

**SKRIPSI**  
**ANALISIS GAYA POTONG PADA PEMODELAN BUBUT AISI**  
**1045 MENGGUNAKAN *SOFTWARE* ABAQUS**



Oleh:

**JAINAL GULTOM**

**03051381621096**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2020**

**SKRIPSI**  
**ANALISIS GAYA POTONG PADA PEMODELAN BUBUT AISI**  
**1045 MENGGUNAKAN *SOFTWARE* ABAQUS**

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



**JAINAL GULTOM**  
**03051381621096**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS GAYA POTONG PADA PEMODELAN BUBUT AISI 1045 MENGGUNAKAN *SOFTWARE* ABAQUS

#### SKRIPSI

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

Oleh:

**JAINAL GULTOM**

**03051381621096**

Mengetahui,  
**Ketua Jurusan Teknik Mesin**



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

Palembang, 07 Agustus 2020  
**Pembimbing**



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

JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :  
Diterima Tanggal :  
Paraf :

SKRIPSI

NAMA : JAINAL GULTOM  
NIM : 03051381621096  
JUDUL : ANALISIS GAYA POTONG PADA PEMODELAN  
BUBUT AISI 1045 MENGGUNAKAN *SOFTWARE*  
ABAQUS  
DIBERIKAN : NOVEMBER 2019  
SELESAI : JULI 2020

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irvadi Yanti, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 197112251997021001

Palembang, 07 Agustus 2020  
Diperiksa dan disetujui oleh :  
Pembimbing Skripsi



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

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “**Analisis Gaya Potong pada Pemodelan Bubut AISI 1045 menggunakan *Software* Abaqus**” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 21 Juli 2020.

Palembang, 27 Juli 2020

Tim Penguji :

Ketua

1. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D

NIP.197112251997021001

Anggota

2. H. Ismail Thamrin, S.T., M.T.

NIP.197209021997021001

3. Ir. Firmansyah Burlian, M.T.

NIP. 195612271988111001

(  )  
(  )  
(  )

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Pembimbing



Dr. Muhammad Yanis, S.T., M.T

NIP. 197002281994121001

## KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul “Analisis Gaya Potong Pada Pemodelan Bubut AISI 1045 Menggunakan *Software* Abaqus”. Dimana Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan arahan serta dukungan sedari awal pelaksanaan hingga selesainya skripsi, baik secara langsung maupun tidak langsung kepada:

- 1) Bapak Irsyadi Yani, S.T, M.Eng., Ph.D selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya dan Bapak Amir Arifin, S.T, M.Eng., Ph.D selaku sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang telah memberikan peraturan dan arahan yang baik bagi Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
- 2) Bapak Dr. Muhammad Yanis, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan ilmu yang bermanfaat dan memberikan motivasi yang memberikan semangat untuk mengerjakan proposal skripsi ini.
- 3) Ibu Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan perkuliahan dari awal semester.
- 4) Seluruh Dosen di Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis sehingga makin bertambahnya wawasan.
- 5) Muhammad Zahir, S.T, M.T alumni Teknik Mesin Universitas Sriwijaya angkatan 2009 yang telah banyak memberikan nasihat sehingga proposal kami semoga di jalan yang lurus.

- 6) Orang tua (Sariman Gultom dan Lasma Silitonga) serta saudara (Yuliana M.G, Debora G, dan Nurani G) yang telah memberikan dukungan serta doa yang bermanfaat bagi penulis.
- 7) Teman-teman RGT ( Samuel H.S, Ivro A. T.G, Denker C.M, Jefta I.S, Cristian N.G, Septian H.S, dan Jon) yang banyak menghibur dan memberikan arahan sehingga penulis dapat melengkapi tugas akhir.
- 8) Persekwaan Okumene Bukit Bersatu (POBB) yang telah membimbing dari awal perkuliahan.
- 9) Teman-teman Jurusan Teknik Mesin yang banyak menghibur dan memberikan arahan sehingga penulis dapat melengkapi tugas akhir.

Hanya terimakasih yang dapat penulis berikan, semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dengan rahmat dan karunia-Nya. Penulis mengharapkan adanya kritik dan saran untuk meningkatkan kualitas skripsi ini dan semoga dapat bermanfaat bagi semua yang membaca.

Palembang, 20 Mei 2020



Jainal Gultom

03051381621096

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Jainal Gultom

NIM : 03051381621096

Judul : Analisis Gaya Potong pada Pemodelan Bubut AISI 1045  
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, Juli 2020



Jainal Gultom  
NIM. 03051381621096



# ANALISIS GAYA POTONG PADA PEMODELAN BUBUT AISI 1045 MENGGUNAKAN *SOFTWARE* ABAQUS

M. Yanis\*, J. Gultom

Teknik Mesin Universitas Sriwijaya

\*yanis@unsri.ac.id

## Abstrak

Pahat merupakan alat yang digunakan dalam proses pemesinan untuk menyayat (*feeding*) benda kerja. Pahat juga dapat menentukan kualitas benda kerja sehingga hal tersebut mempengaruhi gaya potong. Sudut geram di geometri pahat dapat menentukan hasil dari gaya potong pada pemesinan bubut. Gaya potong dapat diketahui dengan analitik, eksperimen dan simulasi. Simulasi berbasis metode elemen hingga-2D (pemotongan *orthogonal*) sangat diuntungkan yang memungkinkan masalah yang sangat rumit menjadi mudah untuk dimodelkan dan disimulasikan secara efisien dan akurat. Bentuk elemen pada simulasi berbasis metode elemen hingga sangat bermacam-macam dan menentukan hasil dari gaya potong pada pemodelan bubut, maka penelitian ini bertujuan untuk mencari bentuk elemen terbaik yang hasilnya lebih mendekati eksperimen dan mencari sudut geram terbaik berguna untuk memperpanjang umur pahat. Simulasi berbasis metode elemen hingga memiliki tiga tahap proses. Tahap pertama *Pre-Processor* (penyusunan/pengimputan program), kedua *Processor* (pengecekan data/menjalankan program), dan ketiga *Post-Processor* (hasil out-put data). Bentuk terbaik dari elemen pada analisis ini adalah jajar genjang dengan kemiringan  $45^\circ$  dimana hasil gaya potong lebih mendekati eksperimen. Sudut geram yang menghasilkan gaya potong terkecil adalah sudut geram  $20^\circ$ .

**Kata Kunci:** Sudut geram, gaya potong, metode elemen hingga, proses bubut

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Palembang, Agustus 2020  
Pembimbing



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

## SURAT KETERANGAN PENGECEKAN SIMILARITY

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Jainal Gultom  
Nim : 03051381621096  
Prodi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik

Menyatakan bahwa benar hasil pengecekan similarity Skripsi/Tesis/Disertasi/Lap. Penelitian yang berjudul Analisis Gaya Potong pada Pemodelan Bubut AISI 1045 menggunakan *SoftWare* Abaqus adalah 4%. Dicek oleh operator \*: UPT Perpustakaan Unsri

1. Dosen Pembimbing
- \*2. UPT Perpustakaan
3. Operatur Fakultas.....

Demikianlah surat keterangan ini saya buat dengan sebenarnya dan dapat saya pertanggung jawabkan.

Menyetujui,  
Dosen pembimbing,

Palembang, 17 Agustus 2020  
Yang menyatakan,



Nama: Dr. Muhammad Yanis, S.T., M.T  
NIP :197002281994121001



Nama: Jainal Gultom  
NIM : 03051381621096

## DAFTAR ISI

|  |          |
|--|----------|
| HALAMAN JUDUL .....                          | iii      |
| HALAMAN PENGESAHAN.....                      | v        |
| HALAMAN PERSETUJUAN .....                    | ix       |
| KATA PENGANTAR.....                          | xi       |
| HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS .....          | xv       |
| ABSTRAK .....                                | xvii     |
| SURAT KETERANGAN PENGECEKAN SIMILARITY ..... | xix      |
| DAFTAR ISI .....                             | xxi      |
| DAFTAR GAMBAR.....                           | xxiii    |
| DAFTAR TABEL .....                           | xxv      |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                         | xxvii    |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>               | <b>1</b> |
| 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 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>          | <b>5</b> |
| 2.1 Pemesinan Bubut (Turning).....           | 5        |
| 2.2 Elemen Dasar Proses Bubut.....           | 6        |
| 2.2.1 Kecepatan Potong .....                 | 6        |
| 2.2.2 Kecepatan Pemakanan .....              | 6        |
| 2.3 Gaya Pemotongan.....                     | 7        |
| 2.3.1 Gaya Potong Teoretik .....             | 8        |
| 2.3.2 Gaya Potong Empirik.....               | 9        |

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| 2.4                                     | Pahat.....                                      | 11        |
| 2.5                                     | Pemotongan Orthogonal .....                     | 14        |
| 2.6                                     | Finite Element Method (FEM).....                | 16        |
| 2.7                                     | Abaqus .....                                    | 20        |
| 2.8                                     | Penelitian Sebelumnya.....                      | 22        |
| <b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....</b> |   | <b>25</b> |
| 3.1                                     | Diagram Alir .....                              | 25        |
| 3.2                                     | Referensi Pemotongan Orthogonal.....            | 26        |
| 3.3                                     | Pre Processor.....                              | 28        |
|   | 3.3.1 Pembuatan Part Pahat dan Benda Kerja..... | 28        |
|   | 3.3.2 Property .....                            | 29        |
|   | 3.3.3 Assembly.....                             | 30        |
|   | 3.3.4 Step.....                                 | 30        |
|   | 3.3.5 Mesh.....                                 | 31        |
|   | 3.3.6 Load ( <i>Boundary Condition</i> ) .....  | 32        |
|   | 3.3.7 Interaction.....                          | 32        |
| 3.4                                     | Processor .....                                 | 33        |
| <b>Bab 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b> |   | <b>35</b> |
| 4.1                                     | Pembahasan.....                                 | 35        |
| 4.2                                     | Hasil .....                                     | 37        |
| <b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>  |   | <b>45</b> |
| 5.1                                     | Kesimpulan .....                                | 45        |
| 5.2                                     | Saran.....                                      | 45        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>              |   | <b>47</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                    |   | <b>49</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Gambar Proses Bubut (Rochim., 2007) .....   | 5  |
| Gambar 2.2. Lingkaran Merchant Gaya (Rochim., 2007) .....  | 7  |
| Gambar 2.3 Geometri Pahat ( Rochim., 2007) .....   | 11 |
| Gambar 2.4 Sistem Referensi Pahat ( Rochim., 2007) .....   | 12 |
| Gambar 2.5 Geometri Pemotongan Orthogonal (Rochim, 2007) .....   | 14 |
| Gambar 2.6 Diagram Alir FEM .....  | 16 |
| Gambar 2.7 (a) Struktur awal (b) Elemen dengan ukuran yang berbeda (Rao,<br>2010).....   | 18 |
| Gambar 2.8 Tampilan Awal Abaqus 6.14.....  | 21 |
| Gambar 2.9 Dimensi Benda Kerja Mesh 45° (Duan et al., 2011).....   | 23 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir .....  | 25 |
| Gambar 3.2 Bidang Orthognal.....   | 26 |
| Gambar 3.3 Gaya Potong Eksperimen (Duan et al., 2011).....   | 27 |
| Gambar 3.4 Kondisi Pemesinan Bubut (SolidWork).....  | 28 |
| Gambar 3.5 Tampilan Penggambaran Abaqus 6.14 2-D .....   | 29 |
| Gambar 3.6 Tebal geram Sebelum Terpotong .....   | 30 |
| Gambar 3.7 Pembuatan Elemen Pahat.....   | 31 |
| Gambar 3.8 Hasil Pemodelan.....  | 33 |
| Gambar 4.1 Pengambilan Nilai di Node pada Kondisi Sudut Geram 0° Mesh 45°<br>.....   | 35 |
| Gambar 4.2 Awal mula Chip Terbentuk dari Pemodelan.....  | 36 |
| Gambar 4.3 Rata-rata Gaya Potong Kondisi Sudut geram 20° .....   | 37 |
| Gambar 4.4 Rata-rata Gaya Potong Kondisi Sudut Geram 10° .....   | 38 |
| Gambar 4.5 Bentuk Tebal Geram Experimen Sesudah Terpotong (Duan et al.,<br>2011) vs Bentuk Tebal Geram Pemodelan Sesudah Terpotong. .... | 39 |
| Gambar 4.6 Rata-rata Gaya Potong Kondisi Sudut Geram 5° .....  | 39 |
| Gambar 4.7 Rata-rata Gaya Potong Kondisi Sudut Geram 0° .....  | 40 |
| Gambar 4.8 Perbandingan Bentuk Tebal Geram Experimen Sesudah Terpotong<br>(Duan et al., 2011) vs Pemodelan.....                          | 40 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 4.9 Bentuk Tebal Geram Pemodelan Sesudah Terpotong .....  | 41 |
| Gambar 4.10 Rata-rata Gaya Potong Kondisi Sudut Geram $-5^{\circ}$ .....   | 41 |
| Gambar 4.11 Rata-rata Gaya Potong Kondisi Sudut Geram $-10^{\circ}$ .....  | 42 |
| Gambar 4.12 Perbandingan Bentuk Tebal Geram Experimen Sesudah Terpotong<br>(Duan et al., 2011) vs Simulasi ..... | 43 |
| Gambar 4.13 Rata-rata Gaya Potong Kondisi Sudut Geram $-20^{\circ}$ .....  | 43 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Faktor Koreksi $C_k$ (Rochim., 2007).....                                    | 10 |
| Tabel 2.2 Faktor Koreksi $C_r$ (Rochim., 2007).....                                    | 10 |
| Tabel 2.3 Faktor Koreksi $C_{vB}$ (Rochim., 2007).....                                 | 10 |
| Tabel 2.4 Faktor Koreksi $C_v$ (Rochim., 2007).....                                    | 10 |
| Tabel 2.5 Perilaku Deformasi Johnson-Cook AISI 1045 (Duan, C et al., 2011) ..          | 19 |
| Tabel 2.6 Johnson-Cook Damage AISI 1045 (Duan, C et al., 2011).....                    | 20 |
| Tabel 3.1 Sifat Mekanik material AISI 1045 dan Carbida (Özel dan Zeren, 2005)<br>..... | 29 |
| Tabel 4.1 Pengambilan Data pada Node Gaya Potong.....                                  | 36 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |    |
|---|----|
| Perbedaan Hasil Rata-rata Gaya Potong Vs Sudut Geram.....   | 49 |
| Perbedaan Hasil Rata-rata Gaya Potong Vs Sudut Elemen. .... | 49 |



# 1. BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pahat adalah alat bantu yang digunakan dalam hal ini pada mesin perkakas untuk menyayat (*removal*) benda kerja dan membentuk benda kerja tersebut ke bentuk yang diinginkan. Hasil penyayatan benda kerja tersebut disebut geram (*chip*). Pahat dapat menentukan kualitas suatu benda kerja sehingga hal tersebut mempengaruhi gaya potong. Gaya potong dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu material, kedalaman potong, gerak pemakanan, dan lain-lain, hal-hal tersebut perlu dipertimbangkan untuk memperpanjang umur pahat serta memaksimalkan hasil dari benda kerja (Junaidi., 2018).

Gaya potong dapat diketahui dengan berbagai cara yaitu perhitungan dengan rumus, simulasi dan eksperimen. Perhitungan dengan rumus kurang tepat untuk menjadi sarana mengetahui gaya potong pada mesin bubut karena tebal geram tiap material benda kerja berbeda-beda karena tebal geram mempengaruhi gaya potong. Simulasi dapat dijadikan sebagai sarana yang cukup baik untuk mengetahui besarnya gaya potong karena menghemat biaya, dapat mengikuti perkembangan zaman dan hasil cukup mendekati (Kristanto et al., 2002).

Proses simulasi berbasis *finite element method (FEM)* telah dimanfaatkan untuk mempelajari proses pemesinan bubut selama beberapa dekade. Simulasi berbasis *finite element method (FEM)* sangat diuntungkan dari pengembangan *computing power* yang memungkinkan masalah yang sangat rumit untuk dimodelkan dan disimulasikan secara efisien dan akurat. Sebagai hasilnya, simulasi ini sekarang terlihat sebagai pengganti dari *physical experiments* yang memungkinkan penghematan biaya dan waktu dalam analisis dan optimasi dari proses kinerjanya (Thepsonthi dan Tuğrul., 2015)

Dengan menggunakan metode tersebut maka penelitian ini berjudul “Analisis Gaya Potong pada Pemodelan Bubut AISI 1045 menggunakan *Software* Abaqus”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Gaya potong pada mesin bubut di pengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah sudut geram. Simulasi metode *finite element method* (FEM) banyak digunakan para peneliti untuk mencari gaya potong di pemesinan bubut dan hasil yang didapat hampir menyerupai hasil dari eksperimen, untuk mendapatkan hasil maksimal maka dilakukan perbedaan sudut *mesh* pada metode tersebut.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Material benda kerja AISI 1045 dengan material pahat *Carbide*.
2. Simulasi dilakukan dengan pemotongan *orthogonal-2D* menggunakan *software* Abaqus.
3. Parameter analisis pengujian yaitu bentuk elemen jajar genjang dengan sudut  $30^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $55^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan persegi sedangangkan sudut geram  $-20^\circ$ ,  $-10^\circ$ ,  $-5^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ , dan  $20^\circ$ .
4. Analisis berfokus pada hasil gaya potong antara variasi sudut geram dan bentuk elemen.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mencari bentuk elemen yang hasil rata-rata gaya potongnya sesuai atau mendekati referensi yang digunakan.
2. Mencari gaya potong yang terbaik dari tiap sudut geram agar dapat memperpanjang umur pahat.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat dijadikan sebagai referensi pada penelitian gaya potong pada proses pemesinan bubut selanjutnya, sehingga hasil yang didapat sesuai dengan yang diharapkan.
2. Dapat mengoperasikan aplikasi untuk analisis gaya potong dengan menggunakan *software* Abaqus.

## DAFTAR PUSTAKA

Altintas, Y., 2012. *Manufacturing Automation*. Columbia: University of British Columbia.

Ambati, R., and Yuan, H., 2011. FEM Mesh Dependence In Cutting Process Simulations. *Int J Adv Manuf Technol*, 53, 313–323. <https://doi.org/DOI.10.1007/s00170-010-2818-9>

Azmi, S., 2011. *Penggunaan FEM (Finite Element Method) Dalam Memetakan Medan Listrik Pada Permukaan Isolator Jenis Pin Dan Post 20 KV DAN Udara Disekitarnya*.

Dewangga, Sang, Putu, F., Nugraha, P., and Dantes, R., 2017. Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Mesin Bubut Terhadap Keausan pada Alat Potong Pahat HSS Tipe Bohler MO 1/2X4. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 7, 1–8.

Duan, C, Z., Dou, T., Cai, Y, J., and Li, Y, Y., 2011. Finite Element Simulation and Experiment of Chip Formation Process during High Speed Machining of AISI 1045 Hardened Steel. *AMAE Int. J. on Production and Industrial Engineering*, 02, 28–32.

Fleischer, J., Scherman, T., Marsolek, J., and Schmidt, C., 2006. Aspects Of The Simulation Of A Cutting Process With Abaqus/Explicit Including The Interaction Between The Cutting Process And The Dynamic Behavior Of The Machine Tool.

Junaidi., 2018. *Analisa Perhitungan Gaya Potong Pada Proses Pembubutan Terhadap Material Dengan Pahat Carbide Menggunakan Karakteristik* (Universitas Harapan Medan).

Kristanto, D., Tjahjono, B., and Suyadi., 2002. *Optimasi Waktu Pemotongan Gate Master Cylinder Front KVTG Dengan Simulasi Desain Fixture Menggunakan Solidwork Motion Analisis*.

Kurniawan, F., 2008. *Study Tentang Cutting Force Mesin Bubut ( Desain Dynamometer Sederhana ) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*.

Li, G., Smith, J., and Liu, W. K., 2018. Finite Element Simulation Of Saw Tooth Chip In High Speed Machining Based On Multiresolution Continuum Theory. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 101, 1759–1772.

Özel, T., and Zeren, E., 2005. *Finite Element Method Simulation of Machining of AISI 1045 Steel With A Round Edge Cutting Tool*.

Rao, S. S., 2010. *The Finite Element Method in Engineering: Fifth Edition* (7th ed.). Florida: University of Miami.

Rochim, T., 2007. *Klasifikasi Proses, Gaya dan Daya Pemesinan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Sastal, A., Yuspian, G., and Budiman, S., 2018. Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Perubahan Temperatur Pahat dan Keausan Pahat Bubut Pada Proses Pembubutan Baja Karbon Sedang. *ENTHALPY-Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 3, 1–11.

Sulaiman, S., Arifin, M, K, A., and Roshan, A., 2014. Finite Element Modeling of the Effect of Tool Rake Angle on Cutting Force and Tool Temperature during High Speed Machining of AISI 1045. *Advanced Materials Research*, 939, 194–200.

Susila, I., Zainal, A., and Susilo, D., 2013. Pengaruh Sudut Potong Pahat Terhadap Gaya Pemotongan Pada Proses Bubut Beberapa Material Dengan Pahat HSS. 12, 28–33.

Thepsonthi, T., and Tuğrul, Ö., 2015. 3-D Finite Element Process Simulation of Micro-end Milling Ti-6Al-4V Titanium Alloy: Experimental Validations on Chip Flow and Tool Wear. *Journal of Materials Processing Technology*, 1, 1–42.

Uzarowski, L., 2006. *The Development Of Asphalt Mix Creep Parameters And Finite Element Modeling Of Asphalt Rutting* (Arizona State University).

Wan, L., Dazhong, W., and Yayun, G., 2015. The Investigation Of Mechanism Of Serrated Chip Formation Under Different Cutting Speeds. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*.