

OPTIMASI PARAMETER PEMESINAN MILLING TERHADAP HASIL KEKASARAN PERMUKAAN PADA KUNINGAN UNS C26800 MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Bambang Margono¹, Haikal¹

¹ Progam Studi Teknik Mesin, Akademi Teknologi Warga, Surakarta, Indonesia

Kata kunci:	Abstract
Kekasaran permukaan, Milling, Metode Taguchi, Kuningan UNS C26800	In this study, research on the use of the Taguchi method has been applied to optimize machining parameters to surface roughness values (R_a) of <i>yellow brass</i> UNS C26800. The machining process used on this study is a semi-automatic milling machines and the cutting tool used is HSS. The machining parameters used in this study include spindle speed, feed rate, depth of cut and type of coolant. The combination of the four parameters was performed using an orthogonal arrangement of L_9 , and then continued with the analysis of variance (ANOVA) and the signal-to-noise (S/N) ratio to obtain the optimum parameters. The results of ANOVA analysis showed that the depth of cut was the most influential machining parameter to the surface roughness value in brass. The optimal milling machine process parameters to produce a good quality of surface roughness are obtained at 920 rpm of spindle speed, 132 mm/rev of feed rate, 1.5 mm of depth of cut and Dry/Air coolant.
Email penulis: mejik80@gmail.com	

1. Pendahuluan

Proses milling merupakan salah satu proses pemotongan material yang sering digunakan dalam industri manufaktur untuk *machining part* karena kemampuannya dalam mengupas material dengan cepat (Lou and Chen, 1999). Parameter - parameter yang merupakan bagian dari proses milling antara lain adalah kecepatan potong, kecepatan *spindle*, kecepatan pemakanan, dan kedalaman pemakanan.

Kualitas sebuah produk hasil proses pemesinan milling ditentukan berdasarkan tingkat kepresisian dan kekasaran permukaannya. Tingkat kepresisian yang tinggi sangat ditekankan untuk produk yang saling berkaitan (*assembly products*). Sedangkan kekasaran permukaan sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mekanik produk, dimana penurunan kualitas permukaan dapat mengurangi ketangguhan suatu produk (Rawangwong et al., 2012). Sifat-sifat mekanik yang dipengaruhi oleh kekasaran permukaan antara lain seperti kekuatan fatik, hambatan korosi, umur retak (Fuh and Wu, 1995, Kuttolamadom et al., 2010).

Penelitian mengenai kekasaran permukaan material hasil pemesinan milling telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas permukaan produk. Peneliti sebelumnya yaitu Alauddin dkk (Alauddin et al., 1995) telah membuat pemodelan matematis untuk memprediksi kekasaran permukaan pada baja BHN 190 dengan mengacu pada 3 parameter yaitu kecepatan potong, kecepatan pemakanan, dan kedalaman pemakanan. Ghani dkk (Ghani et al., 2004) telah melakukan penelitian mengenai optimasi parameter pemotongan pada material baja AISI H13 dengan menggunakan pahat insert karbida berlapis TiN dan proses pemesinan milling. Optimalisasi parameter dilakukan dengan menggunakan metode Taguchi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan potong yang tinggi, kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan yang rendah dapat menghasilkan kekasaran permukaan lebih baik disertai dengan gaya potong yang rendah. Metode Taguchi juga digunakan oleh Bagci dan Aykut (Bagci and Aykut, 2006a) untuk mengoptimasi parameter mesin CNC-milling dengan material *cobalt-based alloy (stellite 6)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Taguchi merupakan metode yang tepat dalam mengatasi permasalahan yang berkaitan dengan kualitas permukaan pada material *stellite 6*. Optimasi proses milling bahan aluminium juga pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu Sukumar dkk (Sukumar et al., 2014) menggunakan metode Taguchi dan ANN. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari beberapa parameter yang dilakukan, kecepatan merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan Al 6061.

Penelitian - penelitian mengenai kekasaran permukaan dan optimisasi parameter mesin milling telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya untuk mendapatkan kualitas permukaan lebih baik. Namun demikian, setiap material memiliki karakteristik sifat - sifat mekanik yang berbeda satu sama lain. Hal ini berdampak terhadap parameter pemesinan yang tidak bisa diterapkan sama pada semua jenis material untuk menghasilkan kualitas permukaan yang optimum. Material kuningan merupakan jenis material yang banyak digunakan untuk fabrikasi, otomotif dan elektrik karena sifat - sifat mekaniknya seperti tahan terhadap korosi, mampu mesin dan bersifat non-magnet. Optimasi parameter pemesinan untuk material kuningan telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, dimana kecepatan potong yang tinggi dan kecepatan pemakanan rendah dapat

meningkatkan kualitas kekasaran permukaan (Taha et al., 2012, Natarajan et al., 2012). Namun demikian, optimasi parameter pemesinan milling untuk material kuningan masih perlu dilakukan penelitian lebih dalam dikarenakan parameter penelitian yang digunakan masih terbatas pada kecepatan *spindle*, kecepatan pemakanan, dan kedalaman pemakanan. Oleh karena itu, peneliti pada tulisan ini telah melakukan investigasi dan berhasil mencari parameter yang optimum pada pemesinan milling untuk material kuningan UNS C26800 dengan kombinasi dari 4 parameter yaitu kecepatan *spindle*, kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan, dan jenis pendingin.

2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Mesin Perkakas Akademi Teknologi Warga Surakarta sebagai tempat pengerjaan pemesinan.

Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuningan UNS C26800 dengan lebar 20 mm dan panjang 80 mm. Komposisi kimia dari material tersebut ditunjukkan pada tabel 1. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari mesin milling Weida X6328B, pahat *end mill* dan alat pengujian kekasaran permukaan. Gambar 1 menunjukkan pengoperasian eksperimen dalam penelitian ini. Jenis pahat yang digunakan pada penelitian ini adalah pahat HSS (*High Speed Steel*) *End Milling* dengan diameter 22 mm. Sedangkan pengujian kekasaran permukaan dilakukan dengan menggunakan alat *surfcoder roughnes* SE 1700.

Tabel 1: Komposisi kimia dari kuningan UNS C26800

Material	Fe%	Pb%	Zn%	Cu%
Kuningan (UNS C26800)	≤ 0.05	≤0.15	31.3-36	64.0-68.5



Gambar 1: Pengoperasian eksperimen

Desain Penelitian

Parameter permesinan milling seperti kecepatan *spindle* (N), kecepatan pemakanan (f), kedalaman pemakanan (d) dan cairan pendingin telah dipilih sebagai faktor desain, sedangkan parameter lain dianggap konstan. Tabel 2 menunjukkan nilai dari setiap faktor desain pada penelitian ini dengan level yang berbeda.

Tabel 2: Parameter proses milling, kode dan levelnya untuk susunan ortogonal

Faktor desain	Kode	Level 1	Level 2	Level 3
Kecepatan <i>Spindle</i> (rpm)	A	420	660	920
Kecepatan Pemakanan (mm/rev)	B	42	98	132
Kedalaman Pemakanan (mm)	C	0.5	1	1,5
Cairan Pendingin	D	<i>Dry/Udara</i>	<i>Soluble oils</i>	<i>Bromus</i>

Metode Pengambilan Data dengan Taguchi

Metode taguchi adalah sebuah metode analisa untuk mengetahui pengaruh dan kontribusi dari berbagai parameter proses. Metode ini menggunakan desain khusus berupa susunan ortogonal untuk mempelajari keseluruhan parameter hanya dengan jumlah percobaan yang sedikit (Yang and Tarng, 1998). Keuntungan dengan menggunakan metode ini antara lain untuk menghemat upaya selama pelaksanaan eksperimen, menghemat waktu percobaan, untuk mengurangi biaya, dan untuk mengetahui faktor signifikan dengan cepat (Bagci and Aykut, 2006b). Selain itu, metode ini dapat digunakan dalam industri untuk mengurangi siklus waktu dalam pengembangan dan produksi produk sehingga keuntungan meningkat (Zhang et al., 2007).

Analisis statistik varian (ANOVA)

ANOVA digunakan untuk mengetahui faktor utama yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon kekasaran material.

Rasio S/N

Rasio S/N digunakan untuk mencari faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu karakteristik kualitas. Berikut adalah perhitungan untuk mencari nilai rasio S/N:

$$\eta = -10 \text{ Log } \left[\frac{1}{n} (\sum y_i^2) \right] \quad (1)$$

dimana η adalah rasio S/N, y_i adalah nilai pengukuran kekasaran tiap titik, n adalah jumlah pengambilan pengukuran. Nilai rasio S/N terkecil menunjukkan karakteristik kualitas yang terbaik (Release, 2001).

3. Hasil dan Pembahasan

Kekasaran permukaan (R_a)

Kekasaran permukaan material kuningan UNS C26800 hasil dari proses permesinan milling telah diperoleh seperti ditunjukkan pada tabel 3. jumlah eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini menyesuaikan dengan standarisasi taguchi berdasarkan desain eksperimen yaitu $L_9(3^4)$ seperti dipaparkan oleh Peace (Peace, 1993).

Tabel 3: Desain penelitian dengan susunan ortogonal dan nilai kekasaran permukaannya

Exp. No	Faktor				R_a (μm)			\bar{R}_a
	A	B	C	D	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	
1	1	1	1	1	1.450	2.076	1.253	1,593
2	1	2	2	2	2.508	1.685	1.872	2,021
3	1	3	3	3	2.366	3.803	2,367	2,057
4	2	1	2	3	1.247	1.469	1.021	1,245
5	2	2	3	1	1.768	1.345	1.780	1,631
6	2	3	1	2	1.204	1.426	1.306	1,312
7	3	1	3	2	1.660	1.202	1.428	1,430
8	3	2	1	3	2.285	2.031	2.123	2,146
9	3	3	2	1	3.344	3.957	3.557	3,619

Analisis data dengan ANOVA

Data hasil pengujian kekasaran permukaan kuningan UNS C26800 diolah dengan menggunakan ANOVA. Tabel 4 menunjukkan apakah semua faktor desain yang telah ditentukan berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Hasil analisis menunjukkan parameter kecepatan *spindle*, kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan, dan cairan memiliki pengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung lebih kecil daripada nilai F tabel. Nilai F tabel sebesar 3,55 diperoleh dari tabel distribusi dengan probabilitas sebesar 0,05.

Nilai respon R_a akibat pengaruh faktor desain dengan level berbeda telah dirangkum dalam table 5. Kedalaman pemakanan merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Sedangkan kecepatan

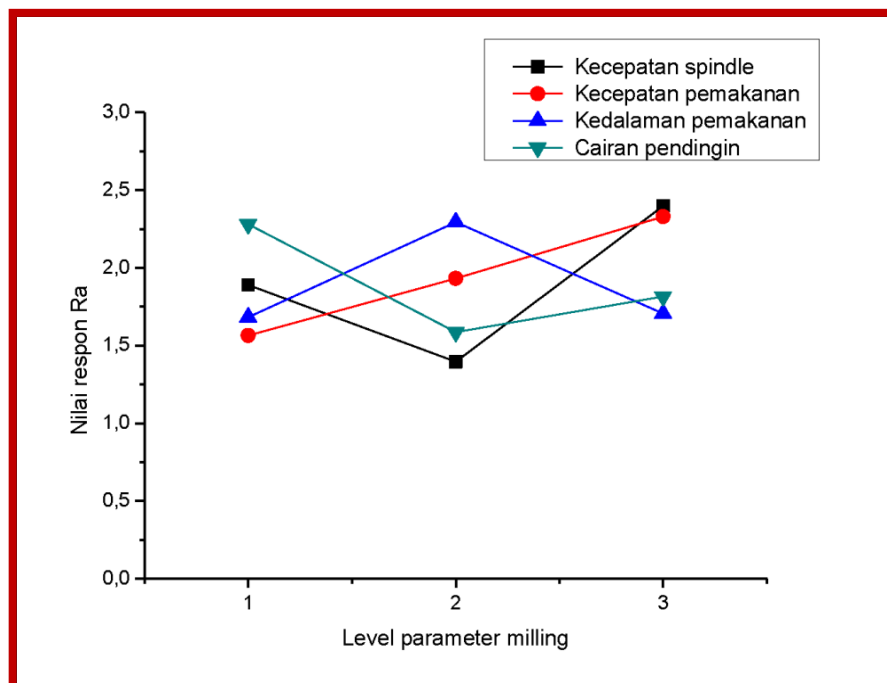
putaran *spindle* memiliki pengaruh paling sedikit. Gambar 1 menunjukkan pengaruh faktor desain tiap level terhadap kekasaran permukaan. Kecepatan *spindle* menghasilkan nilai kekasaran permukaan minimum ketika pada level 2. Kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan pada level 1, sedangkan cairan pendingin pada level 2.

Tabel 4: Hasil ANOVA untuk kekasaran permukaan kuningan UNS C26800

Sumber Variasi	DOF	S	MS	F hitung	F tabel
A	2	3,42	-50,7451	2,7006	3,55
B	2	0,34	46,3745	-2,4681	3,55
C	2	2,60	43,6794	-2,3246	3,55
D	2	21,98	42,8535	-2,2806	3,55
Error	18	0,04	-18,7898		
Total	26	28,38			

Tabel 5: Respon R_a untuk kekasaran permukaan kuningan UNS C26800

Level	A (rpm)	B (mm/rev)	C (mm)	D (Cairan pendingin)
Level 1	1,890	1,565	1,683	2,281
Level 2	1,396	1,932	2,295	1,587
Level 3	2,398	2,329	1,706	1,815
$\Delta_{max} - \Delta_{min}$	1,002	0,764	0,612	0,694
Rangking	4	3	1	2



Gambar 1: Pengaruh level parameter milling terhadap respon Ra

Rasio S/N

Berdasarkan analisis ANOVA menunjukkan bahwa parameter milling seperti kecepatan *spindle*, kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan dan cairan pendingin memberikan pengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan. Parameter proses milling yang paling optimum untuk menghasilkan kekasaran permukaan minimum dapat ditentukan dengan menggunakan analisis rasio S/N. Tabel 6 menunjukkan nilai rasio S/N untuk semua percobaan.

Tabel 6 menyajikan pengaruh faktor desain dan level parameter milling terhadap nilai rasio S/N. Respon dari rasio S/N untuk kekasaran permukaan ditunjukkan pada tabel 7. Gambar 2 menunjukkan faktor desain dan level parameter milling yang optimum untuk mendapatkan kekasaran permukaan paling kecil. Penilaian

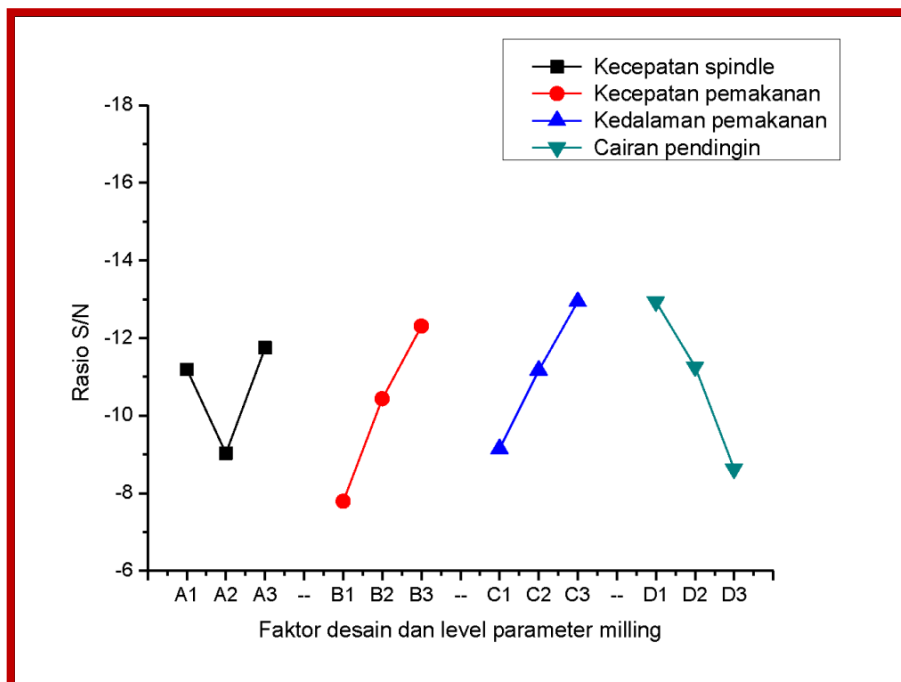
berdasarkan karakteristik *small-the-better*, maka dapat diketahui bahwa parameter A3, B3, C3 dan D1 merupakan parameter proses milling yang optimum untuk menghasilkan kekasaran permukaan terbaik.

Tabel 6: Hasil perhitungan rasio S/N untuk kekasaran permukaan kuningan UNS C26800

Exp. No	\bar{R}_a	Rasio S/N
1	1,593	-8,815
2	2,021	-10,885
3	2,057	-13,853
4	1,245	-6,679
5	1,631	-9,020
6	1,312	-7,129
7	1,430	-7,887
8	2,146	-11,405
9	3,619	-15,943

Tabel 7: Respon rasio S/N untuk kekasaran permukaan kuningan UNS C26800

Level	A (rpm)	B (mm/rev)	C (mm)	D (Cairan pendingin)
Level 1	-11,186	- 8,483	-9, 146	-12,938
Level 2	-9,029	-10,436	-11, 169	-11,259
Level 3	-11, 744	-15,962	-12,938	-8,633
$\Delta_{max} - \Delta_{min}$	-2,715	-7,479	-3,792	-4,305
Rangking	1	4	2	3
Optimum	A3	B3	C3	D1



Gambar 2: Pengaruh faktor desain dan level parameter milling terhadap rasio S/N

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis proses permesinan milling untuk kuningan UNS C26800, maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, pengaruh dari putaran *spindle* terhadap kekasaran permukaan pada proses pemesinan milling material kuningan tidak berpengaruh signifikan. Akan tetapi, faktor yang lebih berpengaruh secara signifikan adalah kedalaman pemakanan.
2. Parameter proses pemesinan milling konvensional yang optimal untuk menghasilkan kekasaran permukaan yang baik pada material kuningan UNS C26800 yaitu kecepatan putaran *spindle* 920 rpm, kecepatan pemakanan 132 mm/rev, kedalaman pemakanan 1,5 mm dan pendingin *Dry*/Udara.

Daftar Pustaka

- ALAUDDIN, M., EL BARADIE, M. & HASHMI, M. 1995. Computer-aided analysis of a surface-roughness model for end milling. *Journal of Materials Processing Technology*, 55, 123-127.
- BAGCI, E. & AYKUT, Ş. 2006a. A study of Taguchi optimization method for identifying optimum surface roughness in CNC face milling of cobalt-based alloy (stellite 6). *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 29, 940.
- BAGCI, E. & AYKUT, Ş. 2006b. A study of Taguchi optimization method for identifying optimum surface roughness in CNC face milling of cobalt-based alloy (stellite 6).
- FUH, K.-H. & WU, C.-F. 1995. A proposed statistical model for surface quality prediction in end-milling of Al alloy. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 8, 1187-1200.
- GHANI, J. A., CHOUDHURY, I. & HASSAN, H. 2004. Application of Taguchi method in the optimization of end milling parameters. *Journal of materials processing technology*, 145, 84-92.
- KUTTOLAMADOM, M., HAMZEHLUIA, S. & MEARS, L. 2010. Effect of machining feed on surface roughness in cutting 6061 aluminum. *SAE International journal of materials and manufacturing*, 3, 108-119.
- LOU, S.-J. & CHEN, J. 1999. In-process surface roughness recognition (ISRR) system in end-milling operations. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 15, 200-209.
- NATARAJAN, C., MUTHU, S. & KARUPPUSWAMY, P. 2012. Investigation of cutting parameters of surface roughness for brass using artificial neural networks in computer numerical control turning. *Australian Journal of Mechanical Engineering*, 9, 35-45.
- PEACE, G. S. 1993. *Taguchi methods: a hands-on approach*, Addison Wesley Publishing Company.
- RAWANGWONG, S., CHATTHONG, J., BURAPA, R. & BOONCHOUYTAN, W. 2012. An investigation of optimum cutting conditions in face milling semi-solid AA 7075 using carbide tool. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 3, 692.
- RELEASE, M. U. M. 2001. 13.2. Making Data Analysis Easier, MINITAB: State College.
- SUKUMAR, M., RAMAIAH, P. V. & NAGARJUNA, A. 2014. Optimization and prediction of parameters in face Milling of Al-6061 using Taguchi and ANN Approach. *Procedia Engineering*, 97, 365-371.
- TAHA, M. A., EL-MAHALLAWY, N. A., HAMMOUDA, R. M., MOUSSA, T. M. & GHEITH, M. H. 2012. Machinability characteristics of lead free-silicon brass alloys as correlated with microstructure and mechanical properties. *Ain Shams Engineering Journal*, 3, 383-392.
- YANG, W. H. & TARNG, Y. S. 1998. Design optimization of cutting parameters for turning operations based on the Taguchi method. *Journal of Materials Processing Technology*, 84, 122-129.
- ZHANG, J. Z., CHEN, J. C. & KIRBY, E. D. 2007. Surface roughness optimization in an end-milling operation using the Taguchi design method. *Journal of Materials Processing Technology*, 184, 233-239.