

PENGARUH SUDUT PAHAT *END MILL* TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA PENGERJAAN FRAIS PERMUKAAN BAJA ST 63

Didik Djoko Susilo, Zainal Arifin, Alexander Hendri Triadi
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS
Jl. Ir. Sutami no 36 A Surakarta 57126
E-mail: djoksus_2010@yahoo.com

Abstrak

Pahat frais yang dipakai secara terus menerus akan menyebabkan keausan pahat yang dapat mempengaruhi kualitas produk hasil proses frais. Pahat yang aus akan berubah geometrinya. Perubahan geometri pahat akan berpengaruh terhadap ketajaman pahat. Untuk mengembalikan ketajaman pahat biasanya dilakukan pengasahan pahat. Pengasahan pahat yang tidak baik seringkali menghasilkan sudut potong yang berbeda dengan yang diharapkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh sudut potong utama pahat *end mill* terhadap tingkat kekasaran permukaan benda hasil pengerjaan frais permukaan. Pahat yang digunakan adalah pahat *end mill* HSS diameter 10 mm dengan mata pisau 4 buah. Sudut potong yang diteliti terdiri dari 2°, 5°, dan 10°. Proses frais dilakukan pada mesin frais universal model 42 CO seri 5011 produksi Wannan Shanghai. Variabel permesinan yang digunakan adalah : putaran 570 rpm, kedalaman pemakanan 1 mm untuk *roughing* dan 0,2 mm untuk *finishing* serta laju kecepatan pemakanan 24,5 mm/m. Tingkat kekasaran permukaan diukur menggunakan Surfcom Roughnes Tester 120A dengan *Cutoff* 0,8 μm , dan langkah 4 mm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar sudut potong utama akan menurunkan tingkat kekasaran permukaan hasil proses frais. Rata-rata tingkat kekasaran permukaan untuk pahat dengan sudut potong utama 2° adalah 2,035 μm , pahat dengan sudut potong utama 5° sebesar 1,835 μm , dan pahat dengan sudut potong utama 10° sebesar 1,525 μm . Keseluruhan tingkat kekasaran permukaan hasil pengerjaan dengan berbagai kondisi sudut potong utama ini masih masuk dalam kategori toleransi N8 untuk pengerjaan normal frais.

Keywords: Pahat *end mill*, sudut potong utama, kekasaran permukaan, pengasahan, frais permukaan

Pendahuluan

Proses produksi dewasa ini dituntut untuk mampu menghasilkan produksi yang memiliki kualitas tinggi. Pencapaian kualitas ini melibatkan banyak hal, antara lain kondisi mesin, benda kerja, keahlian operator dan lain-lain. Hasil produksi yang berkualitas biasanya dipersyaratkan memiliki standar mutu tertentu yang sesuai dengan fungsi pemanfaatan hasil produksi tersebut. Standar mutu diukur melalui variabel-variabel tertentu, seperti ketepatan ukuran dan kekasaran permukaan.

Frais / *milling* merupakan salah satu proses permesinan dalam sistem produksi yang melibatkan proses pembuangan logam (*metal removal*) untuk menghasilkan produk berbentuk persegi. Proses ini dilakukan melalui pahat frais yang berputar pada spindle mesin frais. Putaran pahat ini akan menghasilkan gerakan pemotongan yang mampu membuang material logam sehingga diperoleh produk dengan ukuran tertentu. Kualitas pengerjaan frais ini dipengaruhi oleh banyak hal, diantaranya: sifat mekanik bahan yang dikerjakan, geometri pahat, getaran pada saat proses permesinan dan variabel

proses permesinan.

Dalam proses frais, pahat yang digunakan secara terus menerus tentu akan mengalami keausan. Pahat yang aus tentu tidak akan menghasilkan produk yang baik karena ketajamannya berkurang atau hilang, sehingga untuk mengatasinya biasanya diganti dengan pahat yang baru atau diasah. Karena harga pahat yang cukup mahal, maka proses pengasahan pahat menjadi alternatif untuk menghemat biaya produksi.

Proses pengasahan pahat *end mill* dilakukan menggunakan mesin gerinda pahat. Proses gerinda merupakan proses penghilangan metal menggunakan butiran-butiran abrasif atau biasa dalam bentuk batu gerinda. Batu gerinda akan berkontak dengan permukaan pahat untuk membentuk kembali pahat sehingga memiliki geometri yang sesuai untuk pengerjaan frais. Dalam proses ini dituntut keseragaman sisi pahat dan diperoleh sudut potong yang sesuai. Proses ini relatif cukup susah, sehingga seringkali pahat hasil pengasahan tidak memiliki geometri yang sama dengan standarnya.

Perubahan geometri bentuk pahat tentu akan berpengaruh terhadap kualitas benda kerja hasil frais.

Beberapa kajian telah dilakukan untuk meneliti hal ini, antara lain :

Rosales, dkk (2010), memprediksi kualitas kekasaran permukaan pada proses frais muka (*face milling*) dengan menggunakan pemantauan gaya pemotongan pada proses frais muka. Dengan melakukan analisis statistik pada data-data gaya pemotongan yang terukur pada saat proses permesinan maka Rosales dkk memprediksikan kualitas permukaan benda kerja hasil permesinan frais muka.

Kadirgama, dkk (2008), melakukan penelitian tentang optimasi kekasaran permukaan pada proses *end mill* cetakan paduan aluminium (AA6061-T6) menggunakan *Response Surface Method* (RSM) dan *Radian Basis Function Network* (RBFT). Dalam penelitian tersebut setiap proses permesinan dilakukan menggunakan pahat yang baru sebanyak tiga kali selanjutnya kualitas permukaan diukur menggunakan *surface roughness tester*. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa faktor laju pemakanan merupakan faktor dominan dalam kualitas kekasaran hasil frais cetakan paduan aluminium.

Reddy, dkk (2011), melakukan kajian untuk memprediksi kekasaran permukaan pada proses *end milling* keramik gelas. Reddy meneliti pengaruh parameter-parameter frais terhadap hasil kekasaran permukaan. Dalam penelitian tersebut disimpulkan bahwa kecepatan spindle yang semakin meningkat akan menurunkan nilai kekasaran permukaan.

Akamatsu, dkk (2006) mengkaji hubungan panjang pahat *ball end mill* radius kecil dengan kecepatan pemotongan dan panjang tatal. Hasil pengujian menunjukkan adanya masalah kerusakan pada benda kerja yang disebabkan oleh pahat *ball end mill* radius kecil yang mengalami peningkatan panjang dan kelenturan. Akibatnya terjadi kesalahan pada hasil benda kerja dan solusi untuk mengatasinya dilakukan dengan cara mengurangi pemakanan benda kerja.

Dow dkk (2006) membahas pengaruh kekakuan dan panjang pahat terhadap kecepatan pemotongan pada benda kerja. Hasilnya menunjukkan adanya perubahan kekuatan pahat *end mill* sehingga terjadi kesalahan pada proses frais sebagai akibat adanya keausan pada tepi pahat. Karena ukuran pahat yang terlalu kecil dan panjang maka saat proses milling gaya yang dihasilkan menjadi relatif kecil dan mulai terjadi keausan pada tepi pahat.

Aristimuno, dkk (2008) membahas tentang pengaruh laju pemotongan, kedalaman pemotongan dan pemakanan menggunakan pahat mikro *end mill*. Dalam penelitian ini diambil kesimpulan bahwa

keausan pahat terutama pada sisi muka pahat lebih berpengaruh pada proses pemakanan dibanding kedalaman pemotongan dan laju pemotongan.

Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Alat Penelitian

- Mesin gerinda pahat
Spesifikasi mesin:
Ukuran meja gerinda : 400 mm x 800 mm
Tinggi maksimum fixture : 500 mm
Tinggi minimum fixture : 200 mm
Panjang langkah pemakanan : 200 mm
Kepala pembagi : Krisbow kw 15-769
Collet : Krisbow kw 04-862
Daya motor : 0.75 Hp
Putaran spindle batu gerinda : 2874 Rpm



Gambar 1. Mesin gerinda Pahat.

- Pahat yang digunakan adalah Pahat HSS keluaran PROHEX tipe finishing dengan diameter 10 mm dan jumlah mata pisau 4



Gambar 2. Pahat *end mill*.

- Benda uji baja St 63.
Proses pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Proses Produksi UNS.



Gambar 3. Benda uji.

- Mesin Uji Tarik
Universal Testing Machine (UTM) yang ada di Laboratorium Material Teknik Mesin UNS dengan spesifikasi sebagai berikut :
Merk : SANS
Model : SHT 4106
Kapasitas : 1000 KN

5. Mesin *Frais*

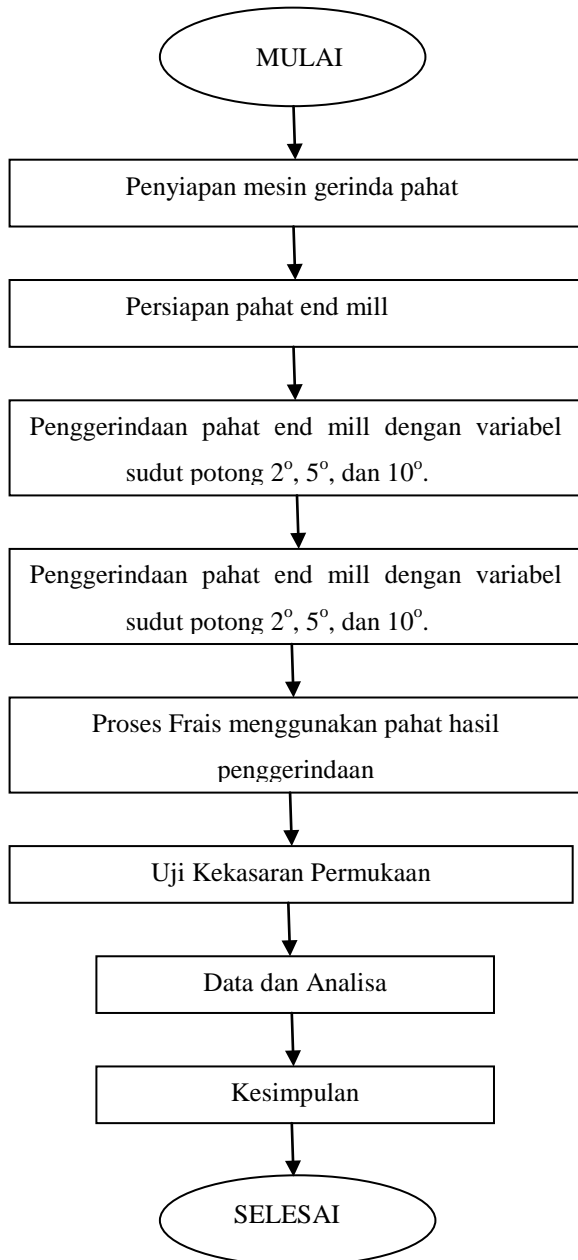
Jenis : *Universal Milling Machine*
 Model : 42 CO
 Serial : 5011
 Keluaran: *Wannan Machine Tool Work, Old Shanghai Seventh Machine Tool*

6 *Surface Roughness Tester.*

Ada dua surface roughness tester yang digunakan yakni : rugo Test dan Surfcom 120A.

Diagram Alir Penelitian

Penelitian yang dilakukan mengikuti diagram alir sebagai berikut :



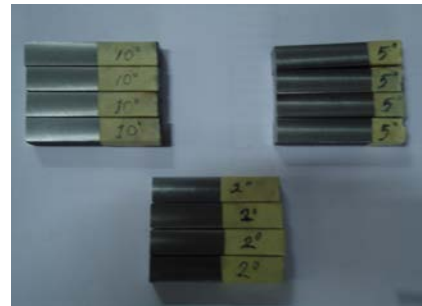
Gambar 4. Diagram alir.

Pahat yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pahat yang sudah digunakan dalam proses permesinan (pahat bekas), selanjutnya pahat digerinda menggunakan mesin gerinda dengan variasi

sudut potong yang berbeda, yaitu: 2°, 5°, dan 10°. Masing-masing variasi pahat dibuat 4 buah sampel. Pahat *end mill* yang sudah digerinda, selanjutnya digunakan untuk melakukan proses finishing frais muka baja ST 63 yang telah di frais roughing. Variabel permesinan yang digunakan adalah:

- Kedalaman potong proses frais 0,2 mm pada proses *finishing* dan 1 mm pada proses *roughing*.
- Putaran spindel pada mesin frais $n = 570$ rpm,
- Kecepatan pemakanan $f = 24,5$ mm / mnt.

Jumlah benda uji yang digunakan adalah 4 buah untuk setiap variasi sudut potong.



Gambar 5. Benda uji setelah di frais muka.

Selanjutnya dilakukan uji kekasaran permukaan terhadap benda uji hasil proses frais menggunakan pahat dengan variasi sudut potong.

Hasil dan Pembahasan

Data penelitian:

Hasil uji kekerasan disajikan pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Tingkat kekasaran untuk sudut potong 2°

Material St.63	Sudut potong	Ra (μm)
1	2°	1,86
2	2°	1,96
3	2°	2,22
4	2°	2,10
	Rata-rata	2,035

Tabel 2. Tingkat kekasaran untuk sudut potong 5°

Material St.63	Sudut potong	Ra (μm)
1	5°	1,46
2	5°	2,00
3	5°	1,84
4	5°	2,04
	Rata-rata	1,835

Tabel 3. Tingkat kekasaran untuk sudut potong 10°

Material St.63	Sudut potong	Ra (μm)
1	10°	1,84
2	10°	0,86
3	10°	1,82
4	10°	1,76
	Rata-rata	1,525

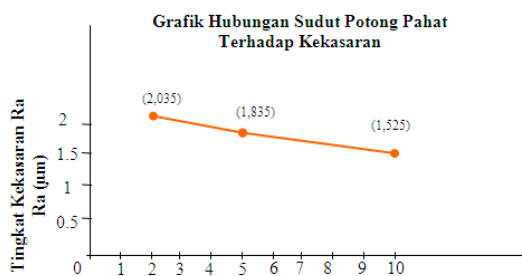
Pembahasan

Pada tabel 1 dapat dilihat nilai tingkat kekasaran benda uji dengan sudut potong pahat 2°, rata-ratanya adalah 2,035 μm, nilai ini termasuk pada tingkat kekasaran N8. Nilai kekasarannya paling halus yaitu 1,86 μm. Tingkat kekasaran ini pada proses pengerjaan frais termasuk kategori normal.

Selanjutnya, pada tabel 2 dapat dilihat nilai tingkat kekasaran benda uji dengan sudut potong pahat 5°, nilai kekasarannya yang paling halus yaitu 1,46 μm dan rata-rata nilai kekasarannya adalah 1,835 μm. Untuk pengerjaan frais menggunakan pahat *end mill* rata-rata nilai ini termasuk pada tingkat kekasaran N8 yaitu normal.

Sedangkan pada tabel 3 dapat dilihat nilai tingkat kekasaran benda uji dengan sudut potong pahat 10°, nilai kekasaran yang paling halus yaitu 0,86 μm dan rata-rata nilai kekasarannya adalah 1,525 μm nilai ini termasuk pada tingkat kekasaran N6. Untuk pengerjaan frais menggunakan pahat *end mill* rata-rata nilai ini termasuk pada tingkat kekasaran halus.

Berdasarkan data penelitian diatas dapat dihasilkan grafik hubungan antara sudut potong dengan tingkat kekasaran.



Gambar 6 Hubungan tingkat kekasaran dengan sudut potong pahat.

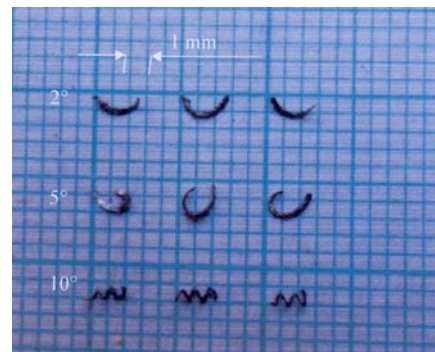
Dari grafik diatas menunjukkan bahwa semakin besar sudut potong pahat maka semakin rendah nilai kekasarannya (semakin halus) dan dapat menghasilkan tingkat kekasaran N7-N8 atau pada kondisi normal proses frais. Tingkat kekasaran tertinggi rata-rata 2,035 μm yaitu pada sudut potong pahat 2°, sedangkan tingkat kekasaran tertendah rata-rata 1,525 μm yaitu pada sudut 10°.

Untuk sudut potong 2° dan 5° dapat

menghasilkan tingkat kekasaran N8 yang masih dalam batas toleransi normal untuk pengerjaan frais. Sedangkan untuk sudut potong 10° diperoleh hasil yang lebih halus yakni pada tingkat kekasaran N6.

Hasil pengerjaan frais ini sangat dipengaruhi oleh ketajaman pahat, ukuran sudut dan bentuk geram (*chips*). Ukuran sudut sangat berpengaruh pada ketebalan geram. Bentuk geram yang baik adalah berpenampang tipis dan hampir membentuk lingkaran (*Full Turn chips*) atau berbentuk koma. Apabila ukuran sudut potong pahat terlalu kecil akan menghasilkan penampang geram yang terlalu lebar dan membentuk setengah lingkaran (*Half Turn Chips*). Penampang chip yang terlalu lebar akan memberikan gaya tekan ke pahat sehingga menghasilkan getaran. Getaran yang terjadi pada pahat membuat pemakanan benda uji menjadi tidak stabil sebab posisi ujung pahat tidak seragam saat menyentuh permukaan benda uji. Dari pemakanan benda uji yang tidak stabil mengakibatkan permukaan benda uji menjadi kasar. Oleh sebab itu perlu pahat frais yang dapat menghasilkan bentuk chip yang sesuai.

Bentuk geram untuk masing-masing sudut potong pahat dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 7 Hasil geram untuk pahat sudut potong 2°, 5°, dan 10°.

Dari gambar di atas untuk sudut potong 2° geram yang dihasilkan berbentuk setengah lingkaran dan lebar, hal ini akan menyebabkan gaya pemotongan yang besar dan getaran yang tinggi pada saat proses frais, sehingga permukaan benda kerja yang dihasilkan menjadi lebih kasar.

Pada sudut potong 5° geram yang dihasilkan mulai membentuk setengah lingkaran, tetapi geramnya masih tebal, sehingga tingkat kekasaran permukaannya sudah mulai turun, tetapi masih pada daerah N8.

Sedangkan pada sudut potong pahat 10° bentuk geramnya sudah berbentuk koma (full turn chips) dan tipis, sehingga tingkat kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan semakin rendah atau benda kerja menjadi halus bahkan mencapai daerah N6.

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar sudut potong pahat end mill maka semakin rendah tingkat kekasarannya atau benda kerja menjadi semakin halus.
2. Tingkat kekasaran tertinggi rata-rata 2,035 μm yaitu pada sudut potong pahat 2° , sedangkan tingkat kekasaran terendah rata-rata 1,525 μm yaitu pada sudut 10°
3. Pengujian kualitas permukaan benda uji untuk sudut potong 2° , 5° , dan 10° hasilnya masih masuk dalam batas tingkat kekasaran N7 dan N8 yang diijinkan untuk proses frais.

Referensi

- Akamatsu, K. Kitajima dan Ueda, 2006, *Cutting Performance of Small Radius Ball End Mill In Deep Precision Machining of Die and Mold*.
- Aristimuno, P. Arrazola, A.M. Hoogstrate, J.A.J. Oosterling, H.H. Langena, R.H. Munnig Schmidt, 2008 *A study of factors affecting the performance of micro square endmills in milling of hardened tool steels*.
- Hou, B., Z., Komanduri, R., 2003, On the Mechanics of the Grinding Process – Part I Stochastic Nature of the Grinding Process, *International Journal of Machine Tool and Manufacture*, Vol 43, pp. 1579-1593.
- Kadirgama, K., Noor, M.M., Zuki, N.M., Rahman, M.M., Rejab, M.R.M., Daut, R., Abou El Hossein, K., A., 2008, *Optimization of Surface Roughness in Milling Process on Mould Aluminium Alloys ((AA 6061-T6) Using Response Surface Method and Radian Basis Function Network*, *Jourdan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, Vol. 2, No. 4, pp. 209-214.
- Kiswanto, G, Zuhendri, 2008, *Pengaruh Tipe Pahat dan Arah Pemakanan Permukaan Berkontur pada Pemesinan Milling Awal (Roughing) dan Akhir Finishing Terhadap Permukaan Hasil Pemesinan*, *Laboratorium Teknologi Manufaktur dan Otomasi, Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia*.
- Rosales, A., Vizan, A., 2010, Prediction of Surface Rughness by Registeering Cutting Force in the Face Milling Process, *European Journal of the Scientific Research*, Vol 41, No. 2, pp. 228-237.
- Dow T., Miller E., Sohn A., Garrard ., 2006, *Compensation of Tool Force In Small Diameter End Mills*, *Precision Engineering Center, North Carolina State University*.