

## Effect of Variation Number of Flutes and Cutting Parameters In Conventional Milling Process of Aluminum 6063

Redi Bintarto<sup>1,\*</sup>, Rudianto Raharjo<sup>2</sup>, Teguh Dwi Widodo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jalan M.T. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

\*Corresponding author: redibintarto@ub.ac.id

**Abstract.** This study analyse the effect of usage of flute 2 and 4 of a ball nose end mill carbide with conventional milling processes on workpiece aluminum 6063. Using three variations of spindle speed 650 , 750 , 850 rpm ; 3 variations in feed rate of 150 , 250 , 350 mm / min ; as well as Each specimen tested surface roughness (  $R_a$  ) . The results of this study were processed using Multiple Linear Regression to obtain the mathematical model of the machining process is done . The results obtained in the form of the equation  $R_a = 1,665 - 0,002x_1 + 0,007x_2 - 0,088x_3$  where  $x_1$  is the coefficient value of spindle speed,  $x_2$  is a coefficient value of feed rate, and  $x_3$  is the coefficient value of the flute with a regression coefficient of the suitability of the test data is 94 percent . It can be used to predict the surface roughness values to select the parameters that correspond to the spindle speed , feed rate , and the flute. Feed rate has a positive effect ( proportional ) to the surface roughness while the spindle speed and the flute has a negative effect ( inversely ) to the surface roughness .

**Abstrak,** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan jumlah mata pahat ( *flute* ) 2 dan 4 dari *ball nose mill carbide* dengan proses penggilingan konvensional pada benda kerja aluminium 6063. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan tiga variasi kecepatan spindle, yaitu 650, 750, dan 850 rpm, serta 3 variasi *feed rate* , yaitu 150, 250, dan 350 mm / menit; Setiap specimen hasil perlakuan yang berbeda tersebut diuji kekasaran permukaannya ( $R_a$ ). Hasil dari pengujian ini diolah menggunakan *Multiple Linear Regression* untuk mendapatkan model matematis dari proses pemesinan yang dilakukan. Hasil yang didapat berupa persamaan  $R_a = 1,665 - 0,002x_1 + 0,007x_2 - 0,088x_3$  dimana  $x_1$  merupakan nilai koefisien kecepatan spindle,  $x_2$  adalah nilai koefisien *feed rate*, dan  $x_3$  adalah nilai koefisien dari jumlah mata pahat dengan koefisien regresi dari kesesuaian data uji sebesar 94 persen. Ini dapat digunakan untuk memprediksi nilai kekasaran permukaan untuk memilih parameter yang sesuai dengan kecepatan spindle, laju umpan, dan jumlah mata pahat. Laju umpan memiliki efek positif (proporsional) terhadap kekasaran permukaan sedangkan kecepatan spindle dan jumlah mata pahat memiliki efek negatif (terbalik) terhadap kekasaran permukaan.

**Keywords:** kekasaran permukaan, regresi linier berganda, penggilingan konvensional, *ball nose end mill, flute*

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

### Pendahuluan

Model pahat pada proses milling memiliki berbagai macam jenis, dimana hal ini tentunya mempengaruhi hasil proses pemesinannya, baik dari segi kekuatan maupun efek yang lain. Perbedaan gerakan rotasi pahat (kecepatan) serta perubahan bidang kontak dan arah gaya menggunakan *ball end mill* telah menghasilkan permukaan benda kerja yang berbeda pula [1].

Dengan mengintegrasikan proses pada ujung pahat yang langsung bersentuhan dengan benda kerja, kekuatan pemotongan, getaran, serta hasil kehalusan permukaan dapat

diprediksi. Dengan mengetahui ketepatan parameter, gaya potong dapat diprediksi dan diukur, serta hasil kekasaran permukaan dapat dijaga sesuai dengan hasil yang diinginkan.[2]

Kekasaran merupakan faktor utama dalam mengevaluasi produk yang sesuai atau tidak. Kekasaran permukaan adalah salah satu hasil yang didapat dalam kondisi pemotongan dari proses pemesinan [4]. Setiap permukaan yang telah mengalami proses pemesinan akan menghasilkan kekasaran permukaan yang berbeda, misalnya halus, kasar maupun bergelombang [5]. Proses pemesinan ini akan menentukan kekasaran permukaan pada tingkat

tertentu. Jika kekasaran permukaan tinggi akan mengakibatkan produk tidak bekerja secara baik. Jadi perlu diperhatikan penggunaan pahat dalam proses pemotongan agar menghasilkan kekasaran yang sekecil mungkin [12].

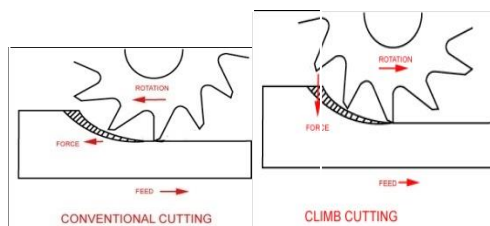
Maka dari itu diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh parameter pemotongan menggunakan pahat *end mill* pada proses *milling* terhadap kekasaran permukaan. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengaruh *spindle speed*, *feed rate* dan mata pahat pada proses *conventional milling*. Dari sini didapat pengaruh *spindle speed*, *feed rate* dan jumlah mata pahat pada proses *conventional milling* menggunakan pahat *end mill* terhadap kekasaran permukaan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai kekasaran permukaan pada proses *conventional milling* menggunakan pahat *end mill* untuk masing-masing parameter dan mencari kombinasi *spindle speed*, *feed rate*, dan jumlah mata pahat *ball nose end mill* yang dapat memperkecil kekasaran permukaan.

### Proses *milling*

*Milling* merupakan suatu proses dimana alat potong berputar pada sumbunya dan melakukan pemakanan terhadap benda kerja [10]. Proses pemakanan dilakukan satu kali atau dua kali putaran dengan satu atau lebih mata pahat dengan benda kerja diletakkan diam dan dijepit pada ragum, kemudian dimakan dengan pahat yang berputar [11].

### Mekanisme *Milling*

Mekanisme *milling* dapat dibedakan berdasarkan arah rotasi pahat yaitu *up milling* dan *down milling*. Pada *up milling* (*conventional milling*) arah gerak pahat berlawanan dengan arah pemakanan (*feed*) saat pemotongan dan pada *down milling* (*climb milling*) arah gerak pahat searah dengan arah pemakanan (*feed*) saat pemotongan [8].



Gambar 1 Mekanisme *milling*

### Parameter Pemotongan

Ada tiga parameter yang digunakan untuk mendapatkan hasil pemotongan yang diinginkan yaitu *spindle speed* (kecepatan potong), *feed rate* (kecepatan pemakanan) dan *depth of cut* (kedalaman pemakanan) [6]. *Spindle speed* (kecepatan potong) adalah kecepatan gerakan utama pahat dalam proses menyayat benda kerja. *Feed rate* (kecepatan pemakanan) dihitung berdasarkan ketebalan geram yang dapat dipotong oleh setiap gigi pahat, yang disebut pemakanan per gigi. *Depth of Cut* (kedalaman pemakanan) berhubungan dengan kecepatan pemakanan dan diameter pahat.

### End Mill

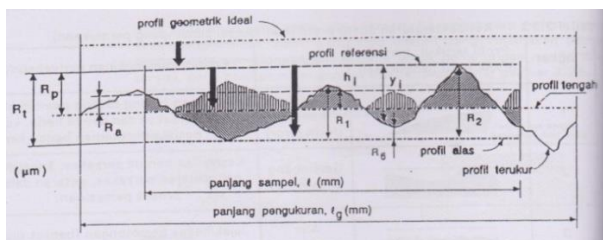
Pahat *end mill* ini digunakan untuk pengefraisan muka, *horizontal*, *vertical*, menyudut atau melingkar [2]. Bentuk Pahat *end mill* dapat melakukan pemakanan dengan berbagai jenis bentuk permukaan, jenis pahat *end mill* yang paling umum digunakan yaitu pahat dengan permukaan bawah yang rata (*flat bottom end mill*), *end mill* dengan setengah lingkaran (*ball nose end mill*), dan *end mill* dengan radius sudut (*bull nose end mill*). Pahat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *ball nose end mill* atau pahat *end mill* dengan ujung pahat setengah lingkaran yang digunakan untuk 3D *machining* dengan variasi permukaan.



Gambar 2 Pahat *Ball Nose End Mill*

### Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan merupakan salah satu bentuk dari ketidakaturan konfigurasi suatu permukaan yang dapat berupa goresan atau lekuk-lekuk kecil pada suatu permukaan [7]. Nilai kekasaran permukaan berpengaruh terhadap kualitas dan keandalan suatu benda kerja. Salah satu karakteristik geometris yang ideal dari suatu komponen adalah permukaan yang halus. Angka kekasaran (ISO *roughness number*) dan panjang sampel standar dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 3 Profil kekasaran permukaan

Tabel 1 Angka Kekasaran

Harga kekasaran, Ra ( $\mu\text{m}$ )	Angka kelas kekasaran	Panjang sampel (mm)
50	N 12	8
25	N 11	
12.5	N 10	2.5
6.3	N 9	
3.2	N 8	
1.6	N 7	0.8
0.8	N 6	
0.4	N 5	
0.2	N 4	
0.1	N 3	0.25
0.05	N 2	
0.025	N 1	0.08

**Metode Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu melakukan pengamatan untuk mencari data sebab-akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh *spindle speed* dan *feed rate* terhadap kekasaran permukaan dan parameter pemotongan dengan jumlah mata pahat berbeda dengan proses *conventional milling* menggunakan pahat *ball nose end mill*.

**Variabel Penelitian**

**Variabel bebas**

Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah :

- *Spindle Speed* : 650, 750, 850 rpm
- *Feed Rate* : 150, 250, 350 mm/mnt
- Jumlah Mata Pahat : 2 dan 4

**Variabel terikat**

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekasaran permukaan (Ra).

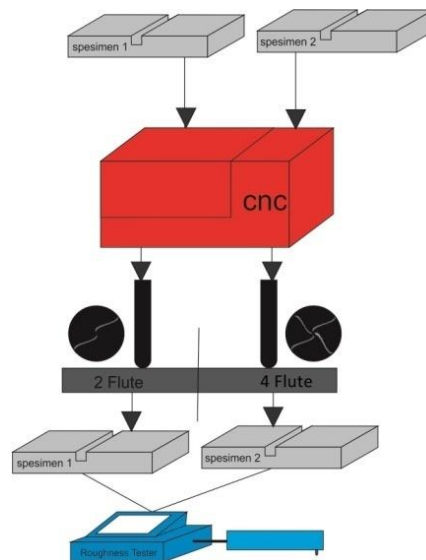
**Variabel terkontrol**

Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah :

- Pemakanan : *Conventional milling*
- *Depth of Cut* : 0,5 mm
- Diameter pahat : 10 mm

**Prosedur Penelitian**

Benda kerja dengan ukuran 100x50 mm dan tebal 15 mm. Dilakukan pemotongan dengan parameter yang sudah ditentukan dan dilakukan pengukuran kekasaran permukaan menggunakan *Surftest Tester* Mitutoyo Sj-301. Data yang didapatkan kemudian dianalisis menggunakan *Multiple Regression Linier* dan analisis grafik. Sehingga didapatkan pengaruh *spindle speed* dan *feed rate* pada proses *conventional milling* menggunakan pahat *ball nose end mill* terhadap kekasaran permukaan.



Gambar 4 Skema penelitian

**Hasil Dan Pembahasan**

Didapatkan hasil pengukuran kekasaran permukaan pada proses *conventional milling* terhadap parameter pemotongan *spindle speed* dan *feed rate* yang ditunjukkan dalam tabel 2. Pengolahan data menggunakan model regresi berganda (*multiple regression linier*) digunakan untuk menjelaskan hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat.

**Tabel 2** Hasil uji kekasaran permukaan *ball nose end mill*

No	Variabel		Kekasaran Permukaan (µm)	
	Spindle Speed (rpm)	Feed Rate (mm/min)	2 Mata Pahat	4 Mata Pahat
1	650	150	0.74	0.62
2		250	1.5	1.2

3		350	2.58	2.41
4	750	150	0.68	0.59
5		250	1.32	1.03
6		350	2.16	2.01
7	850	150	0.65	0.55
8		250	1.07	0.99
9		350	1.9	1.71

**Tabel 3** *Multiple Regression Linier : Model Summary* proses *conventional milling* (hasil SPSS)

Model	R	R square	Adjusted R square	Std. error of the estimate
1	0.973	0.947	0.936	0.16839

**Tabel 4** Hasil Tes ANOVA (hasil SPSS)

ANOVA						
Model	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.	
Regression	7.160	3	2.387	84.162	0.000	
Residual	0.397	14	0.028			
Total	7.557	17				

**Tabel 5** *Multiple Regression Linier : Koefisien* proses *conventional milling* (hasil SPSS)

Model	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients		T	Sig.
	B	Std. error	Beta			
(Constant)	1.665	0.420			3.964	0.001
Spindle_speed	-0.002	0.000	-0.239		-3.909	0.002
Feed_rate	0.007	0.000	0.934		15.24	0.000
Mata_pahat	-0.088	0.040	-0.136		-2.226	0.043

Dari tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai *Multiple R* = 0,973 dan  $R^2 = 0,947$ . Data tersebut menjelaskan bahwa kemampuan variabel independen untuk menunjukkan variasi pada variabel dependen  $R_a$  adalah 94 persen.

Dari tabel 4 hasil olah data dengan ANOVA (*analysis of variance*) diperoleh harga koefisien korelasi atau  $R = 0,973$  dan  $F = 84,162$ , sedangkan tingkat alpha yang ditetapkan 5%. *Degree of Freedom* yang ditampilkan dalam perhitungan tersebut yaitu  $df_1 = 3$  dan  $df_2 = 14$ . Oleh karena itu didapatkan nilai  $F$  tabel sebesar 3,3439. Karena  $F$  hitung  $> F$  tabel, yaitu  $84,162 > 3,3439$ , maka  $H_0$ , yang menyatakan tidak ada pengaruh ditolak sebagai konsekuensinya harus menerima  $H_1$ , yang berarti terdapat pengaruh.

Dari tabel 5 yang digunakan untuk membuat persamaan garis regresinya adalah

besaran koefisien beta (lihat tabel *Coefficients* diatas pada kolom *Unstandardized Coefficients B*) tercantum nilai konstan  $b_0 = 1,665$ , nilai  $b_1 = -0,002$ ,  $b_2 = 0,007$  dan  $b_3 = -0,088$ . Dengan demikian dapat ditentukan bahwa *Estimated Regression Equation* untuk seluruh data adalah :

$$R_a = 1,665 - 0,002x_1 + 0,007x_2 - 0,088x_3$$

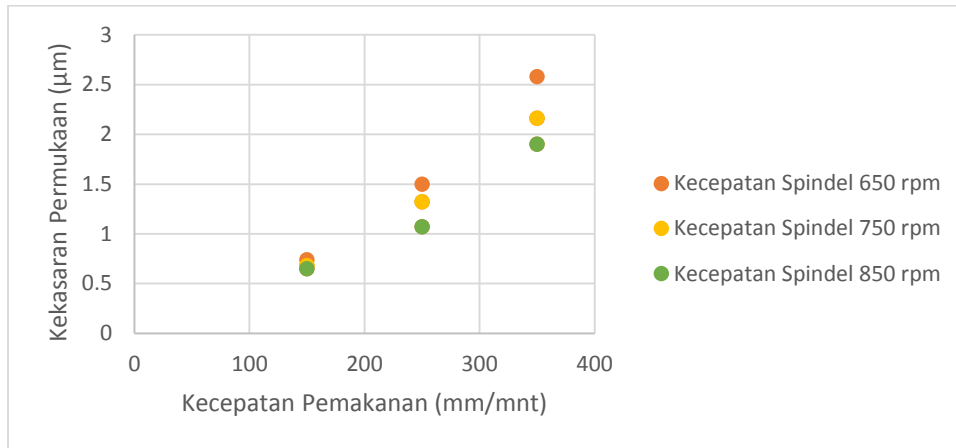
Sesuai dengan persamaan garis regresi yang diperoleh, maka model regresi tersebut dapat diinterpretasikan sebagai berikut :

1. Harga koefisien  $b_1 = -0,002$  berarti bahwa, apabila nilai  $X_1$  *spindle speed* mengalami kenaikan sebesar satu poin, sementara variabel independen lainnya bersifat tetap, maka tingkat  $R_a$  kekasaran permukaan tersebut akan menurun sebesar 0,002 persen.
2. Harga koefisien  $b_2 = 0,007$ , berarti bahwa, apabila nilai  $X_2$  *feed rate* mengalami kenaikan sebesar satu poin,

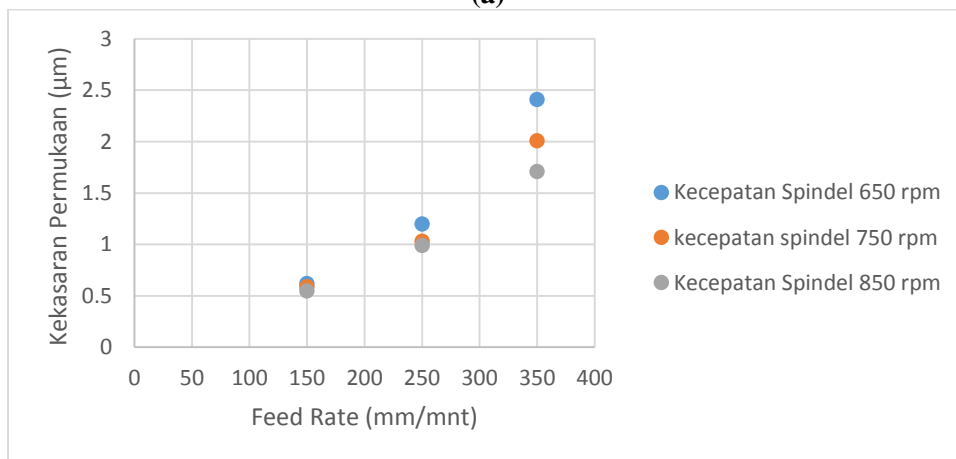
sementara variabel independen lainnya bersifat tetap, maka tingkat  $R_a$  kekasaran permukaan tersebut akan meningkat sebesar 0,007 persen.

3. Harga koefisien  $b_3 = -0,088$ , berarti bahwa, apabila nilai  $X_3$  jumlah mata

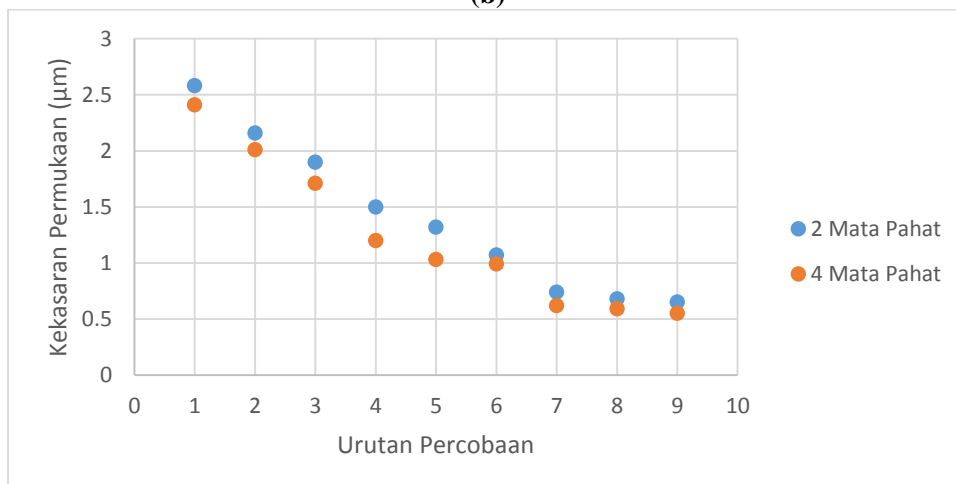
pahat mengalami kenaikan sebesar satu poin, sementara variabel independen lainnya bersifat tetap, maka tingkat  $R_a$  kekasaran permukaan tersebut akan menurun sebesar 0,088 persen.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 5** Grafik Kekasaran Permukaan pada *ball nose end mill* (a) mata 2 (b) mata 4 dan (c) perbandingan mata 2 dan 4

Gambar 5 (a) merupakan grafik hubungan antara *Feed rate* dan *Spindle speed* dengan Kekasaran Permukaan pada *ball nose end mill* mata 2 dapat dilihat pada grafik diatas terlihat adanya perubahan *feed rate* dengan variasi 150 mm/mnt, 250 mm/mnt dan 350 mm/mnt. Pada hasil proses pemotongan dengan *feed rate* 150 mm/mnt memiliki kekasaran permukaan yang berkisar 0,65-0,74  $\mu\text{m}$  apabila dibandingkan dengan *feed rate* 250 mm/mnt dengan nilai kekasaran permukaannya antara 1,07-1,5  $\mu\text{m}$  dan pada *feed rate* 350 mm/mnt didapat kisaran nilai kekasaran permukaan antara 1,9-2,58  $\mu\text{m}$ . Jadi semakin besar *feed rate* maka semakin meningkat pula kekasaran permukaan yang dihasilkan, hal ini disebabkan karena semakin besar *feed rate* maka geram yang dihasilkan semakin banyak. Sebaliknya semakin tinggi *spindle speed* menunjukkan kekasaran permukaan yang semakin menurun, hal ini disebabkan karena semakin tinggi *spindle speed* maka pemakanan per gigi pahat dengan benda kerja semakin cepat. Jumlah mata pahat 2 juga mempengaruhi kekasaran permukaan karena semakin sedikit mata pahat maka pemakanan per gigi menjadi lebih sedikit sehingga geram yang dihasilkan lebih besar.

Gambar 5 (b) merupakan grafik hubungan antara *Feed rate* dan *Spindle speed* terhadap kekasaran permukaan pada *ball nose end mill* mata 4 dapat dilihat pada grafik semakin tinggi *spindle speed* maka kekasaran permukaan semakin menurun sebaliknya semakin besar *feed rate* maka kekasaran permukaan semakin meningkat, hal ini disebabkan karena semakin tinggi *feed rate* maka geram yang dihasilkan juga semakin banyak sebaliknya semakin tinggi *spindle speed* maka pemakanan per gigi pahat dengan benda kerja semakin cepat. Pada *feed rate* 150 mm/mnt nilai kekasarannya 0,55-0,62  $\mu\text{m}$  dan pada *feed rate* 250 mm/mnt nilai kekasaran yaitu 0,99-1,2  $\mu\text{m}$  sedangkan pada *feed rate* 350 mm/mnt nilai kekasaran permukaannya 1,71-2,41  $\mu\text{m}$ . Jumlah mata pahat 4 juga mempengaruhi kekasaran permukaan karena semakin banyak mata pahat maka pemakanan per gigi menjadi lebih banyak sehingga geram yang dihasilkan lebih kecil.

Gambar 5 (c) merupakan grafik perbandingan kekasaran permukaan antara

*ball nose end mill* mata 2 dan 4 dimana sumbu x adalah urutan proses pemakanan sedangkan sumbu y adalah kekasaran permukaan hasil proses pemakanan. Urutan proses tersebut adalah sebagai berikut:

- (a) *Feed rate* 350 mm/mnt dan *Spindle speed* 650 rpm
- (b) *Feed rate* 350 mm/mnt dan *Spindle speed* 750 rpm
- (c) *Feed rate* 350 mm/mnt dan *Spindle speed* 850 rpm
- (d) *Feed rate* 250 mm/mnt dan *Spindle speed* 650 rpm
- (e) *Feed rate* 250 mm/mnt dan *Spindle speed* 750 rpm
- (f) *Feed rate* 250 mm/mnt dan *Spindle speed* 850 rpm
- (g) *Feed rate* 150 mm/mnt dan *Spindle speed* 650 rpm
- (h) *Feed rate* 150 mm/mnt dan *Spindle speed* 750 rpm
- (i) *Feed rate* 150 mm/mnt dan *Spindle speed* 850 rpm

Pada grafik hubungan antara kekasaran permukaan menggunakan *ball nose end mill* mata 2 dan 4 dengan parameter *spindle speed* dan *feed rate* yang sama memiliki perbedaan nilai kekasaran permukaan. Proses pemakanan *ball nose end mill* mata 4 memiliki nilai kekasaran yang lebih kecil dibandingkan dengan proses pemakanan *ball nose end mill* mata 2. Perbedaan kekasaran permukaan pun mempunyai selisih antara 0,10-0,30  $\mu\text{m}$ . Ini dipengaruhi karena pada proses pemakanan dengan *ball nose end mill* mata 2 menghasilkan geram yang lebih besar dibandingkan proses pemakanan *ball nose end mill* mata 4 yang menghasilkan geram yang lebih kecil. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah mata pahat maka kontak pemakanan dengan benda kerja semakin besar sehingga semakin banyak permukaan benda yang termakan oleh gigi dari pahat yang mengakibatkan dapat memakan permukaan benda 2 kali lebih banyak dari pada mata pahat yang berjumlah sedikit sehingga proses yang dilakukan jauh lebih efektif dengan catatan menggunakan parameter yang tepat. Dan juga kekasaran permukaan yang dihasilkan pada benda memiliki nilai kekasaran yang baik sehingga benda yang dihasilkan dapat menjadi produk yang memiliki kualitas baik. Parameter yang tepat juga merupakan faktor yang penting karena bila parameter yang digunakan tidak tepat meskipun semakin banyak mata pahat juga tidak akan menghasilkan kekasaran permukaan yang semakin baik pula.

Penelitian ini juga menggunakan proses *conventional milling* jadi pada saat proses pemakanan terdapat banyak geram yang menempel pada benda kerja hasil pemotongan. Ini terjadi karena pembuangan

geram yang sulit dan terkadang terbawa oleh pahat. Selain itu pada proses *conventional milling* arah pemakanannya berlawanan dengan arah putar pahat yang menghasilkan gaya pemakanan lebih besar. Jadi proses *conventional milling* juga mempengaruhi kekasaran permukaan. Dengan penelitian yang dilakukan ini diharapkan dapat diperoleh parameter yang tepat agar mendapatkan kekasaran permukaan yang baik sehingga mampu meningkatkan produktivitas dalam dunia industri. Karena bila parameter yang digunakan tepat dan efektif serta kekasaran permukaan yang dihasilkan juga baik maka dalam proses permesinan tidak perlu membuang banyak waktu untuk pergantian pahat dan *setting* pahat karena dapat mengurangi produktivitas dalam proses produksi.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data yang didapatkan oleh peneliti dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. *Feed Rate* (kecepatan pemakanan) mempunyai pengaruh yang positif (berbanding lurus) yaitu semakin tinggi maka kekasaran permukaan semakin besar, hal ini disebabkan semakin besar *feed rate*, maka kontak antara pahat dengan permukaan benda kerja semakin kecil, sehingga menambah nilai kekasaran permukaan,
2. *Spindle Speed* (kecepatan spindle) dan berpengaruh negatif (berbanding terbalik) yaitu semakin tinggi kecepatan spindle kekasaran permukaan semakin kecil, hal ini dikarenakan semakin besar spindle speed akan meningkatkan nilai kontak antara pahat dan permukaan benda kerja.
3. Jumlah mata pahat berpengaruh terhadap tingkat kekasaran permukaan, dimana semakin banyak jumlah mata pahat akan mengakibatkan tingkat kekasaran permukaan hasil milling akan semakin rendah. Hal ini disebabkan semakin banyak jumlah mata pahat, maka nilai kontak mata pahat terhadap benda kerja (pemotongan) akan semakin besar atau sering, sehingga akan menyebabkan permukaan benda kerja semakin halus (kekasaran permukaan semakin rendah).
4. Persamaan regresi untuk kekasaran permukaan dalam menentukan nilai parameter pemotongan khususnya *spindle speed*, *feed rate* dan jumlah mata pahat yaitu :  
$$R_a = 1,665 - 0,002x_1 + 0,007x_2 - 0,088x_3$$

### Referensi

- [1] Edward T.A. D, Garrard M. K., "Tool force and deflection compensation for small milling tools" Journal Of Precision Engineering Volume 28, Issue 1, January 2004, Pages 31-45
- [2] Engin. S., Altintas, Y; "Mechanics and dynamics of general milling cutters.: Part I: helical end mills" International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 41, Issue 15, December 2001, Pages 2195-2212.
- [3] Kalpakjian, Serope, Steven R.Schimd. 2000. *Manufacturing Engineering and Technology, fourth edition, Addison Wesley*. India.
- [4] Munadi, Sudji. 1988. *Dasar-dasar Metrologi*. Jakarta : Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan.
- [5] Patil R.K, Vijay Kumar S.J., Ravi Sekhar. 2013. *Study of Ball Nose End Milling of LM6 Al Alloy : Surface Roughness Optimisation Using Genetic Algorithm*. ISSN : 0875-4024, Vol.5, No.3. India.
- [6] Pant Ruby, Amit Joshi, Pradeep Khotiyal. 2012. *Experimental Investigation of Machining Parameters of CNC Milling on Mrr by Taguchi Method*. ISSN : 0973-4562 Vol.7 No.11. India.
- [7] Rochim, Taufik. 2001. *Spesifikasi, Metrologi & Kontrol Kualitas Geometrik*. Bandung : Penerbit ITB.
- [8] Shankar S. Ravi, Gopinath L. 2014. *Influence of Peripheral Milling on Machining of Aircraft Grade Aluminium Alloy*. ISSN : 1819-6608, Vol.9, No.5. India.
- [9] Schwartz, M. M. 1997. *Composite Material : Properties, Non destructive testing and Repair*. Prentice Hall Ptr.
- [10] Smid, Peter. 2003. *CNC Programming Hand Book Second Edition*. New York : Industrial Press Inc.
- [11] Sonief, Achmad As'ad, Fikri Fakhruddin. 2013. *Pengaruh Parameter Pemotongan Pada Optimalisasi Permesinan CNC End*

*Bintarto, R., dkk. / Prosiding SNTTM XVII, Oktober 2018, hal. 010-017*

*Mill Terhadap Kekasaran Permukaan  
Bahan Aluminium. Jurnal Teknik. UB.*

- [12] Sonief, Achmad As'ad, Anggi Astriana.  
2014. *Pengaruh Parameter Pemotongan  
Pada Pemakanan Conventional Mill  
Miring Menggunakan Pahat End Mill  
Terhadap Kekasaran Permukaan Bahan  
Aluminium. Jurnal Teknik. UB.*