

OPTIMASI NILAI KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES BUBUT CNC DENGAN METODE TAGUCHI L_{27}

Pranowo Sidi

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS)
Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya 60111, Jawa Timur, Indonesia
pransidi03@gmail.com

Abstract

In this paper, the optimization of two response parameters surface roughness has been done by considering the cutting parameters as cutting speed, feed rate and depth of cut with dry conditions. Taguchi's L_{27} orthogonal array and analysis of variance (ANOVA) are used individual optimization. The different levels of all machining parameters are used and experiments are done on F-1 Leadwell CNC lathe machine and the materials used for the experiment is steel St.60, with 200 mm length and 20 mm of diameter. From this research the optimized values contributing as cutting speed 200 m/min , feed 0.1 mm/rev and depth of cut 0.1 mm respectively. The optimum condition for combined effects was found $Cs=3-F=1-DoC=1$ and the optimal value of the surface roughness comes out to be $0.72 (\mu\text{m})$. The optimum results are also verified with the help of confirmation experiments.

Keywords : "circularity", "cylindricity", "Taguchi", "Grey Relation Analysis", "CNC lathe".

1. Pendahuluan

Kualitas produk memainkan peran utama dalam pasar manufaktur saat ini. Dari sudut pandang pelanggan kualitas adalah sangat penting karena kualitas produk mempengaruhi tingkat kepuasan konsumen selama penggunaan produk. Hal ini juga meningkatkan mutu (*goodwill*) perusahaan. Kecepatan putaran tinggi pada proses operasi mesin dapat dilakukan pada mesin bubut CNC. Kualitas permukaan memainkan peran yang sangat penting dalam proses mesin bubut tanpa pendingin karena kualitas yang baik untuk permukaan pasti menyebabkan kelelahan, ketahanan korosi dan terjadinya keretakan menjadi lebih cepat. Kekasaran permukaan juga mempengaruhi fungsi pada beberapa bagian, seperti: kontak gesekan permukaan, pemakaian, reflector, kemampuan mendistribusikan dan juga menahan pelumas, daya dukung beban, dan mengurangi kelelahan.

Seperti kita ketahui dalam proses pemesinan sebenarnya, ada banyak faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan yaitu kondisi pemotongan, variabel alat dan variabel benda kerja. Kondisi pemotongan termasuk kecepatan potong, kecepatan putaran, laju pemakanan dan kedalaman

potong dan juga variabel alat potong termasuk bahan alat potong, radius, sudut potong, *cutting edge geometry*, getaran alat potong, dan lain-lain serta variabel benda kerja yang meliputi kekerasan material dan sifat mekanik. Hal ini sangat sulit untuk mengambil semua parameter proses pemesinan yang dapat mengontrol kekasaran permukaan untuk pada proses manufaktur tertentu. Dalam operasi pembubutan, sangat sulit untuk memilih parameter pemotongan agar mencapai nilai kekasaran permukaan yang tinggi. Penelitian ini diharapkan dapat membantu operator dalam memilih parameter pemotongan.

Rahul Davis, dan kawan-kawan, menyatakan bahwa parameter optimal untuk umur pahat adalah kecepatan spindle yaitu 1400 rpm (level 1), kedalaman potong yaitu 0,5 mm (level 1) dan laju pemakanan 1,81 mm / rev (level 1).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Philip Selvaraj, 2010, dengan menerapkan metode Taguchi dapat menemukan parameter proses yang optimal, sehingga kekasaran permukaan dapat di minimalkan pada proses bubut tanpa pendingin. Dari hasil ANOVA di dapatkan bahwa parameter yang paling berpengaruh adalah laju pemakanan sebesar 51.84%, di-

ikuti kecepatan potong 41.99% dan yang tidak berpengaruh adalah kedalaman pemotongan yaitu sebesar 1.66%

Laju pemakanan merupakan faktor yang paling signifikan mempengaruhi kekasaran permukaan (R_a) sedangkan untuk MRR secara signifikan dipengaruhi oleh kecepatan potong. Untuk mendapatkan hasil kekasaran permukaan yang optimal dan nilai MRR yang tinggi maka kombinasi kecepatan potong sebesar 15.102 m/mnt, laju pemakanan 0.3207 mm/rev dan kedalaman pemotongan 0.5 mm. U. D. Gulhane dkk (2013)

Pada studi eksperimental yang dilakukan oleh Hardeep Singh dkk, 2011, yaitu untuk menyelidiki pengaruh parameter pemotongan seperti kecepatan spindel, laju pemakanan dan kedalaman potong pada kekasaran permukaan (R_a) dan laju pembuangan geram (MRR) pada material EN-8. Metode Taguchi digunakan untuk mengoptimalkan parameter pemotongan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan spindel memberikan kontribusi 63,90% (faktor yang paling signifikan), kedalaman potong (hanya menyumbang 11,32% faktor kedua yang paling signifikan) dan kontribusi laju pemakanan adalah setidaknya dengan 8,33% untuk R_a . Kontribusi untuk laju pemakanan dan putaran spindel adalah 60,91% dan 29,83%, sedangkan kedalaman potong menyumbang 7,82% untuk MRR.

Menurut Neeraj Saraswat, dan kawan-kawan, 2014, tujuan utama dari industri manufaktur saat ini adalah untuk menghasilkan biaya rendah, produk yang berkualitas yang tinggi dan dalam waktu singkat. Dalam rangka meningkatkan kualitas produk mesin dan mengurangi biaya mesin perlu pemilihan parameter pemesinan yang optimal. Pada penelitian ini parameter pemotongan (kedalaman potong, laju pemakanan, kecepatan spindel) telah dioptimalkan pada proses bubut dan sebagai akibat dari kombinasi dari parameter pemotongan

diperoleh kekasaran permukaan terendah. ANOVA dan S/N rasio digunakan untuk mempelajari karakteristik kinerja dalam mengubah operasi pemesinan. Analisis juga menunjukkan bahwa nilai prediksi dan nilai-nilai yang dihitung sangat dekat, yang jelas menunjukkan bahwa model yang dikembangkan dapat digunakan untuk memprediksi kekasaran permukaan dalam operasi mesin bubut untuk bahan baja karbon rendah.

Vipindas M P dan Dr. Govindan P. 2013, menjelaskan bahwa produktivitas dan kualitas adalah dua karakteristik penting yang dapat mengendalikan sebagian besar proses manufaktur. Dalam papernya, kualitas permukaan mesin pada operasi mesin bubut dioptimalkan melalui metode Taguchi. Eksperimen komprehensif dan analisis dilakukan pada bahan Al 6061 berdasarkan Taguchi L_9 orthogonal array. Parameter yang umum digunakan adalah kecepatan spindel, laju pemakanan dan kedalaman potong untuk menilai kekasaran permukaan. Nilai kekasaran permukaan bervariasi antara 0,3 sampai 4.4 μm . Dari hasil eksperimen laju pemakanan merupakan faktor signifikan pada tingkat kepercayaan 95%. Laju pemakanan memiliki pengaruh kuat pada kualitas permukaan mesin di bubut CNC.



Gambar 1. Mesin Bubut CNC

Untuk mengetahui pengaruh parameter proses bubut, Taguchi dan dirancang dengan jumlah minimum percobaan. Dengan menggunakan metode Taguchi Orthogonal Array yang dipilih dan percobaan dilakukan

sesuai dengan serangkaian percobaan desain dalam array orthogonal. S/N ratio dihitung untuk menganalisis pengaruh parameter proses pemesinan menjadi lebih akurat. Hasil eksperimen dianalisis secara analitis dan grafis. ANOVA digunakan untuk menentukan persentase kontribusi dari semua faktor di setiap respon individu.

2. Desain Eksperimen

Dalam penelitian ini, tiga parameter proses pemesinan yang dipilih sebagai faktor kontrol, dan masing-masing parameter dirancang untuk memiliki tiga level, dan dinotasikan 1, 2, dan 3 (Tabel 1). Rancangan yang digunakan adalah menurut L'27 berdasarkan metode Taguchi, ketika menggunakan array orthogonal Taguchi akan nyata mengurangi jumlah percobaan. Satu set percobaan yang dirancang dengan menggunakan metode Taguchi dilakukan untuk menyelidiki hubungan antara parameter proses dan faktor respon. Dari data yang diperoleh, kemudian dianalisa baik grafis maupun optimasi dengan menggunakan software Minitab 15.

Tabel 1. Faktor dan level eksperimen

Symbol	Parameter Pemotongan	Level 1	Level 2	Level 3
A	Kecepatan potong (CS) (m/min)	150	175	200
B	Laju Pemakanan (FR) (mm/rev)	0.1	0.2	0.3
C	Kedalaman Pemotongan (DoF) (mm)	1	1.5	2

3. Metode Taguchi

Pankaj Sharma dalam penelitiannya pada tahun 2013 mengatakan bila menggunakan metode desain eksperimental tradisional, akan mengalami kesulitan Karena kompleksitas. Selain itu, metode ini juga membutuhkan banyak eksperimen terutama dengan peningkatan dalam parameter. Untuk meminimalkan jumlah percobaan yang dibutuhkan, Taguchi metode desain eksperimen, alat yang ampuh untuk merancang sistem berkualitas tinggi, dikembangkan oleh Taguchi. Metode desain

orthogonal array yang digunakan untuk mempelajari semua parameter dengan hanya sejumlah kecil percobaan. Taguchi merekomendasikan menganalisis respon rata-rata untuk masing-masing berjalan dalam array dalam, dan ia juga Mengusulkan untuk menganalisis variasi menggunakan dengan tepat memilih signal-to-noise ratio (S/N). Ada 3 Signal-to-Noise rasio kepentingan bersama untuk optimalisasi masalah statis (7)

1. Smaller The Better

$$S/N = -10 \log \left(\frac{\sum Y_i^2}{n} \right)$$

2. Larger The Better

$$S/N = -10 \log \left(\frac{\sum \frac{1}{y_i^2}}{n} \right)$$

3. Nominal The Best

$$S/N = -10 \log \left(\frac{y^2}{s^2} \right)$$

Where:

Y_i = i^{th} observed value of the response,
 n = Number of observations in a trial,
 y = Average of observed values (responses)
 s = Variance

Terlepas dari kategori karakteristik kinerja, semakin kecil rasio S/N sesuai dengan kinerja yang lebih baik. Oleh karena itu, tingkat optimal dari parameter proses adalah tingkat dengan nilai terkecil dari S/N. Untuk mempelajari kontribusi berbagai faktor dan interaksi analisis statistik dilakukan, ANOVA.

4. Hasil dan Diskusi

4.1. Hasil eksperimen dan analisis Taguchi

Dalam proses bubut CNC, kekasaran permukaan merupakan kriteria penting. Untuk menyelidiki parameter yang secara signifikan mempengaruhi kekasaran permukaan dianalisis menggunakan ANOVA (Analisis of Varians). Berdasarkan ANOVA kombinasi optimum dari parameter mesin bubut cnc dapat ditentukan.

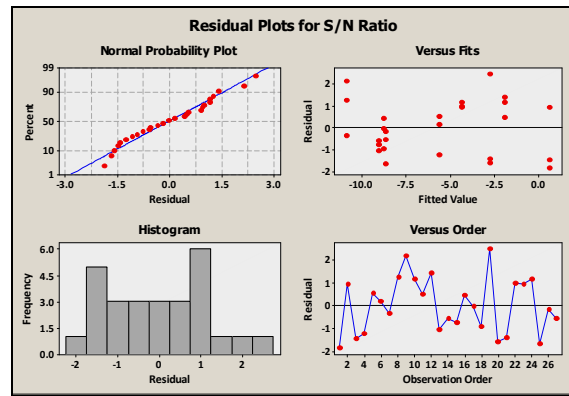
Untuk mengetahui efek dari parameter proses mesin bubut CNC pada material *St.60* terhadap kekasaran permukaan maka dilakukan serangkaian percobaan. Hasil penelitian kekasaran permukaan pada material Stainless Steel 304 dengan parameter yang berbeda ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel 2 juga menunjukkan S/N ratio kekasaran permukaan. S/N ratio untuk setiap percobaan dari L'27 dihitung dengan rumus pendekatan *Smaller the Better*.

Tabel 2. Orthogonal Array L₂₇ dan Hasil Eksperimen

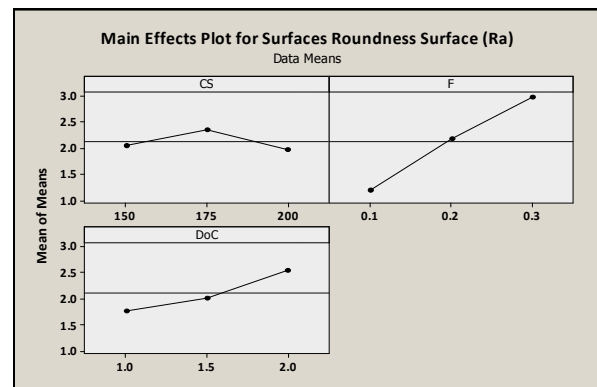
Run No	Parameter level			Hasil Eksperimen	
	CS	FR	DoC	SR	S/N Ratio
1	1	1	1	1.16	-1.29
2	1	1	1	0.84	1.51
3	1	1	1	1.11	-0.91
4	1	2	2	2.21	-6.89
5	1	2	2	1.8	-5.11
6	1	2	2	1.88	-5.48
7	1	3	3	3.63	-11.20
8	1	3	3	3.02	-9.60
9	1	3	3	2.72	-8.69
10	2	1	2	1.09	-0.75
11	2	1	2	1.18	-1.44
12	2	1	2	1.06	-0.51
13	2	2	3	3.22	-10.16
14	2	2	3	3.04	-9.66
15	2	2	3	3.11	-9.86
16	2	3	1	2.61	-8.33
17	2	3	1	2.75	-8.79
18	2	3	1	3.06	-9.71
19	3	1	3	1.03	-0.26
20	3	1	3	1.65	-4.35
21	3	1	3	1.62	-4.19
22	3	2	1	1.48	-3.41
23	3	2	1	1.49	-3.46
24	3	2	1	1.45	-3.23
25	3	3	2	3.29	-10.34
26	3	3	2	2.77	-8.85
27	3	3	2	2.89	-9.22
Average				0.217	0.212

Tabel 3. ANOVA

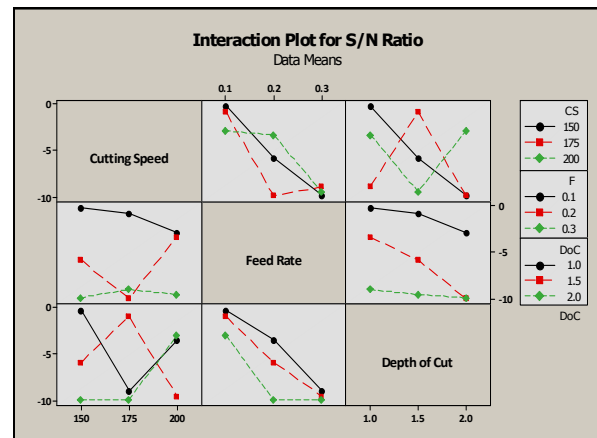
Source	DF	SS	MS	F	P	Contribution
Cutting speed	2	0.7391	0.3695	3.40	0.053	2.59%
Feed Rate	2	14.2877	7.1438	65.77	0.000	69.93%
Depth of Cut	2	2.9227	1.4614	13.45	0.000	13.45%
Error	20	2.1725	0.1086			
Total	26	20.1220				



Gambar 2. Residual untuk S/N rasio



Gambar 3. Pengaruh pada Kekasaran Permukaan



Gambar 3. Interaktif untuk S/N Ratio

Dari tabel ANOVA terlihat bahwa faktor kontribusi maksimum adalah *Feed Rate* (laju pemakanan) yang memiliki persentase kontribusi hingga 69.93%. Setelah itu kontribusi utama kedua adalah *Depth of Cut*. Oleh karena itu peringkat individual dari tiga parameter tersebut pada nilai rata-rata sarana Kekasaran permukaan.

Tabel 4. Respon parameter terhadap Kekasaran Permukaan

Level	Kecepatan potong	Laju pemakanan	Kedalaman pemakanan
1	2.041	1.193	1.772
2	2.347	2.187	2.019
3	1.963	2.971	2.560
Delta	0.383	1.778	0.788
Rank	3	1	2

4.2 Persamaan Prediksi

Nilai prediksi kekasaran permukaan yang optimal dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\hat{n}Ra = nm + \sum_{i=1}^o n_i m_i - nm$$

Dimana,

\hat{n} =Nilai prediksi respon steleah optimasi,

nm =Nilai rata-rata total karakteristik kualitas,

$n_i m_i$ =Rata-rata nilai karakteristik kualitas pada tingkat optimal dari masing-masing parameter dan

o =Jumlah parameter mesin utama yang mempengaruhi parameter respon.

Dengan menerapkan persamaan di atas, maka nilai prediksi kekasaran permukaan pada kondisi optimum diperoleh:

$$1. \hat{n} Ra = 2.12 + \{(1.963 - 2.12) + (1.193 - 2.12) + (1.772 - 2.12)\} = \mathbf{0.694 \mu m}$$

Dari hasil prediksi optimasi parameter, kemudian dilakukan percobaan, hal ini diperlukan untuk mengkonfirmasi pada kondisi optimum yang diprediksi. Percobaan dilakukan pada kondisi optimum yang diprediksi dan rata-rata respon adalah keluar menjadi 0,72 μm . Kesalahan dalam nilai prediksi dan eksperimen hanya 4,4%, ini didapat antara nilai eksperimental dan prediksi respon diperoleh. Karena kesalahan persentase kurang dari 5%, itu menegaskan bahwa hasil memiliki reproduktifitas baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa

menggunakan pengaturan parameter optimal (CS3; FR1; DoC1) lebih rendah kekasaran permukaan dicapai. Tabel 7 di bawah ini menunjukkan bahwa nilai-nilai optimal dari kekasaran permukaan terletak di-antara rentang optimal.

Tabel 5. Nilai Optimal pada proses pemesinan terhadap paramater.

CP	OV	OL	POV	EOV	OR
Cs	52.500	3	0.694	0.72	0.694
F	0.100	1			<Ra>
DoC	0.375	1			0.72

Dimana ,

CP-Parameter Pemotongan

OV-Nilai Optimasi Parameter

OL-Nilai Level Optimum Parameters

POV-Nilai Prediksi Optimum

EOV-Nilai Experimen Optimum

OR-Nilai Optimum Kekasaran Permukaan

4.3 Kekasaran Permukaan

Telah ditemukan bahwa tingkat laju pemakanan adalah faktor yang paling signifikan untuk kekasaran permukaan dan kontribusinya adalah 69,93%. Hasil terbaik untuk Kekasaran permukaan akan tercapai ketika St.60 baja karbon menengah benda kerja mesin pada kecepatan potong 200 m/min, laju pemakanan 0.1 mm/rev , kedalaman potong 1 mm. Dengan interval kepercayaan 95%, laju umpan mempengaruhi kekasaran permukaan yang paling signifikan.

5. Kesimpulan

Studi ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh parameter pemesinan pada kekasaran permukaan. Kesimpulan berikut diambil dari penelitian ini:

- 1) Permukaan kekasaran terutama dipengaruhi oleh tingkat laju pemakanan dan kedalaman pemakanan.
- 2) Dari analisis ANOVA, parameter membuat dampak yang signifikan

terhadap kekasaran permukaan adalah laju pemakanan dan kedalaman pemakanan.

- 3) Parameter yang diambil dalam percobaan yang dioptimalkan untuk mendapatkan kekasaran permukaan minimum yang mungkin. Pengaturan optimal parameter pemotongan untuk kualitas tinggi berbalik bagian.

6. Daftar Pustaka

- Rahul Davis, 2013, “*The Application of Taguchi Method in Optimization of Tool Life in Turning Operation of High Carbon High Chromium Steel*” International Journal of Mechanical Engineering, ISSN:2051-3232, Vol.41, Issue.1. May, 2013, pp 1142 – 1145
- Selvaraj, Philip D, 2010, “*Optimization of Surface Roughness of AISI 304 Austenitic Stainless Steel in Dry Turning Operation Using Taguchi Design Method*”, Journal of Engineering Science and Technology Vol. 5, No. 3 (2010) 293 – 301.
- U. D. Gulhane, dkk, “*Investigation of Turning Process to Improve Productivity (MRR) for Better Surface Finish of AL-7075-T6 Using DOE*”, International Journal of Design and Manufacturing Technology (JDMT), Vol. 4, Issue 1, Januari- April 2013, pp. 59-67.
- Hardeep Singh, dkk, 2011, “*Effect of Cutting Parameters on MRR and Surface Roughness in Turning EN-8*”, Current Trends in Engineering Research Vol.1, No.1 (Dec. 2011).
- Saraswat, Neeraj, 2014, *Optimization of Cutting Parameters in Turning Operation of Mild Steel*, International Review of Applied Engineering Research, ISSN 2248-9967 Volume 4, Number 3 (2014), pp. 251-256.
- Vipindas M P dan Dr. Govindan P., 2013, “*Taguchi-Based Optimization of Surface Roughness in CNC Turning Operation*”, International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology (IJLTET), Vol. 2 Issue 4 July 2013, ISSN: 2278-621X, pp. 454 – 463.
- Rochim, Taufiq, 2001, *Spesifikasi Metrologi & Kontrol Kualitas Geometrik*, Bandung, ITB