SKRIPSI

ANALISA DISTRIBUSI TEMPERATUR *CHIP* PADA PROSES PEMBUBUTAN DENGAN PENDINGIN KRIOGENIK MENGGUNAKAN FEM-*AUTODESK MECHANICAL SIMULATION 2016*

Oleh :
TRYATMOJO SAPUTRA
03121405039

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA DISTRIBUSI TEMPERATUR *CHIP* PADA PROSES PEMBUBUTAN DENGAN PENDINGIN KRIOGENIK MENGGUNAKAN FEM-*AUTODESK MECHANICAL SIMULATION 2016*

SKRIPSI

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

Oleh:

TRYATMOJO SAPUTRA

03121405039

Palembang, 16 Desember 2017

Pembimbing I	Pembimbing II
Dipl.-Ing. Ir. Amrifan Saladin M, Ph. D	Muhammad Yanis, S.T, M.T
NIP. 19640911 199903 1 002	NIP. 19700228 199412 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan

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

JURUSAN TEKNIK MESIN	**Agenda No. :**
FAKULTAS TEKNIK	**Diterima Tanggal :**
UNIVERSITAS SRIWIJAYA	**Paraf :**

SKRIPSI

Nama	:	Tryatmojo Saputra
NIM	:	03121405039
Jurusan	:	Teknik Mesin
Bidang Studi	:	Produksi
Judul skripsi	:	Analisa distribusi temperatur *chip* pada proses pembubutuan dengan pendingin kriogenik menggunakan *FEM-autodesk simulation mechanical 2016*
Dibuat Tanggal	:	Januari 2017
SelesaiTanggal	:	Desember 2017

Diperiksa dan Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I	**Dosen Pembimbing II**
Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin M, Ph.D	**Muhammad Yanis, S.T, M.T**
NIP. 196409111999031002	**NIP. 197002281994121001**

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197112251997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul "**Analisa Distribusi Temperatur C*hip* pada Proses Pembubutan dengan Pendingin Kriogenik menggunakan FEM-*Autodesk Simulation Mechanical 2016***", telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Sidang Skripsi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 28 Desember 2017

Indralaya, 28 Desember 2017.

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa skripsi:

Ketua Penguji :

1. Qomarul Hadi, S.T, M.T
   NIP. 196902131995031001 (.....)

Anggota :

2. Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.
   NIP. 195903211987031001 (.....)

3. Ir. Helmy Alian, M.T
   NIP. 195910151987031006 (.....)

Palembang, Januari 2018

Dosen Pembimbing I

Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin M, Ph.D
NIP. 196409111999031002

Dosen Pembimbing II

Muhammad Yanis, S.T, M.T
NIP. 197002281994121001

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197112251997021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tryatmojo Saputra

NIM : 03121405039

Judul : Analisis Distribusi Tempeatur *Chip* pada Proses Pembubutan dengan Pendingin Kriogenik menggunakan *FEM-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.

Palembang, Januari 2018

Penulis

Tryatmojo Saputra
NIM. 03121405039

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Tryatmojo Saputra

NIM : 03121405039

Judul : Analisis Distribusi Tempeatur *Chip* pada Proses Pembubutan dengan Pendingin Kriogenik menggunakan *FEM-Autodesk Simulation Mechanical 2016*

Menyatakan bahwa Laporan Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Laporan Skripsi, 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.

Palembang, Januari 2018

Penulis

METERAI TEMPEL

Tryatmojo Saputra

NIM. 03121405039

RINGKASAN

ANALISA DISTRIBUSI TEMPERATUR *CHIP* PADA PROSES PEMBUBUTAN DENGAN PENDINGIN KRIOGENIK MENGGUNAKAN *FEM-AUTODESK MECHANICAL SIMULATION 2016*

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Desember 2017

Tryatmojo Saputra : dibimbing oleh Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D dan Muhammad Yanis, S.T, M.T

Analysis Of Chip Temperature Distribution In The Process Of Cooling With Cryogenic Cooling Uses FEM-Autodesk Mechanical Simulation 2016

xvi + 66 halaman, 9 tabel, 41 gambar

RINGKASAN

Mesin manufaktur adalah proses yang paling banyak digunakan dalam setiap pemesinan jenis pemotongan logam atau *chip* itu diketahui bahwa panas yang dihasilkan selama pemotongan merupakan faktor penting yang mempengaruhi kinerja alat potong. Energi mekanik yang dibutuhkan untuk pembentukan geram diubah menjadi kalor, maka suhu pemotongan berada di daerah zona deformasi primer dan zona deformasi secondary. Suhu tergantung pada material pahat, material benda kerja dan parameter proses seperti kecepatan potong, kedalaman potong, sudut geram dan gerak makan.Temperatur yang tinggi dapat mempengaruhi alat potong cepat rusak. Dengan kriogenik dapat mengurangi panas yang timbul pada gesekan benda kerja dan pahat. *Cutting fliud* yang digunakan dalam proses pemotongan logam menggunakan $SCCO_2$ yang temperaturnya di bawah -80° (Rahim et al., 2016) untuk menyerap panas yang berada pada geram. Maka dari itu perlu analisa pengaruh distribusi temperatur geram menggunakan titanium dengan pendingin $SCCO_2$ menggunakan software *autodesk mechanical simulation 2016* dan menentukan *boundary condition* terhadap beban yang diberikan. Berdasarkan dari hasil simulasi yang didapat nilai distribusi temperature pada geram selama proses pembubutan Titanium Ti-6Al-4V sepanjang 20 mm menggunakan pahat Tungsten Karbida , dimana sudut 10° menghasilan temperatur sebesar 547°C dan suhu akhir -43,4^{o}C pada chip formation dengan perhitungan konduksi *Heat Source* 22,40 W. sudut geram 10° membutuhkan 20 detik dengan tipe analisa *transient heat transfer.*

Kata Kunci : *Cutting Temperature, Cryogenic Machining, FEM, Ti-6Al-4V, Distribution on Chip, Autodesk Mechanical Simulation 2016.*

SUMMARY

ANALYSIS OF CHIP TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE PROCESS OF COOLING WITH CRYOGENIC COOLING USES FEM-AUTODESK MECHANICAL SIMULATION 2016

Scientific Paper in the form of Skripsi, December 2017

Tryatmojo Saputra; supervised by Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D dan Muhammad Yanis, S.T, M.T

Analysis Of Chip Temperature Distribution In The Process Of Cooling With Cryogenic Cooling Uses FEM-Autodesk Mechanical Simulation 2016

xvi + 66 pages, 9 tables, 41 pictures

SUMMARY

Manufacturing machine is the most widely used process in any type of metal cutting or chip machining, it is known that the heat generated during the process is an important factor affecting the performance of the cutting tool.The mechanical energy required for the chip formation is converted into heat,then the cutting temperature is in the primary deformation zone and the secondary zone. The temperature depends on the material of the boring tool, the material of unit, and the process parameters such as cutting speed, cutting depth, chip angle, and the movement. High temperature can influence the damage of cutting equipment. Cryogenic can reduce the heat generated by friction of workpiece and boring tool. Cutting fluid used in metal cutting process uses $SCCO_2$, the temperature is below -80° (Rahim et al.,2016) to absorb the heat on chip. Therefore it is necessary to analyze the effect of chip distribution using titanium with $SCCO_2$ coolant uses autodesk simulation mechanical 2016 software and to determine boundary condition to the given load. Based on the simulation results, the value of temperature at the chip during the process of titanium. Ti-6Al-4V at the length of 20mm uses boring tool Tungsten Karbida, where the angle 10° generates the temperature 547°C and the final temperature -43,4^{o}C on the chip formation with conduction calculation Heat Source 22,40 W. The chip angle 10° needs 20 seconds with analysis the type of transient heat transfer.

***Keywords**: Cutting Temperature, Cryogenic Machining, FEM, Ti-6Al-4V, Distribution on Chip, Autodesk Mechanical Simulation 2016.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat dan karunia-Nya, skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini berjudul "**ANALISA DISTRIBUSI TEMPERATUR *CHIP* PADA PROSES PEMBUBUTAN DENGAN PENDINGIN KRIOGENIK MENGGUNAKAN *FEM-AUTODESK MECHANICAL SIMULATION 2016***".

skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam penyusunan skripsi ini tentunya penulis tidak berkerja sendirian, akan tetapi mendapat bantuan serta dukungan dari orang-orang secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak terkait, antara lain:

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 Kasto dan Ibuku Partinah atas segala kerja keras, kasih sayang, dukungan, doa yang tak henti. 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 dan Bapak Muhammad Yanis, S. T., M. T. 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, S.T, M.Eng, Ph.D yang merupakan Ketua Jurusan.

6. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan wawasan dan ilmu yang bermanfaat.
7. Buat melyanti, S.E yang sudah membuat semangat.
8. Dosen-dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang telah membekali saya dengan ilmu yang bermanfaat sebelum menyusun skripsi ini.
9. Teman-teman seangkatan 2012 terutama Teguh, Rizky, Wildan, Roby, Ibek, Shendy, Towok, Tommy, dan Almamater Tercinta yang telah memberikan dukungan selama penyusunan skripsi ini.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada siapapun yang membacanya

Palembang, Desember 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL ..... **i**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**
HALAMAN AGENDA ..... **iii**
HALAMAN PERSETUJUAN ..... **iv**
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ..... **v**
HALAMAN PERSETUJUAN INTEGRITAS ..... **vi**
RINGKASAN ..... **vii**
SUMMARY ..... **viii**
KATA PENGANTAR ..... **ix**
DAFTAR ISI ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xv**
DAFTAR TABEL ..... **xvii**
DAFTAR RUMUS ..... **xviii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xix**

BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 4

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Pendahuluan 5
2.2 Titanium 5
2.2.1 Karakteristik Titanium 5
2.2.2 Jenis-Jenis Paduan Titanium 6
2.2.3 Aplikasi Titanium dan Paduannya 7
2.3 Pahat Potong 8

2.3.1 Bahan Pahat....8
2.3.2 Pahat Karbida....8
2.4 Gaya Pemotongan....10
2.4.1 Pemotongan Tegak (*Orthogonal Cutting*)....10
2.4.2 Pemotongan Miring (*Obligue Cutting*)....11
2.5 Proses Pembentukan Geram....11
2.5.1 Geram Terus Menerus....12
2.5.2 Geram Terus Menerus dengan BUE (*Built-up Edge)*....13
2.5.3 Geram Terputus-Putus....14
2.6 Perpindahan Panas pada Pemotongan Logam....14
2.7 Distribusi Panas pada Pemotongan Logam....15
2.7.1 Panas di Zona Deformasi Primer....16
2.7.2 Panas di Zona Deformasi Sekunder....16
2.8 Suhu Pemotongan (*Cuting Temperature*)....17
2.8.1 Temperatur di *Tool-Chip*....17
2.9 *Finite Element Method* (*FEM*)....18
2.9.1 Prosedur *FEM*....19
2.10 *Cryogenic Machining*....20
2.11 *Supercritical Carbon Dioxide* (*SCCO2*)....22
2.12 Hubungan Antara Temperatur Pemotongan Dengan Cairan Pendingin (SCCO2)....23
2.13 Hubungan Antara Proses Pemesinan *Cryogenic* dan *FEA*....24
2.14 Refrensri Jurnal....24

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN....37
3.1 Pendahuluan....37
3.2 Diagram Alir Penelitian....37
3.3 Pemilihan Alat Potong dan Benda Kerja....39
3.3.1 Alat Potong (*Cutting Tool*)....39
3.3.2 Benda Kerja (*Workpiece*)....39
3.4 Kondisi Batas Pemesinan....40
3.5 Proses Penelitian....40
3.6 Pembuatan Model....41
3.6.1 Pembuatan Model Pahat....41

3.6.2 Pembuatan Benda Kerja.....45
3.6.3 *Assembly*.....46
3.7 Proses Simulasi.....47
3.8 Hasil yang Diharapkan.....48

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....51
4.1 Pendahuluan.....51
4.2 Parameter Pemesinan.....51
4.3 Perhitungan Perpindahan Kalor Konduksi.....52
4.4 *Setup* Simulasi.....52
4.4.1 Pemilihan *Analysis Type*.....53
4.4.2 *Meshing*.....54
4.4.3 Pemberian Material.....54
4.4.4 Pemberian *Boundary Condition*.....56
4.4.5 *Analysis Parameter*.....62
4.4.6 *Run Simulation*.....62
4.4.7 Hasil Simulasi.....63
4.5 Pembahasan.....64

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....65
5.1 Kesimpulan.....65
5.2 Saran.....66

DAFTAR RUJUKAN.....67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa Ti-6Al-4V (Rui et al., 2014).....
Gambar 2.2 Pemotongan Tegak (Boothyrod and Knight, 1989).....
Gambar 2.3 Pemotongan *Obligue* (Boothyrod and Knight, 1989).....
Gambar 2.4 *Quick-stop device* (Boothyrod and Knight, 1989).....
Gambar 2.5 Geram Terus Menerus (Boothyrod and Knight, 1989).....
Gambar 2.6 Geram terus-menerus dengan BUE (*built-up edge*)
(Boothyrod and Knight, 1989).....
Gambar 2.7 Geram terputus-putus (Boothyrod and Knight, 1989).....
Gambar 2.8 Perpindahan panas pada pemotongan logam
(Boothyrod and Knight, 1989).....
Gambar 2.9 Distribusi panas pada benda kerja dan geram saat
pemotongan ortogonal (Boothyrod and Knight, 1989).....
Gambar 2.10 *Idealized model of cutting process employed in*
theoretical work on cutting temperatures (Boothyrod and Knight, 1989).....
Gambar 2.11 Lokasi sumber panas pada pemotongan logam (Kilicaslan, 2009)
.....
Gambar 2.12 Contoh *Meshing* dengan elemen dan nodal yang benar
(Liu and Quek, 2003).....
Gambar 2.13 *Global and local coordinate system element*
(Liu and Quek, 2003).....
Gambar 2.14 Prinsip proses pendinginan cryogenic machining
(Hong and Ding, 2001).....
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian.....38
Gambar 3.2 Diagram alur pembuatan model.....41
Gambar 3.3 Pembuatan sketsa pahat.....42
Gambar 3.4 *Extrude* pahat.....43
Gambar 3.5 Pembuatan *rake angle* 10°.....44
Gambar 3.6 Pembuatan *tool tip radius*..... 44
Gambar 3.7 Model pahat.....45
Gambar 3.8 Model benda kerja.....46
Gambar 3.9 *Assembly* model pahat dan benda kerja.....47
Gambar 3.10 Diagram alur proses simulasi.....48
Gambar 4.1 *Eksport* model ke *Autodesk Simulation Mechanical* 2016.....53
Gambar 4.2 Pemilihan *analysis type*.....53
Gambar 4.3 Model yang sudah di *mesh*.....54
Gambar 4.4 Pemberian material pada benda kerja.....55
Gambar 4.5 Pemberian material pada pahat..... 56
Gambar 4.6 *Boundary Condition* pertama..... 57
Gambar 4.7 *Creating controlled temperature object*.....57
Gambar 4.8 *Boundary Condition* kedua.....58
Gambar 4.9 *creating controlled temperature object*.....58

Gambar 4.10 *Boundary Condition* ketiga..... 59
Gambar 4.11 *Creating controlled temperature object*.....59
Gambar 4.12 *Boundary Condition* ke empat.....60
Gambar 4.13 *creating controlled temperature object*.....60
Gambar 4.14 *Boundary Condition* kelima..... 61
Gambar 4.15 *creating heat source object*..... 61
Gambar 4.16 Parameter Analisis.....62
Gambar 4.17 (a) Times: 2,4 s Step 12 of 100, (b) Times: 5,2 s Step 26 of 100 (c) Times: 11,8 s Step 59 of 100 (d) Times: 15,8 s Step 79 of 100..... 63

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Refrensi Jurnal..... 25
Tabel 3.1 Kimia dan Fisika *Tungsten Carbide*..... 39
Tabel 3.2 Fisik Kimia Titanium Ti-6Al-4V..... 39
Tabel 3.3 Properti Fisika Titanium Ti-6Al-4V..... 39
Tabel 3.4 Kondisi batas penelitian..... 40
Tabel 3.5 Geometri dan dimensi pahat.....42
Tabel 3.6 Geometri dan Dimensi benda kerja.....45
Tabel 4.1 Parameter Pemesinan (Rahim et al., 2016)..... 51
Tabel 4.2 *Material Properties* (Ginting, 2006)..... 55

1 DAFTAR RUMUS

(4.1)..... 52

1. LAMPIRAN

2 BAB 1
PENDAHULUAN

2.1 Latar Belakang

Mesin adalah salah satu proses yang paling banyak digunakan di bidang manufaktur dan telah fokus penelitian dan pengembangan selama bertahun-tahun. Dalam setiap proses pemesinan jenis pemotongan logam atau chip itu diketahui bahwa panas yang dihasilkan selama pemotongan merupakan faktor penting yang mempengaruhi kinerja alat pemotong. Peningkatan produktivitas terletak pada peningkatan kecepatan pemotongan logam dan chip ini dicapai dengan meningkatkan masukan variabel seperti kecepatan potong, kecepatan pemakanan dan kedalaman potong (Choudhury et al., 2010).

Selain kecepatan pemotongan dan gerak makan yang sangat diperlukan, dalam proses pembubutan juga di perlukan sudut potong. Untuk sudut potong yang digunakan sebesar $+10^{o}$ karena harga dari positip itu yang dianjurkan untuk proses pemesinan kecepatan tinggi, dapat meningkatkan umur pahat, suhu pemotongan yang rendah serta kualitas permukaan benda kerja yang bagus (Balaji et al., 2013)

Menurut (Hong and Ding, 2001) suhu yang dihasilkan dalam kecepatan mesin, menghasilkan resistensi pemotongan pada kecepatan pemotongan tinggi. *Chip* dalam bidang kecil, menyebabkan stres dan panas hingga mengakibatkan keausan pada pahat tersebut makin lama makin membesar kehausannya, yang selain memperlemah pahat, juga akan memperbesar gaya pemotongan sehingga dapat menirnbulkan kerusakan fatal.

Untuk mencapai proses produksi yang berkelanjutan, telah ada berbagai kondisi pemesinan untuk menyelesaikan masalah *MWF (Metal Working Fluids)* yakni dengan menggunakan proses pemesinan kering *(Dry Machining)*, pemesinan kering *(Dry Machining)* juga dikenal sebagai pendinginan menggunakan udara dan pemesinan dingin (*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).

Adapun juga dengan *cryogenic machining* ini memungkinkan kita untuk lebih hemat energi, bersih dalam pengerjaannya dan mengurangi faktor keselamatan serta kesehatan dalam proses pengerjaannya dengan kemungkinan biaya produksi yang lebih rendah dan lebih tinggi. *Cryogenic machining* adalah proses pemesinan di mana cairan pendinginan tradisional digantikan oleh jet dari nitrogen cair.atau juga bisa dengan superkritis karbondioksida (SCCO2). Untuk meningkatkan umur pahat kriogenik pemesinan juga berguna untuk proses pemesinan yang dilakukan pada bahan yang memiliki kekuatan material yang tinggi atau sifat material yang keras seperti material titanium (Ti-6Al-4V) serta dapat berguna untuk menjaga integritas dan kualitas dari permukaan benda kerja dalam proses finishing. Titanium adalah logam yang relatif ringan yang memberikan ketahanan korosi yang sangat baik, kuat, ringan dan memiliki sifat penghantar panas yang baik (Hong, 2001).

Didalam proses pemesinan, suhu pemotongan dan gaya pemotongan merupakan parameter penting yang harus dikontrol. Suhu pemotongan dan gaya pemotongan akan berpengaruh terhadap umur pahat sehingga mempengaruhi biaya produksi (*cost*). *Metalworking Fluids* yang berupa cairan pendingin (*Coolant*) dan pelumas (*Lubricantion*) 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 et al., 2005)

Menurut (Laperrie`re and Reinhart, 2014) FEM (*Finite Element Method*) atau Metode Elemen Hingga adalah metode untuk menyelesaikan dalam bidang rekayasa (*enginerring*) dan alat yang baik untuk mendapatkan bidang suhu pemotongan yang akurat untuk sifat material variabel dalam analisis.

Berdasarkan uraian sebelumnya maka akan dilakukan penelitian yang berjudul **"Analisa distribusi temperatur *chip* pada proses pembubutuan dengan pendingin kriogenik menggunakan *FEM-autodesk simulation mechanical 2016*** "sebagai judul yang akan dibahas.

2.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas untuk penulisan laporan penelitian ini dapat dirumuskan permasalahan yang akan disimulasikan, yaitu sifat konduktifitas termal pada geram menggunakan pendingin kriogenik pada Ti-6Al- 4V dengan sudut potong $+10^{O}$ menggunakan metode elemen hingga atau *Finite Element Method* (FEM) dan simulasi menggunakan *Software AutoDesk Simulation Mechanical 2016.*

2.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diambil dalam menganalisa suhu pemotongan di geram (*Chip*) dengan sudut potong $+10^{o}$C didalam proses kriogenik pemesinan pada material benda kerja titanium alloy (Ti-6AL-4V) menggunakan *Autodesk Simulation Mechanical 2016.*

2.4 Tujuan Penelitian

Tujuan ini adalah :

1. Menganalisis distribusi suhu pemotongan pada geram (*Chip*) dengan sudut potong $+10^{o}$ yang di gunakan dalam proses kriogenik pemesinan.

2. Mengaplikasikan *Autodesk inventor 2016 simulation mechanical* untuk mempermudah dalam menganalisa suhu pemotongan dalam proses pemesinan.

2.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian analisis suhu pemotongan pada proses *Cryogenic machining* dari bahan titanium (Ti-6Al-4V) menggunakan pahat uncoated carbide berbasis *Finite Element Method* (FEM) sebagai berikut:

2. Mengetahui pengaruh sudut potong dan suhu pemotongan yang terjadi pada benda kerja dan mata pahat pada proses kriogenik pemesinan menggunakan *Finite Element Method* (FEM).
3. Mengetahui cara menggunakan *Autodesk Inventor 2016.*

1 DAFTAR RUJUKAN

Balaji, J. H., Krishnaraj, V. and Yogeswaraj, S. (2013). Investigation on High Speed Turning of Titanium Alloys. *Procedia Engineering*, 64, 926–935.

Balaji, J. H., Krishnaraj, V. and Yogeswaraj, S. (2015). Review of the Cryogenic Machining in Turning and Milling Process. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 4(10), 38–42.

Boothyrod, G. and Knight, W. A. (1989). *Fundamentals of Machining and Machine Tools*.

Bram, B. M., Stiller, C., Buchkremer, H. P., Stöver, D. and Baur, H. (2000). High-Porosity Titanium , Stainless Steel , and Superalloy Parts. , 2(4), 196–199.

Cheng, C., Phipps, D. and Alkhaddar, R. M. (2005). Treatment of Spent Metalworking Fluids. , 39, 4051–4063.

Choudhury, I. A., Gan, S. W. and Yusoff, N. (2010). Experimental Determination of Cutting Temperature and Force When Turning Assab Steel with Coated Carbide Inserts. , 86, 993–1001.

Davoudinejad, A., Chiappini, E., Tirelli, S., Annoni, M. and Strano, M. (2015). Finite Element Simulation and Validation of Chip Formation and Cutting Force in Dry and Cryogenic Cutting of Ti-6Al-4V. , 1, 728–739.

Ginting, A. (2006). Karakteristik Pemotongan Ortogonal Kering Paduan Titanium Ti6Al4V Menggunakan Pahat Karbida. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), 37–43. Retrieved from http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/mes/article/view/16522

Henriques, V. A. R. (2009). Titanium Production for Aerospace Applications. , 1(1), 7–17.

Hong, S. Y. (2001). Economical and Ecological Cryogenic Machining. , 123(May 2001), 331–338.

Hong, S. Y. and Ding, Y. (2001). Cooling Approaches and Cutting Temperatures in Cryogenic Machining of Ti-6Al-4V. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 41(10), 1417–1437.

Jayal, A. D., Badurdeen, F., Jr, O. W. D. and Jawahir, I. S. (2010). Sustainable Manufacturing : Modeling and Optimization Challenges at the Product , Process and System Levels. , 2, 144–152.

Kilicaslan, C. (2009). Modeling and Simulation of Metal Cutting by Finite Element Method. , (December).

Laperrie`re, L. and Reinhart, G. (2014). *CIRP Encyclopedia of Production Engineering*.

Liu, G. R. and Quek, S. S. (2003). *The Finite Element Method A Pratical Course*.

MacHai, C. and Biermann, D. (2011). Machining of Titanium-Alloy Ti–10V–2Fe–3Al under Cryogenic Conditions: Cooling with Carbon Dioxide Snow. *Journal of Materials Processing Technology*, 211(6), 1175–1183. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2011.01.022

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. , 40, 637–641.

Rao, S. S. (2014). The Finite Element Method in Engineering, in: Fifth Edition (Ed.), *Department of Mechanical and Aerospace Engineering*. University of Rhode Island.

Rochim, T. (2007a). *Perkakas Dan Sistem Pemerkakasan* (T. Rochim, Ed.). Bandung: ITB.

Rochim, T. (2007b). *Klasifikasi Proses, Gaya Dan Daya Pemesinan*. Bandung: ITB.

Rui, T., Li, H., Qi, Z. and Bo, Z. (2014). Cutting Properties Analysis of Titanium Alloy (Ti-6Al-4V) Based on Cryogenic Cooling. , 122–126.