

Pengaruh Perubahan Parameter Pemesinan Terhadap *Surface Roughness* Produk Pada Proses Pemesinan dengan *Single Cutting Tool*

Sally Cahyati^{1,a}, Triyono,^{2,b} M Sjahrul Annas^{3,c}, A. Sumpena^{4,d}

^{1,2,3} Jurusan Teknik Mesin, FTI, Universitas Trisakti, Kampus A, Jl. Kyai Tapa No1 Jakarta-Indonesia 11440.

⁴ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI-Depok

Email : sally_cahyati@yahoo.com

Abstrak

Karakteristik metrologi merupakan salah satu karakter mesin perkakas yang menentukan kualitas dari produk yang dihasilkannya. Kualitas produk tersebut terlihat pada tingkat akurasi dimensi dan *surface roughness* dari produk. Parameter pemesinan *spindle speed*, *feed rate* dan *depth of cut*, dan radius pojok pahat memiliki peranan penting dalam pencapaian *surface roughness* dari suatu produk. Eksperimen dilakukan dengan mengubah beberapa nilai parameter pemesinan tersebut untuk melihat bagaimana pengaruhnya terhadap *surface roughness*. Al, S45C dan VCN merupakan tiga jenis material benda uji yang digunakan pada eksperimen ini. Penggunaan tiga material yang berbeda adalah untuk mewakili sampel benda uji dengan material logam *non ferrous* dan *ferrous* dengan tingkat kekuatan tarik rendah dan medium. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa penambahan *depth of cut* (a) dan *feed rate* (f), berbanding lurus terhadap kenaikan nilai *surface roughness*, sedangkan penambahan *spindle speed* (n) berbanding terbalik dengan *surface roughness* yang diperoleh. Kenaikan maupun penurunan *surface roughness* produk tersebut mengikuti trend polinomial.

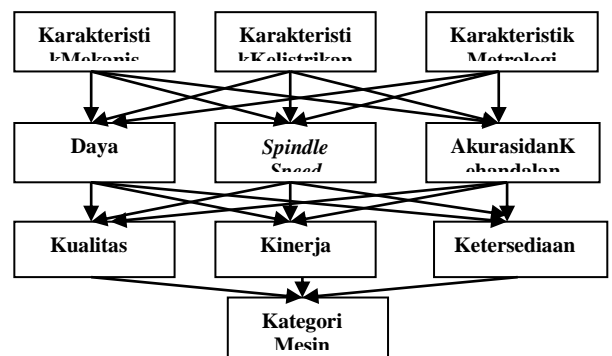
Keywords: *surface, roughness, pemesinan, parameter, green, machining*

Pendahuluan

Pemanfaatan matriks efektivitas peralatan menyeluruh (*Overall Effectiveness Equipment - OEE*) sangat membantu agar dapat menganalisis kapabilitas mesin perkakas secara holistik dan melakukan pengkategorian (Willoughby, 2010). Kapabilitas mesin perkakas dapat dilihat dari kinerja, ketersediaan dan kualitas mesin yang diukur secara tidak langsung dari kualitas produk yang dihasilkannya. Penentuan kategori mesin ini merupakan awal dari upaya penerapan *Eco Maintenance*. Konsep ini merupakan konsep perawatan mesin yang berorientasi pada proses pemesinan hijau (*Green Machining*) yang ramah lingkungan dengan meminimalkan timbulnya limbah atau polutan, mengefisienkan penggunaan energi listrik untuk mendukung upaya konservasi energi. Analisis kapabilitas mesin dimulai dari tiga kriteria mesin perkakas yaitu :

1. Kriteria Mekanis
2. Kriteria Kelistrikan
3. Kriteria Metrologi.

Ketiga karakteristik mesin tersebut berdampak langsung pada karakteristik kinerja dari mesin perkakas. Keterkaitan semua karakteristik dan dampaknya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Matriks OEE untuk Penentuan Kategori Mesin Perkakas (Willoughby, 2010)

Kinerja suatu mesin yang mewakili karakteristik mekanis dan metrologinya dapat dilihat secara tidak langsung dari kualitas produk yang dihasilkannya. Selain keakuratan dimensi, *surface roughness* merupakan salah satu indikator kualitas suatu produk. Kualitas *surface roughness* suatu produk yang baik akan meningkatkan kekuatan fatik dan ketahanan korosi. *Surface roughness* juga mempengaruhi beberapa karakteristik fungsional dari suatu komponen seperti kontak yang menyebabkan gesekan permukaan, keausan, refleksi cahaya, transmisi panas, kemampuan untuk mendistribusikan dan menahan pelumas, kapasitas pembebanan bantalan, dan pelapisan (Agarwal, 2012). Terdapat dua faktor yang mempengaruhi *surface*

roughness faktor yang dapat dikontrol dan faktor yang tidak dapat dikontrol. Faktor yang dapat dikontrol selama proses adalah parameter pemesinan seperti *spindle speed*, *feed rate*, dan *depth of cut*. Sedangkan faktor yang tidak dapat dikontrol adalah geometri pahat termasuk radius pojok pahat (tool nose radius pahat, properti materialnya). Pemilihan parameter yang dikontrol *spindle speed*, *feed rate* dan *depth of cut*, adalah berdasarkan pemikiran bahwa ketiga parameter tersebut merupakan parameter dasar dan dapat dikontrol langsung dimesin bukan parameter turunan seperti *cutting feed* dan MRR yang harus dihitung terlebih dulu dari parameter dasar untuk memperolehnya.

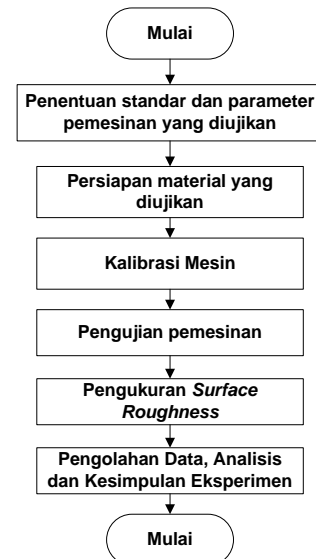
Proses pemesinan yang dipilih adalah proses *finishing*, dengan pertimbangan pada proses tersebut *surface roughness* dan keakuratan dimensi produk merupakan tujuan yang akan dicapai. Sesuai dengan jenis pemesinan yang dipilih maka *depth of cut* dan *feed rate* yang dipilih pada eksperimen ini relatif kecil. Pada eksperimen yang dilakukan proses pemesinan dikondisikan dengan menggunakan asumsi-asumsi seperti:

1. Mata pahat yang digunakan mempunyai properti identik dan geometrinya konstan.
2. Kekerasan material benda uji dan mata pahat seragam secara menyeluruh.
3. Prosedur pengukuran *surface roughness* yang tepat mengikuti standar ISO 4288.
4. Getaran dan panas yang timbul relatif kecil sehingga diabaikan.

Penggunaan kondisi tersebut diatas akan memungkinkan asumsi hanya parameter dasar pemotongan (*f*, *n*, dan *a*) yang dijadikan pengontrol utama dalam pencapaian *surface roughness* produk.

Metode Eksperimen dan Fasilitas yang digunakan

Eksperimen dilakukan dengan menggunakan mesin bubut tipe C 404 T dan material benda uji adalah VCN, S45C dan Al. Ketiga material benda uji tersebut diharapkan dapat mewakili material *non ferrous* dan *ferrous* dengan kekuatan tarik rendah dan sedang. Mata pahat yang digunakan adalah pahat sisipan *Carbida Coating* tiga sisi dengan seri TPMN. Mata pahat sisipan diambil dengan tujuan agar geometri pahat terjamin tetap selama pemotongan. Secara garis besar eksperimen yang dilakukan mengikuti diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Eksperimen

Empat tahapan utama yang dilakukan dalam eksperimen ini yaitu:

1. Kalibrasi geometrik mesin bubut.
Mesin bubut yang digunakan pada eksperimen ini terlebih dulu dikalibrasi dengan mengikuti SNI 05-1618-1989. Hasil yang diperoleh menyatakan bahwa mesin bubut yang diuji memenuhi persyaratan ketelitian geometrik (Sally, 2011).
2. Pemesinan benda uji dan pengambilan data pada berbagai parameter proses yang diujikan. Ada tiga skema eksperimen yang dilakukan yaitu:
 - a. Ekperimen 1; variabel yang diujikan adalah *spindle feed* dengan parameter tetapnya adalah *depth of cut*-nya yaitu 0.5 mm dan *feed rate* 105 mm/put .

Besar variabel *spindle speed* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Skema Eksperimen 1

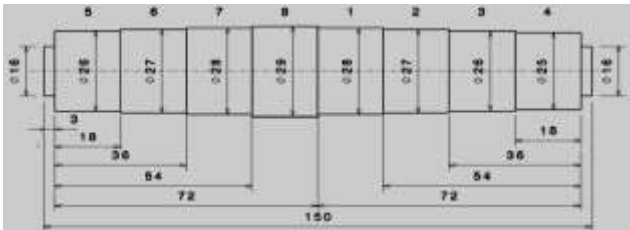
<i>spindel speed (rpm)</i>							
125	180	250	355	500	710	1000	1400
<i>Depth of cut (mm)</i>							
0.5							
<i>feed rate (mm/put)</i>							
0.105							

- b. Ekperimen 2; variabel yang diujikan adalah *feed rate* dengan parameter tetapnya adalah *depth of cut*-yaitu 0.5 mm dan *spindle speed* adalah 1000 rpm. Besar variabel *feed rate* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Skema Eksperimen 2

<i>feed rate (mm/put)</i>							
0.07	0.08	0.95	0.118	0.131	0.140	0.190	0.280
<i>Depth of cut (mm)</i>							
0.5							
<i>spindel speed (rpm)</i>							
1000							

Benda uji dari eksperimen 1 dan 2 dapat dilihat pada Gambar 3.



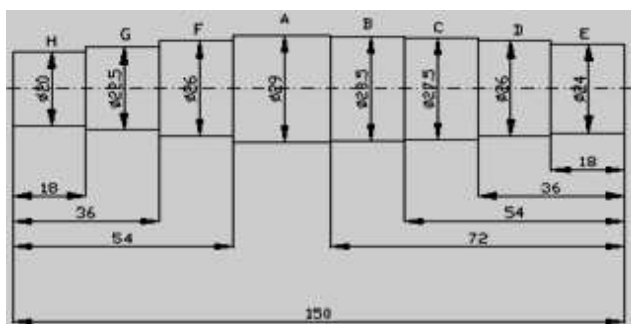
Gambar 3. Benda Uji Eksperimen 1 dan 2

c. Eksperimen 3 ; variabel yang diujikan adalah *depth of cut* dengan parameter tetapanya adalah *spindle speed* adalah 1000 rpm dan *feed rate* 0.105 mm/put. Besar variabel *depth of cut* dapat pada Tabel 3

Tabel 3. Eksperimen 3

<i>Depth of cut (mm)</i>							
0.05	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75
<i>spindel speed (rpm)</i>							
1000							
<i>feed rate (mm/put)</i>							
0.105							

Benda uji pada eksperimen 3 ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Benda Uji Eksperimen 3

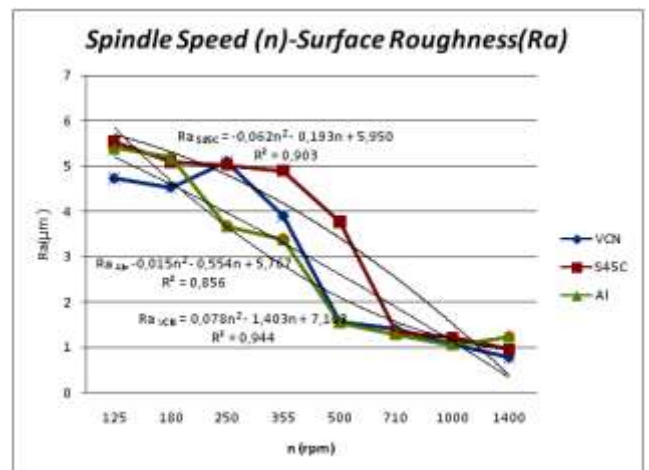
3. Pengukuran *surface roughness* dari 9 buah benda uji dari 3 jenis eksperimen dan 3 jenis material yaitu VCN, S45C dan Al. Pengukuran *surface roughness* (Ra) dilakukan pada setiap nomor permukaan benda uji hasil eksperimen, yang diputar pada arah

melintang sebanyak 5 kali untuk mendapatkan posisi sampel yang berbeda. Alat yang digunakan adalah *Roughness tester* Mitutoyo 301. Metode pengukuran dan panjang sampel ukur mengacu pada standar ISO 4288.

HasildanPembahasan

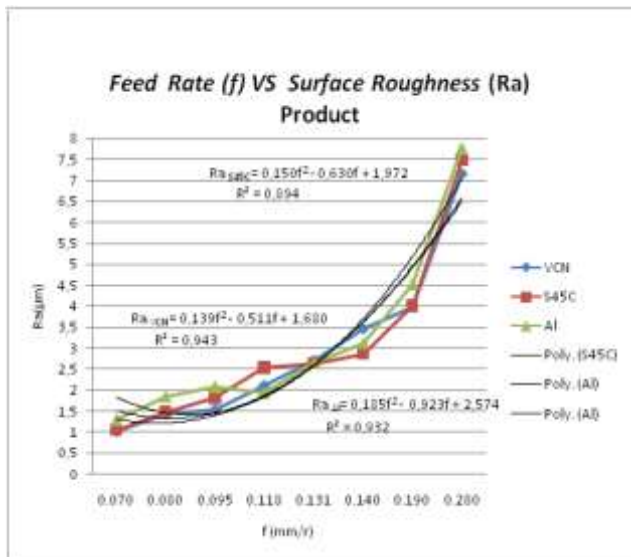
Berdasarkan hasil ketiga eksperimen yang dilakukan diperoleh data yang kemudian diolah menjadi tiga buah grafik pengaruh parameter; n, f, dan a terhadap kekasaran produk yang dihasilkan pada proses pemesinan menggunakan *single cutting tool*. Pada Gambar 5 dapat dilihat grafik pengaruh kenaikan *spindle speed* (n) terhadap *surface roughness* (Ra) dari produk.

Gambar 5 memperlihatkan bahwa kenaikan *spindle speed* memberikan pengaruh negatif pada *surface roughness* produk. Hal ini berarti bahwa *surface roughness* berkurang (lebih halus) seiring dengan bertambahnya besar *spindle speed*. Trend tersebut terjadi pada ketiga material benda yang diujikan. Nilai Penurunannya cukup signifikan mengikuti persamaan polinomial $Ra_{VCN} = 0,078n^2 - 1,403n + 7,163$ (untuk material VCN), $Ra_{S45C} = -0,062n^2 - 0,193n + 5,950$ (untuk material S45C), dan $Ra_{Al} = -0,015n^2 - 0,554n + 5,767$ (untuk material Al). Mulai pada *spindle speed* 710 rpm kekasaran permukaan yang dihasilkan berkisar 1,2 μm dan hal tersebut terjadi pada ketiga material benda uji.



Gambar 5. Pengaruh Kenaikan n Terhadap Produk

Pengaruh kenaikan *feed rate* pada *surface roughness* produk dapat dilihat pada Gambar 6. Kenaikan *feed rate* menyebabkan kenaikan *surface roughness* (lebih kasar) produk mengikuti tren polinomial dengan persamaan $Ra_{VCN} = 0,139f^2 - 0,511f + 1,680$ (untuk material VCN), $Ra_{S45C} = 0,150f^2 - 0,630f + 1,972$ (untuk material S45C), $Ra_{Al} = 0,185f^2 - 0,923f + 2,574$ (untuk material Al).



Gambar 6. Pengaruh Kenaikan f Terhadap Ra Produk

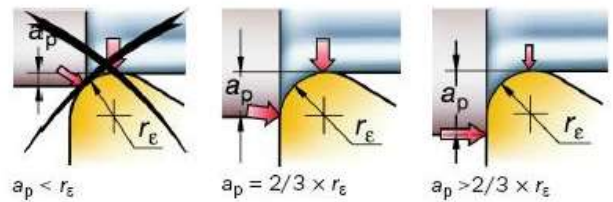
Pada eksperimen ke 3 dari tiga material benda uji diperoleh data pengaruh perubahan *depth of cut* terhadap *surface roughness* sebagaimana yang tertulis pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Eksperimen 3

No	a (mm)	Ra _{Al} (µm)	Ra _{S45C} (µm)	Ra _{VCN} (µm)
1	0,05	0,662	1,75	4,042
2	0,25	0,162	0,916	1,124
3	0,25	0,162	0,916	1,124
4	0,5	0,504	1,214	1,418
5	0,75	0,79	1,55	1,694
6	1	1,218	1,86	2,134
7	1,25	1,494	2,214	2,528
8	1,5	2,098	2,756	3,126
9	1,75	2,594	3,088	3,668

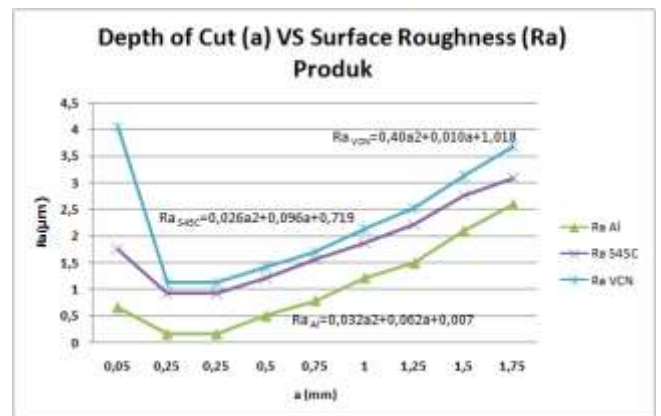
Tabel 4 menunjukkan pada setiap kenaikan *depth of cut* (a) akan mengakibatkan terjadinya kenaikan harga *surface roughness* (Ra). Kenaikan tersebut mengikuti trend polinomial. Namun ada hal yang menarik pada a = 0.05 mm ternyata semakin kecil a akan menyebabkan penurunan pada nilai Ra-nya. Hal ini bertolak belakang dengan penambahan a mulai dari nilai 0,25 mm. Setiap penambahan a akan menyebabkan kenaikan nilai Ra. Penyebab terjadinya kondisi ini diduga karena *depth of cut* pemotongan lebih kecil dari 2/3 radius pahat sisipan (r_ϵ) sehingga terjadi penyayatan material yang tidak merata, yang menyebabkan tingginya harga *surface roughness*. Radius mata pahat sisipan yang digunakan sebesar 2/3x0,4 mm atau 0,25 mm. Skematik gambar radius mata pahat dapat dilihat pada Gambar 7. Berbeda dengan pemakanan dengan *depth of cut* yang lebih besar dari 2/3 radius pahat sisipan, karena terjadi pemotongan yang merata dari setiap

permukaannya.



Gambar 7. Pengaruh radius pahat terhadap kedalaman potong (sandvik)

Penambahan *depth of cut* terhadap *surface roughness* produk pada Gambar 7 menunjukkan trend kenaikan yang lebih landai dibandingkan dengan trend kenaikan penambahan *feed rate* pada Gambar 4. Kenaikan tersebut mengikuti persamaan polinomial; $Ra_{VCN} = 0,040a^2 + 0,01a + 1,018$ (untuk material VCN), $Ra_{S45C} = 0,026a^2 + 0,096a + 0,719$ (untuk material S45C) dan $Ra_{Al} = 0,032a^2 + 0,062a - 0,007$ (untuk material Al).



Gambar 8. Pengaruh Kenaikan a Terhadap Ra Produk

Kenaikan *depth of cut* memberi pengaruh yang lebih baik pada perbaikan *surface roughness* benda uji Al, dibandingkan dengan VCN dan S45C.

Kesimpulan

Kenaikan parameter pemotongan *feed rate* (f) dan *depth of cut* (a) memberikan pengaruh positif pada kenaikan *surface roughness* (Ra) produk. Hal ini berarti setiap kenaikan f dan a akan mengakibatkan juga terjadinya kenaikan (semakin kasar) pada Ra. Namun pada kenaikan *spindle speed*, hal yang terjadi sebaliknya, dimana setiap kenaikannya memberikan pengaruh negatif (semakin halus) pada *surface roughness* produk.

Ucapan Terima kasih

Makalah yang ditulis merupakan bagian dari hasil penelitian tahun ke 2 dari Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi yang berjudul: "Model Audit Energi

Mandiri untuk Penghematan Konsumsi Energi Mesin-Mesin Perkakas”, yang dibiayai oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia melalui Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Kopertis Wilayah III Jakarta tahun Anggaran 2013 Nomor 023.04.2189705/2013 tanggal 05 Desember 2012 Revisi ke 2 tanggal 1 Mei 2013.

Data masukan pada makalah ini sebagian merupakan data yang diperoleh dari mahasiswa bimbingan Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Mesin peminatan Teknik Manufaktur yang lulus pada semester genap TA 2012/2013 .

Nomenklatur

Ra	<i>surface roughness</i> (μm)
a	<i>depth of cut</i> (mm)
f	<i>feed rate</i> (mm/r)
n	<i>spindle speed</i> (rpm)

Referensi

Agarwal N. Surface Roughness Modeling with Machining Parameter (Speed, Feed, & Depth of Cut) in CNC Milling. MIT International Journal of Mechanical Engineering, Vol.2, 55-61, ISSN No 2230-7680 (2012).

Cahyati S, Gandamana I, Wahyutomo D. Kalibrasi Dinamometer Untuk Pengujian Parameter Pemotongan dan Konsumsi Energi Pada Mesin Perkakas. SNTI (Seminar Nasional Teknologi Industri) III. Universitas Trisakti. Jakarta 28 Juni (2012).

Guo Y, Loenders J, Duflou J, Lauwers B. Optimisation of Energy Consumption and Surface Quality in Finish Turning. 5th CIRP Conference of High Performance Cutting 2012, 529-534 (2012)

Willoughby P. et.al. A Holistic Approach to Quantifying and Controlling The Accuracy, Performance and Availability of Machine Tools. Dalam: Proceedings of the 36th International MATADOR Conference. Springer, London, U, pp. 313-316. ISBN 978-1-84996-431-9 (2010).