

## OPTIMASI KEKASARAN PERMUKAAN PROSES PEMBUBUTAN BAJA ST.42 DENGAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Said Apreza<sup>1)</sup>, Zaldy Kurniawan<sup>2)</sup>, Muhammad Subhan<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

<sup>2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka  
Kawasan Industri Air Kantung, Jalan Timah Raya Sungailiat Bangka 33211

Telp. (0717) 93586, Fax. (0717) 93585

e-mail: [polman@polman-babel.ac.id](mailto:polman@polman-babel.ac.id)

### Abstract

*Minimal surface roughness value is the performance to be achieved in the process of CNC NLX 2500, is necessary to regulate variables NLX 2500 CNC process in order to obtain the proper response surface roughness of the workpiece is minimal. research that has been done is to determine the contribution of these variables NLX CNC process in 2500 to reduce the variation of the response surface roughness of the workpiece simultaneously. Moreover, it also made the determination that the proper setting of the variables NLX2500 CNC process in order to obtain the surface roughness of the workpiece is minimal. machining process variable is varied spindle rotation, motion eat, and in the funeral. The experimental design is determined based on the Taguchi method and form of orthogonal L9 (3<sup>3</sup>). Optimization method is used Taguchi. The randomized trial with replication 2 times to overcome interference factors that occur during the machining process. the results showed that to reduce the variation of the response simultaneously, eat motion has the largest percent of the contribution, which amounted to 99.48%, spindle rotation has a percent contribution of 0.0974%, the feeds have a percent contribution of -0.126%. to obtain a surface roughness of the workpiece is minimal, spindle rotation is set at 2748 rpm, eating motion is set at 0.15 mm / rotation, the funeral was adjusted to 0.5 mm.*

**Keywords:** CNC NLX, surface roughness, Taguchi method, Variable

### Abstrak

*Nilai kekasaran permukaan yang minimal merupakan kinerja yang ingin dicapai pada proses CNC NLX 2500, perlu dilakukan pengaturan variabel-variabel proses CNC NLX 2500 yang tepat agar diperoleh respon kekasaran permukaan benda kerja yang minimal. Penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk menentukan kontribusi dari variabel-variabel proses CNC NLX 2500 untuk mengurangi variasi dari respon kekasaran permukaan benda kerja secara serentak. Selain itu, juga dilakukan penentuan seting yang tepat dari variabel-variabel proses CNC NLX2500 agar diperoleh kekasaran permukaan benda kerja yang minimal. Variabel proses pemesinan yang divariasikan adalah putaran spindle, gerak makan, dan dalam pemakanan. Rancangan percobaan ditetapkan berdasarkan metode Taguchi dan berupa matriks ortogonal L<sub>9</sub> (3<sup>3</sup>). Metode optimasi yang digunakan adalah Taguchi. Percobaan dilakukan secara acak dengan replikasi sebanyak 2 kali untuk mengatasi faktor gangguan yang terjadi selama proses pemesinan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk mengurangi variasi dari respon secara serentak, gerak makan memiliki persen kontribusi terbesar, yaitu sebesar 99,48 %, putaran spindle memiliki persen kontribusi sebesar 0,0974%, dalam pemakanan memiliki persen kontribusi sebesar -0,126%. Untuk memperoleh kekasaran permukaan benda kerja yang minimal, putaran spindle diatur sebesar 2748 rpm, gerak makan diatur sebesar 0,15 mm/putaran, dalam pemakanan diatur sebesar 0.5 mm.*

**Kata Kunci:** CNC NLX, kekasaran permukaan, metode Taguchi, variabel

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, suatu hasil produksi harus diimbangi dengan peningkatan kualitas hasil produksi, khususnya pada proses produksi yang menggunakan mesin perkakas seperti mesin bubut[1]. Dengan adanya mesin tersebut akan mempermudah dalam pembuatan komponen-komponen mesin dengan ketelitian tinggi dan efisien.

Proses pemotongan benda kerja yang baik, maka diperlukan pemilihan seting variabel yang tepat. Dan juga, pahat bubut menjadi salah satu faktor dalam proses pemotongan dimesin bubut. Mempertimbangkan hal tersebut, maka material yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian adalah material baja karbon rendah St.42, Pemilihan material juga berpengaruh pada hasil pembubutan terutama berkaitan dengan kualitas kekasaran permukaan. Dari uraian diatas, penelitian mengenai pengaruh seting variasi kecepatan *spindle*, gerak makan dan kedalaman pemakanan terhadap tingkat kekasaran.

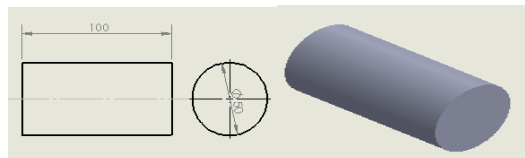
Dalam penelitian [2] menggunakan material St.42 dari hasil penelitian diperoleh variabel-variabel yang berpengaruh terhadap kekasaran adalah variabel sudut modifikasi, gerak makan dan kecepatan potong. Nilai kekasaran yang diperoleh yaitu 2.2344  $\mu\text{m}$ , dimana nilai kekasaran tersebut dari kombinasi variabel sebagai berikut, kecepatan potong 57.5 m/menit, sudut modifikasi 99.6°, dan gerak makan 0.08 putaran/menit. [3] Proses pembubutan baja St.42 dengan model analisa dua arah, dengan dua variabel bebas dan satu variabel terikat. Pada *feeding* 0.05 mm/put dan *cutting fluid* yang berbeda, nilai kekasaran permukaan yang paling rendah adalah media pendingin air. Dari hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa media pendingin air merupakan yang paling baik, karena air dapat menyerap panas lebih baik dari semua variasi *cutting fluid* sehingga gesekan antara *chip*, *tool* dengan benda kerja sangat kecil.

Dari uraian di atas, maka dilakukan suatu penelitian dalam penggunaan *feeding* untuk mendapatkan nilai kekasaran yang diinginkan terhadap perbandingan hasil kekasaran permukaan benda kerja dengan menggunakan pahat bubut jenis *Carbide* dengan material St.42. Dari latar belakang tersebut maka akan dilakukan penelitian dengan judul "Optimasi Kekasaran Permukaan Proses Pembubutan Baja St.42 Dengan Menggunakan Metode Taguchi".

## 2. METODE PENELITIAN

### a) Material penelitian

- Benda kerja  
Benda kerja yang digunakan pada penelitian ini terbuat dari baja St.42 dengan ukuran diameter 50 mm dan panjang 100 mm. ukuran dan bentuk benda kerja tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



a)Ukuran

b) Bentuk benda kerja

Gambar 1. Ukuran dan bentuk benda kerja

### b) Peralatan penelitian

Mesin CNC NLX 2500 yang digunakan adalah buatan Jepang dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Merk Mitsubishi
- Tipe NLX 2500
- Tahun pembuatan 2011
- *Surface roughness tester*

*Surface roughness tester* digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan dari suatu proses pemesinan. [4] *Surface roughness tester* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Mitutoyo SJ 400 dengan kecermatan 0,001  $\mu\text{m}$ .

**c) Benda kerja hasil proses permesinan CNC NLX 2500**

Bentuk benda kerja yang telah diproses dengan menggunakan mesin CNC NLX 2500 ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Benda replikasi 1 dan replikasi 2

**d) Pengambilan data kekasaran permukaan**

Benda kerja yang dikerjakan dengan mesin dan dilakukan pemotongan pada permukaannya tidak dapat rata atau halus sama sekali, tetapi akan meninggalkan bekas berupa lembah dan puncak yang disebut kekasaran permukaan. [5] Kekasaran rata-rata secara aritmetis ( $R_a$ ) dihitung berdasarkan harga rata-rata dari nilai absolut jarak antara profil terukur dengan profil tengah. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R_a = \frac{1}{n} \sum y (\mu m)$$

(1)

**e) Rancangan percobaan**

Dalam penelitian ini dipilih tiga variabel proses. Satu variabel proses memiliki tiga level. Rancangan percobaan yang ditetapkan menggunakan metode Taguchi (*orthogonal array L9*) [6]. Percobaan dilakukan secara acak dengan replikasi sebanyak dua kali untuk mengatasi variabel gangguan yang terjadi selama proses pemesinan.

**f) Menghitung rasio S/N variabel respon**

Karakteristik kualitas dari respon yang digunakan dalam percobaan ini adalah semakin kecil semakin baik atau *small is better* untuk respon kekasaran permukaan. Perhitungan nilai rasio S/N untuk respon kekasaran permukaan dilakukan dengan menggunakan perangkat komputasi statistik. Rasio S/N untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut [7]:

$$S/N = -10 \log \left[ \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n} \right]$$

(2)

**g) Menentukan kondisi variabel untuk respon optimal**

Penentuan kondisi variabel terbaik diawali dengan membuat tabel variabel respon untuk memudahkan pemilihan level dari variabel yang menghasilkan respon optimal.

**h) Prediksi nilai hasil optimasi**

Perhitungan prediksi nilai hasil optimasi dapat dihitung dengan persamaan rumus (2):

$$\hat{\eta} = \eta_m + \sum_{i=1}^q (\bar{\eta}_i - \eta_m)$$

(3)

dengan:

$\eta_m$  = Nilai rata-rata dari keseluruhan kekasaran

$\bar{\eta}$  = Rata-rata kekasaran pada level optimal

$q$  = Jumlah variabel yang mempengaruhi respon secara signifikan

**i) Analisis variansi dan persen kontribusi**

Analisis variansi (ANOVA) digunakan untuk mengetahui variabel proses yang memiliki pengaruh secara signifikan terhadap respon. Persen kontribusi yang menunjukkan porsi (kekuatan relatif) masing-masing variabel proses terhadap total variansi dari respon yang diamati. Jika persen kontribusi *error* kurang dari lima belas persen, maka tidak ada variabel yang berpengaruh terabaikan tetapi jika persen kontribusi *error* lebih dari lima belas persen mengindikasikan ada variabel yang berpengaruh terabaikan.

#### j) Melakukan pengujian konfirmasi

Percobaan konfirmasi merupakan percobaan yang dilakukan berdasarkan kombinasi variabel hasil optimasi. Tujuannya adalah untuk mencocokkan hasil prediksi dengan hasil respon secara actual.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Penentuan pengaturan level variabel proses

Hasil penentuan pengaturan level pada masing-masing variabel proses ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaturan level-level variabel proses

Variabel Proses	Satuan	Level 1	Level 2	Level 3
A Putaran <i>spindle</i>	rpm	2053	2401	2748
B Gerak makan	mm/put	0,15	0,27	0,60
C Dalam pemakanan	mm	0,25	0,375	0,5

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil percobaan berupa nilai kekasaran permukaan seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil percobaan

Seting Kombinasi ke	A Putaran <i>spindle</i> (rpm)	B Gerak makan (mm/put)	C Dalam pemakanan (mm)	Kekasaran permukaan ( $\mu\text{m}$ )
1	1	1	1	1,230
2	1	2	2	2,798
3	1	3	3	6,209
4	2	1	2	1,055
5	2	2	3	2,719
6	2	3	1	5,856
7	3	1	3	0,833
8	3	2	1	2,693
9	3	3	2	6,043
Rata-rata				3,271

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 3.2 Nilai rasio S/N untuk variabel respon

Nilai rasio S/N yang dihasilkan untuk variabel respon kekasaran permukaan ditunjukkan pada Tabel 3. dan masing-masing level ditunjukkan pada Tabel 4

Tabel 3. Rasio S/N untuk respon

Seting Kombinasi ke	A Putaran <i>spindle</i> (rpm)	B Gerak makan (mm/put)	C Dalam pemakanan (mm)	Rasio S/N
1	1	1	1	-1,7946
2	1	2	2	-8,9362
3	1	3	3	-15,8604
4	2	1	2	-0,4661
5	2	2	3	-8,6866
6	2	3	1	-15,3526
7	3	1	3	1,5858
8	3	2	1	-8,6047
9	3	3	2	-15,6252
Rata-rata				-8,202212

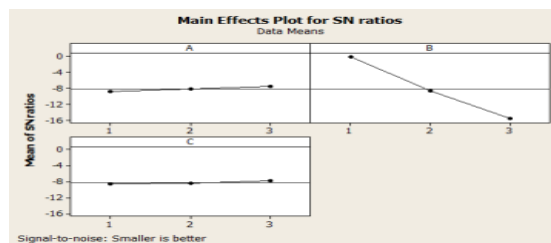
Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. Rata-rata kekasaran permukaan masing-masing level

Simbol Variabel	Variabel proses	Kekasaran permukaan (Ra)		
		Level 1	Level 2	Level 3
A	Putaran <i>spindle</i>	3,412	3,210	3,190
B	Gerak makan	1,039	2,736	6,036
C	Dalam pemakanan	3,260	3,299	3,254
Total nilai rata-rata Ra = 3,271				

Sumber : Hasil Perhitungan

Plot rata-rata untuk tiap-tiap variabel proses untuk respon kekasaran permukaan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Plot rasio S/N untuk respon kekasaran permukaan

### 3.3 Penentuan kondisi variabel untuk respon optimal

Penelitian ini menghasilkan kondisi variabel proses untuk respon optimal ditunjukkan pada Tabel 5. Di bawah ini:

Tabel 5. Kondisi variabel proses untuk respon optimal

Simbol	Variabel proses	Tingkatan Level	Nilai Level
A	Putaran <i>spindle</i>	Level 3	2748 rpm
B	Gerak makan	Level 1	0,15 mm/put
C	Dalam pemakanan	Level 3	0,5 mm

Sumber : Hasil Perhitungan

### 3.4 Prediksi nilai hasil optimasi

Berdasarkan kondisi untuk respon optimal yang ditunjukkan pada Tabel 6, sehingga dapat ditentukan prediksi nilai optimal. Perhitungan prediksi nilai hasil optimasi dapat dihitung dengan persamaan (3) dan diperoleh nilai sebesar 0,941

### 3.5 Hasil analisis variansi (ANOVA)

Tabel 6. Hasil analisis variansi (ANOVA)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P-value	Kontribusi (%)
A	2	0,0907	0,0907	0,0453	1,72	0,368	0,0974
B	2	38,7379	38,7379	19,36907	732,70	0,001	99,48
C	2	0,0036	0,0036	0,0018	0,07	0,936	-0,126
Error	2	0,0529	0,5029	0,0264			0,543
Total	8	38,8850					100

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil ANOVA menunjukkan bahwa variabel proses yang berpengaruh secara signifikan terhadap respon Ra yang diamati. Variabel proses yang berpengaruh secara signifikan terhadap respon apabila mempunyai nilai  $F_{hitung}$  lebih besar dibandingkan  $F_{\alpha,02,02}$  (Nilai F dilihat pada tabel statistic). Variabel-variabel proses yang memiliki persen kontribusi adalah putaran *spindle*, yaitu 0,0974 %, dalam pemakanan memiliki kontribusi sebesar -0,126%, gerak makan memiliki kontribusi yang besar, yaitu sebesar 99,48 %.

### 3.6 Pengujian Konfirmasi

Pengaturan variabel proses pada pengujian konfirmasi adalah  $A_3B_1C_3$ . Hasil perhitungan rasio S/N pada kondisi awal dan kondisi optimal, prediksi dan pengujian konfirmasi, serta nilai Ra kondisi awal dan optimal dapat ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Konfirmasi

	Kombinasi awal	Kombinasi Optimum	
		Prediksi	Konfirmasi
Pengaturan variabel proses	$A_2B_2C_2$	$A_3B_1C_3$	$A_3B_1C_3$
Kekasaran Permukaan	2,561	0,941	0,825
Peningkatan Kekasaran Permukaan	67,78 %		

Sumber : Hasil Perhitungan

### 4. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kontribusi dari variabel-variabel proses dalam mengurangi variasi respon Ra adalah putaran *spindle* yaitu sebesar 0,0974 %, dalam pemakanan memiliki persen kontribusi sebesar -0,126 % dan gerak makan memiliki persen kontribusi yang besar, yaitu sebesar 99,48 %. Kekasaran permukaan (Ra) yang maksimal maka variabel putaran *spindle* diatur sebesar 2748 rpm, gerak makan 0,15 mm/put dan dalam pemakanan 0,5 mm. Pada penelitian selanjutnya disarankan, untuk melakukan optimasi dengan menggunakan metode-metode optimasi yang lain sebagai perbandingan dan menambahkan variabel-variabel proses lain yang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marsyahyo, "Eko, *Mesin Perkakas Pemotongan Logam*, Bayumedia", Malang 2003.
- [2] Danang Iswinarko, "Optimasi Kondisi Pemotongan Pahat Modifikasi Terhadap Kekasaran Permukaan Hasil Proses Bubut Lurus Material St.42 dengan Metode Response Surface", Universitas Jember, 2014.
- [3] Febi Rahmadianto, "Pengaruh Variasi Cutting Fluid dan Variasi Feeding Pada Proses Pemotongan Orthogonal Poros Baja terhadap Kekasaran Permukaan," Institut Nasional Malang, 2015.
- [4] Rochim, T, (2001), *Proses Pemesinan*, Institut Teknologi Bandung, Bandung
- [5] Petropoulos, G.,Kechagias, J.,Akis, V.I.,dan Maropoulos,. *Surface Roughness Investigation of a Reinforced Polymer Composite. International Conference on Economic Engineering and manufacturing Systems*, 2009.
- [6] Montgomery, D.C, *Design and Analysis of Experiment*, John Wiley & Sons, Inc, New York, 2009.
- [7] Soejanto, "*Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2009.