

# PENENTUAN KECEPATAN PEMOTONGAN EFEKTIF BERDASARKAN NILAI KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL AA-7075 PADA PROSES FACE MILLING

**Sobron Y. Lubis, Rosehan dan Musa Law**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara  
e-mail: sobronl@ft.untar.ac.id

**Abstract:** During face milling machining, several machining parameters such as feed rate and cutting speed determine the surface quality of the workpiece produced by the process. The selection of the right parameters will lead to the surface quality as planned. Therefore, to improve machining effectiveness, a method is needed to determine the appropriate machining parameters to produce the desired surface quality. This research was conducted using a milling machine, five variations of cutting speed and five variations of feed rate were used to cut the workpiece aluminum alloy 7075. After machining, the surface roughness was measured using a surface test. The surface roughness value is then substituted into the feed rate equation and effective cutting speed. By finding effective cutting parameters, the machining process will be more efficient and effective without using unnecessary resources. From the results of the study note that the development equation to determine the feed rate based on the value of surface roughness is  $f = \frac{0,6Z}{\sqrt{D}} R_a^{0,443} \text{ mm/tooth}$ . Development equation to determine the effective cutting speed

based on Surface roughness value is  $V_c = \sqrt[0,124]{\frac{3,0686}{R_a}} \text{ mm/min}$

**Keywords:** Cutting speed, aluminum alloy, face milling, feed rate

## PENDAHULUAN

Dalam proses pemesinan, kualitas produk yang dihasilkan ditentukan oleh parameter pemesinan yang digunakan. Variasi parameter pemesinan menyebabkan perubahan kondisi pada benda kerja sehingga kualitas dari produk yang dihasilkan juga berbeda. Kondisi yang sama berlaku untuk proses *face milling*. Dalam proses *face milling*, parameter pemesinan yang digunakan mempengaruhi kualitas dari permukaan benda yang dihasilkan. Pada umumnya parameter pemesinan yang ditentukan dalam proses pemesinan adalah *feed rate* yaitu kecepatan pemakanan oleh mata potong, dan *cutting speed* atau kecepatan potong. Pada umumnya parameter pemesinan yang ditentukan dalam proses pemesinan adalah *feed rate* yaitu kecepatan pemakanan oleh mata potong, dan *cutting speed* atau kecepatan potong. Sedangkan untuk meningkatkan produktifitas pemesinan dibutuhkan putaran spindel dan kecepatan potong yang tinggi. Hal ini jelas menghasilkan temperatur yang tinggi pada daerah pemotongan [1]. Seringkali peningkatan penggunaan kecepatan pemotongan tidak hanya dapat meningkatkan jumlah produksi dan meminimalkan waktu proses, namun dapat juga memberi efek terhadap peningkatan terjadinya keausan mata pahat. Keausan pahat yang terjadi pada proses pemesinan merupakan sesuatu yang harus diminimalisasi karena akan menyebabkan terjadinya cacat pada hasil produk. Faktor terbesar penyebab terjadinya keausan pahat adalah karena adanya panas yang dihasilkan selama proses pemesinan [2].

Penelitian yang dilakukan oleh S.S. Kulkarni tentang optimisasi parameter pemesinan *Face Milling* pada material SAE 1541, menyatakan bahwa parameter pemotongan optimal ditentukan berdasarkan rasio perbandingan parameter pemesinan untuk mendapatkan parameter pemotongan optimal [3].

Peran *milling cutter* merupakan aspek terpenting yang menentukan hasil akhir produk yang akan datang, akurasi dan juga umur dari *milling cutter* merupakan faktor utama yang menentukan biaya komponen. Keakuratan dimensi dan jenis penyelesaian adalah parameter yang diharapkan dalam komponen dan ketika ini gagal, seluruh proses dan produk menjadi skrap.[5].

Pengaruh parameter pemotongan pada kekasaran permukaan akhir dari permukaan mesin telah membawa tantangan besar bagi para insinyur dan peneliti. Beberapa teknik yang berguna

untuk memprediksi kekasaran permukaan suatu produk sebelum proses milling diperlukan untuk mengevaluasi kesesuaian parameter pemesinan untuk menjaga kekasaran permukaan yang diinginkan dan meningkatkan kualitas produk. Telah diketahui bahwa teknik prediksi harus akurat, andal, berbiaya rendah, dan tidak merusak.[6]. Perhitungan kekasaran permukaan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan,

$$Ra = \frac{f^2}{31.2 \cdot re} \mu\text{m}$$

Dengan  $re$  sudut mata pahat dan  $f$  adalah *feed rate*

Parameter permukaan yang digunakan untuk mengevaluasi permukaan kekasaran dalam penelitian ini adalah kekasaran rata-rata ( $Ra$ ). Rata-rata kekasaran adalah luas antara profil kekasaran dan garis tengahnya, atau integral dari nilai absolut dari tinggi profil kekasaran di atas panjang evaluasi.[7]

Seperti yang sudah dijelaskan di atas, kualitas dari produk yang dihasilkan ditentukan dari parameter yang digunakan. Menanggapi kondisi ini, penelitian dilakukan untuk menentukan parameter pemotongan efektif guna mendapatkan nilai kekasaran permukaan yang diinginkan. Dengan mengetahui nilai kekasaran permukaan yang diinginkan, maka *cutting speed efektif* dapat ditentukan melalui perhitungan menggunakan persamaan kecepatan potong efektif.

## METODOLOGI PENELITIAN

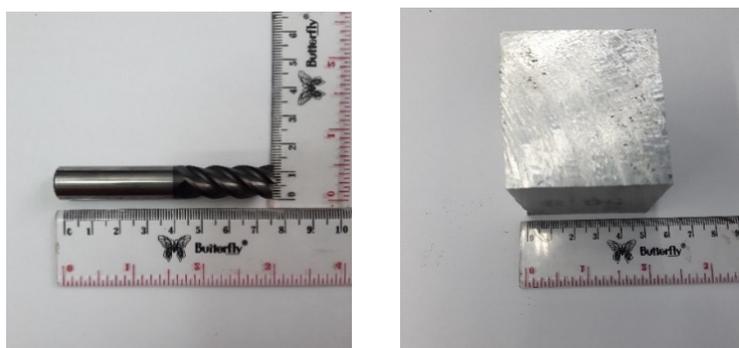
Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini merupakan metode eksperimen, proses pemotongan yang dilakukan menggunakan mesin milling CNC.

### Mesin CNC Milling



Gambar 1. Mesin *CNC milling*

Mata pahat jenis *Carbide end mill* yang memiliki diameter 12 mm dan benda kerja yang digunakan adalah Aluminium Alloy 7075.



Gambar 2. Mata pahat *carbide end mill* dan benda kerja Aluminium Alloy 7075

Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan dengan menggunakan *Surface tester*



Gambar 3. *Surface tester*

### Prosedur Eksperimen

Pada tahap ini menentukan kecepatan pemotongan, lima variasi kecepatan pemotongan dan lima feeding digunakan dalam eksperimen ini. Benda kerja diletakkan pada pencekam, kemudian mata pahat bergerak melakukan pemotongan sepanjang permukaan benda kerja. Setiap selesai pengerjaan untuk satu kecepatan pemotongan yang digunakan, proses pemesinan dihentikan dan dilakukan pengukuran kekasaran permukaan dengan menggunakan alat *surface test*. Pengukuran dilakukan sebanyak lima kali, kemudian ditentukan nilai rata-ratanya. Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan dengan meletakkan ujung *stylus surface test* pada permukaan benda kerja yang telah di potong, *stylus* bergerak dan membaca kontur permukaan benda kerja tersebut. Nilai kekasaran permukaan ditampilkan pada *display surface test*.

Nilai kekasaran permukaan yang ingin dicapai adalah 3,25; 3,5; 3,75; 4,0 dan 4,25  $\mu\text{m}$ . Nilai kekasaran ini ditentukan berdasarkan standar kualitas permukaan pada sambungan pipa. Sementara itu variasi *cutting speed* yang digunakan adalah 50 – 90 m/min yang ditentukan berdasarkan spesifikasi *end mill* yang digunakan serta memperhatikan kapasitas mesin *milling CNC* dalam menunjang kecepatan putaran yang tinggi. Pada tahap awal dilakukan perhitungan *feed rate* yang digunakan berdasarkan nilai kekasaran permukaan yang hendak dicapai. Rumus yang digunakan dalam perhitungan adaah sebagai berikut [4]:

$$f = \frac{0,6z}{\sqrt{D}} R_a^{0.5} \quad (1)$$

dengan:

$f$  = *feed rate* (mm/tooth)

$D$  = Diameter (mm)

$z$  = Jumlah mata potong

$R_a$  = Kekasaran permukaan ( $\mu\text{m}$ )

Melalui perhitungan tersebut maka didapatkan nilai *feed rate* untuk setiap kekasaran permukaan sebagaimana disampaikan pada Tabel 1:

Tabel 1. Nilai *feed rate* teoritis yang digunakan

Kekasaran Permukaan ( $\mu\text{m}$ )	<i>Feed Rate</i> (mm/rev)
3,25	0,158
3,50	0,164
3,75	0,169
4,00	0,175
4,25	0,181

Untuk nilai *cutting speed* dikonversi menjadi kecepatan putaran *spindle* mesin, pada di mana dalam proses *face milling* adalah kecepatan putaran mata potong dalam putaran per menit.

Tabel 2. Nilai kecepatan potong yang digunakan

<i>Cutting Speed</i> (m/min)	<i>Spindle Speed</i> (rpm)
50	1326
60	1592
70	1857
80	2122
90	2387

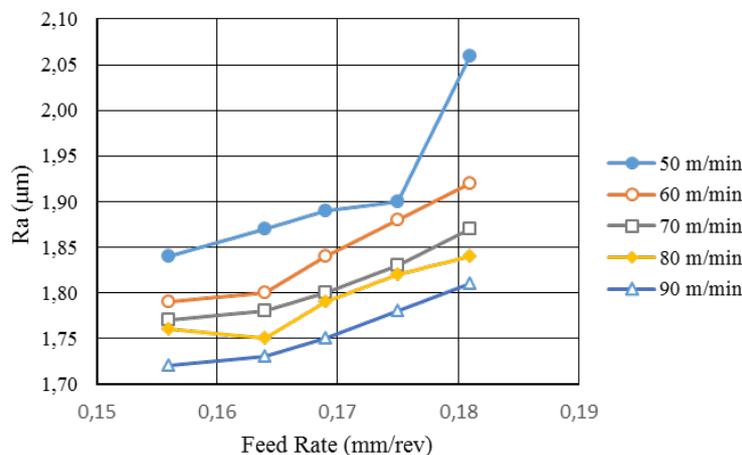
Kemudian proses pemesinan akan dilakukan terhadap material AA 7075 menggunakan kombinasi dari 5 *feed rate* dan 5 *cutting speed*.

### HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

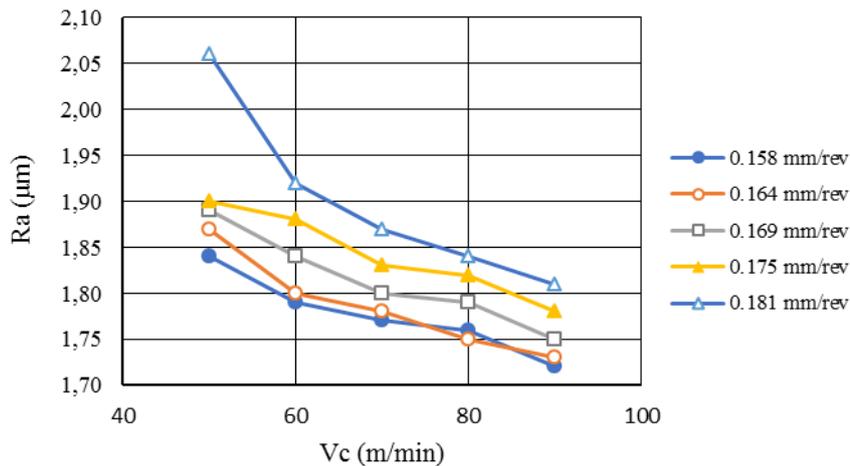
Berikut adalah nilai kekasaran permukaan yang didapatkan pada setiap parameter pemesinan yang digunakan:

Tabel 3. Nilai hasil kekasaran permukaan untuk material Al 7075

Jenis Mesin: Milling CNC “Mazak Mazatech V-414/22” Tool: Carbide End Mill “ZCC GM-4E”		Jenis Material: Aluminium Alloy 7075 Dimensi: p x l x t = 50 x 50 x 50 mm Parameter pemesinan: DOC: 0,5 mm Coolant: No				
No.	<i>Feeding Speed</i> (mm/rev)	Kekasaran Permukaan ( $\mu\text{m}$ )				
	<i>Cutting Speed</i> (m/min)	50	60	70	80	90
1	0,158	1,84	1,79	1,77	1,76	1,72
2	0,164	1,87	1,80	1,78	1,75	1,73
3	0,169	1,89	1,84	1,80	1,79	1,75
4	0,175	1,90	1,88	1,83	1,82	1,78
5	0,181	2,06	1,92	1,87	1,84	1,81



Gambar 4. Pengaruh *feed rate* terhadap kekasaran permukaan pada material Al 7075



Gambar 5. Pengaruh kecepatan potong terhadap kekasaran permukaan pada material Al 7075

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa kualitas permukaan yang dihasilkan dengan *feed rate* 0,158 mm/rev pada kedua material hampir sama dengan selisih 0,1 µm.

### Analisis Feed Rate

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat menguji persamaan *feed rate* dalam menentukan parameter pemotongan yang efektif untuk menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang diinginkan. Kalpakjian & Schmid mengatakan bahwa parameter yang sangat menentukan kekasaran permukaan adalah kedalaman pemakanan (*depth of cut*), laju pemakanan (*feed rate*) dan kecepatan potong [8].

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kualitas permukaan yang dihasilkan lebih baik daripada kualitas yang diasumsikan. Maka dari itu, persamaan perhitungan *feed rate* yang digunakan akan ditinjau kembali.

Faktor yang ditinjau adalah faktor pangkat pada nilai kekasaran permukaan. Faktor ini dipilih karena kedua faktor lain yaitu jumlah mata potong (*z*) dan diameter *tool* (*D*) yang digunakan berhubungan langsung dengan spesifikasi *tool*, sehingga tidak memungkinkan untuk diubah. Faktor pangkat pada kekasaran permukaan akan disesuaikan berdasarkan data yang didapatkan yaitu nilai kekasaran permukaan. Faktor pangkat yang baru didapatkan dengan menggunakan perhitungan terbalik untuk mencari nilai pangkat yang baru, sehingga persamaan sementara menjadi:

$$f = \frac{0,6z}{\sqrt{D}} R_a^x \quad (2)$$

Dengan diketahui nilai *feed rate*, jumlah mata potong, diameter *tool*, serta nilai kekasaran permukaan yang didapatkan dari eksperimen, maka nilai variabel *x* dapat ditemukan. Rata-rata nilai *x* yang dihasilkan untuk proses pemesinasn adalah 0.443081 dan 0.443046, sehingga nilai *x* yang dapat digunakan sebagai faktor pangkat yang baru adalah 0.443. Sehingga pengembangan persamaan untuk menentukan *feed rate* berdasarkan nilai kekasaran permukaan yang diinginkan adalah sebagai berikut:

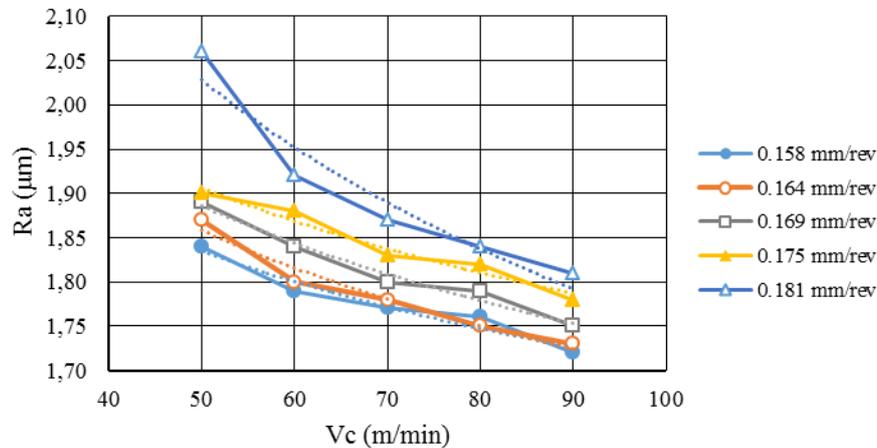
$$f = \frac{0,6z}{\sqrt{D}} R_a^{0.443} \text{ (mm/tooth)} \quad (3)$$

### Analisis Kecepatan Potong

Parameter lain yang turut mempengaruhi kualitas permukaan yang dihasilkan selain *feed rate* adalah kecepatan potong (*cutting speed*).

Salah satu contoh parameter yang dapat diubah-ubah dan dapat berjalan secara konstan adalah *cutting speed*. *Cutting speed* adalah kecepatan mata pahat melakukan proses pemakanan benda kerja dalam jarak per waktu terhadap permukaan benda kerja [9].

Dalam penelitian ini, kecepatan potong dianalisis berdasarkan data yang didapatkan. Kemudian sebuah persamaan matematis ditentukan berdasarkan *trendline* terbaik yang didapatkan.



Gambar 6. *Trendline* pengaruh kecepatan potong terhadap kekasaran permukaan pada material Al 7075

Persamaan yang digunakan adalah persamaan yang mempunyai nilai  $R^2$  tertinggi yaitu persamaan pada *feed rate* 0,169 mm/rev pada material Al 7075 dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,9785 yang mempunyai persamaan yaitu:

$$y = 3.0686x^{-0.124} \quad (4)$$

Dengan mensubstitusi variabel terkait, persamaan dapat diubah menjadi:

$$R_a = 3.0686 V_c^{-0.124} \quad (5)$$

Sehingga persamaan empiris yang didapatkan untuk menentukan kecepatan potong efektif berdasarkan kekasaran permukaan adalah:

$$V_C = \sqrt[0.124]{\frac{3.0686}{R_a}} \text{ (m/min)} \quad (6)$$

## SIMPULAN

Setelah dilakukan analisis data maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecepatan pemotongan yang tertinggi 90 m/min dan *feed rate* 0,158 mm/rev menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang kecil sebesar 1,72  $\mu\text{m}$ . Sedangkan Kecepatan pemotongan yang terendah 50 m.min dan *feed rate* 0,181 mm/rev menghasilkan nilai kekasaran permukaan sebesar 2,06  $\mu\text{m}$ .
2. Peningkatan kecepatan pemotongan memberi pengaruh terhadap penurunan nilai kekasaran permukaan benda kerja. Peningkatan nilai kekasaran permukaan memberi pengaruh terhadap peningkatan nilai kekasaran permukaan benda kerja.
3. Persamaan pengembangan untuk menentukan *feed rate* berdasarkan nilai kekasaran permukaan adalah:

$$f = \frac{0,6z}{\sqrt{D}} R_a^{0.443} \text{ mm/tooth}$$

4. Persamaan pengembangan untuk menentukan kecepatan pemotongan efektif berdasarkan nilai kekasaran permukaan adalah;

$$V_C = \sqrt[0.124]{\frac{3.0686}{R_a}} \text{ mm/min}$$

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bareggi, A., Torrance, A., O' Donnell, G. (2007), "Modelling thermal effects in machining by finite element method", Proceedings of the 24th International Manufacturing Conference, Waterford, 263 – 272
- [2] Dhar, N.R., Islam, S., Kamruzzaman, M., (2007), "Effect of minimum quantity lubrication (MQL) on tool wear, surface roughness and dimensional deviation in turning AISI-4340 steel", G.U. Journal of Science 20 (2), 23 – 32.
- [3] S. S. Kulkarni, "Optimization of Face Milling Parameters on Surface Roughness of SAE 1541", *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, vol. 3, no. 8, pp. 537-543, 2014.
- [4] G. Halevi and R. D. Weill, "Principles of Process Planning", London: Chapman and Hall, 1995.
- [5] P. Kumar, Venkatakrisnan and V. Babu, "Process Failure Mode and Effect Analysis on End Milling Process - A Critical Study," *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, vol. 4, no. 5, pp. 191-199, 2013.
- [6] A. B. Abdullah, L. Y. Chin and Z. Samad, "The Effect of Feed Rate and Cutting Speed to Surface Roughness," *Asian Journal of Scientific Research*, vol. 1, no. 1, pp. 12-21, 2008.
- [7] D. Bajic, B. Lela and D. Zivkozic, "Modeling of Machined Surface Roughness and Optimization of Cutting Parameters in Face Milling", *Metalurgija*, vol. 4, no. 47, pp. 331-334, 2008.
- [8] Kalpakjian, S. Dan Steven, R. S., 2001, *Manufacturing Processes for Engineering Materials*, New Jersey: Prentice Hall.
- [9] Lubis, S., Rosehan, R., & Wiguna, R. Pengaruh Variasi Sudut Ujung Mata Potong Karbida Terhadap Kekasaran Dan Topografi Permukaan Logam Al 6061 Pada Proses Pembubutan. *Poros*, 15(1), 18-25.