

PENGARUH RADIUS POJOK TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA PRODUKSI SILINDERIS AA-6061 MENGUNAKAN PROSES BUBUT

Sudjtmiko¹⁾, Darto,²⁾ Rusdijanto,³⁾

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang^{1,2,3)}
Email: djatmiko.mlg@gmail.com¹⁾, dartounmer@gmail.com²⁾, rusping27@gmail.com³⁾

ABSTRACT

Research machining with turning process, carried out in 6061 AA- workpiece material, using the HSS has a standard geometry. The problem is the corner radius (RCB), spindle rotation (n), the motion eat (f) and the cutting depth (a) constant to produce lathe AA-6061 with the desired surface and is capable of producing a high production capacity. The regression model can describe the relationship between the combination of cutting parameters and corner radius produces minimum surface roughness. Round spindle is a dominant effect on the surface roughness, followed by motion meal, corner radius (RCB). By using Response Surface Methodology (RSM), the alleged best regression model for surface roughness (SR) at 95% confidence level at 900 rpm spindle rotation, motion eat 115 mm / put and corner radius 1.25 mm is : $\hat{y} = 0,9005 - 0,1285 x_1 + 0,064 x_2 - 0,125 x_3 + 0,68 x_1^2 + 0,0164x_2^2 + 0,1135x_3^2 + 0,128x_1x_2 + 0,0655x_1 x_3 + 0,14x_2x_3$. Results obtained by iterating the main influence on the conditions of rotation of 950 rpm, 90 mm motion eat / put and corner radius 1.50 mm produces the value of surface roughness(SR) 0,360 μm .

Key words :AA-6061, Radius Corner, Response Surface Methodology (RSM), surface roughness

1. Pendahuluan

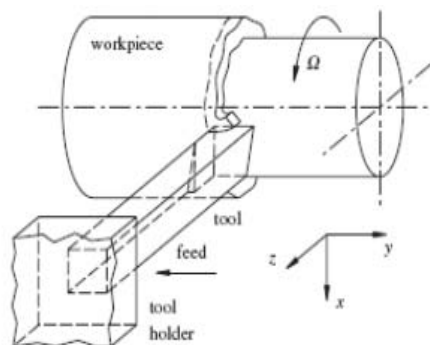
Radius Pojok pada pahat proses bubut merupakan bagian terpenting untuk menghasilkan kekasaran permukaan, jika radius pojok kecil, maka berdampak pada umur pahat yang relatif pendek [1]. Adapun faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan halus antara lain ; kecepatan potong/putaran spindel, radius pojok besar, gerak makan dan cairan pendingin. Kualitas permukaan akhir pada umumnya ditentukan secara linier dengan dimensi geometris pada proses pemotongan logam secara inheren siklik, akibat adanya gaya potong yang menekan pada benda kerja saat proses bubut, sehingga terjadinya spring back yang diikuti gaya geser, yang mengakibatkan terjadinya pembentukan geram. [2]. Hasil uji mampu mesin telah menunjukkan bahwa peningkatan radius pojok besar dapat memperpanjang umur pahat (*life tool*) diikuti dengan kecepatan potong yang tinggi. Misalnya pahat potong HSS yang

digunakan untuk membubut baja paduan, dimana peralatan yang digunakan dapat digunakan untuk mendeteksi catastrophic pada keausan tepi pahat, sekaligus dapat digunakan untuk menentukan kriteria keausan tepi pahat. Radius pojok besar sering digunakan sebagai batas untuk melihat getaran yang terjadi, akan tetapi dengan radius pojok besar membuktikan bahwa dengan kondisi pemotongan secara ekperimental dan secara teoritis nilai kekasaran permukaan (SR) masih baik, kecuali dengan perubahan gerak makan yang kecil dengan mempergunakan *Response Surface Methodology* [3]. Permasalahannya adalah besarnya radius pojok, putaran spindel dan gerak makan yang optimum untuk menghasilkan produk bubut AA-6061 dengan permukaan yang halus [4]. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut di atas, dilakukan pengembangan untuk melakukan penelitian yang terkait proses pemotongan menggunakan mesin bubut CNC TU-2A. Parameter pemotongan yang divariasikan meliputi putaran spindel, gerak makan, radius pojok. Tujuan penelitian ini, untuk mendapatkan model matematis yang dapat menggambarkan hubungan antara parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan (SR) [4]. Kondisi yang paling berpengaruh dimaksud adalah putaran spindel, radius pojok dan gerak makan untuk memperoleh nilai kekasaran permukaan produk bubut yang kecil.

2. Tinjauan Pustaka

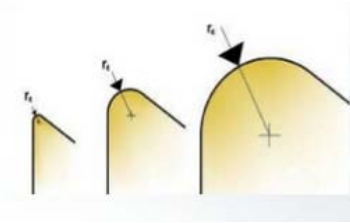
(1). Mesin Bubut

Skematis dari proses bubut dan gaya-gaya yang terjadi dapat dilihat pada gambar 1, dimana gaya makan (F_z), gaya radial (F_x) dan gaya aksial/potong (F_c), sedangkan putaran poros utama (n), gerak makan (f), kedalaman pemakanan (a) [5].



Gambar 1. Proses Bubut dengan gaya-gaya Potong yang terjadi [5]

Adapun bentuk-bentuk radius pojok pahat ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Konfigurasi bentuk radius Pojok pahat bubut [6].

(2). Parameter pemesinan[7]

- Kecepatan potong (*Cutting speed*)

$$v = \pi \cdot D \cdot n / 1000 \text{ mmin}^{-1} \quad (1)$$

- Kecepatan makan (Pemakanan) ($V_f = f \times n$ ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$))
- Kedalaman Potong (d_{cut})

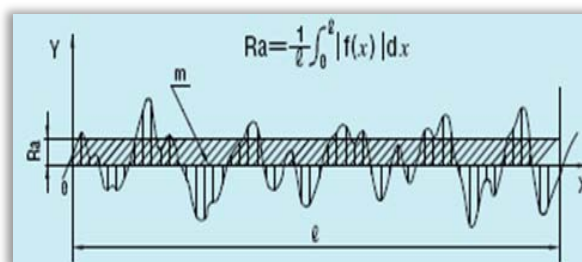
$$d_{\text{cut}} = \frac{D - d}{2} \text{ mm} \quad (2)$$

- Waktu Pemotongan (t_c)

$$t_c = \frac{l_t}{v_f} \text{ min} \quad (3)$$

(3). Kekasaran Permukaan (SR)

Kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dari proses pemesinan. Oleh karena itu, untuk memperoleh produk bermutu berupa tingkat kepresisian yang tinggi serta kekasaran permukaan yang baik, perlu didukung oleh proses pemesinan yang tepat. Karakteristik kekasaran permukaan dipengaruhi oleh factor kondisi pemotongan dan geometri pahat [8]. Gambar 3 menunjukkan rerata luasan dari potongan kurva kekasaran.

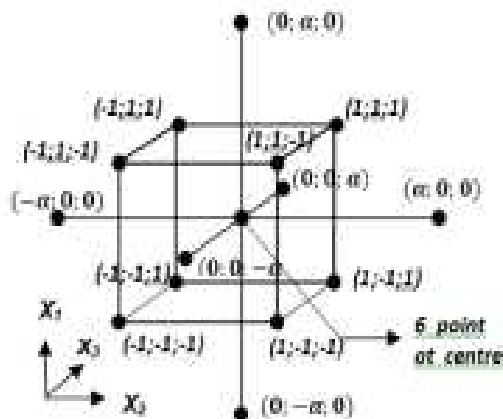


Gambar 3. Profil kekasaran permukaan [7]

Kekasaran permukaan (SR) yang real dapat dihitung atau diketahui dengan melalui pengukuran terhadap benda uji dengan menggunakan alat yang disebut *surface tester*.

3. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini material yang dipilih AA-6061 [9] dengan dimensi, panjang 130 mm dan diameter 22 mm dengan menggunakan Mesin EMCO TU.CNC-2A. Komposisi kimianya AA-6061 adalah; 0,2500% Cu, 0,6050 % Si, 0,1820 % Fe, 0,0086 % Mn, 0,8810% Mg, 0,1120 % Cr, 0,006 % 0,0108 % Zn, 0,0182 % Ti, 0,0021 % Na, 0,0005 % Ca, 0,0044 % Ni, 0,0006 % Sn, Al.97.9 balance [10]. Pahat bubut yang digunakan adalah HSS S700 yang dilengkapi dengan radius pojok (r_s) didesain sesuai penelitian. Adapun komposisi kimianya; terdiri dari 1,25% C, 0,40% Cr, 3,60% Mo, 3,20% V, 9,30% W, dan 10% Co.[7]. Putaran spindel (n), gerak makan (f), dan radius pojok (R_{cb}) divariasikan. Kombinasi-kombinasi yang dapat dilakukan terhadap ketiga variable bebas berdasarkan *Response Surface Methodology (RSM)*, dimana untuk mendapatkan kecocokan model digunakan *Central Composite Second Order Rotatable Design*.



Gambar.4. Titik-titik eksperimen untuk 3 variabel[4].

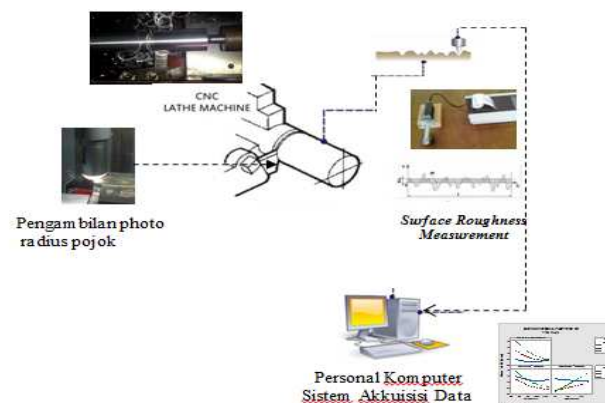
Jumlah variable penelitian $k = 3$ ($2^k = 8$), titik perpotongan (*star points*) (Gambar 4), sebesar $2k$ berarti 6, dan untuk menambah ketelitian terhadap respon yang diharapkan dengan 3 variabel, maka ditambahkan 6 eksperimen sebagai titik pusat (*center points*), sehingga diperoleh jumlah total penelitiannya (N) adalah 20 kali[3]. Proses pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metoda 2^n factorial dengan mengambil 3 level faktor, yang terdiri dari -1; 0; dan 1 ditambah 2 level pada titik aksial (1,682 dan -1,682). Jadi 5 level yang dimaksud seperti ditunjukkan pada Tabel 1 menjadi

suatu rancangan penelitian sesuai *surface response* pada *software MINITAB 17*. Selanjutnya dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan (*SR*).

Tabel.1 Level Faktor untuk Putaran spindel (n), Gerak makan (f) dan radius (ns) dan Kedalaman potong(a) konstan = 0,5 mm [4].

Level Variabel	-1.682	-1	0	+1	+1.682
n(put/min)	500	750	900	1100	1300
f (mm/rev)	50	70	110	150	180
Rcb (mm)	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75

Adapun skema diagram untuk pelaksanaan penelitian diperlihatkan Gambar 5.



Gambar 5. Skema Setting alat penelitian dan pemrosesan data

4. Hasil dan Pembahasan

(1). Data Hasil pengujian bubut

Pengukuran kekasaran permukaan (*SR*) terhadap semua benda uji telah dilaksanakan sesuai dengan jumlah total penelitian yang dibuat, hasilnya dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran data Pembubutan [4]

No.	Kode Variabel			Radius Pojok [Rcb] (mm)	Kekasaran permukaan (SR) (μm)
1	-1	-1	-1	1,00	0.55
2	1	-1	-1	1,00	0.46
3	-1	1	-1	1,00	0.84
4	1	1	-1	1,00	0.63
5	-1	-1	1	1,50	0.48
6	1	-1	1	1,50	0.41
7	-1	1	1	1,50	1.68
8	1	1	1	1,50	0.79
9	-1,682	0	0	1,25	1.11
10	1,682	0	0	1,25	0.38
11	0	-1,682	0	1,25	0.52
12	0	1,682	0	1,25	0.57
13	0	0	-1,682	1,25	0.46
14	0	0	1,682	1,25	0.48
15	0	0	0	1,25	0.49
16	0	0	0	1,25	0.55
17	0	0	0	1,25	0.36
18	0	0	0	1,25	0.75
19	0	0	0	0,75	1.41
20	0	0	0	1,75	0.47

(2).Analisa KekasaranPermukaan (SR)

Untuk memperoleh koefisien regresi kekasaran permukaan (SR) terhadap putaran spindle, gerak makan, dan radius pojok, dilakukan analisis dengan menggunakan *uncoded units*. Berikut hasil *response surface* dengan variable respon kekasaran permukaan pada Tabel 3.

Tabel 3. Estimasi Koefisien Regresi untuk kekasaran permukaan (SR) [4]

Variabel	Koefisien	t_{hitung}	Sig t	Keterangan
Konstanta	0.557	5.30	0.000	-
Putaran Spindel (n)	-0.401	-2.83	0.018	Signifikan
Gerak makan (fd)	0.345	2.93	0.015	Signifikan
Radius pojok (Rcb)	-0.082	-0.61	0.552	Non Signifikan
Putaran Spindel (n) kuadrat	0.247	1.18	0.264	Non Signifikan
Gerak makan kuadrat	0.042	0.22	0.832	Non Signifikan
Radius pojok kuadrat	0.454	2.19	0.053	Non Signifikan
Putaran spindel x gerak makan	-0.403	-1.18	0.264	Non Signifikan
Putaran spindel x radius pojok	0.262	-0.62	0.596	Non Signifikan
Gerak makan x radius pojok	0.455	1.52	0.160	Non Signifikan
R-sq (adj) = 45.14 %				
$t_{tabel} (0.05; 19) = 1.792$; level signifikansi (α) = 5 %				

Berikut hasil *response surface* dengan variable respon kekasaran permukaan [SR (μm) versus Putaran (rpm), gerak makan (mm/putaran)].

Tabel 4 Analisis varian untuk kekasaran permukaan(SR) [4]

Sumber Variasi	Derajat Kebebasan	Adj SS	Adj MS	F_{hitung}	Sig F
Model	9	1,67462	0,1860	2,74	0,066
Linier	3	1,12814	0,3760	5,53	0,017
Square	3	0,36810	0,1227	0,38	0,015
Interaction	3	0,27841	0,3270	1,37	0,389
Residual Error	10	0,67988	0,0679		
Lack-of Fit	5	0,67079	0,1341	73,85	0,000
Pure Error	5	0,00908	0,0082		
Total	19	2,35450			
F tabel (9,16) = 2,54, level signifikan (α) = 5 %					

Penjelasan dari Tabel 4 hasil analisis diatas dapat dijelaskan sebagaiberikut :

1. Pengujian secara simultan pengaruh antara putaran spindel, gerak makan, dan radius pojok terhadap kekasaran permukaan diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 0.1860 dan nilai Sig F sebesar 2,74. Karena nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($2,74 > 2,54$) dan Sig F $> \alpha$

(0,066 > 0,05), maka dapat disimpulkan terdapat pengaruh simultan antara putaran spindel, gerak makan, radius pojok terhadap kekasaran permukaan.

2. Adapun hipotesisnya adalah sebagai berikut :

H_0 : Tidak ada *lack of fit*

H_1 : Ada *lack of fit*

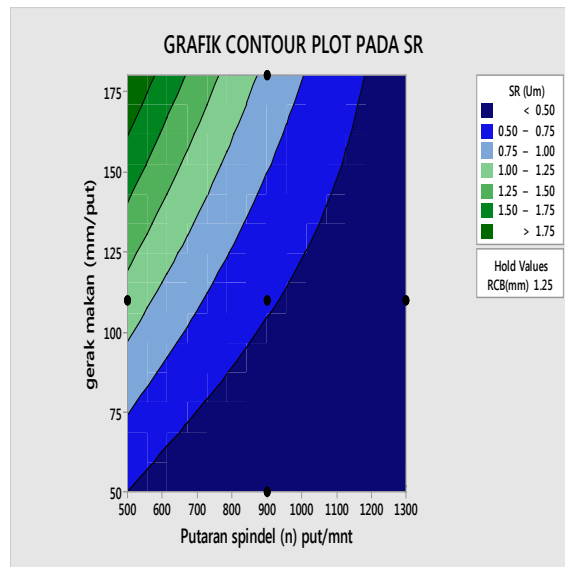
Hipotesa awal yang mengatakan tidak ada *lack of fit* berarti model yang dibuat telah sesuai dengan data, sedangkan hipotesa alternative berarti model yang telah dibuat belum mewakili data. Hipotesa awal (H_0) akan ditolak bila p-value kurang dari α . Sebaliknya, hipotesa awal akan diterima apabila p-value melebihi α . Pada Tabel 3, menunjukkan p-value hasil uji lack of fit bernilai 0,000 menggunakan level signifikansi 5% maka keputusannya akan menerima hipotesa awal yang mengatakan tidak ada *lack of fit*. Dengan demikian model yang dibuat sesuai dengan data. Analisis varian untuk kekasaran permukaan, menunjukkan hasil uji parameter model dengan menggunakan statistic uji (t) yang dikonversikan kedalam p-value. Berdasarkan hasil analisis, persamaan modelnya diperoleh [9]:

$$\hat{y} = 4,21 + 0,000036(n) - 0,005(fd) - 5,14 (Rcb) + 0,000002 (n)^2 + 0,000010 (fd)^2 + 1,816 (Rcb)^2 - 0,000016 (n \times fd) - 0,00131 (n \times Rcb) + 0,01400 (fd \times Rcb) \dots (5)$$

Selanjutnya hasil persamaan dugaan model regresi terbaik untuk kekasaran permukaan (SR) menjadi :

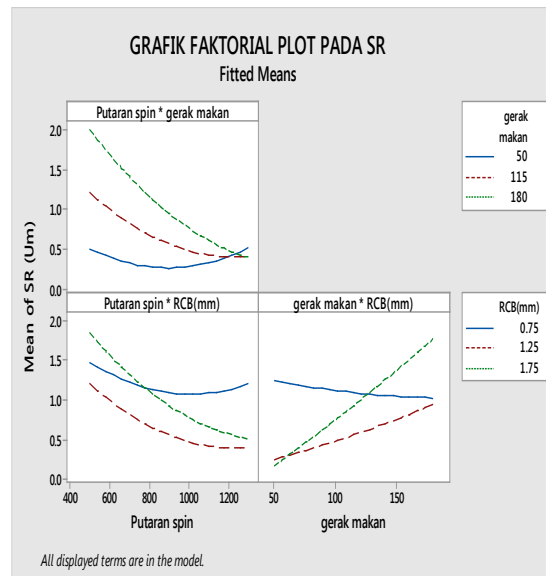
$$SR (\mu m) = 0,9005 - 0,1285 X_1 + 0,064 X_2 - 0,125 X_3 + 0,68 X_1^2 + 0,0164 X_2^2 + 0,1135 X_3^2 - 0,128 X_1 X_2 + 0,0655 X_1 X_3 + 0,14 X_2 X_3 \dots (6)$$

Untuk memeriksa kecukupan model kekasaran permukaan tidak hanya melihat lack of fit, tetapi juga melakukan analisa residual. Ada 3 hal yang harus dilakukan dalam analisis normal probability yaitu memeriksa distribusi probabilitas keseragaman data, analisis residual, yaitu memeriksa kenormalan residual, membuat plot antara residual dengan hasil taksiran respon, dan membuat plot antara residual dengan order (x_j). Salah satu cara untuk menghasilkan kombinasi maksimum kekasaran permukaan antara putaran spindel, gerak makan, dan radius pojok adalah membuat plot kontur kekasaran permukaan yang merupakan fungsi putaran spindel potong (n), gerak makan (f), dan radius pojok (Rcb).



Gambar 5. Contour Plot of SR (μm) vs gerak makan (mm/put), Putaran spindel (put/mnt) dengan kondisi rcb=1,25 mm

Pada Gambar 5 merupakan plot kontur antara putaran spindel, gerak makan dan radius pojok, sehingga merupakan salah satu dari kemungkinan kombinasi pendugaan untuk mendapatkan nilai kekasaran yang maksimum. Area kekasaran permukaan berbentuk lingkaran-lingkaran yang berwarna semakin besar lingkarannya semakin halus dan semakin kecil lingkarannya semakin kasar. Oleh karena itu harus dipilih 1 faktor sebagai acuan. Sebagai acuan pendekatan gerak makan (feeding) terdiri dari (50, 115 dan 180) mm/putaran, radius pojok terdiri dari (0,75; 1,25; dan 1,75) mm. Antara putaran spindel, gerak makan dan radius pojok. Ketiga gambar tersebut merupakan salah satu dari kemungkinan kombinasi pendugaan untuk mendapatkan nilai kecepatan penghasilan geram yang maksimum.



Gambar 6. Grafik Mean SR hubungan antara Kekasaran permukaan dengan Parameter pemotongan serta radius pojok

(5).Analisa Grafik

Untuk menganalisa sejauh mana pengaruh putaran spindle, gerak makan, dan radius pojok terhadap kekasaran permukaan (SR). Pada Gambar 6 hubungan putaran spindle makin tinggi dengan Radius pojok (Rcb) 1,25 mm diperoleh nilai mean SR kecil. Sedangkan pada putaran spindle yang tinggi dengan gerak makan kecil, diperoleh nilai mean SR kecil. Pada gerak makan rendah dan Rcb besar diperoleh nilai mean SR kecil. Hal ini dipengaruhi adanya daya adhesi atau afinitas antar material AA-6061 dengan pahat HSS cukup kuat, sehingga tidak akan terjadi penumpukkan pada mata potong BUE (*Built Up Edge*). Pengaruh kenaikan besar radius pojok ternyata kekasaran permukaan benda kerja semakin kasar, ini disebabkan oleh panjang geram yang terjadi. Semakin besar radius pojok 1,75 mm, maka semakin panjang geram yang terbentuk sehingga panas yang timbul dari panjangnya geram tidak dapat terbuang dengan cepat. Panas yang terjadi terakumulasi yang pada akhirnya mempengaruhi bidang potong dari pahat bubut. Untuk radius pojok merupakan bagian dari geometri pahat yang digunakan jadi pahat berfungsi sebagai alat (*tool*) dalam proses pemotongan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

Putaran spindel ternyata mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan yang dibuktikan dengan nilai koefisien yang negatif dan merupakan pengaruh terkuat dibandingkan dengan variabel bebas lainnya.

Putaran spindel, gerak makan, dan radius pojok bersama-sama mempengaruhi hasil kekasaran permukaan.

Kombinasi nilai variabel bebas, meliputi Putaran spindel 950 rpm, gerak makan 90 mm/put, dan radius pojok (Rcb) 1,44 mm, maka nilai paling bagus untuk kekasaran permukaan (SR) sebesar 0,360 μm .

Daftar Pustaka

- [1]. Christopher Mccauley.,2000.*MachinerySHandbookGuide*26.
- [2]. DawsonandThomasR.Kurfess., 1996.*Tool life, wearrates,andsurfacequalityin hardturning*, researchinstitutionof SME,vol.45.pp (77-2).
- [3]. Hari Singh, Pradeep Kumar, 2007, *Mathematical Models of Tool Life andSurface Roughness for Turning Operation through Response Surface Methodology*, Journal of scientific & Industrial Research Vol. 66, pp 220-226.
- [4]. Sudjatmiko, Darto, Rusdijanto.,2015. *Effek Parameter Pemotongan terhadap kekasaran permukaan pada proses Turning dengan Respon Surface Methodolgy (RSM)*.Laporan Akhir Hibah Bersaing (PHB) tahap 1 Dp2M-Dikti-Unmer Malang.
- [5]. S. Thamizhmaii and Sulaiman.,2012. *Machinability studi using chip thickness ratio on Difficult to Cut Metals bay CBN Cutting Tool*. Engineering Materials.
- [6]. Mohammad Al Jauhani,2013. *Factor Affecting Tool Life in Machining Procecess*. ME 572. Analysis of Manufacturing Process.pp.23-24.
- [7]. Taufiq Rochim, 2007.*Teori dan Teknologi Proses Pemesinan Laboratorium Teknik Produksi dan Metrologi Industri*, Jurusan Teknik Mesin, ITB, Bandung.
- [8]. JIS B 30031.,1994. *Techincal Data*.Surface Roughness
- [9]. Sudjatmiko, Darto, Rusdijanto.,2015. *Optimasi Parameter Pemotongan pada Mesin Bubut CNC terhadap kekasaran permukaan pada proses Turning dengan Respon Surface Methodolgy (RSM) Pada Material Al – 6061*. Info-Teknik dan

Aplikasi Teknik ISSN : 2459-996 X (online), ISSN 0853-2508, edisi Volume 16
No 2, Des 2015.

- [10]. Boothroyd, Geoffery.1981. *Fundamentals of Metal Machining ang Machine Tool*, Washington, Mc Graw-Hill Book Company.