

Analisa Kebulatan Permukaan Lubang Hasil Pembubutan Baja ST 41 dengan Metode Taguchi

Bagas Ramadhan Sutrisno^{1*}, Pranowo Sidi,S.T., M.T.², Farizi Rachman, S.Si., M.Si. ³

Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1}*
Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²
Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³
Email: bagasambnk@gmail.com^{1*};

Abstract – This journal is made to optimize a machine parameter on CNC turning steel of roundness hole surface. This turning technique that we use is boring by using carbide insert tool. The Parameter itself consists of Spindle Speed, Feed Rate and Depth of Cut. The material that use here is Steel 41 with 50 mm diameter, 30 mm length and 25 mm for diameter hole. Taguchi method has chosen to be used of this design experiment and also the calculation. To predict the optimum parameter on the roundness surface we use the Anova method on Software Minitab17. It will produce the optimum parameter that is Spindle Speed 900 rpm, Feed Rate 0,08 mm and the Depth of Cut 0,2 mm. Confirmation experiment is needed to prove that the prediction could produce the accuration of minimize the roundness surfaces value.

Keyword: Optimize, Roundness, Hole Surface, Taguchi Method, Boring

1. PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, proses pembubutan menjadi salah satu jenis proses pembuatan komponen mesin yang paling banyak digunakan dalam industri manufaktur. Proses pembubutan merupakan proses pemesinan yang digunakan untuk membuat komponen mesin berbentuk silindris. Proses pembubutan dituntut untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan memiliki karakteristik geometri yang ideal dan waktu yang singkat. Suatu produk memiliki karakteristik geometri yang ideal apabila produk tersebut memiliki dimensi yang tepat, bentuk yang sempurna dan permukaan yang halus [1].

Kebulatan adalah keseragaman jarak antara titik pusat dengan titik terluar (jari-jari). Pengukuran kebulatan suatu benda atau dengan kata lain untuk mengetahui apakah suatu benda benar-benar bulat atau tidak jika dilihat dengan secara teliti dengan menggunakan alat ukur. Suatu komponen dengan kebulatan ideal sangat sulit untuk dibuat, sehingga dapat dipastikan akan terjadi suatu ketidakbulatan pada komponen tersebut [2]. Walaupun secara visual penampang suatu komponen berbentuk bulat, namun bila dilakukan pembesaran maka akan terlihat suatu ketidakbulatan pada komponen tersebut.

Perumusan masalah pada penelitian ini yaitu *spindle speed, feed rate* dan *depth of cut* apakah memiliki kontribusi secara signifikan terhadap respon kebulatan permukaan lubang? Sedangkan Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai optimum dari

tiap-tiap parameter untuk mendapatkan geometri yang ideal.

Manfaat yang diharapkan adalah memberikan masukan mengenai mesin bubut CNC bahwa mesin masih dapat membuat produk dengan karakteristik geometri yang diinginkan, serta mendapatkan parameter-parameter yang tepat agar mampu menghasilkan output yang baik.

2. METODOLOGI.

Penelitian ini membutuhkan peralatan-peralatan yang akan mendukung dalam proses pembentukan dan penganalisaan spesimen benda uji untuk mendapatkan ukuran dan bentuk spesimen yang sesuai dengan standard yang diinginkan.

2.1 Alat dan Bahan yang dibutuhkan

Material baja ST 41 dengan diameter 50mm dan diameter lubang sebesar 25mm. Pahat yang digunakan yaitu *Insert Carbide DCMT11-T304 UE6020* dengan spesifikasi kecepatan potong (245 - 150 m/min), kecepatan makan (0,30 - 0,08 mm/rev). Menggunakan mesin bubut CNC *Leadwell F1* dengan spesifikasi: arah pergerakan (x,y,z). Pengukuran nilai kebulatan permukaan menggunakan alat *Surface Roundness Tester*.

2.2 Desain Eksperimen

Variabel Respon :
Kebulatan permukaan lubang
Variabel Proses :

Spindle Speed, Feed Rate dan Depth of Cut

Rancangan desain eksperimen ini diawali dengan pemilihan matriks orthogonal yang tergantung dari banyaknya variabel proses dan level dari masing-masing variabel proses tersebut. Nilai dari level dan juga parameter pada eksperimen akan ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1: Variabel Proses dan Pengaturan Level

Variabel Proses	Level		
	1	2	3
Kecepatan Spindle	800	900	1000
Gerak Makan	0,08	0,15	0,2
Kedalaman Makan	0,2	0,4	0,6

Matriks orthogonal yang digunakan adalah L₉ (3³) dimana:

L : rancangan bujur sangkar latin

9 : banyaknya eksperimen

3 : banyaknya level

3 : banyaknya kolom atau faktor

2.3 Pelaksanaan Eksperimen dan Pengambilan Data

Pelaksanaan eksperimen dimulai dengan persiapan spesimen baja ST 41 dengan melakukan pemotongan untuk dijadikan spesimen dengan panjang 30 mm, sehingga didapatkan 27 spesimen baja ST 41. Memasang spesimen pada *chuck* mesin bubut CNC untuk kemudian dilakukan pembubutan *facing* untuk menyamakan diameter dan menghilangkan ketidaksesuaian bentuk. Selanjutnya dilakukan proses *drilling* untuk mendapatkan lubang dengan diameter 25 mm. Pembubutan selanjutnya menggunakan metode bubut dalam dengan parameter yang digunakan menyesuaikan urutan matriks orthogonal. Pelaksanaan proses pembubutan dan pengambilan data-data yaitu: Pengambilan data pengukuran kebulatan permukaan dengan menggunakan *dial indicator* dengan ketelitian 2 micron.

2.4 Pengolahan Data

Setelah data semua didapatkan, langkah selanjutnya adalah menganalisa data tersebut. Analisa yang digunakan pada penelitian kali ini ialah Taguchi. Perhitungan anova digunakan untuk melihat pengaruh parameter terhadap respon yang diteliti. Parameter tersebut ialah *spindle speed, feed rate* dan *depth of cut*. Sedangkan respon yang diamati ialah kebulatan permukaan lubang.

2.5 Rasio S/N

Untuk membandingkan parameter-parameter yang paling berpengaruh pada masing-masing respon adalah dengan menggunakan perhitungan Rasio S/N [3]. Rasio S/N (*Signal to Noise*) yang digunakan pada pengolahan data ini, yaitu : untuk karakteristik semakin kecil semakin baik berlaku untuk kebulatan permukaan lubang dengan rumus:

$$S/N = -10 \text{ Log } \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r Y_i^2 \right)$$

2.6 Anova

Analysis of Varians *Signal-to-Noise* (S/N)

2.7 Uji Hipotesis

Uji hipotesa F dilakukan dengan cara membandingkan variansi yang disebabkan masing-masing faktor dan variansi *error*. Variansi *error* adalah variansi setiap individu dalam pengamatan yang timbul karena faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan.

Hipotesa pengujian pada suatu percobaan adalah sebagai berikut:

H₀ : tidak ada pengaruh perlakuan

H₁ : ada pengaruh perlakuan

Apabila uji F lebih kecil dari nilai F tabel, maka H₀ diterima atau berarti tidak ada pengaruh perlakuan. Namun jika uji F lebih besar dari nilai F tabel, maka H₀ ditolak sehingga ada pengaruh perlakuan.

2.8 Persen Kontribusi

Merupakan porsi masing-masing faktor atau interkasi faktor yang signifikan terhadap total variansi yang diamati. Persen kontribusi merupakan fungsi dari jumlah kuadrat (SS') dari masing-masing faktor yang signifikan.

$$SS'_{Faktor} = SS_{Faktor} - MS_{Error} \quad (2)$$

Persen kontribusi dari masing-masing faktor dapat dihitung dengan rumus:

$$\mu = \frac{SS'_{Faktor}}{SS_{Total}} \times 100\% \quad (3)$$

2.9 Prediksi Kebulatan dan Rasio S/N Optimum

Setelah diketahui kombinasi parameter yang menghasilkan kebulatan yang optimum, kita dapat memprediksi Rasio S/N nya. Model persamaannya seperti dibawah [4]:

μ prediksi

$$= Y + (SS2 - Y) + (FR1 - Y) + (DoC1 - Y) \quad (4)$$

Tingkat kepercayaan rata-rata kebulatan permukaan lubang adalah $(1-\alpha)$ sehingga interval kepercayaannya adalah:

$$n_{\text{eff}} = \frac{\text{Jumlah Total Eksperimen}}{1 + \text{Jumlah Derajat Kebebasan}} \quad (5)$$

Dimana: n_{eff} : jumlah pengamatan efektif

$$CI = \pm \sqrt{F(0,05,1,2) \times MSE \times \frac{1}{n_{\text{eff}}}} \quad (6)$$

Dimana: CI adalah Interval kepercayaan

$$\mu \text{ Prediksi} - CI \leq \mu \leq \mu \text{ Prediksi} + CI$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Percobaan

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, kemudian dimasukkan ke dalam tabel 2. Seperti dibawah.

Tabel 1: Hasil Percobaan Kebulatan

Eks	SS	FR	DoC	Rata-Rata
1	800	0,08	0,2	0,103
2	800	0,15	0,4	0,097
3	800	0,20	0,6	0,118
4	900	0,08	0,4	0,069
5	900	0,15	0,6	0,040
6	900	0,20	0,2	0,076
7	1000	0,08	0,6	0,080
8	1000	0,15	0,2	0,048
9	1000	0,20	0,4	0,078

3.2 Anova

Untuk mencari Anova digunakan bantuan software Minitab 17. Tabel 3 dibawah menunjukkan nilai F dan Persen Kontribusi dari parameter yang digunakan.

Tabel 2: Anova hasil uji kebulatan

Source	DF	SS	MS	F hitung	P
Cutting Speed	2	24,079	12,039	6,05	0,142
Feed Rate	2	31,984	15,992	8,04	0,111
Depth of Cut	2	6,232	3,116	1,57	0,390
Error	2	3,978	1,989		
Total	8	66,273			

3.3 Menghitung Rasio S/N

Data yang didapat kemudian diolah ke dalam bentuk rasio S/N untuk mencari faktor yang berpengaruh pada respon kebulatan permukaan. rumus rasio S/N yang digunakan yaitu *Smaller-is-Better* sebagaimana persamaan (1):

Dibawah ini adalah contoh perhitungan rasio S/N pada eksperimen 1 dan Tabel 4 menunjukkan rasio S/N secara keseluruhan,

dalam eksperimen kali ini melakukan replikasi sebanyak 3 kali tiap eksperimen.

$$S/N_1 = -10 \times \text{Log} \left(\frac{0,150^2 + 0,087^2 + 0,073^2}{3} \right) = 19,280$$

Tabel 4 adalah hasil perhitungan Rasio S/N dari eksperimen 1 sampai eksperimen 9.

Tabel 3: Rasio S/N uji kebulatan

Eks	SS	FR	DoC	Rata-Rata	S/N Rasio
1	800	0,08	0,2	0,103	19,280
2	800	0,15	0,4	0,097	20,151
3	800	0,20	0,6	0,118	18,485
4	900	0,08	0,4	0,069	21,061
5	900	0,15	0,6	0,040	27,638
6	900	0,20	0,2	0,076	20,720
7	1000	0,08	0,6	0,080	21,561
8	1000	0,15	0,2	0,048	24,770
9	1000	0,20	0,4	0,078	20,359

3.4 Menghitung Pengaruh Level dari Setiap Faktor terhadap Kebulatan

Perhitungan Rasio S/N kebulatan melalui kombinasi level dari masing-masing faktor sebagai contoh dapat dilihat seperti dibawah ini.

$$SS = \frac{19,280 + 20,151 + 18,485}{3} = 19,305$$

Tabel 3: Respon Rasio S/N Kebulatan dari Pengaruh Faktor

Level	SS	FR	DoC
1	19,305	20,634	21,590
2	23,139	24,186	20,524
3	22,230	19,855	22,561
Delta	3,834	4,331	2,038
Rank	2	1	3

Dari Tabel 3 diatas terlihat bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap kebulatan permukaan ialah pada *Feed Rate*, *Spindle Speed* dan yang paling rendah adalah *Depth of Cut*. Sehingga nilai target *Smaller-is-Better* adalah nilai rata-rata rasio S/N level tertinggi pada setiap faktor, yakni:

Spindle Speed : 900 rpm
Feed Rate : 0,15 mm/menit
Depth of Cut : 0,6 mm

Tabel 4 menunjukkan hasil Anova yang dilakukan dengan Software Minitab 17.

Tabel 4: Anova untuk S/N ratio

Source	DF	SS	MS	F	P
Spindle Speed	2	24,079	12,039	6,05	0,142
Feed Rate	2	31,984	15,992	8,04	0,111
Depth of Cut	2	6,232	3,116	1,57	0,390
Error	2	3,978	1,989		
Total	8	66,273			

dari Tabel 4 terlihat bahwa *Feed Rate* merupakan parameter yang paling berpengaruh

dalam proses pembubutan untuk menentukan kebulatan permukaan lubang.

3.5 Penentuan Prediksi Nilai Kebulatan Permukaan Lubang

Diketahui bahwa faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap rasio S/N kebulatan permukaan lubang yang optimal adalah SS₂; FR₂; DoC₃, sehingga nilai prediksi sesuai dengan model persamaan adalah:

$$\mu \text{ Kebulatan} = Y + (SS_2 - Y) + (FR_2 - Y) + (Doc_3 - Y)$$

$$= 21,558 + (23,139 - 21,558) + (24,186 - 21,558) + (22,561 - 21,558)$$

$$= 26,770$$

$$n_{eff} = \frac{9 \times 3}{1 + (2+2+2)} = 3,875$$

$$CI = \pm \sqrt{F(0,05,1,2) \times MSe \times \frac{1}{n_{eff}}}$$

$$= \pm \sqrt{18,51 \times 1,989 \times \frac{1}{3,875}}$$

$$= \pm 12,272$$

$\mu \text{ Prediksi} - CI$	$\leq \mu \leq \mu \text{ Prediksi} + CI$
26,770 - 12,27	$\leq \mu \leq 26,770 + 12,272$
14,498	$\leq \mu \leq 39,042$

3.6 Konfirmasi

Konfirmasi dilakukan dengan setting parameter paling optimum (SS₂; FR₂; DoC₃) yakni, *Spindle Speed* 900 rpm, *Feed Rate* 0,15 mm dan *Depth of Cut* 0,6 mm. Tujuan dilakukan eksperimen konfirmasi ini adalah untuk mengetahui hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan statistik. Tabel 7 merupakan hasil eksperimen konfirmasi yang kemudian dirata-rata kan, sehingga didapatkan nilai kebulatan sebagai hasil akhir.

Tabel 5: Hasil S/N Rasio Eksperimen Konfirmasi

Sampel	Kebulatan
1	41,938
2	31,701
3	30,267
Rata-rata	34,635

$$CI = \pm \sqrt{F(0,05,1,2 \times MSe \times \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right])}$$

$$= \pm \sqrt{18,51 \times 1,989 \times \left[\frac{1}{3,857} + \frac{1}{3} \right]}$$

$$= \pm 22,535$$

$\mu \text{ konfirmasi} - CI$	$\leq \mu \leq \mu \text{ konfirmasi} + CI$
34,635 - 22,535	$\leq \mu \leq 34,635 + 22,535$
12,1	$\leq \mu \leq 57,17$

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis pembubutan yang dilakukan menggunakan metode taguchi dengan perhitungan rasio S/N dan analisis variansi yang sudah dibuat, dapat disimpulkan bahwa desain metode taguchi sesuai untuk menentukan parameter yang paling optimum dari kombinasi tingkat level pada setiap faktor untuk mendapatkan nilai kebulatan permukaan lubang yang rendah, faktor yang paling signifikan untuk nilai kebulatan permukaan lubang pada material ST 41 yaitu *Feed Rate*. Sedangkan untuk kombinasi level parameter yang paling optimum untuk mendapatkan nilai kebulatan permukaan lubang yaitu *Spindle Speed* 900 rpm, *Feed Rate* 0,15 mm dan *Depth of Cut* 0,6 mm.

5. TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Pranowo Sidi, S.T., M.T. dan Bapak Farizi Rachman, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak ilmu, saran dan arahan yang membantu penulis dalam menyelesaikan artikel “Analisa Nilai Kekasaran dan Kebulatan Permukaan Lubang Hasil Pembubutan Baja ST 41 dengan Metode Taguchi GRA (*Grey Relational Analysis*)”. Bapak Muhamad Ari, S.T., M.T., Bapak Dhika Aditya Purnomo, S.ST., M.T., Bapak Rizal Indrawan, S.ST., M.T., selaku dosen penguji yang telah memvalidasi penelitian yang dilakukan oleh penulis. Bapak Sutrisno, SE., Ibu Agus Rusnawati, SH. selaku keluarga penulis yang telah memberikan dukungan moril maupun riil kepada penulis. Moch Nofan Sugiasturi, Risma Aris Maya, Rifky Kurnia Putra, Pradita Nurkholies, M Naufal Rafi, Hanifah Dian Puspitasari teman berbagai kondisi selama 4 tahun terakhir serta semua teman seperjuangan Teknik Desain dan Manufaktur 2015A Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

6. PUSTAKA

- [1] Jayaraman, M.K. (2014) *Multi-response Optimization of Machining Parameters of Turning AA6063 T6 Aluminium Alloy using Grey Relational Analysis in Taguchi Method*. Elsevier Procedia (pp. 197-204). Chennai, India: Elsevier
- [2] Rochim, T. (2006). *Spesifikasi, Metrologi, & Kontrol Kualitas Geometrik Jilid 2* (pp. 1 - 277). Bandung: Institut Teknologi Bandung

- [3] Soejanto, I. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Jilid I. (pp. 1 - 292). Yogyakarta: Graha Ilmu
- [4] Sidi P, Wahyudi M T. (2013). Aplikasi Metoda Taguchi untuk Mengetahui Optimasi Kebulatan pada Bubut CNC. *Jurnal Rekayasa Mesin* , 101-108.