Pada Benda Kerja.....	44
4.5 Pembahasan	47
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR RUJUKAN	i
LAMPIRAN	i

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Geometri Pahat Tunggal (Zhang and Guo, 2015).....	9
Gambar 2.2	Pemotongan Tegak (Boothroyd and Knight, 1989).....	12
Gambar 2.3	Pemotongan <i>Oblique</i> (Boothroyd and Knight, 1989).....	13
Gambar 2.4	Wilayah Generasi Panas pada proses pemesinan bubut (Jun <i>et al.</i> , 2017)	17
Gambar 2.5	Nilai Distribusi Temperatur dalam Proses Bubut (Boothroyd and Knight, 1989)	18
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 4.1	Menu <i>Project</i>	31
Gambar 4.2	Menu <i>Operation Name</i>	31
Gambar 4.3	Menu <i>Process Setup</i>	32
Gambar 4.4	Menu <i>Process Condition</i>	33
Gambar 4.5	Menu <i>Tool Setup</i>	33
Gambar 4.6	Menu <i>Insert Geometry</i>	34
Gambar 4.7	Cara Membuat Geometri Pahat.....	34
Gambar 4.8	Pemberian <i>Meshing</i> pada Pahat	35
Gambar 4.9	Hasil <i>Meshing</i> Pahat.....	36
Gambar 4.10	<i>Boundary Conditon</i> pada Pahat.....	36
Gambar 4.11	Pemberian Jenis Material pada Pahat.....	37
Gambar 4.12	Menu <i>Workpiece Geometry</i>	38
Gambar 4.13	Cara Membuat Geometri Benda Kerja.....	38
Gambar 4.14	Pemberian <i>Meshing</i> pada Benda Kerja	39
Gambar 4.15	Hasil <i>Meshing</i> Benda Kerja	40
Gambar 4.16	<i>Boundary Condition</i> pada Benda Kerja	40
Gambar 4.17	Pemberian Jenis Material pada Benda Kerja	41
Gambar 4.18	Menu <i>Simulation Control</i>	42
Gambar 4.19	Menu <i>Database Generation</i>	42
Gambar 4.20	<i>Running Proses</i>	43

Gambar 4.21	Hasil Distribusi Temperatur dengan $V_c = 40$ m/min dan $f = 0.2$ mm/rev.....	44
Gambar 4.22	Hasil Distribusi Temperatur dengan $V_c = 40$ m/min dan $f = 0.3$ mm/rev.....	45
Gambar 4.23	Hasil Distribusi Temperatur dengan $V_c = 50$ m/min dan $f = 0.2$ mm/rev.....	45
Gambar 4.24	Hasil Distribusi Temperatur dengan $V_c = 50$ m/min dan $f = 0.3$ mm/rev.....	46
Gambar 4.25	Grafik Tabel Simulasi Temperatur Maksimal pada Benda Kerja pada Pemesinan <i>Cryogenic</i> menggunakan DEFORM INTEGRATED 2D	47
Gambar 4.26	(a) Hasil Distribusi Temperatur pada pemesinan kryogenik dari jurnal (Davoudinejad <i>et al.</i> , 2015), (b) Hasil distribusi temperatur pada penelitian ini.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penelitian-penelitian Sebelumnya.....	23
Tabel 3.1	Kondisi Batas Pemotongan (Davoudinejad <i>et al.</i> , 2015).....	27
Tabel 3.2	Thermal Properties pahat Tungsten Carbide (Xi <i>et al.</i> , 2013)	28
Tabel 3.3	<i>Thermal Properties</i> Ti6Al4V (Xi <i>et al.</i> , 2013).....	28
Tabel 4.1	Tabel Geometri dan Dimensi Pahat (Davoudinejad <i>et al.</i> , 2015)....	35
Tabel 4.2	Geometri dan Dimensi Benda Kerja (Davoudinejad <i>et al.</i> , 2015)...	39
Tabel 4.3	Tabel Temperatur Maksimal dari Hasil pengujian	48

DAFTAR SIMBOL

Lambang	Keterangan	Satuan
A	Luas penampang	mm^2
dT	Temperatur akhir dikurang temperatur awal	$^{\circ}\text{C}$
dx	Panjang dimana panas mengalir	m
d_0	Diameter awal	mm
d_m	Diameter akhir	mm
DOC	Kedalaman pemotongan	mm
f	pemakanan	mm/rev
l_c	Panjang pemesinan	mm
k	Konduktivitas thermal	(W/m.C)
N	Putaran spindel	RPM
Q	Kalor konduksi	(W)
T_o	Temperatur awal	$^{\circ}\text{C}$
T_i	Temperatur akhir	$^{\circ}\text{C}$
V_c	Kecepatan potong	m/min
v_f	Kecepatan makan	mm/min
Z	Kecepatan penghasil geram	cm^3/min

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan Industri pada jaman sekarang sangat berkembang pesat, salah satunya industri pemesinan. Industri pemesinan baik yang bersekala besar maupun kecil tidak akan terlepas dari penggunaan mesin perkakas, salah satunya mesin bubut (Dwijana, 2009). Mesin bubut dapat didefinisikan sebagai mesin perkakas potong dengan benda kerja yang berputar, dengan alat pemotong satu-titik, dan dengan pahat sejajar dengan sumbu benda kerja dan pada jarak yang akan melakukan gerakan pemakanan. Tugas utama mesin bubut adalah untuk menghasilkan benda kerja silinder yang diinginkan (Hendra *et al.*, 2013).

Pada saat ini, titanium dan paduan titanium telah banyak digunakan pada mesin pesawat dan mesin rangka. Hal ini dikarenakan titanium dan paduan titanium memiliki kekuatan yang baik pada suhu tinggi, tahan patah dan tahan korosi (Chen *et al.*, 2016). Pada dasarnya paduan titanium adalah bahan yang termasuk *Hard Machining* karena titanium memiliki modulus elastisitas rendah, konduktivitas thermal rendah dan tingkat reaksi kimia yang tinggi dengan bahan lain. Oleh karena itulah bahan paduan titanium dikelompokkan kedalam bahan yang susah untuk dilakukan proses pemesinan (Khatri and Jahan, 2018). Dari seluruh material pahat yang tersedia, pahat karbida (WC-Co) merupakan pahat yang paling cocok untuk proses pemesinan titanium. Namun harus dicatat bahwa pahat karbida tersebut digunakan pada pemensinan yang menggunakan cairan pemotongan dalam kuantitas yang besar (Ginting, 2006).

Proses pembubutan pada umumnya merupakan suatu proses pemesinan yang menyayat benda kerja menggunakan pahat secara memanjang dan melintang. Tujuan dari proses pembubutan adalah untuk menghasilkan permukaan benda kerja yang diinginkan dan untuk mencegah keausan alat dan kerusakan thermal yang

mengarah ke ketidaktepatan geometris (Bhoyar and Kamble, 2013). Selain proses pemesian, dalam proses manufaktur juga kita perlu mengetahui tentang ilmu perpindahan kalor atau temperatur (termasuk suhu rata-rata dan maksimum) selama proses pemesian (Gosai and Bhavsar, 2016). Hal ini jelas menunjukan bahwa penentuan kenaikan temperatur yang tepat dalam proses pembubutan dianggap sebagai faktor penting dalam mencapai kinerja pemotongan terbaik (Yassen, 2012). Selain itu suhu pemotongan memiliki pengaruh besar pada pahat dan benda kerja. Dalam operasi permesinan, temperatur pemesian timbul akibat gesekan antara alat dan benda kerja (Kalpakjian and Schmid, 2009). Akibat gesekan ini pahat mengalami perubahan temperatur yang terus meningkat yang dapat menurunkan kemampuan fungsional pahat. Sedangkan material benda kerja mengalami kenaikan temperatur di zona deformasi primer, sehingga mengurangi kekuatan pemotongan yang mempengaruhi bentuk dari zona deformasi primer dan sekunder (Abukhshim *et al.*, 2006). Peningkatan suhu yang terlalu tinggi pada antar muka *toolchip* akan menyebabkan keausan, menyebabkan ketidakakuratan dimensi dari pekerjaan karena distorsi termal dan tegangan sisa di permukaan yang mengakibatkan hasil pembubutan benda kerja yang tidak sesuai harapan (Manel and Kumar, 2017).

Karena itu perlu pengendalian laju kenaikan temperatur atau distribusi temperatur dengan cara penggunaan media pendingin (*coolant*) pada saat proses pemotongan. Selain itu, cairan pemotongan berfungsi untuk mengurangi temperatur pemotongan dan memperpanjang umur pahat (Yap *et al.*, 2015). Pada kasus pemesian tanpa menggunakan *coolant*, laju kenaikan temperatur pada area pemotongan dapat terjadi dengan sangat cepat. Penggunaan *coolant* dalam operasi permesinan memainkan peran yang sangat penting. Penerapan *coolant* dalam proses pemotongan berfungsi untuk meningkatkan umur pahat, menurunkan suhu pemotongan akibat gesekan, mengurangi kekasaran permukaan dan meningkatkan produktivitas (Å and Nalbant, 2008). Media *coolant* itu berbagai macam yang digunakan, mulai dari fluida cair maupun berbentuk gas atau *cyrogenic*.

Menurut Pusavec *et al.*, 2009 *Cryogenics* adalah bidang yang berkaitan dengan teknologi pada suhu pembekuan. Secara tradisional, bidang *cryogenics*

diambil untuk memulai pada suhu di bawah 120 K ($\sim 150^\circ \text{C}$). Pendinginan *cryogenics* merupakan jenis pendingin yang ramah lingkungan dan yang efisien untuk menjaga suhu pada antarmuka pemotongan di bawah suhu pelunakan material pahat. Nitrogen cair umumnya digunakan dalam aplikasi pendinginan *cryogenics* karena biaya rendah dan ramah lingkungan bila dibandingkan dengan cairan kriogenik lainnya seperti helium, hidrogen, neon, udara dan oksigen (Yasa *et al.*, 2012). Penggunaan CO₂ sebagai pendingin pemotongan menghasilkan koefisien gesek rendah, peningkatan permukaan akhir dan mengurangi keausan pahat (Bolewar and Shinde, 2016).

Sesuai perkembangan zaman, teknologi pemesinan semakin canggih yaitu dengan menggunakan *software* yang berisi tentang analisis elemen hingga. *Finite Element Method* (FEM) atau biasanya disebut *Finite Element Analysis* (FEA), adalah prosedur numeris yang dapat dipakai untuk menyelesaikan masalah-masalah dalam bidang rekayasa (*engineering*). Banyak model elemen hingga (FEM) telah dikembangkan, termasuk model pemotongan ortogonal, model pemotongan miring, dan 3D FEM. Hal ini dapat memberikan informasi rinci selama proses pemotongan seperti kerusakan yang terjadi, distribusi suhu, dan analisis tegangan-regangan (Ali, 2018). Metode ini digunakan pada masalah-masalah rekayasa dimana *exact solution/analytical solution* tidak dapat menyelesaikannya. Inti dari FEM adalah membagi suatu benda yang akan dianalisa, menjadi beberapa bagian dengan jumlah hingga (*finite*). Bagian-bagian ini disebut elemen yang tiap elemen satu dengan elemen lainnya dihubungkan dengan nodal (*node*). Kemudian dibangun persamaan matematika yang menjadi representasi benda tersebut. Proses pembagian benda menjadi beberapa bagian disebut *meshing*. Metode elemen hingga merupakan suatu metode yang menggunakan model analitis untuk mengembangkan model rinci dari proses pemotongan. Analisis elemen hingga adalah pendekatan yang paling berguna dan akurat untuk penentuan variabel bidang yang dimungkinkan oleh kemajuan dalam daya komputasi dan pengolahan computer (Bhoyar and Kamble, 2013).

Berdasarkan dari latar belakang diatas, maka penulis akan membuat skripsi tentang “Analisis Distribusi Temperatur Benda Kerja pada Proses Pembubutan

Titanium Ti6Al4V dengan Pendingin *Cryogenic* Menggunakan FEM Software DEFORM INTEGRATED 2D“.

1.2 Rumusan Masalah

Proses pemesinan adalah suatu proses yang melibatkan mesin perkakas, salah satunya adalah mesin bubut. Material bisa dilakukan proses bubut adalah barang logam, salah satunya adalah titanium. Titanium memiliki nilai konduktivitas thermal yang rendah dan nilai kekerasan yang tinggi, sehingga titanium sukar untuk dilakukan pemesinan. Masalah yang biasanya terjadi pada saat pemesinan titanium adalah temperatur atau panas yang tidak merata saat terjadi proses pemesinan, sehingga hasilnya tidak memuaskan. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka pemesinan titanium biasanya menggunakan *coolant cryogenic*.

Berdasarkan penjelasan diatas, dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu bagaimana proses distribusi temperatur yang terjadi pada pembubutan titanium dengan metode FEM menggunakan program DEFORM INTEGRATED 2D.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Aplikasi yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah DEFORM Integrated 2D3D, mulai dari desain alat potong dan benda kerja sampai dengan simulasi.
2. Penelitian ini dilakukan hanya sebatas simulasi pembubutan dengan bantuan FEM (*Finite Element Method*) simulation program DEFORM Integrated 2D3D.
3. Alat potong yang dipakai adalah pahat *tungsten carbide*

4. Benda kerja yang dipakai adalah Ti6Al4V

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian adalah untuk menganalisis proses distribusi temperatur yang terjadi pada pemesinan bubut titanium Ti6Al4V menggunakan parameter kecepatan potong dan pemakanan dengan pendingin *cryogenic* pada simulasi *software* FEM DEFORM INTEGRATED 2D.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dirasa penting oleh penulis karena:

1. Dapat menganalisis secara visual dimana saja yang mengalami kenaikan temperatur pada saat terjadi proses pembubutan.
2. Hasil penelitian bias sebagai referensi dalam menjalankan simulasi 2D pemesinan bubut dengan menggunakan aplikasi DEFORM INTEGRATED 2D3D.

DAFTAR RUJUKAN

- Ã, Y. Y. and Nalbant, M. (2008) 'A review of cryogenic cooling in machining processes', 48, pp. 947–964. doi: 10.1016/j.ijmachtools.2008.01.008.
- Abukhshim, N. A., Mativenga, P. T. and Sheikh, M. A. (2006) 'Heat Generation and Temperature Prediction in Metal Cutting : A Review and Implications For High Speed Machining', 46, pp. 782–800. doi: 10.1016/j.ijmachtools.2005.07.024.
- Agustin, E., Kiswanti, D. and Pratapa, S. (2013) 'Sintesis Titanium Dioksida (TiO₂) Menggunakan Metode Logam-Terlarut Asam', 3(2), pp. 18–21.
- Ali, M. H. (2018) 'Finite Element Analysis is A Powerful Approach To Predictive Manufacturing Parameters', (1), pp. 229–238.
- Bhoyar, Y. R. and Kamble, A. P. P. D. (2013) 'Finite Element Analysis on Temperature Distribution in Turning Process Using Deform-3D', 2(5), pp. 901–906.
- Bolewar, A. B. and Shinde, V. B. (2016) 'Effect of Cryogenic Cooling Environment Using Co₂ on Cutting Temperature in Turning Process', *International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology (IJIERT)*, 3(6), pp. 38–44.
- Boothroyd, G. and Knight, W. A. (1989) *Fundamentals Of Machining And Machine Tols*. 2nd edn. New York: Marcel Dekker.
- Chen, Z., Qin, L. and Yang, L. (2016) 'Cutting Process Simulation of Titanium TC4 Based on DEFORM-3D', (Itms), pp. 71–73.
- Davoudinejad, A., Chiappini, E., Tirelli, S., Annoni, M. and Strano, M. (2015) 'Finite Element Simulation and Validation of Chip Formation and Cutting Forces in Dry and Cryogenic Cutting of Ti-6Al-4V', *Procedia Manufacturing*, 1, pp. 728–739. doi: 10.1016/j.promfg.2015.09.037.
- Dewangga, sang P. F., Nugraha, N. P. and Dantes, K. R. (2017) 'Pengaruh Variasi Kecepatan putaran Mesin Bubut Terhadap Keausan Pada Alat Potong Pahat HSS Tipe Bohler MO 1/2x4', 7(1).
- Dwijana, I. G. K. (2009) 'Analisa Pengaruh Modifikasi Pahat Bubut Terhadap Gaya

- , Daya dan Temperatur Pemotongan pada Pembubutan Material St 42', 3(2), pp. 105–113.
- Ginting, A. (2006) 'Karakteristik Pemotongan Ortogonal Kering Paduan Titanium Ti6Al4V Menggunakan Pahat Karbida', p. 7.
- Gosai, M. and Bhavsar, S. N. (2016) 'Experimental Study on Temperature Measurement in Turning Operation of Hardened Steel (EN36)'. Elsevier B.V., 23, pp. 311–318. doi: 10.1016/j.protcy.2016.03.032.
- Hamdani, F. and Hamsi, A. (2014) 'Optimasi Pemesinan pada Mesin Bubut Tipe M-300 Horrison Dengan Metode Optimasi Algoritma Genetika', (4), pp. 184–193.
- Hendra, Sutarmadi, Indriani, A. and Hernadewita (2013) 'Jenis Material Pahat Potong dan Run Out Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Silinder pada Proses Bubut', 4(2), pp. 376–385.
- Imbrogno, S., Sartori, S., Bordin, A., Bruschi, S. and Umbrello, D. (2017) 'Machining simulation of Ti6Al4V under dry and cryogenic conditions', *Procedia CIRP*. The Author(s), 58, pp. 475–480. doi: 10.1016/j.procir.2017.03.263.
- Jagadesh, T. and Samuel, G. L. (2014) 'Finite Element Modeling for Prediction of Cutting Forces during Micro Turning of Titanium Alloy', (Aimtdr), pp. 6–11.
- Jun, P., Shaaroni, A., Azwadi, N., Sidik, C. and Yan, J. (2017) 'An Overview of Current Status of Cutting Fluids and Cooling Techniques of Turning Hard Steel', *International Journal of Heat and Mass Transfer*. Elsevier Ltd, 114, pp. 380–394. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.06.077.
- Kalpakjian, S. and Schmid, S. R. (2009) *Manufacturing Engineering and Technology*.
- Kaushal, A., Vardhan, A., Tiwari, A. C. and Saluja, S. K. (2016) 'Study the Effect of Cryogenic Cooling on Orthogonal Machining Process', 5(3), pp. 96–104.
- Khatr, A. and 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. doi: 10.1016/j.promfg.2018.07.051.

- Krishankat, Taneja, J., Bector, M. and Kumar, R. (2012) 'Application of Taguchi Method for Optimizing Turning Process by the Effects of Machining Parameters', 2(1), pp. 263–274.
- Lebrun, P. (2007) 'AN INTRODUCTION TO CRYOGENICS', (January).
- Manel, S. and Kumar, S. (2017) 'Heat Generation and temperature in Orthogonal Machining', 8(2), pp. 31–33.
- Narkhede, G. B. and Bauskar, M. (2016) 'Study and Analysis of Cryogenic Machining of Hard Components and Investigation of Tool wear', 34(6), pp. 302–308.
- Paridawati (2015) 'Pengaruh kecepatan dan sudut potong terhadap kekasaran benda kerja pada mesin bubut 1)', 3(1), pp. 53–67.
- Pusavec, F., Stoic, A. and Kopac, J. (2009) 'The role of cryogenics in machining processes', 4, pp. 3–10.
- Rahim, E. A., Rahim, A. A., Ibrahim, M. R. and Mohid, Z. (2016) 'Experimental Investigation of Supercritical Carbon Dioxide (SCCO₂) Performance as a Sustainable Cooling Technique', *Procedia CIRP*. Elsevier B.V., 40, pp. 637–641. doi: 10.1016/j.procir.2016.01.147.
- Rajesh, R., Mercy, J. L., Ravikumar, S. and Singh, A. (2017) 'Design and Analysis of Tool Wear Characteristics During Turning Using Deform 3D', 12(17), pp. 4940–4952.
- Rui, T., Li, H., Qi, Z. and Bo, Z. (2014) 'Cutting Properties Analysis of Titanium Alloy (Ti-6Al-4V) Based on Cryogenic Cooling', pp. 122–126.
- Sailah, S. (2010) 'Menentukan Distribusi Temperatur dengan Menggunakan Metode Crank Nicholson', 13(2), pp. 17–22.
- Wiyono, S., Lusiani, R. and Wibowo, A. (2015) 'Distribusi Temperatur Area Pemotongan Pada Proses Dray Machining Baja AISI 1045', 1(April), pp. 55–59.
- Xi, Y., Bermingham, M., Wang, G. and Dargusch, M. (2013) 'Finite Element Modeling of Cutting Force and Chip Formation During Thermally Assisted Machining of Ti6Al4V Alloy', 135(December), pp. 1–9. doi: 10.1115/1.4025740.
- Yap, T. C., Sivaraos, Lim, C. S. and Leau, J. W. (2015) 'Surface Roughness and

- Cutting Forces in Cryogenic Turning of Carbon Steel', 10(7), pp. 911–920.
- Yasa, E., Pilatin, S. and Colak, O. (2012) 'Overview of Cryogenic Cooling in Machining of Ti Alloys and A Case Study', 15(2), pp. 1–9.
- Yassen, sana j. (2012) 'Theoretical Study of Temperature Distribution and Heat Flux Variation in Turning Process', 5(3), pp. 299–313.
- Zhang, G. and 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.