

SKRIPSI

SIMULASI *THIN WALLED Ti6AL4V* MENGGUNAKAN *ABAQUS*

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



AHMAD BAYU ASYA'ARI

03051381520063

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2019

HALAMAN PENGESAHAN

**SIMULASI *THIN-WALLED* TI6AL4V
MENGUNAKAN *SOFTWARE* ABAQUS**

SKRIPSI

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

Oleh:

AHMAD BAYU ASYA'ARI
03051381520063

Palembang, Agustus 2019

Pembimbing




Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D

NIP. 19640911 199903 1 002

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

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

SKRIPSI

**NAMA : AHMAD BAYU ASYA'ARI
NIM : 03051381520063
JUDUL : SIMULASI *THIN-WALLED* Ti6Al4V MENGGUNAKAN
SOFTWARE ABAQUS
DIBERIKAN : SEPTEMBER 2018
SELESAI : JULI 2019**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Palembang, Agustus 2019
Diperiksa dan disetujui oleh :
Pembimbing Skripsi

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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "*Simulasi Thin-Walled Ti6Al4V Menggunakan Software ABAQUS*" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 20 Juli 2019.

Palembang, 20 Juli 2019

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

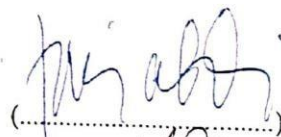
Ketua:

1. **Dr. Ir. Hendri Chandra, M.T.**
NIP. 196004071990031003

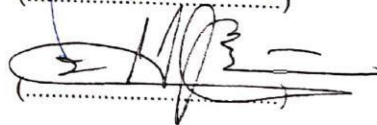

(.....)

Anggota:

2. **Ir. H. Zainal Abidin, M.T.**
NIP. 195809101986021001


(.....)

3. **Prof. Dr. Ir. Hasan Basri**
NIP. 195802011984031002


(.....)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, ST, M.Eng, Ph.D
NIP.19712251997021001

Pembimbing Skripsi



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

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ahmad Bayu Asya'ari

NIM : 030513815200063

Judul : Simulasi *Thin Walled* Ti-6Al-4V menggunakan *Software* ABAQUS

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.



Palembang, Agustus 2019



Ahmad Bayu Asya'ari
NIM. 03051381520063

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ahmad Bayu Asya'ari

NIM : 03051381520063

Judul : Simulasi *Thin Walled* Ti-6Al-4V menggunakan *Software* ABAQUS

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, Agustus 2019



Ahmad Bayu Asya'ari
NIM. 03051381520063

RINGKASAN

SIMULASI *THIN-WALLED* TI-6AL-4V MENGGUNAKAN SOFTWARE ABAQUS.

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi, 30 Maret 2019

Ahmad Bayu Asya'ari; Dibimbing oleh Dipl-ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni Ph.D

THIN-WALLED TI-6AL-4V SIMULATION USING ABAQUS SOFTWARE

xxixi + 54 halaman, 6 tabel, 27 gambar, 3 lampiran

RINGKASAN

Dengan semakin banyaknya penggunaan dari armada dirgantara dan peningkatan dari manufaktur penerbangan. *Thin-Walled* akan semakin banyak digunakan dengan tujuan untuk mengurangi beban dari produk dan meningkatkan performanya. Bagaimanapun, proses milling pada komponen *Thin-Walled* Ti6-Al-4V memiliki pengaruh yang besar terhadap performa kerja dari komponen tersebut. Titanium dan Alloy adalah bagian yang penting untuk material dari Teknik penerbangan dikarenakan sangat baiknya kombinasi dari kekuatan dan kekerasannya. Bagaimapun, material ini sangat susah untuk di bentuk karena kekerasannya, rendah konduktifitas termal dan tingginya reaksi kimia yang terjadi dengan material cutting tools. sehingga saat proses *milling* dengan mudah terjadinya defleksi pada *cutting tools* dan *workpiece*. Oleh karena itu, prediksi dan meminimalisir kecacatan hasil produksi itu sangat penting dilakukan. Gaya pemotongan dan defleksi di ketahui sebagai salah satu sebab dari kecacatan produk. Jadi, model gaya pemotongan dan defleksi dapat dikembangkan untuk meningkatkan keakuratan dalam memprediksi kecacatan produk. Demi mengurangi biaya, waktu pemesinan dan usia cutting, empat jenis software untuk finite element yang khusus untuk memproses titanium alloy (Ti-6Al-4V) *software* seperti *AdvantEdge*, *ABAQUS/EXPLICIT*, *DEFORM* dan *FORG* membuktikan bahwa hasil simulasi dari FEM dan proses pemesinan sebenarnya memiliki kesesuaian data. Maka dari itu penelitian ini berfokus pada perbandingan defleksi yang diakibatkan oleh perbedaan *helix angle* saat proses *milling thin walled*. Parameter yang di gunakan bersumber dari penelitian yang telah dilakukan peneliti sebelumnya. *Cutting tools* yang digunakan memiliki nilai *helix angle* 42°

dengan *rake angle* 8° dan *workpiece thin walled* yang memiliki panjang 100mm, tinggi 50mm dan lebar 4mm. Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat menemukan nilai *helix angle* yang paling efektif untuk mengurangi besarnya defleksi yang terjadi pada saat proses pemotongan *thin walled* sehingga memiliki *surface quality* dan keakuratan yang baik.

Kata Kunci: *Thin-Walled, Ti-6Al-4V, Helix Angle, ABAQUS, Defleksi*

SUMMARY

THIN-WALLED TI-6AL-4V SIMULATION USING ABAQUS SOFTWARE

Scientific writing in the form of a Thesis, July 20 2019

Ahmad Bayu Asya'ari; Supevised by Dipl-ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni Ph.D

THIN-WALLED TI-6AL-4V SIMULATION USING ABAQUS SOFTWARE

xiii + 43 pages, 6 tables, 30 figures, 3 attachment

SUMMARY

With more and more used of development by the aerospace industry, Thin-Walled will be used frequently in order to reduce weight and increase the product performances. Therefore, milling process on Thin-Walled Ti-6Al-4V components have more effect to the performances of those component. Titanium and Alloy is main part of material by aerospace industry, because of its very great combines by strength and toughness. This materials is so difficult to formed because of its toughness, low thermal-conductivity and high chemical reactions occurred to cutting tools material. so during the milling process deflection ease occurs in cutting tools and workpiece. Therefore, predction and minimalize product error is important to do. . cutting force and deflection is known as cause of error in products. So, cutting force models and deflection can be developed to increase accuracy of predicting product error. In order to reduce the cost of machining and cutting tools wear, there is four kind of software such AdvantEdge, ABAQUS/EXPLICIT, DEFORM and FORG prove that the simulation results is focused on comparison deflection occurs caused by different helix angle during milling process. The parameters used are sourced from previous researcher. The cutting tools used have helix angle value 42° with rake angle 8° and the

workpiece is Thin-Walled length is 100mm, height 50mm and width 4mm. This research is expected to be able to determine the most effective helix angle value in order to reduce the deflection caused during Thin-Walled cutting process so it has good quality surface and good accuracy.

Keyword: *Thin-Walled, Ti-6Al-4V, Helix Angle, ABAQUS, Deflection.*

KATA PENGANTAR

Dengan segala puji dan syukur saya panjatkan pada Allah Subhanahuwata'ala atas rahmat-Nya lah saya dapat menyelesaikan Skripsi ini. Skripsi ini berjudul "FEM SIMULASI THIN WALLED TI6AL4V MENGGUNAKAN ABAQUS".

Skripsi tersebut dibuat dengan tujuan untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, saran, dukungan dan doa dari kedua orang tua. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada kedua orang tua atas dukungan moril, bantuan, nasihat, dan materil yang telah diberikan pada penulis.

Penulis juga mengucapkan terima kasih banyak kepada pihak yang telah membantu dalam penyusunan proposal ini baik secara langsung ataupun tak langsung kepada :

1. Bapak Dipl-ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu, ilmu yang bermanfaat dan motivasi untuk terus berkembang dalam menyelesaikan penulisan Skripsi ini.
2. Seluruh Dosen di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya atas ilmu, nasihat dan bimbingan selama proses perkuliahan
3. Kak Muhammad Zahir, S.T alumni Teknik Mesin Angkatan 2009 dan juga selaku penasihat yang selalu membantu jika penulis mengalami kesulitan dalam proses penyusunan Skripsi ini.
4. Sahabat-sahabat di Teknik Mesin Angkatan 2015 dan juga temanteman dari Fakultas Teknik yang telah menemani, membantu dan mendukung dalam keseharian untuk menyelesaikan penyusunan Skripsi ini.

Hanya terimakasih yang dapat penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu, semoga Allah Subhanahuwata'ala membalas semua kebaikan yang sudah diberikan kepada penulis dengan rahmat dan karunia-Nya. Penulis

mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dapat meningkatkan kualitas dari Skripsi ini dan semoga dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Palembang, Februari 2019

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ahmad Bayu Asya'ari', written in a cursive style.

Ahmad Bayu Asya'ari

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN AGENDA.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN.....	vii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	ix
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xi
RINGKASAN.....	xiii
SUMMARY.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Freis (<i>Milling</i>).....	5
2.1.1 Cutting Tools (End Mill dan Helical Mill).....	6
2.1.2 Milling Operation.....	8
2.1.3 Kecepatan Milling Cutter.....	8
2.2 Ti-6Al-4V (Titanium <i>Alloy</i>).....	9
2.3 Thin-Walled Ti-6Al-4V.....	10
2.4 Studi Pada Penelitian Sebelumnya (<i>Previous Study</i>).....	11
2.5 Finite Element Method.....	13
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Diagram Alir.....	15

3.2	Parameter Cutting Tools dan Workpiece	16
3.2.1	Cutting Tools	16
3.2.2	Workpiece.....	17
3.3	Metode Pemesinan.....	18
3.4	ABAQUS CAE 6.14.....	19
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		21
4.1	Pembahasan	21
4.1.1	Mesh	23
4.1.2	Boundary Conditions	25
4.1.3	Field Output Request	26
4.1.4	Running.....	27
4.2	Hasil.....	27
4.2.1	Displacement	29
4.2.2	Strain.....	32
4.2.3	Stress.....	32
4.2.4	Grafik displacement.....	33
4.2.5	Pengaruh defleksi yang terjadi pada perbedaan <i>helix angle</i>	37
BAB 5 KESIMPULAN DAN REKOMENDASI.....		39
5.1	Kesimpulan.....	39
5.2	Rekomendasi	39
DAFTAR RUJUKAN.....		xxvii
LAMPIRAN.....		41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin freis (Up milling) (“Philip Fletcher - Introduction to Basic Milling (Basic Engineering Training Guides) (1997, Training Publications Ltd).pdf,” n.d.)	5
Gambar 2.2 Mesin freis (down milling)(“Philip Fletcher - Introduction to Basic Milling (Basic Engineering Training Guides) (1997, Training Publications Ltd).pdf,” n.d.)	6
Gambar 2.3 Geometri <i>Helical End Milling</i> (Izamshah et al., 2013)	7
Gambar 2.4 <i>Thin Walled</i>	11
Gambar 2.5 a. Bidang 2 dimensi dari variabel bidang $\phi(x, y)$ b. Bidang 3 simpul finite element c. Bidang elemen tambahan yang menunjukkan bagian finite element mesh	14
Gambar 3.1 Diagram Alir	15
Gambar 3.2 <i>Cutting Tools Helical End Mill</i>	16
Gambar 3.3 <i>Thin Wall</i>	17
Gambar 4.1 (a) Permodelan <i>cutting tools</i> pada <i>solidworks</i> (b) Permodelan <i>workpiece</i> pada <i>solidworks</i>	22
Gambar 4.2 <i>Convert File ke file (.STEP)</i>	22
Gambar 4.3 <i>mesh</i> pada <i>thin-walled</i>	24
Gambar 4.4 <i>Mesh</i> pada <i>cutting tools</i>	24
Gambar 4.5 <i>Boundary Conditions (Movement)</i> pada <i>Cutting Tools</i>	25
Gambar 4.6 <i>Field Output Request</i>	26
Gambar 4.7 <i>Running</i> dengan CMD	27
Gambar 4.8 <i>Reference Point Nodes</i> untuk perhitungan simpangan	28
Gambar 4.9 <i>Displacement</i> yang terjadi pada <i>cutting tools</i> di P1	29
Gambar 4.10 <i>Displacement</i> yang terjadi pada <i>cutting tools</i> di P3	29
Gambar 4.11 <i>Displacement</i> yang terjadi pada <i>cutting tools</i> di P5	30
Gambar 4.12 <i>Displacement</i> yang terjadi pada <i>workpiece</i> di P1	30
Gambar 4.13 <i>Displacement</i> yang terjadi pada <i>workpiece</i> di P3	31
Gambar 4.14 <i>Displacement</i> yang terjadi pada <i>workpiece</i> di P5	31

Gambar 4.15 <i>Strain</i> yang terjadi pada <i>workpiece</i>	32
Gambar 4.16 <i>Stress</i> yang terjadi pada <i>workpiece</i>	32
Gambar 4.17 (a) Grafik pada titik P1, (b) Grafik pada titik P2, (c) Grafik pada titik P3, (d) Grafik pada titik P4 dan (e) Grafik pada titik P5.....	35
Gambar 4.18 Diagram perbandingan <i>displacement</i> tertinggi dari P1 hingga P5...	35
Gambar 4.19 Hasil pengujian yang dilakukan (Izamshah et al., 2013) dengan <i>helix angle</i> 40°	36
Gambar 4.20 Hasil pengujian yang dilakukan (Izamshah et al., 2013) dengan <i>helix angle</i> 45°	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tampilan awal solidworks.....	41
Lampiran 2 Tampilan awal ABAQUS.....	41
Lampiran 3 Tampilan <i>assembly</i> spesimen pada ABAQUS	42

SIMULASI *THIN WALLED* Ti-6Al-4V MENGGUNAKAN SOFTWARE ABAQUS

Amrifan Saladin Mohruni¹, Ahmad Bayu Asya'ari¹

¹Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jalan Srijaya Negara Bukit Besar Palembang
ahmadbayu17cfc@gmail.com


Abstrak

Thin-Walled akan semakin banyak digunakan dengan tujuan untuk mengurangi beban dari produk dan meningkatkan performanya. Bagaimanapun, proses *milling* pada komponen *Thin-Walled* Ti6-Al-4V memiliki pengaruh yang besar terhadap performa kerja dari komponen tersebut. Titanium dan Alloy adalah bagian yang penting untuk material dari Teknik penerbangan dikarenakan sangat baiknya kombinasi dari kekuatan dan kekerasannya. Material ini sangat susah untuk di bentuk karena kekerasannya, rendah konduktifitas termal dan tingginya reaksi kimia yang terjadi dengan material *cutting tools*. sehingga saat proses *milling* dengan mudah terjadinya defleksi pada *cutting tools* dan *workpiece*. Oleh karena itu, prediksi dan meminimalisir kecacatan hasil produksi itu sangat penting dilakukan. Gaya pemotongan dan defleksi di ketahui sebagai salah satu sebab dari kecacatan produk. Jadi, model gaya pemotongan dan defleksi dapat dikembangkan untuk meningkatkan keakuratan dalam memprediksi kecacatan produk. Demi mengurangi biaya, waktu pemesinan dan usia *cutting*, empat jenis software untuk finite element yang khusus untuk memproses titanium alloy (Ti-6Al-4V) software seperti *AdvantEdge*, *ABAQUS/EXPLICIT*, *DEFORM* dan *FORG* membuktikan bahwa hasil simulasi dari FEM dan proses pemesinan sebenarnya memiliki kesesuaian data. Maka dari itu penelitian ini berfokus pada perbandingan defleksi yang diakibatkan oleh perbedaan *helix angle* saat proses *milling thin walled*. Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat menemukan nilai *helix angle* yang paling efektif untuk mengurangi besarnya defleksi yang terjadi pada saat proses pemotongan *thin walled* sehingga memiliki *surface quality* dan keakuratan yang baik.

Kata Kunci : *Thin Walled*, Ti-6Al-4V, *helix angle*, defleksi, ABAQUS

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Palembang, Juli 2019

Dosen Pembimbing



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

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan semakin banyaknya penggunaan dari armada dirgantara dan peningkatan dari manufaktur penerbangan. *Thin-Walled* akan semakin banyak digunakan dengan tujuan untuk mengurangi beban dari produk dan meningkatkan performanya. Bagaimanapun, proses milling pada komponen *Thin-Walled* Ti6-Al-4V memiliki pengaruh yang besar terhadap performa kerja dari komponen tersebut (Chen et al., 2014).

Titanium dan Alloy adalah bagian yang penting untuk material dari Teknik penerbangan dikarenakan sangat baiknya kombinasi dari kekuatan dan kekerasannya. Bagaimapun, material ini sangat susah untuk di bentuk karena kekerasannya, rendah konduktivitas termal dan tingginya reaksi kimia yang terjadi dengan material cutting tools. (Rizzuti and Umbrello, 2011)

Oleh karena itu, prediksi dan meminimalisir kecacatan hasil produksi itu sangat penting dilakukan. Gaya pemotongan dan defleksi di ketahui sebagai salah satu sebab dari kecacatan produk. Jadi, model gaya pemotongan dan defleksi dapat dikembangkan untuk meningkatkan keakuratan dalam memprediksi kecacatan produk.

Demi mengurangi biaya, waktu pemesinan dan usia cutting tools Ali et al., (2014) berpendapat bahwa empat jenis software untuk finite element yang khusus untuk memproses titanium alloy (Ti-6Al-4V) *software* seperti *AdvantEdge*, *ABAQUS/EXPLICIT*, *DEFORM* dan *FORG* membuktikan bahwa hasil simulasi dan FEM dan proses pemesinan sebenarnya memiliki kesesuaian data.

Dalam kaitannya dengan hal tersebut, maka penelitian ini menggunakan *software ABAQUS*. Data yang dihasilkan dari simulasi ini berupa efek yang dihasilkan ketika menggunakan *helix angle* yang berbeda dan defleksi yang di

sebabkan oleh gesekan antara cutting tools dan material titanium alloy. Hal ini bertujuan untuk menentukan keefisiensian saat menggunakan *helix angle* dengan sudut tertentu, besarnya deflection yang terjadi saat menggunakan *helix angle* yang telah di tentukan dan menghemat biaya produksi, *tool wear* dan waktu produksi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah di kemukakan, maka penelitian ini dapat dirumuskan berfokus pada efek dari perbedaan *helix angle* terhadap defleksi pada saat proses *milling thin wall*. Dikarenakan pengujian menggunakan mesin dapat memakan banyak biaya, baik dari segi material, mesin dan alat potong. Maka dari itu digunakan metode simulasi pada aplikasi *ABAQUS*.

Penelitian terhadap simulasi *helix angle* telah banyak di lakukan pada software *ABAQUS*, Maka dari itu, penelitian ini berfokus pada pengaruh *helix angle* terhadap defleksi pada saat proses *milling thin wall* menggunakan software *ABAQUS*.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari pelebaran masalah, maka penelitian ini diberi Batasan masalah sebagai berikut:

1. Menggunakan material Ti-6Al-4V *Thin Walled*,
2. Parameter dan sifat material pada Ti-6Al-4V *Thin-Walled* telah didapatkan berdasarkan studi literatur,
3. Pengaturan dimensi material dan *cutting tools* dilakukan dengan menggunakan *Software ABAQUS*,
4. Analisis simulasi pengaruh *helix angle end milling* dan defleksi pada *thin wall* dilakukan dengan menggunakan software *ABAQUS*.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk:

1. Menganalisis defleksi yang terjadi pada proses *end milling*,
2. Mengetahui perbandingan defleksi yang terjadi oleh perbedaan *helix angle*,
3. Mengurangi biaya pengujian dengan menggunakan aplikasi simulasi *ABAQUS*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat menjadi salah satu cara untuk memprediksi defleksi yang di hasilkan akibat proses *milling thin wall*.
2. Dapat dijadikan referensi untuk penelitian *cutting material Ti-6Al4V thin wall* dengan metode *helical end milling* selanjutnya, agar mendapatkan hasil sesuai dengan yang diharapkan,
3. Dapat mengoperasikan pengembangan dari aplikasi analisis defleksi pada proses *helical end milling* material Ti-6Al-4V dengan menggunakan *software ABAQUS*,
Sebagai referensi pada industri yang bergerak pada bidang manufaktur.

DAFTAR RUJUKAN

- Ali, M.H., Ansari, M.N.M., Khidhir, B.A., Mohamed, B., Oshkour, A.A., 2014. Simulation machining of titanium alloy (Ti-6Al-4V) based on the finite element modeling. *J. Brazilian Soc. Mech. Sci. Eng.* 36, 315–324. <https://doi.org/10.1007/s40430-013-0084-0>
- Chen, T.T., Rong, B., Yang, Y.F., Zhao, W., Li, L., He, N., 2014. FEM-Based Prediction and Control of Milling Deformation for a Thin-Wall Web of Ti-6Al-4V Alloy. *Mater. Sci. Forum* 800–801, 368–373. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.800-801.368>
- Collings, E., 2007. Classification of Titanium Alloys, in: Boyer, R., Welsch, G., Collings, E. W. (Eds.), *Materials Properties Handbook: Titanium Alloys*. ASM International, Ohio, p. 788.
- Izamshah, R., Mo, J.P.T., Ding, S., 2012. Hybrid deflection prediction on machining thin-wall monolithic aerospace components. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part B J. Eng. Manuf.* 226, 592–605. <https://doi.org/10.1177/0954405411425443>
- Izamshah, R., Yuhazri, M.Y., Hadzley, M., Amran, M., Subramonian, S., 2013. Effects of End Mill Helix Angle on Accuracy for Machining Thin-Rib Aerospace Component. *Appl. Mech. Mater.* 315, 773–777. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.315.773>
- Izamshah, R.A., Mo, J.P.T., Ding, S.L., 2010. Finite Element Analysis of Machining Thin-Wall Parts. *Key Eng. Mater.* 458, 283–288. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.458.283>
- Ji, C., 2015. 3D FEM simulation of helical milling hole process for titanium alloy Ti-6Al-4V. *J. Mater. Process. Technol.* 81, 1733–1742.

- Kline, W.A., Devor, R.E., Shareef, I.A., 2016. The Prediction of Surface Accuracy in End Milling 104.
- Motarjemi, Y., Moy, G., Todd, E., 2014. Chilling Operations. *Encycl. Food Saf.* 140–148. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-420004-3.00012-5>
- Patil Amit S., Inglesushil V., More Yogesh S., N.M.S., 2015. Machining Challenges in Ti-6Al-4V .- A Review. *Int. J. Innov. Eng. Technol.* 5, 6–23.
- Philip Fletcher-Introduction to Basic Milling (Basic Engineering Training Guides) (1997, Training Publications Ltd).pdf, n.d.
- Ratchev, S., Liu, S., Huang, W., Becker, A.A., 2004. Milling error prediction and compensation in machining of flow-rigidity parts. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 44, 1629–1641. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2004.06.001>
- Rizzuti, S., Umbrello, D., 2011. Finite element simulation of machining of Ti6Al4V alloy. *AIP Conf. Proc.* 1353, 633–638. <https://doi.org/10.1063/1.3589586>
- S, L., Patankar, V. A., 2017. Finite Element Modeling and Simulation of Thin Wall Machining of Al8011. *Int. J. Eng. Technol.* 10, 654–658.
- Wu, H.B., Zhang, S.J., 2014. 3D FEM simulation of milling process for titanium alloy Ti6Al4V. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 71, 1319–1326. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5546-0>