

**SKRIPSI**  
**ANALISIS PERBANDINGAN GAYA PADA PROSES *END MILLING***  
**BALOK TERHADAP *THIN WALLED* MENGGUNAKAN SOFTWARE**  
**FEM DEFORM-3D**



**MUHAMMAD AGUNG FAZA**

**03051281520081**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2019**

**SKRIPSI**  
**ANALISIS PERBANDINGAN GAYA PADA PROSES *END-MILLING***  
**BALOK TERHADAP *THIN-WALLED* MENGGUNAKAN *SOFTWARE***  
**FEM DEFORM-3D**

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



**MUHAMMAD AGUNG FAZA**

**03051281520081**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2019**

## **HALAMAN PENGESAHAN**

### **ANALISIS PERBANDINGAN GAYA PADA PROSES PEMESINAN END-MILLING BALOK TERHADAP THIN-WALLED MENGGUNAKAN SOFTWARE FEM DEFORM-3D**

#### **SKRIPSI**

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

**Oleh:**

**MUHAMMAD AGUNG FAZA  
03051281520081**

Palembang, Juli 2019

**Pembimbing**



Mengetahui,  
**Ketua Jurusan Teknik Mesin**

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

  
**Muhammad Yanis, ST., MT  
NIP. 19700228 199412 101**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

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

**SKRIPSI**

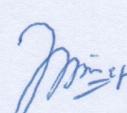
**NAMA : MUHAMMAD AGUNG FAZA  
NIM : 03051281520081  
JUDUL : ANALISIS PERBANDINGAN GAYA PADA PROSES  
*END-MILLING* BALOK TERHADAP *THIN-WALLED*  
MENGGUNAKAN *SOFTWARE FEM DEFORM-3D*  
DIBERIKAN : SEPTEMBER 2018  
SELESAI : JULI 2019**



**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin**

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

Palembang, 20 Juli 2019  
Diperiksa dan disetujui oleh :  
Pembimbing Skripsi

  
**Muhammad Yanis, S.T., M.T.  
NIP. 19700228 199412 101**

## HALAMAN PERSETUJUAN

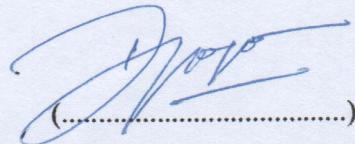
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “**Analisis Perbandingan Gaya pada Proses End Milling Balok terhadap Thin-Walled menggunakan Software FEM DEFORM-3D**” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 20 Juli 2019.

Palembang, 20 Juli 2019

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua:

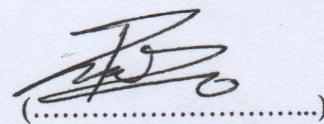
1. Ir. Dyos Santoso, M.T.  
NIP. 196012231991021001



(.....)

Anggota:

2. Ir. Fusito, M.T.  
NIP. 195709101991021001



(.....)

3. Dr. Ir. H. Darmawi Bayin, M.T., M.T.  
NIP. 195806151987031002



(.....)

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

Pembimbing Skripsi,

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

## **HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Agung Faza

NIM : 03051281520081

Judul : Analisis Perbandingan Gaya pada Proses Pemesinan *End-Milling* Balok terhadap *Thin-Walled* menggunakan *Software FEM DEFORM-3D*

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 (Coresponding author).

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

Palembang, Juli 2019

Muhammad Agung Faza  
NIM. 03051281520081

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Agung Faza

NIM : 030512815200081

Judul : Analisis Perbandingan Gaya pada Proses Pemesinan *End-Milling*

Balok terhadap *Thin-Walled* menggunakan *Software FEM DEFORM-3D.*

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, Juli 2019



Muhammad Agung Faza  
NIM. 03051281520081

## **RINGKASAN**

**ANALISIS PERBANDINGAN GAYA PADA PROSES *END-MILLING* BALOK TERHADAP *THIN-WALLED* MENGGUNAKAN SOFTWARE FEM DEFORM-3D**

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi, 26 Juli 2019

Muhammad Agung Faza; Dibimbing oleh Muhammad Yanis, S.T., M.T.

**FORCE COMPARISON ANALYSIS ON THE BLOCK END-MILLING PROCESS AGAINST THIN-WALLED USING FEM DEFORM-3D SOFTWARE**

xxviii + 46 halaman, 4 tabel, 62 gambar, 1 Lampiran.

## **RINGKASAN**

Proses pemesinan merupakan suatu proses produksi yang bertujuan untuk mengubah bentuk suatu komponen atau produk yang ada pada mesin dengan cara memotong benda kerja menggunakan mata pahat yang ada di pemesinan dengan memaksimalkan relatif gerak yang ada pada *cutting tool*. Gaya potong merupakan hal penting yang ada di proses pemesinan. Proses pemesinan *end-milling* dapat menentukan gaya-gaya yang terjadi selama dilakukannya pemrosesan pemesinan. Hasil yang didapatkan setelah melakukan gaya potong akan sangat berguna untuk melihat kualitas hasil permukaan, memprediksi keausan pahat dan dapat memperkirakan energi yang dibutuhkan serta biaya yang harus dikeluarkan dalam memotong suatu logam atau material. Pada penelitian ini material benda kerja yang digunakan berjenis titanium alloy material ini merupakan salah satu material yang paling banyak digunakan dan mempunyai tingkat kesulitan yang tinggi untuk dilakukan proses pemesinan, material ini juga banyak digunakan pada bidang industri kedirgantaraan karena memiliki susunan material yang kompleks. Penelitian ini menggunakan benda kerja berjenis balok karena pada proses pemesinan yang telah dilakukan menggunakan benda kerja *thin-walled* banyak terjadi kegagalan dan kendala yang terjadi akibat getaran yang ditimbulkan karena permukaan benda kerja *thin-walled* yang lebih tipis dibandingkan permukaan benda kerja balok yang tebal hal ini dapat dianalisis dari gaya yang dihasilkan dari proses pemesinan yang akan dilakukan. Pada penelitian ini benda kerja balok yang

digunakan akan dilakukan proses pemesinan dengan menggunakan dua kondisi parameter pemotongan, yaitu kondisi pemotongan 1 dengan pemakanan 0.12 mm/tooth, kecepatan spindel 1000 rpm, kedalaman makan radial 0.8 mm dan axial 6 mm, dan untuk kondisi pemotongan 2 dengan pemakanan 0.12 mm/tooth, kecepatan spindel 2000 rpm, kedalaman makan radial 0.5 mm dan axial 4 mm. *Cutting tool* yang digunakan untuk proses simulasi ini berjenis helikal *end-milling* berdiamater 16 mm dengan sudut helix 50° dan material berjenis solid karbid. Pada hasil proses simulasi yang dilakukan bahwa kondisi pemotongan 1 memiliki hasil distribusi gaya yang lebih tinggi dibandingkan hasil distribusi gaya pada kondisi pemotongan 2 hal ini dipengaruhi oleh adanya perbedaan kecepatan potong serta kedalaman makan axial dan radial antara 2 kondisi parameter pemotongan tersebut.

**Kata Kunci:** Proses pemesinan, *cutting tool*, *end-milling*, balok, *thin-walled*.

## **SUMMARY**

**FORCE COMPARISON ANALYSIS ON THE BLOCK END-MILLING PROCESS AGAINST THIN-WALLED USING FEM DEFORM-3D SOFTWARE**

Scientific Writing in the form of Thesis, July 26, 2019

Muhammad Agung Faza, Supervised by Muhammad Yanis, S.T., M.T.

**ANALISIS PERBANDINGAN GAYA PADA PROSES *END-MILLING* BALOK TERHADAP *THIN-WALLED* MENGGUNAKAN SOFTWARE FEM DEFORM-3D**

xxviii + 46 pages, 4 tables, 62 images, 1 attachment.

## **SUMMARY**

The machining process is a production process that aims to change the shape of a component or product that is present in the machine by cutting the workpiece using the cutting tool by maximizing the relative motion of the cutting tool. Cutting force is an important thing that is in the machining process. The end-milling machining process can determine the forces that occur during machining processing. The results obtained after the cutting force occurred will be very useful to see the quality of the surface results, predict tool wear and can estimate the energy needed and the costs that must be spent in cutting a metal or material. In this study the workpiece material used in this type of titanium alloy material is one of the most widely used materials and has a high level of difficulty for machining processes, this material is also widely used in the aerospace industry because it has a complex arrangement of materials. This study uses a beam type workpiece because in the machining process that has been carried out using thin-walled workpieces there are many failures and obstacles that occur due to vibration because of the thin-walled workpiece surface is thinner than the thick workpiece surface of the beam can be analyzed from the force produced from the machining process that will be carried out. In this study the beam workpiece is used to be machined by using two conditions of cutting parameters, namely cutting conditions 1 with feeding value of 0.12 mm / tooth, spindle speed 1000 rpm, radial depth of 0.8 mm and axial 6 mm, and for cutting conditions with 2 ingestion of 0.12 mm/tooth, spindle speed of 2000 rpm, radial feeding depth of 0.5 mm and axial 4 mm. The cutting tool used for this simulation process is a helical end milling with 16 mm diameter with a 50° helix angle and a solid carbide type material. In the results of the simulation process, the cutting

condition 1 has a higher force distribution than the results of the force distribution in the cutting condition 2, this is influenced by the difference in cutting speed and depth of axial and radial feeding between the two conditions of the cutting parameters.

**Keywords:** Machining process, cutiing tool, end-milling, block, thin-walled.

## **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 “ANALISIS PERBANDINGAN GAYA PADA PROSES PEMESINAN *END-MILLING* BALOK TERHADAP *THIN-WALLED* MENGGUNAKAN SOFTWARE FEM DEFORM-3D”.

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. Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D selaku ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
2. Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D. selaku sekretaris jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya
3. Muhammad Yanis, S.T, M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, nasihat serta motivasi dalam menyelesaikan penggerjaan skripsi ini.
4. Muhammad Zahir, S.T, M.T selaku asisten dosen pembimbing skripsi saya yang selalu sabar dan sangat banyak memberikan ilmu, nasihat, motivasi dan pembelajaran yang berharga kepada saya yang tidak tahu menjadi tahu.
5. Dosen-dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang telah membekali saya dengan ilmu yang bermanfaat sebelum menyusun skripsi ini.
6. Staff administrasi Jurusan Teknik Mesin atas bantuannya selama pengurusan berkas tugas akhir ini.
7. Teman-teman di Teknik Mesin angkatan 2015 Kampus Palembang dan Inderalaya yang turut andil dalam membantu saya untuk menyelesaikan skripsi ini.

8. Tim Skripsi, Tiesto Audy Julio dan Dimas Aji Tri Setiawan yang telah berjuang bersama dan saling membantu satu sama lain. Teman baik saya dari SMA sampai sekarang Muhammad Arief Rachman yang telah meminjamkan laptopnya selama pengerjaan skripsi ini.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan berkontribusi dalam dunia pendidikan dan industri manufaktur agar proses pemesinan ini lebih efisiensi dengan menggunakan bantuan software dalam proses produksi.

Palembang, Juli 2019

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Halaman Pengesahan .....	iii
Halaman Pengesahan Agenda .....	v
Halaman Persetujuan .....	vii
Halaman Persetujuan publikasi .....	ix
Halaman Pernyataan Integritas .....	xi
Ringkasan .....	xiii
Summary .....	xv
Kata Pengantar .....	xvii
Daftar Isi .....	xix
Daftar Gambar .....	xxi
Daftar Tabel .....	xxiii
Daftar Lampiran .....	xxv
Daftar Rujukan .....	xxvii
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    Studi Literatur .....	5
2.2    Proses Pemesinan Frais ( <i>Milling</i> ) .....	6
2.2.1    Elemen Dasar Pemesinan .....	6
2.2.2    Proses Frais Datar ( <i>Peripheral Milling</i> ) .....	7
2.2.3    Proses Frais Muka ( <i>Face Milling</i> ) .....	8
2.2.4    End Milling .....	8
2.3    Titanium Alloy Ti6Al4V .....	9

2.4	Gaya Pemotongan pada Helical End Mill .....	10
2.5	Algoritma Pemrograman .....	11
2.5.1	Conjugate-Gradiant .....	12
2.5.2	Sparse .....	13
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>15</b>
3.1	Diagram Alir .....	15
3.2	Prosedur penelitian.....	16
3.2.1	Software DEFORM-3D .....	16
3.2.2	Proses eksperimental <i>thin-walled</i> .....	16
3.2.3	Proses FEM simulasi balok .....	17
3.3	Prosedur simulasi <i>software</i> DEFORM-3D.....	19
3.3.1	Tampilan jendela awal <i>software</i> DEFORM-3D .....	20
3.3.2	Pre-processor .....	20
3.3.3	Simulator .....	27
3.3.4	Post-Processor .....	28
3.4	Sistem Persumbuan pada saat Proses Simulasi .....	30
<b>BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>31</b>
4.1	Analisis Proses Simulasi.....	31
4.2	Hasil Simulasi Pengukuran Gaya .....	34
4.3	Grafik Hasil Pengukuran Gaya.....	37
4.4	Perbandingan Hasil Gaya .....	38
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>41</b>
5.1	Kesimpulan.....	41
5.2	Saran .....	42
<b>DAFTAR RUJUKAN .....</b>		<b>xxvii</b>

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Proses dasar pemesinan frais (a) frais datar dan (b) Face milling (Groover, 2010).....	6
Gambar 2.2 Mekanisme up milling dan down milling pada proses pemesinan frais (Groover, 2010).....	8
Gambar 2.3 Skematis proses Face Milling (Hari Yanuar et al., 2014).....	8
Gambar 2.4 Macam-macam pahat operasi milling (Altintas, 2012).....	9
Gambar 2.5 Gaya pemotongan dari helikal end-mill (Altintas, 2012).....	10
Gambar 2.6 Grafik perbandingan waktu proses (simulation) antara algoritma metode Conjugate Gradient dan Sparse (M'Barek, 2013).....	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	15
Gambar 3.2 Geometri pahat helikan end milling.....	17
Gambar 3.3 Spesifikasi benda kerja balok.....	18
Gambar 3.4 Diagram alir tahapan pemodelan dalam simulasi DEFORM-3D .....	19
Gambar 3.5 Tampilan awal DEFORM-3D .....	20
Gambar 3.6 Tampilan awal jendela Pre-Processor .....	21
Gambar 3.7 Tampilan (input) benda kerja .....	21
Gambar 3.8 Tampilan kolom general .....	22
Gambar 3.9 Tampilan masukkan objek impor data .....	22
Gambar 3.10 Tampilan masukkan (input) objek pahat yang akan dipakai.....	23
Gambar 3.11 Tampilan keluaran (output) objek pahat .....	23
Gambar 3.12 Tampilan masukkan (input) material .....	24
Gambar 3.13 Tampilan jendela kerja pada parameter pergerakan (movement) translasi dan rotasi.....	24
Gambar 3.14 Tampilan kolom dialog masukkan (input) geometri balok .....	25
Gambar 3.15 Tampilan jendela keluaran (output) pembuatan geometri benda kerja balok .....	25
Gambar 3.16 Tampilan kolom masukkan kondisi batas .....	26
Gambar 3.17 Tampilan jendela masukkan (input) simulation control.....	27

Gambar 3.18 Tampilan jendela <i>processing</i> atau simulator pada DEFORM-3D .....	27
Gambar 3.19 Tampilan jendela menu post-processor yang akan di klik .....	28
Gambar 3.20 Jendela awal post-processor .....	28
Gambar 3.21 Tampilan Graph (load-stroke) .....	29
Gambar 3.22 Tampilan contoh parameter gaya setelah didapatkan prediksinya .....	29
Gambar 3.23 Sistem persumbuan pada saat proses Simulasi .....	30
Gambar 4.1 Geometri ukuran pahat .....	31
Gambar 4.2 Ukuran mesh awal benda kerja balok .....	33
Gambar 4.3 Bentuk geram dan mesh yang dihasilkan pada proses simulasi..	34
Gambar 4.4 Grafik gaya kondisi pemotongan I dan II.....	36
Gambar 4.5 Grafik hasil simulasi pengukuran gaya maksimum pada kondisi pemotongan I.....	37
Gambar 4.6 Grafik hasil simulasi pengukuran gaya maksimum pada kondisi pemotongan II .....	37
Gambar 4.7 Grafik tabel hasil perbandingan gaya $x$ antara eksperimental <i>thin-walled</i> dan pemodelan simulasi balok dengan kondisi pemotongan I dan II .....	39

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1	Tabel sistematis perhitungan sparse .....	13
Tabel 3.1	Sifat mekanik thin-walled Ti6Al4V (Feng et al., 2016) .....	16
Tabel 3.2	Parameter pemotongan untuk thin-walled titanium alloy (Feng et al., 2016).....	17
Tabel 4.1	Parameter kondisi pemotongan untuk proses simulasi.....	33

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Tampilan awal software DEFORM-3D .....	43
Lampiran 2 Tampilan awal menu DEFORM-2D/3D Pre .....	43
Lampiran 3 Tampilan input benda kerja .....	44
Lampiran 4 Tampilan kolom general input benda kerja, mesh dan material ..	44
Lampiran 5 Tampilan jendela untuk impor objek benda kerja .....	44
Lampiran 6 Tampilan hasil impor benda kerja dan bentukan mesh serta pemberian jenis material yang dipakai untuk pahat.....	45
Lampiran 7 Tampilan jendela untuk mengatur pergerakkan pahat translasi dan rotasi.....	45
Lampiran 8 Pembuatan dimensi benda kerja balok.....	46
Lampiran 9 Tampilan hasil pembuatan benda kerja balok, bentukan mesh dan jenis material yang dipakai untuk balok.....	46
Lampiran 10 Tampilan input untuk mengatur kondisi batas.....	47
Lampiran 11 Input <i>simulation control</i> DEFORM-2D/3D Pre .....	47
Lampiran 12 Tampilan untuk simulator .....	48
Lampiran 13 <i>Running simulation</i> pada aplikasi DEFORM-3D .....	48
Lampiran 14 Jendela awal Post-Processor untuk melihat hasil perhitungan distribusi gaya pada simulasi DEFORM-3D.....	49
Lampiran 15 Kolom untuk melihat hasil perhitungan gaya .....	49
Lampiran 16 Grafik hasil gaya pada sumbu x kondisi pemotongan I .....	50
Lampiran 17 Grafik hasil gaya pada sumbu y kondisi pemotongan I .....	50
Lampiran 18 Grafik hasil gaya pada sumbu z kondisi pemotongan I .....	51
Lampiran 19 Grafik hasil gaya pada sumbu x kondisi pemotongan II.....	51
Lampiran 20 Grafik hasil gaya pada sumbu y kondisi pemotongan II.....	52
Lampiran 21 Grafik hasil gaya pada sumbu z kondisi pemotongan II.....	52
Lampiran 22 Hasil bentukan mesh setelah proses simulasi .....	53
Lampiran 23 Geram atau chip yang dihasilkan setelah dilakukan proses simulasi .....	53

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Proses pemesinan merupakan suatu proses produksi yang bertujuan untuk mengubah bentuk suatu komponen atau produk yang ada pada mesin dengan cara memotong benda kerja menggunakan mata pahat yang ada di pemesinan dengan memaksimalkan relatif gerak yang ada pada *cutting tool* (Rochim, 2007).

Gaya potong merupakan hal penting yang ada di proses pemesinan. Proses pemesinan *end-milling* dapat menentukan gaya-gaya yang terjadi selama dilakukannya pemrosesan pemesinan. Hasil yang didapatkan setelah melakukan gaya potong akan sangat berguna untuk melihat kualitas hasil permukaan, memprediksi keausan pahat dan dapat memperkirakan energi yang dibutuhkan serta biaya yang harus dikeluarkan dalam memotong suatu logam atau material (Rusnaldy et al., 2009).

Salah satu material yang paling banyak digunakan dan mempunyai tingkat kesulitan yang tinggi untuk dilakukan pemesinan yaitu titanium alloy, material ini banyak digunakan pada bidang kedirgantaraan, dan otomotif karena memiliki susunan material yang kompleks (Revankar et al., 2014).

Pada proses pemesinan dengan menggunakan benda kerja *thin-walled* banyak terdapat *error* atau kendala yang terjadi pada getaran yang ditimbulkan dibandingkan pada benda kerja yang lebih tebal seperti balok, hal ini dapat diamati dengan gaya yang terjadi pada proses pemesinan sehingga dapat mengetahui *error* atau kendala yang ada pada getaran.

Peneliti akan mencoba mengamati perbandingan gaya yang terjadi dalam sudut pandang yang berbeda, dimana gaya yang terjadi pada simulasi finite element akan dilakukan sebuah validasi perbedaan deviasi terhadap beberapa parameter yang telah ditentukan, sehingga didapatnya metode prediksi yang

lebih mudah pada proses pemodelan yang dilakukan dengan menggunakan simulasi *software* DEFORM-3D.

Penelitian ini membahas tentang “Analisis Perbandingan Gaya pada Proses *End-Milling* Balok terhadap *Thin-Walled* menggunakan *Software FEM* DEFORM-3D”

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, peneliti mencoba menyederhanakan analisis pada pemesinan *thin-walled* dengan menggunakan sebuah benda kerja balok, dan melakukan perbandingan analisis *finite element* dari hasil proses simulasi balok terhadap eksperimental *thin-walled*.

## 1.3 Batasan Masalah

Banyaknya pemasalahan yang muncul maka penulis melakukan pembatasan masalah dimana :

1. Pemesinan *end-milling* dilakukan dengan arah potong *down milling*.
2. Hasil dari proses simulasi ini terfokus pada gaya potong yang ada di balok titanium alloy.
3. Proses simulasi ini dikerjakan tanpa pelumasan pada bagian *cutting tool*.
4. Memakai metode algoritma matriks jarang (sparse)
5. Proses pemodelan simulasi ini dikerjakan dengan menggunakan software finite element DEFORM-3D, mulai dari desain alat potong, benda kerja hingga simulasi

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Bertujuan untuk menganalisis perbandingan gaya yang ada di proses pemesinan simulasi balok terhadap eksperimental *thin-walled* dari proses *end milling* dengan menggunakan simulasi software FEM DEFORM-3D.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian skripsi ini antara lain :

1. Diharapkan dapat menjadi sebuah acuan didalam menafsirkan besaran gaya pada *thin-walled* dengan hasil deviasi gaya yang diperoleh pada balok.
2. agar dapat menambah referensi serta kajian tentang pemesinan frais *end milling* balok terhadap *thin-walled*, perbandingan gaya potong dan metode-metode algoritma yang mempengaruhi perbandingan gaya.

## DAFTAR RUJUKAN

- Altintas, Y., 2012. Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design, Applied Mechanics Reviews. <https://doi.org/10.1115/1.1399383>
- Budak, E., 2006. Analytical models for high performance milling. Part I: Cutting forces, structural deformations and tolerance integrity. *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 46, 1478–1488. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2005.09.009>
- Ding, S.L., Izamshah, R.A.R., Mo, J.P.T., Zhu, Y.W., Izamshah R.A., R., Mo, J.P.T., and Zhu, Y.W., 2010. Chatter detection in high speed machining of titanium alloys, Key Engineering Materials. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.458.289>
- Feng, J., Sun, Z., Jiang, Z., and Yang, L., 2016. Identification of chatter in milling of Ti-6Al-4V titanium alloy thin-walled workpieces based on cutting force signals and surface topography. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 82, 1909–1920. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7509-0>
- Groover, M.P., 2010. Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes and systems, 4th ed. John Wiley & Sons, Inc, United States of America.
- Hari Yanuar, Syarief, A., and Ach Kusairi, 2014. Pengaruh Variasi Kecepatan Potong Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Dengan Berbagai Media Pendingin Pada Proses Frais Konvensional. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam* 03, 27–33. <https://doi.org/2338-2236>
- Hoyer, P.O., 2004. Non-negative matrix factorization with sparseness constraints 5, 1457–1469. <https://doi.org/10.1109/ICMLC.2011.6016966>
- Izamshah R.A., R., Mo, J.P.T., and Ding, S.L., 2010. Finite Element Analysis of Machining Thin-Wall Parts. *Key Engineering Materials* 458, 283–288. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.458.283>
- Ji, C., Li, Y., Qin, X., Zhao, Q., Sun, D., and Jin, Y., 2015. 3D FEM simulation of helical milling hole process for titanium alloy Ti-6Al-4V. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 81, 1733–1742. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7323-8>
- Liu, Y., and Storey, C., 1991. Efficient generalized conjugate gradient algorithms, part 1: Theory. *Journal of Optimization Theory and Applications* 69, 129–137. <https://doi.org/10.1007/BF00940464>
- M'Barek, N., 2013. Synthese, Kristallisation und röntgengraphische Untersuchung von P.O. 34 1.

- Maulana, A.K., 2017. Evaluasi Kinerja Sparse Matrix-Vector Multiplication menggunakan Format Penyimpanan CSR dan BCSR pada MPI Performance Evaluation of Sparse Matrix-Vector Multiplication using CSR and BCSR storage format on MPI Abstrak BAB 1 Pendahuluan 1 . 1 Latar Belakang 4, 1301–1309.
- Mohruni, A.S., Yanis, M., Sharif, S., Yani, I., Yuliwati, E., Ismail, A.F., and Shayfull, Z., 2017. A comparison RSM and ANN surface roughness models in thin-wall machining of Ti6Al4V using vegetable oils under MQL-condition. *AIP Conference Proceedings* 1885. <https://doi.org/10.1063/1.5002355>
- Parida, A.K., 2018. Simulation and experimental investigation of drilling of Ti-6Al-4V alloy. *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture* 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ijlmm.2018.07.001>
- Park, K.H., Suhaimi, M.A., Yang, G.D., Lee, D.Y., Lee, S.W., and Kwon, P., 2017. Milling of titanium alloy with cryogenic cooling and minimum quantity lubrication (MQL). *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* 18, 5–14. <https://doi.org/10.1007/s12541-017-0001-z>
- Pratap, T., Patra, K., and Dyakonov, A.A., 2015. Modeling cutting force in micro-milling of Ti-6Al-4V titanium alloy. *Procedia Engineering* 129, 134–139. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.021>
- Revankar, G.D., Shetty, R., Rao, S.S., and Gaitonde, V.N., 2014. Analysis of surface roughness and hardness in titanium alloy machining with polycrystalline diamond tool under different lubricating modes. *Materials Research* 17, 1010–1022. <https://doi.org/10.1590/1516-1439.265114>
- Rochim, T., 2007. PROSES PEMESINAN buku 1: Klasifikasi Proses, Gaya dan Daya Pemesinan, 1st ed. *ITB*, Bandung.
- Rusnaldy, M., Tauviqirrahman, and Ranuaji, W., 2009. PROSES SIMULASI UNTUK MENENTUKAN BESARNYA GAYA POTONG PADA PROSES BUBUT. *ROTASI* 11, 29–32. <https://doi.org/10.14710/ROTASI.11.1.29-32>
- Seguy, S., Dessein, G., and Arnaud, L., 2008. Surface roughness variation of thin wall milling, related to modal interactions. *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 48, 261–274. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2007.09.005>
- Shewchuk, J.R., 2005. Painless-Conjugate-Gradient 1–64. <https://doi.org/10.1.1.110.418>