

SKRIPSI
ANALISA PENGARUH SUDUT GERAM TERHADAP
DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA PEMBUBUTAN
TITANIUM DENGAN PENDINGIN SCCO₂
MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK
SIMULATION MECHANICAL 2016



OLEH:
MEIZAN TWISTA HERBIAN
03051181320022

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2017

SKRIPSI
ANALISA PENGARUH SUDUT GERAM TERHADAP
DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA PEMBUBUTAN
TITANIUM DENGAN PENDINGIN SCCO₂
MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK
SIMULATION MECHANICAL 2016

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



OLEH:
MEIZAN TWISTA HERBIAN
03051181320022

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2017

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH SUDUT GERAM TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA PEMBUBUTAN TITANIUM DENGAN PENDINGIN SCCO₂ MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK SIMULATION MECHANICAL 2016

SKRIPSI

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

Oleh:

MEIZAN TWISTA HERBIAN
03051181320022

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Yadi Yadi, ST, M.Eng, Ph.D
NIP. 19711225 199702 1 001

Indralaya, September 2017
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
Diterima Tanggal
Paraf

: 002/TTM/AK/2017
: 14/9 2017
: *Aur*

SKRIPSI

NAMA : MEIZAN TWISTA HERBIAN
NIM : 03051181320022
JUDUL : Analisa Pengaruh Sudut Geram Terhadap Distribusi
Temperatur Pada Pembubutan Titanium Dengan
Pendingin SCCO₂ Menggunakan Software Autodesk
Simulation Mechanical2016
DIBERIKAN : Januari 2017
SELESAI : Agustus 2017



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

[Signature]
Syadi Yani, ST, M.Eng, Ph.D
NIP. 19711225 199702 1 001

Inderalaya, September 2017
Diperiksa dan disetujui oleh :
Pembimbing Skripsi

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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Analisa Pengaruh Sudut Geram Terhadap Distribusi Temperatur Pada Pembubutan Titanium Dengan Pendingin SCCO₂ Menggunakan Software Autodesk Simulation Mechanical 2016” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 22 Agustus 2017

Indralaya, Agustus 2017

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua:

1. (Muhammad Yanis, ST, MT)
NIP. 19700228 199412 1 001


(.....)

Anggota:

1. Anggota (Amir Arifin, ST, M.Eng, Ph.D)
NIP. 19790927 200312 1 004
2. Anggota (Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, MT)
NIP. 19630719 199003 2 001
3. Anggota (Gunawan, ST, MT, Ph.D)
NIP. 19770507 200112 1 001


(.....)


(.....)

(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dosen Pembimbing,




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


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

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Meizan Twista Herbian

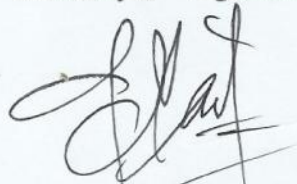
NIM : 03051181320022

Judul : Analisa Pengaruh Sudut Geram Terhadap Distribusi Temperatur Pada Pembubutan Titanium Dengan Pendingin SCCO₂ Menggunakan Software Autodesk Simulation Mechanical 2016

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, Agustus 2017



Meizan Twista Herbian
NIM. 03051181320022

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Meizan Twista Herbian

NIM : 03051181320022

Judul : Analisa Pengaruh Sudut Geram Terhadap Distribusi Temperatur Pada Pembubutan Titanium Dengan Pendingin SCCO₂ Menggunakan Software Autodesk Simulation Mechanical 2016

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.



Meizan Twista Herbian
NIM. 03051181320022

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis persembahkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini berjudul “Analisis Pengaruh Sudut Geram Terhadap Distribusi Temperatur Pada Pembubutan Titanium Dengan Pendingin SCCO₂ Menggunakan *Software* Autodesk Simulation Mechanical 2016”, disusun untuk dapat melengkapi persyaratan dalam menempuh sidang sarjana di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan dan dukungan yang penuh ketulusan, baik secara moril maupun materiil dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah Yang Maha Esa, karena kasih-Nya yang begitu besar, anugerah ilmu, kesempatan dan kesehatan, serta ridho-Nya sehingga penulis mampu melaksanakan penelitian dan skripsi yang penulis buat.
2. Ayahku Harjiman dan Ibu Rusdiah atas segala kerja keras, kasih sayang, dukungan, doa yang tak henti. Saudaraku Avia Nugra Hesty dan Faizal Jeihan Al-Arasy, serta seluruh keluarga besar yang telah banyak memberikan doa dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dipl-Ing, Ir.Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan banyak hal dan tidak bisa saya sebutkan semuanya. Beliau merupakan Dosen yang baik, bijaksana, pintar, dan bertanggung jawab. Beliau tak pernah henti memberikan motivasi dan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Ir. H. Ismail Thamrin, MT dan Bapak Muhammad Yanis, S. T., M. T. selaku dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Irsyadi Yani, ST, M.Eng, P.hD selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

6. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan wawasan dan ilmu yang bermanfaat.
7. Para Karyawan dan staff Jurusan Teknik Mesin yang sangat membantu Penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Sahabat Paman Tante dan Partner skripsi Al Fiqhi, Andrian Saputra, Ahmad Rahmadi, Emil Ulfi, Gina Agiyani, Laily Barokah, Nanda Wulandari, Yulan Ikhsaniova, dan yang terakhir Reza Umami yang selalu menemani dan mendukung dalam segala hal.
9. Sahabat Sangkar Musang, Andriansyah, Dafiansyah, Bimo Eryawanto W, Agung Prayoga, Bello Sofiono, Rico Dede P yang berteman dari awal kuliah telah memberikan kenangan kepada penulis yang tak terlupakan. Tingkah konyol saat pergi dan pulang kuliah, kenangan mengerjakan tugas bersama, dan banyak hal lain.
10. Teman-teman seperjuangan di Teknik Mesin “*Solidarity Forever*”, terutama Teknik Mesin angkatan 2013.
11. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berdoa kepada ALLAH SWT semoga segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan dibalas dengan pahala, serta kesuksesan selalu diberikan-Nya kepada kita semua.

Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun. Akhir kata, Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua yang memerlukan.

Indralaya, Agustus 2017

Penulis

RINGKASAN

ANALISA PENGARUH SUDUT GERAM TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA PEMBUBUTAN TITANIUM DENGAN PENDINGIN SCCO₂ MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK SIMULATION MECHANICAL 2016

Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi, Agustus 2017

Meizan Twista Herbian; Dibimbing oleh Dipl-Ing, Ir. Amrifan Saladin M, Ph.D

Analysis the Effect of Rake Angle to Distribution Temperature On Turning Titanium with SCCO₂ Coolant Uses Autodesk Simulation Mechanical 2016 software.

xxix + 68 halaman, 6 tabel, 35 gambar, 2 bagan.

RINGKASAN

Pada proses bubut, sebagian besar energi yang dibutuhkan untuk pembentukan geram diubah menjadi kalor, maka suhu pada zona pemotongan sangat tinggi. Kalor yang dibangkitkan selama proses pemesinan bergantung terutama pada jenis pahat, material benda kerja, dan parameter proses seperti kecepatan potong, kedalaman potong dan gerak makan. Temperatur yang tinggi dalam proses pemotongan memiliki pengaruh yang penting terhadap umur pahat dan integritas permukaan benda kerja. Maka dari itu perlu dilakukan analisa pengaruh sudut geram terhadap distribusi temperatur pada pembubutan titanium dengan pendingin SCCO₂ menggunakan software autodesk simulation mechanical 2016. Berdasarkan dari hasil simulasi yang didapat nilai distribusi temperatur pada pahat selama proses pembubutan Titanium Ti6Al4V sepanjang 150 mm menggunakan pahat Tungsten Karbida, dimana sudut geram 10° menghasilkan temperatur sebesar 180°C pada ujung mata pahat dan temperatur pada jarak akhir mencapai temperatur -68 °C, sedangkan sudut geram 15° menghasilkan temperatur sebesar 193°C pada ujung mata pahat dan temperatur pada jarak akhir mencapai temperatur -57 °C. Berdasarkan dari hasil simulasi pembubutan yang telah dilakukan didapat bahwa semakin besar sudut geram maka semakin cepat distribusi temperatur pada mata pahat dari transient mencapai steady state, dimana sudut geram 10° membutuhkan waktu 6 detik, sedangkan sudut geram 15° membutuhkan waktu 5,1 detik.

Kata Kunci : Autodesk Mechanical Simulation 2016, Distribusi Temperatur, Steady state, transient, Titanium Ti6Al4V, Rake Angle

SUMMARY

ANALYSIS THE EFFECT OF RAKE ANGLE TO DISTRIBUTION TEMPERATURE FOR TURNING TITANIUM WITH SCCO₂ COOLANT USES AUTODESK SIMULATION MECHANICAL 2016 SOFTWARE.

Scientific papers in the form of a scription, August 2017

Meizan Twista Herbian; Guided by Dipl-Ing, Ir. Amrifan Saladin M, Ph.D

Analisa Pengaruh Sudut Geram Terhadap Distribusi Temperatur Pada Pembubutan Titanium Dengan Pendingin SCCO₂ Menggunakan Software Autodesk Simulation Mechanical 2016

xxix + 68 pages, 6 table, 35 picture, 2 flow chart

SUMMARY

In the turning process, most of the energy required for the formation of growl is converted to heat, then the temperature at the cutting zone is very high. The heat generated during the machining process depends primarily on the type of tools, workpiece material, and process parameters such as cutting speed, cutting depth and feeding motion. High temperatures in the cutting process have an important influence on the age of the Tools and the integrity of the workpiece surface. Therefore, it is necessary to Analysis the Effect of Rake Angle to Distribution Temperature On Turning Titanium with SCCO₂ Coolant Uses Autodesk Simulation Mechanical 2016 software. Based on the simulation result obtained temperature distribution value on tools during the process of Titanium Ti6Al4V along 150 mm using Tungsten Carbide tool, where the angle of 10° generates a temperature of 180 °C at the tool tip and the temperature at the final distance reaches the temperature of -68 °C, while the angle of 15° produces a temperature of 193 °C at the tool tip and the temperature at the final distance reaches the temperature - 57 °C. Based on the result of the simulation, it has been found that the bigger angle grow faster the temperature distribution on the tool tip of the transient to the steady state, where the angle of 10° takes 6 seconds, while the angle of 15° takes 5.1 seconds.

Keywords: Autodesk Mechanical Simulation 2016, Distribution Temperature, Rake Angle, Titanium Ti6Al4V, Transient, Steady State

Daftar Isi

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	iii
Halaman Pengesahan Agenda	v
Halaman Persetujuan	vii
Halaman Persetujuan Publikasi	ix
Halaman Pernyataan Integritas	xi
Kata Pengantar	xiii
Ringkasan	xv
Summary	xvii
Daftar Isi	xix
Daftar Gambar	xxiii
Daftar Tabel	xxv
Daftar Lampiran	xxvii
Daftar Simbol	xxix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Proses Pemesinan Bubut (Turning)	7
2.2.1 Elemen Dasar Proses Pemesinan	7
2.1.2 Alat Potong (Cutting Tools)	9
2.1.3 Benda Kerja (Workpiece)	10
2.2 Pahat Potong (Cutting)	10
2.2.1 Geometri Pahat	10
2.2.2 Material Pahat	11
2.2.3 Pahat Karbida (Cemented Carbide)	12

2.3	Gaya Pemotongan	14
2.3.1	Pemotongan Tegak (Orthogonal Cutting)	15
2.3.2	Pemotongan Obligue	16
2.4	Temperature Pemotongan	16
2.5	Sumber Panas Dalam Proses Pemotongan	18
2.6	Titanium	19
2.7	teknik Pendinginan Cryogenic	19
2.7.1	Proses Pemesinan Cryogenic	20
2.7.2	Supercritical Carbon Dioxide (SCCO ₂)	20
2.8	Finite Element Method	21
2.9	hubungan Antara Proses Pemesinan Cryogenic dan FEM	23
2.9.1	Finite Element Simulation Model	24
2.10	Penelitian-penelitian Sebelumnya	25
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		33
3.1	Diagram Alir Penelitian	33
3.2	Diagram Alir Proses Simulasi Distribusi Temperatur	34
3.3	Tahap Persiapan	35
3.4	Pengumpulan Data	35
3.4.1	Data Eksperimen dan Kondisi Pemotongan	36
3.4.2	Perangkat Lunak (Software)	36
3.5	Pemilihan Bahan	36
3.5.1	Alat Potong (Tools).....	37
3.5.2	Benda Kerja (Workpiece)	37
3.6	Skema Aktual Proses Pemesinan dan Kondisi Batas Penelitian	38
3.7	Pembuatan Model Simulasi	39
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN		43
4.1	Parameter Pemesinan	43
4.2	Laju Perpindahan Kalor	43
4.3	Tahapan Pemodelan Simulasi Pembubutan Menggunakan Inventor	44
4.3.1	Pemodelan Benda Kerja dan Pahat	44
4.4	Simulatioan Setup	49

4.4.1	Pemilihan Tiper Analisa	49
4.4.2	Meshing	49
4.4.3	Pemberian Material	50
4.4.4	Penerapan Kondisi Batas	51
4.4.6	Menjalankan Simulasi	54
4.5	Hasil Simulasi	54
4.5.1	Hasil Simulasi Distribusi Temperatur Dengan Rake Angle 10° ..	55
4.5.2	Hasil Simulasi Distribusi Temperatur Dengan Rake Angle 15° ..	56
4.6	Pembahasan	57
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	59
DAFTAR PUSTAKA		61

Daftar Gambar

Gambar 2.1	Geometri Sudut Pahat (Astakhov and Davim, 2008)	11
Gambar 2.2	Elemen dan Geometri Proses Pemotongan (Kalpakjian and Schmid, 2000)	11
Gambar 2.3	tipe-tipe pemasangan mata pahat Cemented Carbide pada gagang pahat (Boothroyd and Knight, 1989)	13
Gambar 2.4	Pemotongan Tegak (Markopoulos, 2013)	15
Gambar 2.5	Pemotongan Oblique (Markopoulos, 2013)	16
Gambar 2.6	Daerah Sumber Panas pada pemotongan (Boothroyd and Knight, 1989)	18
Gambar 2.7	Model Gesekan yang digunakan dalam Finite Element Model (Karpas, 2011)	25
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 3.2	Diagram Alir Proses Simulasi Distribusi Temperatur	34
Gambar 3.3	Sistem Pendinginan Supercritical Carbon Dioxide (SCCO ₂) (Rahim, et al., 2016)	38
Gambar 3.4	Kondisi Pemesinan (Rahim, et al. 2016)	39
Gambar 3.5	Pembuatan Model Simulasi menggunakan Autodesk Inventor 2016	40
Gambar 3.6	Tampilan Mesh view dan batas kondisi simulasi menggunakan Autodesk Simulation Mechanical 2016	40
Gambar 4.1	Pemodelan Simulasi Pembubutan	44
Gambar 4.2	Tampilan Awal Autodesk Inventor 2016	45
Gambar 4.3	Sketch 2D benda kerja	46
Gambar 4.4	Hasil Sketch 3D benda Kerja	46
Gambar 4.5	Sketch 2D pahat	47
Gambar 4.6	Hasil Extrude Sketch 2D pahat	47
Gambar 4.7	Hasil Assembly part pahat dan part benda kerja	48
Gambar 4.8	Eksport model ke Autodesk Simulation Mechanical 2016	48
Gambar 4.9	Pemilihan Tipe Analisa	49

Gambar 4.10	Model Yang suda di Mesh	50
Gambar 4.11	Element Material Selection	51
Gambar 4.12	Boundary Condition Pertama	51
Gambar 4.13	Boundary Condition Kedua	52
Gambar 4.14	Boundary Condition Ketiga	53
Gambar 4.15	Boundary Condition Keempat	53
Gambar 4.16	Parameter Analisis	54
Gambar 4.17	(a) Times : 1,04s Step: 13 Of 100, (b) Times: 3,36s Step 42 of 100, (c) Times: 6s Step 75 of 100, (d) Times: 7,28s Step: 91 of 100	55
Gambar 4.18	Hasil Distribusi temperatur pada bidang mata pahat dengan Rake angle 10°	55
Gambar 4.19	(a) Times: 1,05s Step 14 of 120, (b) Times: 2,925s Step: 39 of 120, (c) Times: 5,25s Sep: 70 of 120, (d) Times: 8,25s Step 110 Of 120	56
Gambar 4.20	Hasil Distribusi temperatur pada bidang mata pahat dengan Rake angle 15°	56
Gambar 4.21	Komparasi distribusi temperatur antar sudut geram	57

Daftar Tabel

Tabel 2.1	Penelitian-penelitian Sebelumnya	29
Tabel 3.1	Tungsten Carbide Parameter (Ginting, 2006)	37
Tabel 3.2	Komposisi Titanium Ti6Al4V (Ginting, 2006)	37
Tabel 3.3	Kondisi Batas Penelitian (Rahim et al., 2016)	39
Tabel 4.1	Laju Perpindahan Kalor Konduksi	43
Tabel 4.2	Analysis Condition For Cutting Simulation (Rahim et al., 2016)	45

Daftar Lampiran

Lampiran A.1	Pemodelan Simulasi Pembubutan	65
--------------	-------------------------------------	----

Daftar Simbol

Lambang	Keterangan	Satuan
A	Luas penampang panas mengalir	m^2
dT	Temperature akhir dikurang temperature awal	$^{\circ}C$
dx	Panjang dimana panas mengalir pada pahat	m
D_f	Diameter akhir	mm
D_o	Diameter mula	mm
DOC	kedalaman pemotongan	mm
f	Gerak makan	mm/rev
k	Konduktivitas thermal	(W/m.C)
N	Putaran poros utama	(rpm)
Q	Kalor konduksi pada pahat	(W)
T_0	Temperatur awal	$^{\circ}C$
T_1	Temperatur akhir	$^{\circ}C$
V	Kecepatan potong	m/min
L	Panjang benda kerja	m
T_m	Waktu Pemesinan	min
R_{MR}	Kecepatan Penghasil Geram	(mm ³ /min)
f_r	laju pemakanan	mm/min

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses *turning* adalah proses pemesinan pada permukaan benda kerja yang menghasilkan geometri silinder. Kenaikan temperatur pada kontak pahat dan benda kerja adalah salah satu parameter penting pada analisa proses turning. Temperatur pemotongan timbul akibat panas yang dihasilkan oleh deformasi material dari perautan benda kerja, gesekan antara pahat dan benda kerja dan gesekan antara pahat dan geram (Kalpakjian and Schmid, 2000).

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. Namun, pada dasarnya paduan titanium adalah bahan yang sukar dilakukan proses pemesinan karena memiliki modulus elastisitas rendah, konduktivitas termal rendah dan tingkat reaksi kimia yang tinggi dengan bahan lain. Oleh karena itulah bahan paduan titanium dikelompokkan kedalam bahan yang sukar untuk dilakukan proses pemesinan. Dari seluruh bahan pahat yang tersedia, bahan pahat yang dinilai oleh banyak peneliti sebagai bahan yang cukup baik digunakan untuk pemesinan paduan titanium adalah pahat karbida (WC-Co). Namun harus dicatat bahwa pahat karbida tersebut digunakan pada keadaan pemensinan basah yaitu pada pemotongan yang menggunakan cairan pemotongan dalam kuantitas yang besar (Ginting, 2006).

Temperatur pemotongan yang tinggi dan faktor lain seperti tekanan tinggi dan gesekan, akan berdampak pada tingkat keausan dari permukaan aktif pahat dan deformasi plastik pahat. Bahkan apabila temperatur pemotongan mencapai daerah kristalisasi, struktur mikro dari logam penyusun pahat dapat berubah. Akibatnya, pahat mengalami perubahan sifat mekanik yang dapat

mengakibatkan kerusakan pahat dan hasil pemesinan yang buruk (Kalpakjian and Schmid, 2000).

Dalam proses pemesinan, suhu pemotongan dan gaya pemotongan merupakan parameter penting yang harus dikontrol atau dikurangi. Suhu pemotongan dan gaya pemotongan akan berpengaruh terhadap umur pahat sehingga mempengaruhi biaya produksi (*cost*). *Metalworking Fluids* yang berupa cairan pendingin (*Coolant*) dan pelumas (*Lubrication*) berperan penting dalam proses pemotongan dan perubahan bentuk benda kerja dalam meningkatkan produktivitas manufaktur dengan meningkatkan umur alat. *MWFs* (*Metalworking fluids*) atau cairan pendingin pemesinan selalu digunakan dalam setiap industri pemesinan, dengan perkiraan konsumsi tahunan seluruh dunia mencapai miliaran liter (Cheng, Phipps and Alkhaddar, 2005).

Ada berbagai macam *MWFs*), yang meliputi minyak bumi, minyak air (emulsi), aerosol (pengkabutan benda padat), pasta (gel), udara dan gas lainnya. Saat ini, minyak-air (emulsi) sebagai cairan pendingin pemesinan yang paling umum digunakan dalam industri pemesinan. Tetapi mikroba yang tumbuh dari minyak-air (emulsi) menciptakan masalah lingkungan dan kesehatan kerja.

Untuk mencapai proses produksi yang berkelanjutan, telah ada berbagai kondisi pemesinan untuk menyelesaikan masalah *MWFs* yakni dengan menggunakan proses pemesinan kering (*Dry Machining*), pemesinan kering (*Dry Machining*) juga dikenal sebagai *MQL* (*Minimum Quantity Lubrication*) dan Pemesinan *Cryogenic*. Proses produksi yang berkelanjutan diperlukan dalam industri manufaktur untuk memastikan proses produksi akan menjadi lebih berkelanjutan, sesuai peruntukan untuk meningkatkan kesejahteraan sosial dan bermanfaat bagi lingkungan (Jayal *et al.*, 2010).

Sekilas tentang Proses Pemesinan *Cryogenic*, yaitu proses pemesinan yang menggunakan Nitrogen Cair (LN_2) sebagai pendingin pahat dan benda kerja. Teknik ini sangat efektif dalam mengurangi temperature proses pemesinan karena kemampuan perpindahan panas yang tinggi dari Nitrogen Cair (LN_2) tersebut, namun teknik ini memiliki kemampuan pelumasan yang kurang baik (Sun *et al.*, 2015).

Saat ini, banyak upaya yang dilakukan untuk mengganti teknik pendinginan ini dengan teknik yang baru, dimana dapat meningkatkan kinerja mesin selain itu juga dapat menekan biaya produksi yang berkelanjutan tersebut. SCCO₂ (*Super Critical Carbon Dioxide*) berpotensi untuk menggantikan cairan pendingin yang telah ada dan menjadi salah satu cairan pendingin pada proses pemesinan yang berkelanjutan. CO₂ (*Carbondioxide*) adalah gas beracun dan memiliki kelarutan yang sangat baik dengan minyak sayur di atas titik kritis (Suhu kritis = 31,2°C, tekanan kritis = 7.38 MPa). CO₂ (*Carbondioxide*) juga adalah gas yang lebih murah dan mudah didapat dibandingkan dengan Nitrogen (N).

Pemuaian yang cepat dari *supercritical* adalah solusi dari penerapan pelapisan dan penyemprotan yang telah terdokumentasi. Pemuaian SCCO₂ yang cepat dapat menyebabkan gangguan mekanik dari campuran SCCO₂ dan minyak yang menghasilkan partikel minyak dalam ukuran micron (Rahim *et al.*, 2016).

Melihat dari latar belakang itu penulis memberikan solusi dengan membuat studi yang berjudul Analisa Pengaruh Sudut Geram Terhadap Distribusi Temperatur pada Pembubutan Titanium dengan pendingin SCCO₂ menggunakan *Software Autodesk Simulation Mechanical 2016*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dianalisa pada penelitian ini adalah permasalahan yang umum terjadi pada pembubutan Titanium terutama mengenai perubahan temperatur atau pengaruh perubahan temperatur pada pahat.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas untuk penulisan laporan penelitian ini dapat dirumuskan permasalahan yang akan muncul, yaitu bagaimana memprediksi pengaruh sudut potong terhadap distribusi temperatur pada sekitar mata pahat dengan menggunakan FEM (*Finite Element Method*) *simulation* menggunakan program *Autodesk Simulation Mechanical 2016*.

1.3 Batasan Masalah

Banyaknya masalah yang timbul maka penulis melakukan pembatasan masalah. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini, antara lain:

1. Aplikasi yang digunakan pada proses penelitian tugas akhir ini adalah *Autodesk Simulation Mechanical* 2016, mulai dari desain alat potong dan benda kerja sampai dengan simulasi.
2. Penelitian ini dilakukan hanya sebatas simulasi pembubutan dengan bantuan Simulasi Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*) menggunakan program *Autodesk Simulation Mechanical* yang divalidasi dengan memprediksi distribusi temperatur pada mata pahat.
3. Sumber panas yang dipakai yakni pada daerah pembentukan geram (Q1)
4. Alat Potong yang digunakan adalah Pahat Karbida Tungsten
5. Material benda kerja yang digunakan adalah Titanium (Ti6Al4V)

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisa distribusi Temperatur yang terjadi pada mata pahat jenis Karbida Tungsten dengan benda kerja Titanium Ti6Al4V dengan gaya pemotongan *Orthogonal* dengan menggunakan simulasi FEM.
2. Mengaplikasikan *Autodesk Simulation Mechanical* untuk mempermudah dalam menganalisa suhu di dalam proses pemesinan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini, yaitu :

DAFTAR PUSTAKA

- Astakhov, V. P. and Davim, J. P. (2008) *Tools (Geometry and Material) and Tool Wear*. London: Springer London. doi: 10.1007/978-1-84800-213-5_2.
- Bothroyd, G. and Knight, W. A. (1989) *Fundamentals Of Machining And Machine Tools*. 2nd edn. New York: Marcel Dekker, INC.
- Cheng, C., Phipps, D. and Alkhaddar, R. M. (2005) 'Treatment of spent metalworking fluids', 39, pp. 4051–4063. doi: 10.1016/j.watres.2005.07.012.
- Ginting, A. (2006) 'Karakteristik Pemotongan Ortogonal Kering Paduan Titanium Ti6Al4V Menggunakan Pahat Karbida', *Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), pp. 37–43. Available at: <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/mes/article/view/16522>.
- Grzesik, W. (2006) 'Determination of temperature distribution in the cutting zone using hybrid analytical-FEM technique', 46, pp. 651–658. doi: 10.1016/j.ijmachtools.2005.07.009.
- Hong, S. Y. and Ding, Y. (2001) 'Cooling approaches and cutting temperatures in cryogenic machining of Ti-6Al-4V', 41, pp. 1417–1437.
- Hyatt, J. (1984) 'Liquid and supercritical carbon dioxide as organic solvents', *Organic Chemistry*.
- Hyatt, J. A. (1984) 'Liquid and Supercritical Carbon Dioxide as Organic Solvents', (2), pp. 5097–5101. doi: 10.1021/jo00200a016.
- Jayal, A. D., Badurdeen, F., Jr, O. W. D. and Jawahir, I. S. (2010) 'CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology Sustainable manufacturing : Modeling and optimization challenges at the product , process and system levels', 2, pp. 144–152. doi: 10.1016/j.cirpj.2010.03.006.
- Kalpakjian, S. and Schmid, S. R. (2000) *Manufacturing Engineering and Technology Forth Edition*. 4th edn. Richmond: Prentice Hall.
- Karpat, Y. (2011) 'Temperature dependent flow softening of titanium alloy Ti6Al4V: An investigation using finite element simulation of machining', *Journal of Materials Processing Technology*, 211(4), pp. 737–749. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2010.12.008.
- Kesavan, D. R. and Ramnath, B. V. (2010) *Machining Tools*. 1st edn. New Delhi: Laxmi Publications Pvt.
- Kim, K. W., Lee, W. Y. and Sin, H. (1999) 'A finite element analysis for the characteristics of temperature and stress in micro-machining considering the size effect', *International Journal of Machine Tools and Manufacture*,

- 39(9), pp. 1507–1524. doi: 10.1016/S0890-6955(98)00071-6.
- Machai, C. and Biermann, D. (2011) ‘Journal of Materials Processing Technology Machining of α -titanium-alloy Ti – 10V – 2Fe – 3Al under cryogenic conditions: Cooling with carbon dioxide snow’, *Journal of Materials Processing Tech.* Elsevier B.V., 211(6), pp. 1175–1183. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2011.01.022.
- Markopoulos, A. P. (2013) *Finite Element Method in Machining Processes*. Edited by J. Paulo Davim. London: Springer London. doi: 10.1007/978-1-4471-4330-7.
- Özel, T. (2006) ‘The influence of friction models on finite element simulations of machining’, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 46(5), pp. 518–530. doi: 10.1016/j.ijmachtools.2005.07.001.
- Ozlu, E., Budak, E. and Molinari, A. (2009) ‘Analytical and experimental investigation of rake contact and friction behavior in metal cutting’, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. Elsevier, 49(11), pp. 865–875. doi: 10.1016/j.ijmachtools.2009.05.005.
- Rahim, E. A., Rahim, A. A., Ibrahim, M. R. and Mohid, Z. (2016) ‘Experimental Investigation of Supercritical Carbon Dioxide (SCCO 2) Performance as a Sustainable Cooling Technique’, *Procedia CIRP*. Elsevier B.V., 40, pp. 637–641. doi: 10.1016/j.procir.2016.01.147.
- Rochim, T. (1993) *Teori Dan Teknologi Proses Pemesinan*. Bandung: Higher Education Development Support.
- Rochim, T. (2007) *PROSES PEMESINAN buku 1: Klasifikasi Proses, Gaya dan Daya Pemesinan*. 1st edn. Bandung: ITB.
- Rusnaldy and Setiyana, B. (2006) ‘PENGARUH PEMAKANAN (FEED) TERHADAP GEOMETRI DAN KEKERASAN GERAM PADA HIGH SPEED MACHINING PROCESSES’, 8, pp. 15–20.
- Shokrani, A., Dhokia, V., Muñoz-Escalona, P. and Newman, S. T. (2013) ‘State-of-the-art cryogenic machining and processing’, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 26(November), pp. 616–648. doi: 10.1080/0951192X.2012.749531.
- Sun, S., Brandt, M., Palanisamy, S. and Dargusch, M. S. (2015) ‘Journal of Materials Processing Technology Effect of cryogenic compressed air on the evolution of cutting force and tool wear during machining of Ti – 6Al – 4V alloy’, *Journal of Materials Processing Tech.* Elsevier B.V., 221, pp. 243–254. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2015.02.017.
- Tom, J. W. and Debenedetti, P. G. (1991) ‘Particle formation with supercritical fluids-a review’, *Journal of Aerosol Science*, 22(5), pp. 555–584. doi: 10.1016/0021-8502(91)90013-8.
- Wang, S. and Clarens, A. F. (2012) ‘Analytical model of metalworking fluid penetration into the flank contact zone in orthogonal cutting’. doi:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmapro.2012.09.015>.

Yildiz, 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.