

## **PENGARUH JARAK PENARIKAN PAHAT (*RETRACT*) TERHADAP WAKTU PROSES BUBUT CNC MENGGUNAKAN *RESPON SURFACE METHODOLOGY* (RSM)**

**Sudjatismiko<sup>1</sup>, I Made Sunada<sup>2</sup>**

### **Abstraksi**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen faktorial, dimana *cutting speed*, *feed rate*, *depth of cut*, dan *retract* merupakan variabel bebas dari waktu proses pemesinan sebagai variabel responnya. Hasil yang di dapat dalam eksperimen meliputi waktu proses pemesinan atau *operation time*, panjang langkah pemakanan atau *feed cut length*, dan panjang langkah tanpa pemakanan atau *rapid transverse length*. Data hasil eksperimen kemudian dilakukan analisis statistik ANOVA untuk melihat adanya pengaruh dan prosentase kontribusi dari masing- masing parameter terhadap waktu proses pemesinannya. Berdasarkan analisis statistik ANOVA diketahui bahwa ada pengaruh yang signifikan dari semua parameter terhadap waktu proses pemesinan *CNC turning*, dimana semakin besar nilai *cutting speed*, *feed rate*, dan *depth of cut* akan semakin singkat waktu proses pemesinannya, sedangkan semakin kecil nilai *retract* akan semakin singkat waktu proses pemesinannya.

*Depth of cut* memiliki kontribusi yang terbesar dengan nilai 71.78% (1 mm). *Feed rate* memiliki kontribusi terbesar kedua dengan nilai 23.88%. *Retract* memiliki kontribusi terbesar ketiga dengan nilai 1,99% (kondisi *retract* minimal = 1 mm). Waktu proses pemesinan yang dihasilkan pada kondisi tersebut adalah 7.57 menit *Cutting speed* memiliki kontribusi terendah dengan nilai 0.79%.

**Kata Kunci :** *Retract, Feed Cut Length, Rapid Transverse Length, Operation Time*

### **PENDAHULUAN**

Waktu proses merupakan suatu hal yang penting karena berhubungan linier dengan biaya dan kuantitas produksi. (Gurel dan Akturk 2007) mengusulkan suatu algoritma *heuristic* untuk menggenerasi pendekatan solusi efisiensi antara ongkos pemesinan dengan pembobotan waktu penyelesaian proses secara simultan pada mesin bubut *CNC* (Pinar dan Gullu 2005), studi tentang *toolpath parameters* dapat di uraikan menjadi beberapa parameter yang mempengaruhi waktu proses pemesinan, diantaranya kedalaman pemotongan (*depth of cut*), jarak pahat terhadap benda kerja (*entry amount*) pada sumbu Z, jarak penyisihan tahapan penyelesaian (*finishing*) pada sumbu X, jarak penarikan pahat (*retract*), dan sudut

penarikan pahat (*entry angle*). Sedangkan studi tentang *cutting parameters* dapat diuraikan meliputi kecepatan pemotongan (*cutting speed*), laju pemakanan (*feed rate*), dan kedalaman pemakanan (*depth of cut*) (Rochim, T, 2007).

Penentuan parameter pemesinan berdasarkan karakteristik bahan aluminium 6061 dan material alat potong karbida (Anto Edi, 2013 dan Murthy Madhav, 2014). Rumusan masalah pengaruh *retract* terhadap waktu proses pada pemrograman mesin bubut CNC. Tujuan mengetahui pengaruh *retract* terhadap waktu proses pada pemrograman mesin bubut CNC.

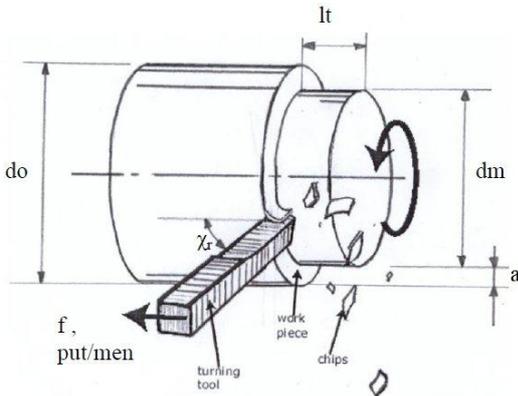
<sup>1</sup> Dosen Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang

<sup>2</sup> Dosen Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang

## KAJIAN PUSTAKA

### (a) Waktu Proses *Turning*

Perhitungan waktu pengerjaan adalah Jarak tempuh pahat dikali frekwensi pemakanan, dibagi Kecepatan pemakanan dikali kecepatan.



Gambar 1. Terminologi Waktu Pemotongan *Turning* (Widarto, 2008)

$$T.f = L.i/f.n \text{ (menit)}$$

Dimana :

$T$  = Waktu Pemotongan (menit)

$f$  = gerak makan/*feeding* (mm/putaran)

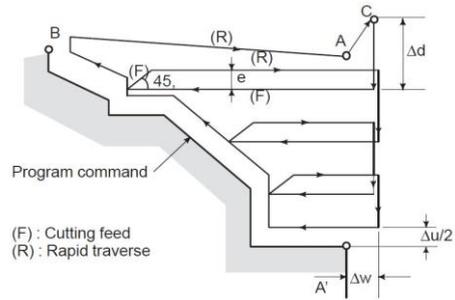
$n$  = Putaran/menit

$i$  = banyaknya pemotongan

$L$  = Panjang pemotongan (mm)

### (b) Panjang pemakanan

Panjang pemakanan adalah panjang bagian benda yang disayat atau dipotong sejajar dengan sumbu spindel. Pada proses pemesinan *CNC turning*, lintasan pahat disebut dengan *toolpath*. *Toolpath* pada proses pemesinan tersebut terdiri dari pergerakan dengan pemakanan (*feed cut length*) dan pergerakan pahat tanpa pemakanan (*rapid traverse length*). *Toolpath* pada permesinan *CNC turning* dapat diilustrasikan pada gambar 2.

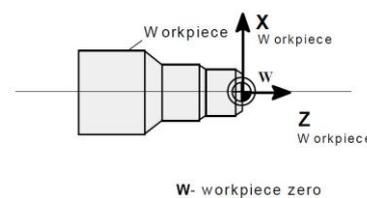


Gambar 2. Cutting Path in Stock Removal in Turning (Pinar, 2005)

### (c) Mesin CNC

Mesin perkakas *CNC* (*Computer Numerical Controlled*) adalah mesin perkakas yang dalam pengoperasian dibantu dengan kontrol numerik dengan menggunakan komputer. Arah gerakan pahat pada mesin

*CNC* menggunakan sistem koordinat. Sistem koordinat pada mesin *CNC turning* adalah sistem koordinat kartesian dengan dua sumbu X dan Z. Sumbu X didefinisikan sebagai sumbu yang tegak lurus terhadap sumbu spindel mesin bubut. Arah positif sumbu X adalah arah yang menjauhi sumbu spindel. Sumbu Z adalah sumbu yang sejajar dengan sumbu spindel dan arah positif adalah arah yang menjauhi kepala tetap mesin bubut. Untuk kepentingan pembuatan program *CNC* digunakan sistem kordinat benda kerja (*Workpiece Coordinate System*), ilustrasi ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Sistem Koordinat Benda Kerja (Pinar, 2005)

## METODOLOGI

### 1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu Kecepatan potong (*cutting speed*), laju pemakanan (*feed rate*), kedalaman pemakanan (*dept of cut*), dan jarak penarikan pahat (*retract*).

### 2. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang keberadaannya dapat mempengaruhi secara langsung sebab-akibat antara variabel bebas dan variabel terikat yang menjadi pokok permasalahan dalam penelitian. Oleh karena itu variabel kontrol dikendalikan atau dibuat konstan.

### 3. Variabel Terikat

Variabel terikat, merupakan akibat yang keadaannya akan tergantung pada variabel bebas, dan variabel kontrol. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah waktu proses pemesinan. Waktu proses adalah waktu aktual dari proses penyayatan benda kerja pada proses bubut mesin CNC.

Objek penelitian : yang diteliti meliputi ;

- (a). Pengukuran waktu proses bubut, (b). Pengukuran *Feed Cut Length*, (c). Pengukuran *Rapid Transverse Length*.

### Bahan dan Peralatan

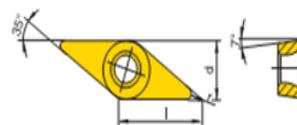
Material benda kerja Alumunium Al-6061, pahat yang digunakan Karbida serta daerah kerja seperti ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. **Cutting Speed Dan Feed Bahan Alumunium 6061**

Materials	Cutting tool	Feeds (mm/rev)					
		0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2
		Cutting Speed (m/min)					
Al Alloy	HSS	100	67	45	30	-	-
(1-13% Si)	TCT	224	190	160	140	118	-

Sumber : Eduard Scharkus, 1966

Geometri pahat Karbida ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. **Geometri Pahat Karbida**

Dimensi pahat dan material ditunjukkan pada Tabel 2, mesin bubut yang digunakan CNC TU-2A.

Tabel 2. **Dimensi dan data material**

No	Jenis	Bahan	Dimensi (l x d)	Type
1	Pahat	Karbida	(7.75x6.35)mm	DCGT-070202FN-27M20
2	Benda Kerja	Aluminium	(100 x 22) mm	Al-6061

Sumber : [www.alumunium.org.otomotif](http://www.alumunium.org.otomotif)

### Desain eksperimen dan pengukuran respon

Dalam eksperimen faktorial L, faktor uji dikelompokkan dalam L level, misalnya 2 level *low* (-) dan *high* (+) dan jumlah faktor yang diuji adalah k, maka kemungkinan kombinasi perlakuan (*treatment combination*) adalah 2k (Montgomery. D.C, 2001). Nilai setiap faktor didasarkan pada rekomendasi bahan, alat potong, dan penggunaan di lapangan. Penelitian ini difokuskan pada efek dari parameter pembubutan, dengan prinsip *full factorial*, pada penelitian ini eksperimen dengan 2 level dan faktor yang diuji berjumlah 4 faktor, maka harus dipersiapkan

$2^4$  atau L16 kali percobaan, ditunjukkan pada Tabel 3, dengan mengambil data sekunder (Anto Adi, 2013) menunjukkan bahwa dengan eksperimental OA sesuai yang dipilih. Pada Gambar 2 menunjukkan setting pengukuran respon dilakukan pengukuran pengambilan data *Retract* (penarikan pahat) : Waktu (*t*), *Feed Cut Length*, *Rapid Transverse*, adapun pengolahan data dilakukan dengan memanfaatkan program MINITAB R.17 (Mc Kenzie, John D,2014).

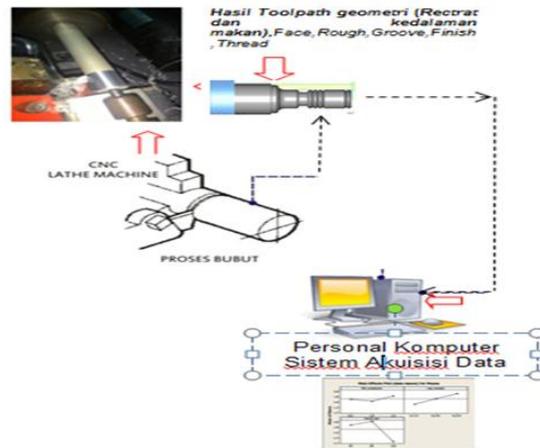
Tabel 3. Faktor dan Level Eksperimen

kode	Parameter faktor	Level faktor	
		(-1)	(+1)
A	Cutting speed (m/min)	140	160
B	Feed rate (mm/rev)	0.4	0.8
C	Dept of cut (mm)	0.5	1
D	Retract (mm)	1	2

Sumber : Anto, edi 2013

Tabel 4. Rancangan Eksperimental (L16) Orthogonal Array (OA)

No	Parameter Level				Response		
	A	B	C	D	Waktu (menit)	Feed Cut Length (mm)	Rapid Transverse length (mm)
1	140	0.4	0.5	1			
2	160	0.4	0.5	1			
3	140	0.8	0.5	1			
4	160	0.8	0.5	1			
5	140	0.4	1	1			
6	160	0.4	1	1			
7	140	0.8	1	1			
8	160	0.8	1	1			
9	140	0.4	0.5	2			
10	160	0.4	0.5	2			
11	140	0.8	0.5	2			
12	160	0.8	0.5	2			
13	140	0.4	1	2			
14	160	0.4	1	2			
15	140	0.8	1	2			
16	160	0.8	1	2			



Gambar 5. Skematik Setting Eksperimen Pada Proses Bubut

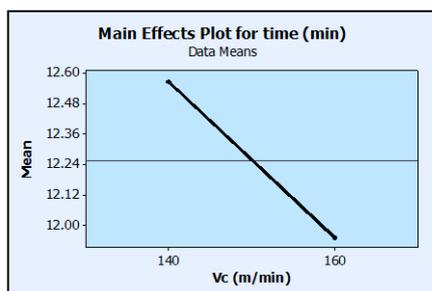
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksperimen ini menggunakan rancangan Orthogonal Array L16 ( $2^4$ ), dengan hasil ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis Statistik ANOVA

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Sig.	Contrib (%)
<i>Vc</i>	1.525	1	1.525	5.64	0.037	0.797
<i>f</i>	45.698	1	45.698	169.10	0.000	23.881
<i>d</i>	137.358	1	137.358	508.28	0.000	71.781
<i>ret</i>	3.802	1	3.802	14.07	0.003	1.987
Error	2.973	5	0.270			1.554
total	191.356	15				100.000

Pada tabel 5 tingkat kepercayaan diambil  $\alpha = 5\%$  menggunakan program *Minitab 17*. Nilai dari  $F_{tabel}$  dari masing-masing varian ( $F_{0.05, 1, 14}$ ) adalah 4.60, sehingga diketahui bahwa nilai  $F_{tabel}$  kurang dari  $F_{hitung}$  pada semua varian. Nilai ini menunjukkan bahwa ada pengaruh dari *Vc*, *f*, *DOC*, dan *ret* terhadap waktu proses pemesinan.



Gambar 6. **Grafik Hubungan Cutting Speed Terhadap Waktu**

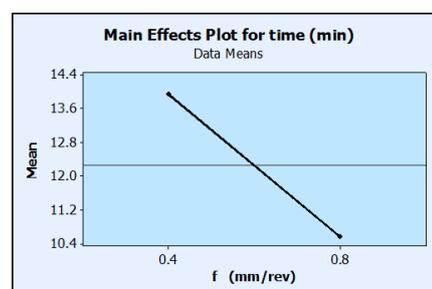
(a) Pengaruh *Cutting speed* ( $V_c$ ) terhadap waktu proses pemesinan.

Pada tabel 5,  $F_{tabel}$  ( $F_{hitung} = 5.64 > F_{tabel} = 4.60$ ) dan nilai sig. =  $0.037 < 0.05$ . Hal ini menunjukkan bahwa *cutting speed* mempengaruhi secara signifikan terhadap waktu proses pemesinan dengan kontribusi sebesar 0.797%. Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa dengan nilai faktor lain (*feed*, *depth of cut*, dan *retract*) yang sama atau konstan,  $V_c = 140$  m/min memiliki *mean* waktu proses pemesinan 12.56 menit dan  $V_c = 160$  m/min memiliki *mean* waktu proses pemesinan 11.95 menit. Hal ini menunjukkan adanya hubungan bahwa semakin besar *cutting speed* ( $V_c$ ), maka semakin singkat waktu proses pemesinannya. Perubahan besarnya *cutting speed* tidak berpengaruh terhadap panjang lintasan pahat (*toolpath*). Pada tabel 5 *feed cut length* dan *rapid tranverse length* tidak terdapat perbedaan panjang lintasan yang positif antara ( $V_c = 140$  m/min,  $V_c = 160$  m/min) pada faktor lain yang konstan. *Mean feed cut length* untuk  $V_c = 140$  m/min adalah 2522 mm, sedangkan  $V_c = 160$  m/min adalah 2522 mm. *Mean rapid tranverse length* untuk  $V_c = 140$  m/min adalah 1682

mm, sedangkan  $V_c = 160$  m/min adalah 1682 mm. Hal ini menunjukkan bahwa *cutting speed* tidak mempengaruhi panjang lintasan pahat (*toolpath*).

(b) Pengaruh *Feed Rate* ( $f$ ) terhadap waktu proses pemesinan.

Pada tabel 5, ( $F_{hitung} = 169.10 > F_{tabel} = 4.60$ ) dan nilai sig. =  $0.00 < 0.05$ . Hal ini menunjukkan bahwa *feed rate* mempengaruhi secara signifikan terhadap waktu proses pemesinan dengan kontribusi sebesar 23.88%.



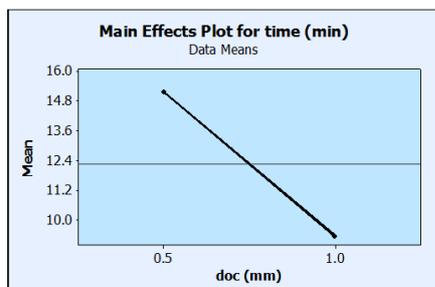
Gambar 7. **Grafik Hubungan Feed Rate Terhadap Waktu**

Pada gambar 7 dapat dilihat bahwa dengan nilai faktor lain (*cutting speed*, *depth of cut*, dan *retract*) yang sama atau konstan, dimana  $f = 0.4$  mm/rev memiliki *mean* waktu proses pemesinan sebesar 13.95 menit dan  $f = 0.8$  mm/rev memiliki *mean* waktu proses pemesinan sebesar 10.57 menit. Hal ini menunjukkan bahwa *feed rate* mempengaruhi waktu proses pemesinan, bahwa semakin besar *feed rate* ( $f$ ), maka semakin rendah waktu proses pemesinannya. Perubahan besarnya *feed rate* tidak berpengaruh terhadap panjang lintasan pahat (*toolpath*). Pada tabel 5 *feed cut length* dan *rapid tranverse length* tidak terdapat perbedaan panjang lintasan yang positif antara  $f = 0.4$  mm/rev dengan  $f = 0.8$

mm/rev pada faktor lain yang konstan. *Mean feed cut length* untuk  $f = 0.4$  mm/rev adalah 2522 mm, sedangkan  $f = 0.8$  mm/rev adalah 2522 mm. *Mean rapid trverse length* untuk  $f = 0.4$  mm/rev adalah 1682 mm, sedangkan  $f = 0.4$  mm/rev adalah 1682 mm. Hal ini menunjukkan bahwa *feed rate* tidak mempengaruhi panjang lintasan pahat (*toolpath*).

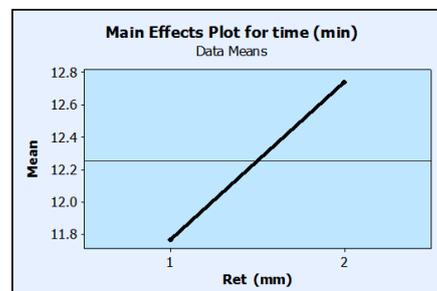
(c) Pengaruh *Depth Of Cut (DOC)* terhadap waktu proses pemesinan.

Pada tabel 5 ( $F_{hitung} = 508.28 > F_{tabel} = 4.60$ ) dan nilai sig. = 0.00 < 0.05. Hal ini menunjukkan bahwa *depth of cut* mempengaruhi secara signifikan terhadap waktu proses pemesinan dengan kontribusi sebesar 71.78%. Pada gambar 5, bahwa grafik cenderung menurun secara linier dengan kemiringan negatif. Waktu proses pemesinan akan turun dengan semakin bertambahnya kedalaman (*depth of cut*) pada tiap siklus pemotongannya. Dengan nilai faktor lain (*cutting speed, feed rate, dan retract*) yang sama atau konstan,  $DOC = 0.5$  mm memiliki *mean* waktu proses pemesinan sebesar 15.19 menit dan  $DOC = 1$  mm memiliki *mean* waktu proses pemesinan sebesar 9.33 menit.



Gambar 8. Grafik Hubungan *Depth Of Cut* Terhadap Waktu

Besarnya kedalaman potong berpengaruh pula terhadap panjang lintasan pahat (*toolpath*). Pada tabel 5 *feed cut length* dan *rapid transverse length* terdapat perbedaan panjang lintasan yang positif antara  $DOC = 0.5$  mm dengan  $DOC = 1$  mm pada faktor lain yang konstan. *Mean feed cut length* untuk  $DOC = 0.5$  mm adalah 2926 mm, sedangkan  $DOC = 1$  mm adalah 2117 mm untuk. *Mean rapid tranverse length* untuk  $DOC = 0.5$  mm adalah 2130 mm, sedangkan  $DOC = 1$  mm adalah 1233 mm. Hal ini menunjukkan bahwa kedalaman pemotongan mempengaruhi panjang lintasan pahat (*toolpath*)  $DOC$ . Semakin besar kedalaman pemotongan akan semakin singkat *toolpath* yang berdampak pada semakin singkat waktu proses pemesinannya.



Gambar 9. Grafik Hubungan *Retract* Terhadap Waktu

Pada Gambar 9 cenderung naik secara linier dengan kemiringan positif. Dengan nilai faktor lain (*cutting speed, feed rate, dan depth of cut*) yang sama atau konstan,  $retr = 1$  mm memiliki *mean* waktu proses pemesinan sebesar 11.77 menit dan  $retr = 2$  mm memiliki *mean* waktu proses pemesinan sebesar 12.74 menit. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh dari perubahan nilai *retract*

terhadap waktu proses pemesinannya. Pada tabel 5 *feed cut length* dan *rapid trverse length* terdapat perbedaan panjang lintasan yang negatif antara  $ret = 1$  mm dengan  $retr = 2$  mm pada faktor lain yang konstan. *Mean feed cut length* untuk  $ret = 1$  mm adalah 2474 mm, sedangkan  $ret = 2$  mm adalah 2569 mm. *Mean rapid transverse length* untuk  $retr = 1$  mm adalah 1657 mm, sedangkan  $ret = 2$  mm adalah 1706 mm. Hal ini menunjukkan bahwa *retract* mempengaruhi panjang lintasan pahat. Semakin rendah nilai *retract* maka semakin pendek panjang lintasan pahat (*toolpath*) yang berarti semakin singkat pula waktu proses pemesinannya. Dari uraian di atas dapat diketahui persentase kontribusi dari masing-masing variabel bebas (*cutting speed*, *feed*, *depth of cut*, dan *retract*) terhadap perubahan nilai dari waktu proses pemesinan. Tampak bahwa kedalaman pemotongan (*depth of cut*) memiliki pengaruh terbesar dengan kontribusi sebesar 71,78% terhadap besarnya waktu proses pemesinannya. Faktor ke-dua yang mempengaruhi waktu proses pemesinan terbesar adalah kecepatan pemakanan (*feed rate*) dengan kontribusi sebesar 23.88%. Faktor ke-tiga yang mempengaruhi waktu proses pemesinan adalah penarikan pahat (*retract*) dengan kontribusi sebesar 1.99%. Sementara kecepatan potong (*cutting speed*) memiliki kontribusi terendah dengan 0.797%.

## SIMPULAN

1. Ada perbedaan pengaruh yang signifikan pada taraf signifikansi 5% pada variasi *cutting speed* terhadap waktu proses pemesinan pada pemrograman *CNC turning*.  $F_{hitung}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$  ( $F_{hitung} = 5.64 > F_{tabel} = 4.60$ ) dan nilai sig. =  $0.037 < 0.05$  dengan kontribusi sebesar 0.797%.
2. Ada perbedaan pengaruh yang signifikan pada taraf signifikansi 5% pada variasi *retract* terhadap waktu proses pemesinan pada pemrograman *CNC turning*. Pengaruh dilihat dari hasil analisis statistik ANOVA, dimana  $F_{hitung}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$  ( $F_{hitung} = 14.07 > F_{tabel} = 4.60$ ) dan nilai sig. =  $0.003 < 0.05$  dengan kontribusi sebesar 1.99%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anto Edi, 2013. **Optimasi Parameter Pemesinan Terhadap Waktu Proses Pada Pemrograman CNC Turning**. Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- Boenasir, Wirawan Sumbodo, dan Karsono. 2010. **Pembuatan Benda Kerja Menggunakan Mesin Bubut CNC Fanuc Series Oi Mate TC Berbasis Software AutoCAD**, Jurnal Kompetensi Teknik. Vol. 2, No.1: 39-45.
- Eduard Scharkus, Herman Jutz, 1966. *Westermann Tables for the Metal Trade*. 1976. New Delhi: Wiley Eastern Limited New Delhi Bangalore Bombay Calcutt (Revised to Indian Standar by SKIP).
- Gurel, S. dan M.S. Akturk. 2007. *Considering Manufacturing Cost and Scheduling Performance on a CNC Turning Machine*. *European Journal of Operational Research*, Vol. 177: 325–343.

<http://www.alumunium.org.otomotif>, Dec  
2010.

Murthy Madhav, K.Mallik harjuna Babu and R.Suresh Kumar, 2014. *Optimization of Machinability Parameters of Al 6061 using Taguchi Technique*, International Journal of Current Engineering and Technology ISSN 2277-4106.

Montgomery.D.C, 2001, *Design and Analysis of Experiments*. 5<sup>th</sup> edition, John Wiley & Son. Inc.

Pinar, Ahmet Murat. dan Abdulkadir Gullu. 2005. *Time Minimization of CNC Part Programs in a Vertical Machining Center in Terms of Tool Path and Cutting Parameter Criteria*. *Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences*. Vol. 29: 75-88.

Rochim, Taufiq, 2007, **Teori dan Teknologi Proses Pemesinan**. Laboratorium Teknik Produksi dan Metrologi Industri, Jurusan Teknik Mesin, FTI, ITB, Bandung.

Widarto. 2008. **Teknik Pemesinan Untuk Sekolah Menengah Kejuruan**, Jilid 1. Jakarta. Depdiknas.