

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Pengaruh *Cutting Speed, Feed, dan Depth of Cut* terhadap Gaya Potong pada Proses Pembubutan Titanium Ti-6Al-4V dengan Simulasi Metode Elemen Hingga” ini dengan baik. Tidak lupa shalawat dan salam kami haturkan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad SAW.

Penulis menyadari bahwa selama penulisan dan penyelesaian skripsi ini telah dibantu banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penyelesaian skripsi ini:

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Bapak Dr.Eng. Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng, selaku Sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono., M.Sc., CSE, selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Produksi Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya sekaligus sebagai dosen pembimbing, yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan, dan arahan yang membangun bagi penulis.
4. Keluarga dan sahabat, Davit, Hemo, Bejoo, Jagor, Agung, Wahyu, serta semua pihak yang telah mendukung terselesaikannya skripsi ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Saran dan kritik yang bersifat membangun skripsi ini, penulis harapkan dari pembaca dan semua pihak. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi para pembacanya.

Amiin.

Malang, Januari 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	viii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2 Pemotongan Logam dengan Mesin Bubut.....	4
2.3 Parameter Pemotongan .....	6
2.3.1 Kecepatan Potong ( <i>Cutting Speed</i> ).....	6
2.3.2 Pemakanan ( <i>Feed</i> ) .....	7
2.3.3 Kedalaman Potong ( <i>Depth of Cut</i> ) .....	8
2.4 Tipe Geram .....	8
2.5 Mekanisme Pembentukan Geram.....	12
2.6 Komponen Gaya Pembentukan Geram .....	14
2.7 Pahat .....	17
2.7.1 Material Pahat.....	17
2.7.2 Pahat Insert .....	18
2.7.3 Geometri Pahat .....	19
2.8 Metode Elemen Hingga.....	21



2.9 Software DEFORM .....	26
2.10 Langkah Simulasi Menggunakan DEFORM.....	27
2.11 Model Material .....	29
2.11.1 Model Material <i>Rigid</i> .....	29
2.11.2 Model Material <i>Plastic</i> .....	29
2.12 Hipotesa .....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	32
3.1 Metode Penelitian .....	32
3.2 Variabel Penelitian .....	33
3.3 Spesifikasi Model Material Dan Pahat .....	33
3.3.1 Spesifikasi Model Material .....	33
3.3.2 Spesifikasi Model Pahat .....	33
3.4 Pemodelan .....	33
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	34
3.6 Parameter Permesinan untuk Proses Simulasi.....	35
3.7 Prosedur Penelitian .....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	38
4.1 Hasil Penelitian.....	38
4.2 Proses Verifikasi dan Validasi Simulasi dengan Eksperimen .....	41
4.3 Pembahasan .....	44
4.3.1 Analisa Grafik .....	44
4.3.2 Analisa Statistik ANOVA .....	47
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	





## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 3.1	Parameter Pemotongan pada Simulasi	29
Tabel 3.2	Parameter yang digunakan dalam Simulasi Pembubutan	36
Tabel 4.1	Unsur Kimia Titanium Ti-6Al-4V	41
Tabel 4.2	Verifikasi parameter simulasi dengan eksperimen	41
Tabel 4.3	Validasi hasil simulasi dengan hasil eksperimen.	43
Tabel 4.4	Tabel ANOVA untuk Gaya Potong $F_c$	47
Tabel 4.5	Perhitungan <i>Total Sum of Square</i>	48
Tabel 4.6	Perhitungan <i>Sum of Square</i> untuk $V_c$	49
Tabel 4.7	Perhitungan <i>Sum of Square</i> untuk $f$	49
Tabel 4.8	Perhitungan <i>Sum of Square</i> untuk $a$	50



## DAFTAR GAMBAR

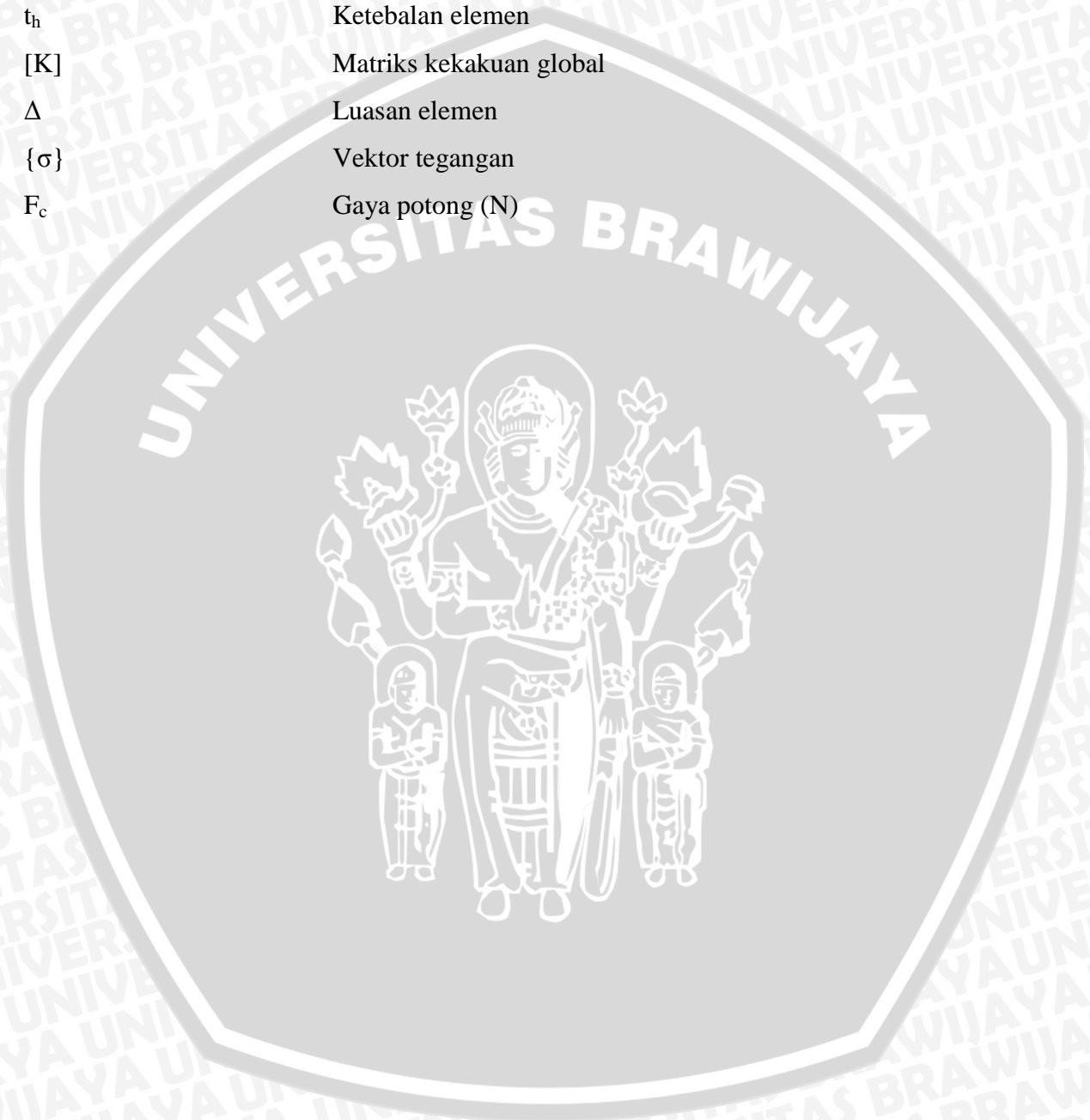
No.	Judul	Hal.
Gambar 2.1	Proses Pembubutan	5
Gambar 2.2	Variasi <i>feed</i> pada proses pemakanan benda kerja	7
Gambar 2.3	Geram kontinyu	9
Gambar 2.4	Geram kontinyu dengan <i>BUE</i>	10
Gambar 2.5	Geram bersegmen	11
Gambar 2.6	Geram diskontinyu	11
Gambar 2.7	Teori tentang pembentukan geram	12
Gambar 2.8	Pembentukan geram dan deformasi bahan	13
Gambar 2.9	Lingkaran gaya pemotongan (lingkaran Merchant)	16
Gambar 2.10	Pahat bubut sisipan ( <i>insert</i> )	18
Gambar 2.11	Berbagai geometri pahat dan kemampuannya	19
Gambar 2.12	Pemodelan suatu bangun dengan metode elemen hingga	21
Gambar 2.13	Ilustrasi pada metode elemen hingga	22
Gambar 2.14	Metode Eulerian dan Lagrangian pada aliran elemen	25
Gambar 2.15	Tampilan <i>pre-processor</i> pada DEFORM 3D V.5.0	27
Gambar 2.16	Kurva tegangan-regangan pada model material	30
Gambar 3.1	Gambar area simulasi <i>turning</i> pada DEFORM 3D	32
Gambar 3.2	Diagram alir penelitian	34
Gambar 4.1	Pemodelan komponen simulasi, benda kerja dan pahat	38
Gambar 4.2	Hasil <i>meshing</i> benda kerja dan pahat pada DEFORM 3D	39
Gambar 4.3	Hasil simulasi dari <i>step</i> 1 hingga <i>step</i> 497	40
Gambar 4.4	Grafik gaya potong yang didapat setelah simulasi pada $V_c = 60$ m/min, $f = 0,3$ mm/rev, dan $a = 1,5$ mm	42
Gambar 4.5	Grafik hubungan <i>depth of cut</i> dan <i>feed</i> terhadap gaya potong untuk $V_c = 45$ m/min	44
Gambar 4.6	Grafik hubungan <i>depth of cut</i> dan <i>feed</i> terhadap gaya potong untuk $V_c = 60$ m/min	44
Gambar 4.7	Grafik hubungan <i>depth of cut</i> dan <i>feed</i> terhadap gaya potong untuk $V_c = 75$ m/min	45

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
$V_c$	Kecepatan pemotongan (m/min)
$n$	Putaran <i>spindle</i> (rpm)
$d$	Diameter (mm)
$d_0$	Diameter awal benda kerja (mm)
$d_m$	Diameter benda kerja setelah <i>machining</i> (mm)
$f$	<i>Feed</i> atau pemakanan (mm/rev)
$a$	Kedalaman pemotongan (mm)
$\Phi$	Sudut geser ( $^\circ$ )
$\gamma$	<i>Rake angle</i> atau sudut geram ( $^\circ$ )
$F$	Gaya (N)
$F_s$	Gaya geser (N)
$F_{sn}$	Gaya normal pada bidang geser (N)
$F_v$	Gaya potong searah kecepatan potong (N)
$F_f$	Gaya potong searah pemakanan (N)
$F_\gamma$	Gaya gesek pada bidang geram (N)
$F_{\gamma n}$	Gaya normal pada bidang geram (N)
$K_r$	Sudut tepi pahat atau <i>side cutting edge angle</i> ( $^\circ$ )
$\tau_{shi}$	Tegangan geser pada bidang geser (N/mm <sup>2</sup> )
$A_{shi}$	Penampang bidang geser (mm <sup>2</sup> )
$A$	Penampang geram sebelum terpotong (mm <sup>2</sup> )
$b$	lebar geram (mm)
$h$	tebal geram sebelum terpotong (mm)
$h_c$	tebal geram (mm)
$u_x$	Perpindahan <i>node</i> pada sumbu-x
$u_y$	Perpindahan <i>node</i> pada sumbu-y
$\epsilon_{xx}$	Regangan pada sumbu-x
$\epsilon_{yy}$	Regangan pada sumbu-y
$\gamma_{xy}$	Regangan geser

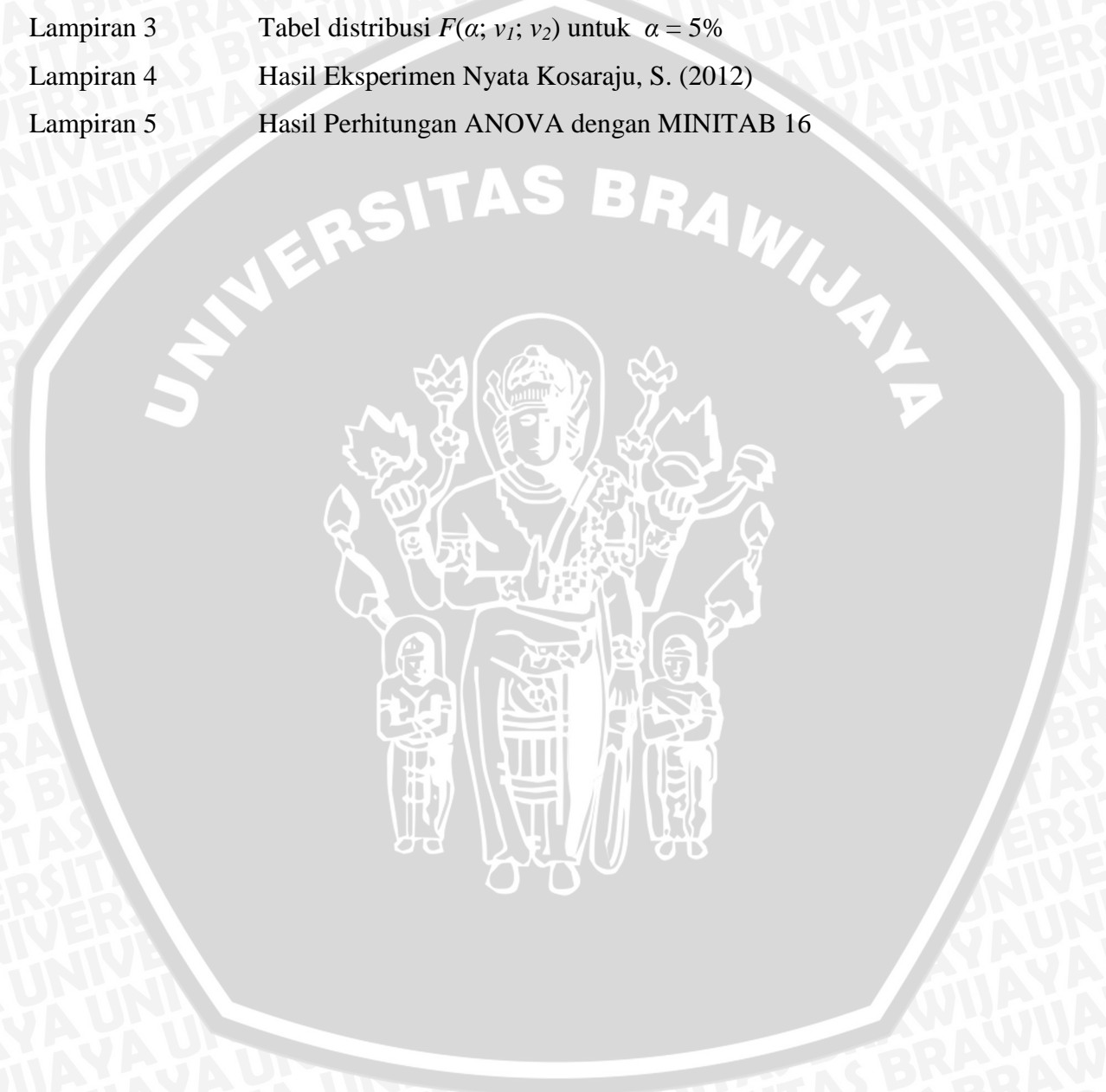


$\{\epsilon\}$	Vektor regangan
$[B]$	Matriks koefisien regangan
$\{u\}$	Vektor perpindahan
$\nu$	<i>Poisson's ratio</i>
$[D]$	Matriks elastisitas
$t_h$	Ketebalan elemen
$[K]$	Matriks kekakuan global
$\Delta$	Luasan elemen
$\{\sigma\}$	Vektor tegangan
$F_c$	Gaya potong (N)



## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Gambar Langkah-langkah Simulasi dengan DEFORM 3D
Lampiran 2	Grafik nilai gaya potong yang diperoleh dari DEFORM 3D
Lampiran 3	Tabel distribusi $F(\alpha; v_1; v_2)$ untuk $\alpha = 5\%$
Lampiran 4	Hasil Eksperimen Nyata Kosaraju, S. (2012)
Lampiran 5	Hasil Perhitungan ANOVA dengan MINITAB 16





## RINGKASAN

**VIRDO BAGUS IRAWAN**, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2013. *Analisis Pengaruh Cutting Speed, Feed, dan Depth Of Cut terhadap Gaya Potong pada Proses Pembubutan Titanium Ti-6Al-4v dengan Simulasi Metode Elemen Hingga*. Dosen Pembimbing: Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc.,CSE

Proses permesinan merupakan proses yang paling banyak dilakukan dalam pembuatan komponen mesin terutama yang terbuat dari logam. Titanium Ti-6Al-4V banyak dipakai dalam bidang medik dan antariksa karena kekuatannya dan bobotnya yang ringan. Kecepatan pemotongan (*cutting speed*), pemakanan (*feed*), dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*) merupakan parameter yang sangat berpengaruh terhadap besarnya gaya potong.

Dalam penelitian ini besarnya gaya potong didapatkan dengan menggunakan *software* berbasis metode elemen hingga. Simulasi digunakan untuk melihat kecenderungan perubahan gaya potong pada proses pemotongan untuk setiap variasi parameter pemotongan. Benda kerja dan pahat dimodelkan dalam bentuk tiga dimensi. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *software* DEFORM 3D. Pemodelan dilakukan dengan membuat geometri pahat dan benda kerja dimana pahat dimodelkan sebagai material *rigid*, sedangkan benda kerja dimodelkan sebagai material *plastic*.

Besarnya kedalaman potong berpengaruh terhadap luasan penampang bidang geser. Sebagaimana diketahui di depan bahwa luas penampang bidang geser adalah luas penampang geram sebelum terpotong yang dihitung terhadap sudut geram. Semakin besar kedalaman potong, luas penampang bidang geram sebelum terpotong semakin luas, sehingga luas penampang bidang geser juga semakin besar, dan menyebabkan gaya potong akan semakin besar.

Besarnya pemakanan besama-sama dengan kedalaman pemotongan mempengaruhi luasan penampang bidang geram sebelum terpotong. Sebagaimana telah dijelaskan di atas, luas bidang geser merupakan luas bidang geram sebelum terpotong yang telah mengalami perpanjangan pada salah satu sisinya akibat sudut geser yang terjadi selama pembubutan. Semakin besar pemakanan (*feed*), luas penampang bidang geser semakin besar, sehingga gaya potong akan semakin besar.

Setiap peningkatan kecepatan pemotongan akan meningkatkan gaya potong. Kecepatan pemotongan bersama-sama dengan sifat mekanik material yang dibubut akan mempengaruhi besarnya tegangan geser. Semakin besar kecepatan pemotongan akan memperbesar tegangan geser pada bidang geser selama proses pembubutan.

Dari analisis ANOVA, setiap parameter pemotongan memiliki pengaruh terhadap besarnya gaya potong dengan urutan mulai dari yang paling berpengaruh adalah *cutting speed*, *depth of cut*, dan kemudian *feed*. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya.

Kata kunci : *cutting speed, feed, depth of cut, gaya potong, Titanium Ti-6Al-4V, simulasi, DEFORM 3D*