

## Analysis of Tool Wear of Two Flute Endmill with Initial Hole in ST60 Dry Machining

Ahmad Yusran Aminy<sup>1,\*</sup>, Lukmanul Hakim Arma<sup>2</sup>, Mukhtar Rahman<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

\*Corresponding author: ahmadyusrana@yahoo.co.id

**Abstract.** This study aims to analyze the wear of the Two Flute Endmill tool on ST 60 dry machining which is related to the number of products by providing variations in angles and initial holes. The angular angle variations used are: 2°, 3° and 4° while the initial hole variations are  $\phi 5$  mm,  $\phi 6$  mm and  $\phi 7$  mm. Wear measurement is done after the machining process is completed, where every angle of incision is given 3 levels of initial hole and machining variables. The machining variables used are 2,985 rpm, 5 mm depth of cut and 0.09 mm/rev feed. Tool wear is measured in a 3-dimensional microscope. The Two Flute Endmill tool used is P-SE0802 SI carbide, diameter 8 mm. Wear measurement is carried out until edge wear is  $\leq 0.5$  mm ( $V_B = 0.5$  mm). The results obtained are, at the incision angle of 3° and 4°, giving the initial hole  $\phi 6$  mm and  $\phi 7$  mm changes in wear rather than at the angle of 5° and the initial hole  $\phi 5$  mm.

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keausan pahat *Endmill Two Flute* pada permesinan kering ST 60 yang berhubungan dengan jumlah produk dengan memberikan variasi sudut penyayatan dan lubang awal. Variasi sudut penyayatan yang digunakan adalah: 2°, 3° dan 4° sedang variasi lubang awal adalah  $\phi 5$  mm,  $\phi 6$  mm dan  $\phi 7$  mm. Pengukuran keausan dilakukan setelah selesai proses permesinan, dimana setiap satu sudut penyayatan diberikan 3 tingkat lubang awal dan variabel permesinan. Variabel permesinan yang digunakan adalah putaran 2.985 rpm, kedalaman pemotongan 5 mm dan kecepatan pemakanan 0.09 mm/put. Keausan pahat diukur dengan mikroskop 3 dimensi. Pahat *Endmill Two Flute* yang digunakan adalah *Carbide P-SE0802 SI*, diameter 8 mm. Pengukuran keausan dilakukan hingga tercapai keausan tepi  $\leq 0,5$  mm ( $V_B=0,5$  mm). Hasil yang diperoleh adalah, pada sudut sayat 3° dan 4°, pemberian lubang awal  $\phi 6$  mm dan  $\phi 7$  mm perubahan keausan kecil dibandingkan pada sudut sayat 5° dan lubang awal  $\phi 5$  mm.

**Keywords:** Keausan, *Endmill, Two Flute*, permesinan kering

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

### Pendahuluan

Kualitas produk yang baik pada proses permesinan dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk material, mesin yang digunakan, pendinginan, kondisi pemotongan dan alat pemotong yang digunakan. Penting pada titik ini bagaimana alat-alat mesin produksi menghasilkan produk yang lebih akurat dengan waktu proses yang lebih pendek dan biaya yang lebih rendah. Selain hal tersebut pengembangan proses pemesinan saat ini adalah permesinan ramah lingkungan dan pengurangan biaya.

Untuk memperoleh produk permesinan yang lebih baik dibutuhkan penelitian pahat Edmill baru dengan sudut sayat yang berbeda sehingga akan diperoleh efisiensi yang lebih tinggi. Karakteristik parameter pahat memiliki peran yang sangat penting dalam menghasilkan produk yang baik, umur pahat yang berhubungan dengan keausan dengan variasi sudut geometris pahat merupakan parameter yang penting. Proses pemotongan logam sering terjadi keausan pada alat pemotong yang

digunakan, hal ini disebabkan selama proses pemesinan alat pemotong berinteraksi langsung dengan material. Mengurangi kontraksi suhu dan kondisi tekanan pada permukaan benda kerja dan alat pemotong dengan menggunakan mekanisme pemutus geram dan hal ini yang mempengaruhi keausan. Demikian pula halnya kecepatan pemotongan secara langsung berkaitan dengan kondisi suhu yang ada di mesin. Selain itu, jumlah mata (*flute*) sangat berpengaruh pada proses pemesinan.

Biaya penggantian pahat adalah bagian utama dari total biaya permesinan. Untuk mengurangi biaya penggantian pahat yaitu dengan mengurangi keausan pada *Endmill*. Dalam operasi *milling* penggunaan cairan bisa menyebabkan efek merusak. Selain dari itu penggunaan *coolant* pada kenyataannya sering menimbulkan kerusakan sebelum waktunya sehingga umur pakai alat menjadi pendek. Dari segi biaya produksi dengan melibatkan efek dari *coolant* tentunya dapat

membuat biaya produksi semakin besar. Menghasilkan produk dengan ketelitian tinggi maka perlu diperhatikan mengenai umur pakai pahat potong (*tool life*). Apabila umur pahat potong diabaikan dalam sebuah proses permesinan tentunya akan berdampak buruk pada kualitas produk, biaya proses permesinan dan mesin yang digunakan.

**Metode Penelitian**

Penelitian tentang tingkat keausan pahat *Endmill 2 flute* Ø 8 mm pada proses pembuatan lubang ST-60. Sedangkan material *Endmill* yang digunakan adalah karbida. Sebelum proses pelubangan dengan *Endmill* terlebih dahulu dilakukan pelubangan awal dengan *drill* Ø5, Ø6 dan Ø7 mm. Analisis tingkat keausan dilakukan akibat memvariasikan *Rake angle Endmill* yaitu 2°, 3° dan 4°, pengukuran keausan dilakukan pada *Endmill* dengan mengukur tingkat kerusakan yang terjadi pada *Endmill* setelah proses permesinan dengan menggunakan mikroskop 3 dimensi. Pada proses pelubangan diberikan perlakuan variabel permesinan, yaitu putaran 2.985 rpm, kedalaman pemotongan 5 mm dan kecepatan pemakanan 0.09 mm/put.



**Gambar1.** *Endmill cutter 2 flutes*

Perubahan sudut sayat pada pahat dilakukan dengan mesin gerinda asah pahat. Setiap selesai proses pelubangan dilakukan pengukuran dimensi keausan pahat dengan menggunakan mikroskop. Proses pemesanan dihentikan setelah diperoleh keausan mencapai 0,5 mm.

**Hasil dan Pembahasan**

Parameter pemotongan yang digunakan pada penelitian ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang ada pada persamaan (1) dan (2) Persamaan yang digunakan untuk menghitung kecepatan pemotongan adalah persama (1). Kecepatan pemotongan ditentukan pada diameter luar *Endmill*. Maka kecepatan putaran dapat dihitung sebagai berikut:

Dimana diketahui:

Untuk nilai *V* yang dapat digunakan adalah *V*=50-100 m/min, dan pada penelitian ini kecepatan potong yang digunakan *V*= 75 m/min, sedangkan diameter *Endmill* adalah *D*=8 mm, maka:

$$N = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{75 \cdot 1000}{3,14 \cdot 8} = \frac{75000}{25,12} = 2986 \text{ rpm} \quad \dots (1)$$

Selanjutnya untuk mengetahui laju pemakanan gigi pemotong *Endmill* pada proses pemakanan dapat dihitung dengan persamaan (2):

Dimana diketahui *feed* yang digunakan adalah *fr* = 520 mm/min (Nilai *fr* dijelaskan pada pembahasan parameter permesinan diatas)

$$f = \frac{520}{2986.2} = 0.09 \text{ rev/min} \quad \dots (2)$$

*Hubungan variasi Rake angle dengan keausan Endmill.*

Pengukuran keausan *Endmill* yang ditampilkan pada pembahasan ini, yaitu nilai keausan rata-rata dari *flute Endmill*, yang mana proses perlakuan permesinan yang dilakukan dengan variasi lubang awal (ketebalan pemakanan) terhadap masing-masing *Rake Angle* yang berbeda, untuk keausan dengan lubang awal diameter 5, 6 dan 7 mm, dalam hal ini peningkatan keausan yang disajikan pada tabel dan grafik data keausan setiap proses 6 lubang. Sedangkan nilai *Flank wear (VB<sub>B</sub>)* rekomendasi yang digunakan adalah 0.500 mm.

- *Lubang awal diameter 5 mm.*

Keausan *Endmill* untuk lubang awal diameter 5 mm terhadap variasi masing-masing *Rake angle* dapat dilihat pada tabel 1, sebagai berikut:

**Tabel 1.** Keausan *Endmill* dengan lubang awal 5 mm.

<i>Rake angle 2°</i>		<i>Rake angle 3°</i>		<i>Rake angle 4°</i>	
<i>n</i>	<i>V<sub>B</sub> [mm]</i>	<i>n</i>	<i>V<sub>B</sub> [mm]</i>	<i>n</i>	<i>V<sub>B</sub> [mm]</i>
1	0.016	1	0.071	1	0.076
6	0.120	6	0.155	6	0.145
12	0.201	12	0.316	12	0.213
18	0.231	18	0.387	18	0.279
24	0.250	24	0.413	24	0.336
30	0.271	30	0.456	30	0.429
36	0.291	36	0.495	36	0.483
42	0.304	39	0.512	38	0.513
48	0.336				
54	0.399				
60	0.462				
64	0.505				

Tabel 1, memperlihatkan bahwa hasil dari keausan pahat dengan sudut yang divariasikan terhadap lubang awal diameter 5 mm, terlihat bahwa *Endmill* dengan *Rake angle 2°* memiliki umur pakai yang paling lama dibanding dengan *Endmill Rake angle 3°* dan *Rake angle*

4°, pada tabel terlihat bahwa pada *Endmill* dengan *Rake angle* 2° mengalami keausan setelah proses pembuatan lubang yang ke-64 dengan nilai keausan yaitu 0.505 mm. Sedangkan *Endmill* dengan *Rake angle* 3° terhadap lubang awal diameter 5 mm mengalami keausan pada proses pembuatan lubang yang ke-39 dengan nilai keausan 0.512, hasil ini lebih baik bila dibandingkan dengan nilai keausan dari *Endmill* dengan *Rake angle* 4° yang mengalami keausan pada proses pembuatan lubang ke-38 dengan nilai keausan 0.513 mm. Pada percobaan ini mengakibatkan umur pakai *Endmill Rake angle* 3° lebih baik dibanding *Endmill* dengan *Rake angle* 4°.

• *Lubang awal diameter 6 mm.*

Pada proses selanjutnya untuk hasil pembuatan lubang dengan lubang awal diameter 6 mm dengan *Rake angle* yang divariasikan, data yang terdapat pada tabel 2 adalah kesimpulan peningkatan nilai keausan *Endmill* setiap 6 lubang, pada pengujian ini dilakukan perlakuan yang sama pada pengujian sebelumnya yaitu variasi *Rake angle* terhadap lubang awal diameter 6 mm, pengukuran hasil rata-rata keausan dari *Endmill* yang terjadi pada variasi *Rake angle* terhadap diameter lubang awal diameter 6 mm, dapat dilihat pada tabel 2, sebagai berikut:

**Tabel 2.** Keausan *Endmill* dengan lubang awal 6 mm.

<i>Rake angle</i> 2°		<i>Rake angle</i> 3°		<i>Rake angle</i> 4°	
n	V <sub>B</sub> [mm]	n	V <sub>B</sub> [mm]	n	V <sub>B</sub> [mm]
1	0.010	1	0.072	1	0.084
6	0.065	6	0.132	6	0.152
12	0.113	12	0.195	12	0.201
18	0.136	18	0.250	18	0.265
24	0.152	24	0.320	24	0.330
30	0.170	30	0.396	30	0.392
36	0.212	36	0.445	36	0.446
42	0.274	42	0.501	42	0.514
48	0.328				
54	0.388				
60	0.450				
65	0.503				

Tabel 2, memperlihatkan hasil dari keausan pahat dengan sudut yang berbeda terhadap lubang awal diameter 6 mm. Terlihat bahwa *Endmill* dengan *Rake angle* 2° memiliki umur pakai yang paling lama dibanding *Endmill* dengan *Rake angle* 3° dan *Rake angle* 4°. Terlihat bahwa pada *Rake angle* 2° mengalami keausan setelah proses pembuatan lubang yang ke-65 dengan nilai keausan yaitu 0.502 mm. Umur yang dihasilkan pada percobaan dengan *Rake angle* 2° terhadap lubang awal diameter 6 mm mengalami peningkatan dibanding dengan umur pahat pada lubang awal diameter 5 mm, sedangkan sudut *Rake angle* 3° terhadap lubang awal diameter 6 mm mengalami

keausan pada proses pembuatan lubang yang ke-42 dengan nilai keausan 0.501 mm, *Rake angle* 4° mengalami keausan pada proses pembuatan lubang yang juga ke-42 dengan nilai keausan 0.514 mm. Pada *Rake angle* 3° dan *Rake angle* 4° mengalami keausan pada lubang yang sama, tetapi yang membedakan adalah nilai keausan yang dihasilkan, umur penggunaan *Endmill* memiliki perbedaan yang sangat jauh dalam pembuatan lubang.

• *Lubang awal diameter 7 mm.*

Hasil proses pelubangan dengan lubang awal diameter 7 mm dengan *Rake angle* yang divariasikan, data yang terdapat pada tabel 3 adalah kesimpulan peningkatan nilai keausan *Endmill* setiap 6 lubang, pada pengujian ini dilakukan perlakuan yang sama pada pengujian sebelumnya yaitu variasi *Rake angle* yang juga divariasikan terhadap lubang awal diameter 7 mm, pengukuran hasil rata-rata keausan *Endmill* yang terjadi pada variasi *Rake angle* terhadap diameter lubang awal diameter 7 mm, dapat dilihat pada tabel 3, berikut ini:

**Tabel 3.** Keausan *Endmill* dengan lubang awal 7 mm.

<i>Rake angle</i> 2°		<i>Rake angle</i> 3°		<i>Rake angle</i> 4°	
n	V <sub>B</sub> [mm]	n	V <sub>B</sub> [mm]	n	V <sub>B</sub> [mm]
1	0.013	1	0.060	1	0.08
6	0.061	6	0.130	6	0.126
12	0.100	12	0.195	12	0.191
18	0.120	18	0.244	18	0.253
24	0.130	24	0.296	24	0.317
30	0.142	30	0.345	30	0.281
36	0.152	36	0.402	36	0.442
42	0.174	42	0.465	42	0.507
48	0.240	46	0.502		
54	0.321				
60	0.412				
66	0.502				

Gambar 3 menjelaskan hasil dari keausan pahat terhadap lubang awal diameter 7 mm. Terlihat bahwa *Rake angle* 2° memiliki umur pakai yang sangat panjang, terlihat bahwa pada *Rake angle* 2° mengalami keausan setelah proses pembuatan lubang yang ke-66 dengan nilai keausan yaitu 0.502 mm, maka dengan demikian pada lubang awal diameter 7 mm untuk *Rake angle* 2° mengalami peningkatan dari umur pakai percobaan sebelumnya. Sedangkan *Rake angle* 3° mengalami keausan pada proses pembuatan lubang yang ke-46 dengan nilai keausan 0.502, *Rake angle* 4° mengalami keausan pada proses pembuatan lubang yang ke-42 dengan nilai keausan 0.507 mm. Nilai keausan yang

didapatkan tidak jauh berbeda, tetapi umur penggunaan *Endmill* memiliki perbedaan yang sangat jauh dalam pembuatan lubang.

Dari tabel 1, 2 dan 3 diatas dapat diketahui bahwa dengan *Rake angle* 2°, *Endmill* memiliki tingkat keausan yang paling baik diantara yang lain, dalam hal ini juga dapat disimpulkan bahwa dengan *Rake angle* yang lebih besar dapat meningkatkan nilai keausan suatu pahat dalam penggunaannya, nilai keausan dengan waktu penggunaan paling singkat terdapat pada sudut *Endmill Rake angle* 4°. *Rake angle* yang lebih besar mengakibatkan gesekan antara geram dan alat potong menjadi lebih besar pula sehingga hal tersebut mengakibatkan umur pakai *Endmill* menjadi berkurang. Pengaruh terhadap perubahan *Rake angle* berdampak langsung terhadap kinerja dan umur pakai dari *Endmill* tersebut.

### Analisis Keausan

Berdasarkan standar ISO tentang batas keausan yang diizinkan alat potong yaitu  $V_B=0.500$  mm. *Tool life* dari *Endmill* dapat terlihat pada tabel 1,2 dan 3. Selain kecepatan potong yang diperhatikan pada keausan perubahan *Rake angle* juga dapat mengakibatkan perbedaan terjadinya keausan pada penelitian ini. Dari tabel 1, 2 dan 3) bahwa semakin kecil *Rake angle* semakin rendah tingkat keausan yang terjadi pada *Endmill*. Pada beberapa penelitian yang terkait tentang perubahan geometri *Endmill* menjelaskan adanya dampak *Tool life* dari suatu alat potong. Tapi terlalu besar *Rake angle* akan membentuk ujung ketajaman alat yang mudah aus atau pecah. Seperti disebutkan pada penelitian ini, semakin besar *Rake angle* semakin besar keausan yang terjadi pada pahat.

Selain dari perubahan *Rake angle*, perubahan lubang awal juga memberikan dampak terhadap nilai keausan yang dihasilkan pada penelitian ini seperti yang terlihat pada tabel 1,2 dan 3 dimana terlihat peran pada masing-masing lubang awal terhadap keausan yang terjadi pada *Endmill*. Bahwa dengan lubang awal yang berbeda maka berpengaruh terhadap tebal penyayatan suatu lubang, dari data yang didapatkan pada penelitian ini diketahui bahwa lubang awal diameter 5 mm keausan yang terjadi lebih besar dibanding pada lubang awal 6 dan 7 mm pada setiap perubahan *Rake angle*.

### Kesimpulan

Pengaruh *Rake angle* sangat berpengaruh terhadap lubang yang dihasilkan pada proses pelubangan, dari penelitian ini *Rake angle* dengan sudut 4° memiliki tingkat ketelitian penyimpangan

ukuran lubang yang kecil. Sedangkan tingkat keausan pahat yang paling besar terjadi pada *Rake angle* 4° dengan lubang awal diameter 5 mm, keausan terjadi pada pelubangan ke-39 dengan nilai keausan 0.513 mm.

### Referensi

- [1] T. U. Nugroho, 2012. Pengaruh Kecepatan Pemakanan Dan Waktu Pemberian Pendingin Terhadap Tingkat Keausan Cutter End Mill Hss Hasil Pemesinan CNC Milling Pada Baja St 40. *J. Nosel*, vol. 1, no. 1,.
- [2] S. Lin, J. Lin, C. Lin, W. Jywe, and B. Lin, 2006. Life prediction system using a tool's geometric shape for high-speed milling. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 30, no. 7, pp. 622–630.
- [3] Y.-C. Wang, C.-H. Chen, and B.-Y. Lee, 2014. Analysis model of parameters affecting cutting performance in high-speed machining. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 72.
- [4] G. C. Green, 1996. *Cutting tools of composite construction*. Google Patents,
- [5] J. Vobrouček, 2015. The influence of milling tool geometry on the quality of the machined surface," *Procedia Eng.*, vol. 100, pp. 1556–1561.
- [6] Z. Abidin, 2010. Mekanisme Keausan Pahat Pada Proses Pemesinan: Sebuah Tinjauan Pustaka. *Momentum*, vol. 6, no. 1,.
- [7] B. Chao and K. Trigger, 1951. Cutting temperatures and metal cutting phenomena," *Trans ASME*, vol. 73, no. 6, p. 771,
- [8] S. Lim, Y. Liu, S. Lee, and K. Seah, 1993. Mapping the wear of some cutting-tool materials," *Wear*, vol. 162, pp. 971–974.
- [9] A. Braghini Junior, A. E. Diniz, and F. T. Filho, 2009. Tool wear and tool life in end milling of 15–5 PH stainless steel under different cooling and lubrication conditions," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 43, no. 7, pp. 756–764.