



OPTIMASI KEKASARAN PERMUKAAN PROSES *DRILLING* BAJA SKD 11 PADA CNC *MILLING* MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Muhamad Fikri Burli¹, Eko Yudo², Nanda Pranandita³

^{1,2,3}Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Corresponding Author: m.fikri.burli@gmail.com

ABSTRAK

Pada proses pemesinan, penentuan setting variabel proses yang tepat untuk mencapai respon yang optimum penting dilakukan secara efektif. Baja SKD 11 adalah salah satu jenis baja perkakas, yang biasanya digunakan sebagai alat pemotong (cutting tool), punch dan dies pada proses pemesinan. Karena itu, komponen mesin yang diproduksi dengan baja SKD 11 diharapkan memiliki kekasaran permukaan yang baik. Kekasaran permukaan merupakan karakteristik kinerja pemesinan pada proses drilling yang umumnya dijadikan respon. Penelitian ini akan mengoptimasi kekasaran permukaan menggunakan kombinasi variabel proses putaran spindle, feed rate dan pelumasan. Metode yang digunakan adalah metode Taguchi. Berdasarkan hasil optimasi yang telah divalidasi pada percobaan konfirmasi, kombinasi variabel proses pada proses drilling SKD 11 yang dapat menghasilkan nilai respon terbaik adalah putaran spindle 1600 rpm, feed rate 0,140 mm/menit, dan pelumasan jenis dromus dengan rata-rata kekasaran permukaan sebesar 0,829 μm .

Kata Kunci: drilling, kekasaran permukaan, Taguchi, SKD 11, CNC

ABSTRACT

In the machining process, it is important to determine the appropriate process variable settings to achieve the optimum response. SKD 11 steel is one type of tool steel, which is usually used as a cutting tool, punch and dies in the machining process. Therefore, machine components manufactured with SKD 11 steel are expected to have good surface roughness. Surface roughness is a characteristic of machining performance in the drilling process which is generally used as a response. This research will optimize the surface roughness using a combination of process variables spindle rotation, feed rate and lubricants. The method used is the Taguchi method. Based on the optimization results that have been validated in the confirmation experiment, the combination of process variables in the SKD 11 drilling process that can produce the best response values is spindle rotation of 1600 rpm, feed rate of 0.140 mm/minute, and lubricant type is dromus with an average surface roughness of 0.829 μm .

Keywords: drilling, surface roughness, Taguchi, SKD 11, CNC

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur saat ini mengalami perkembangan sangat pesat. Hal ini menyebabkan industri manufaktur dituntut untuk dapat menghasilkan suatu produk dengan waktu yang cepat, biaya yang serendah mungkin, tetapi memiliki kualitas yang baik. Untuk memenuhi tuntutan tersebut maka penggunaan mesin dengan teknologi *Computer Numerical Control* (CNC) sangat disarankan karena keunggulannya dibandingkan mesin konvensional (Nasr & Kamrani, 2007). Banyak proses pemesinan yang dapat dilakukan pada mesin CNC, salah satunya adalah proses *drilling* (Rahman et al., 2017). Proses *drilling* digunakan untuk pembuatan lubang bulat. Pembuatan lubang *drill* pada benda kerja pejal adalah suatu proses pengikisan dengan daya penyerpihan yang besar. (Widarto, 2008).

Beberapa penelitian tentang pengaruh variabel proses telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh pada proses *drilling*. Penelitian tentang akurasi lubang bor hasil proses pengeboran pada material SKD 11. Pada semua respon terlihat bahwa penggunaan *carbide drill* mampu memberikan hasil yang lebih baik dalam operasi pengeboran pada material SKD 11 bila dibandingkan dengan penggunaan HSS *drill*. Begitu juga pengoperasian laju pemakanan (*feed rate*) yang lebih rendah pada semua jenis perkakas potong (*cutting tool*) dapat memberikan kinerja pemotongan yang lebih diinginkan (Ndaruhadi & Santosa, 2015).

Penelitian tentang respon kekasaran permukaan dan laju pelepasan material menggunakan metode Taguchi, dengan parameter kecepatan potong: 80 mm/menit, 100 m/menit, 120 m/menit, 140 m/menit dan pemakanan: 0,14 mm/put, 0,15 mm/put, 0,16 mm/put. Parameter pemotongan yang mempengaruhi kekasaran minimum yang dapat dicapai metode Taguchi dalam penelitian ini adalah kecepatan potong pada level 1 yaitu 80 m/menit dan besar pemakanan pada level 2 yaitu 0.15 mm/putaran (Syahbuddin & Santoso, 2018).

Dari pembahasan di atas menunjukkan bahwa aspek-aspek seperti parameter pemotongan, jenis alat potong, jenis material, dan jenis pelumasan memiliki pengaruh terhadap kualitas lubang *drill*. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian tentang penentuan *setting* parameter pada proses *drilling* untuk menghasilkan kekasaran permukaan yang optimal dengan menggunakan metode Taguchi.

2. METODE

2.1. Rancangan Percobaan

Pada penelitian ini dipilih rancangan percobaan berdasarkan metode Taguchi. Metode Taguchi merupakan suatu metodologi dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. (Soejanto, 2009).

Adapun langkah-langkah penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Penentuan kualitas karakteristik

Hasil kekasaran permukaan yang baik adalah yang terendah. Oleh karena itu, *smaller the better* dipilih sebagai karakteristik kualitas pada penelitian ini. Rasio S/N untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut (Soejanto, 2009):

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

b. Penentuan variabel proses dan variabel gangguan

Variabel proses yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi putaran *spindle*, variasi *feed rate*, variasi jenis lubrikan. Untuk variabel gangguan (*noise*) pada penelitian ini adalah lokasi pengukuran kekasaran permukaan benda uji.

c. Penentuan nilai variabel proses dan jumlah level

Nilai variabel proses pada penelitian ini adalah tiga nilai variabel proses yaitu variasi putaran *spindle*, variasi *feed rate*, dan variasi jenis lubrikan yang masing-masing variabel proses memiliki tiga level percobaan.

d. Pemilihan matriks ortogonal

Untuk menentukan matriks ortogonal yang digunakan dilakukan perhitungan derajat kebebasan. Adapun perhitungan total derajat kebebasan dapat dilihat pada Tabel 1.

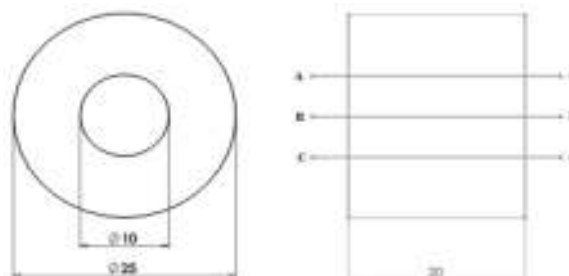
Tabel 1. Perhitungan Total Derajat Kebebasan

No	Variabel proses	Jumlah level (k)	Derajat kebebasan (k-1)
1	Putaran <i>spindle</i>	3	2
2	<i>Feed rate</i>	3	2
3	Lubrikan	3	2
Total derajat kebebasan			6

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa total derajat kebebasan variabel proses dan level yang digunakan adalah enam. Oleh karena itu, sesuai dengan pilihan yang tersedia, matriks ortogonal L_9 (3^3) memenuhi syarat untuk dijadikan sebagai rancangan percobaan. Percobaan dilakukan secara acak menggunakan fasilitas randomisasi bilangan melalui bantuan perangkat lunak. Percobaan direplikasi sebanyak tiga kali untuk mengatasi pengaruh gangguan (*noise*) terhadap hasil penelitian.

e. Prosedur percobaan

Prosedur percobaan terbagi menjadi dua proses yaitu proses *drilling* benda kerja menggunakan mesin cnc *milling* MORI SEIKI MV-40M dan proses pengukuran kekasaran permukaan benda kerja. Untuk setiap benda kerja dilakukan pengukuran pada tiga titik pengukuran, yaitu titik A, B, dan C. Gambar titik pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Titik pengukuran uji kekasaran

f. Metode analisis

Metode analisis yang digunakan adalah *Analysis of variance* (ANOVA). *Analysis of variance* (ANOVA) pada metode Taguchi digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil percobaan. ANOVA yang

digunakan dalam hasil eksperimen dengan metode Taguchi pada umumnya adalah ANOVA dua arah. ANOVA dua arah adalah data percobaan yang terdiri dari dua level atau lebih dan dua faktor atau lebih (Soejanto, 2009). Berikut beberapa persamaan yang digunakan dalam perhitungan ANOVA.

- 1) Jumlah kuadrat (*sum of square*)

$$SS_A = \frac{A_1^2}{n_{A_1}} + \frac{A_2^2}{n_{A_1}} + \frac{A_3^2}{n_{A_2}} \dots \frac{A_n^2}{n_{A_3}} - \frac{T^2}{N} \quad (2)$$

- 2) Derajat kebebasan (*degree of freedom*)

$$V_a = \text{Banyak level pada faktor A-1} \quad (3)$$

- 3) Rata-rata kuadrat (*mean square*)

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} \quad (4)$$

- 4) Nilai F

$$F_A = \frac{MS_A}{MS_e} \quad (5)$$

- 5) Perhitungan SS'

$$SS'_A \equiv SS_A - v_A \times MS_e \quad (6)$$

- 6) Persen Kontribusi

$$\rho = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100\% \quad (7)$$

2.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Mesin CNC

Mesin CNC *Milling* yang digunakan pada penelitian ini adalah MORI SEIKI MV-40M. Dengan spesifikasi mesin sebagai berikut:

Merek : MORI SEIKI MV-40M

Dimensi Meja : 900×450 mm

Putaran *Spindle*, maks : 8000 Rpm

b. Pahat drill

Pahat *drill carbide* berfungsi sebagai alat untuk melubangi material SKD 11.

Spesifikasi mata bor *carbide* yang digunakan adalah sebagai berikut:

Merek : YG-1

Tipe : DHD424100

Coating : TiAlN

Diameter *drill* : 10 mm

c. Alat ukur kekasaran (*Surface roughness tester*)

Kekasaran permukaan benda kerja dapat diukur menggunakan alat yang biasa disebut *surface roughness tester*.



Gambar 2. Alat uji kekasaran

d. Bahan Penelitian

Material atau benda kerja yang digunakan adalah baja SKD 11 dengan ukuran diameter 25 mm dan panjang 20 mm. Bentuk gambar kerja ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Benda kerja SKD 11

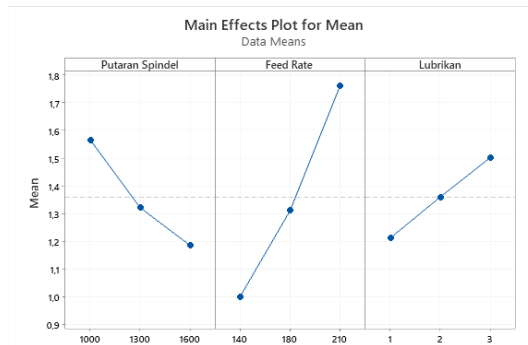
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data penelitian dilakukan dengan cara mengkombinasikan variabel-variabel proses yang terdapat pada mesin CNC *Milling* MORI SEIKI MV-40M. Data hasil percobaan secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 2.

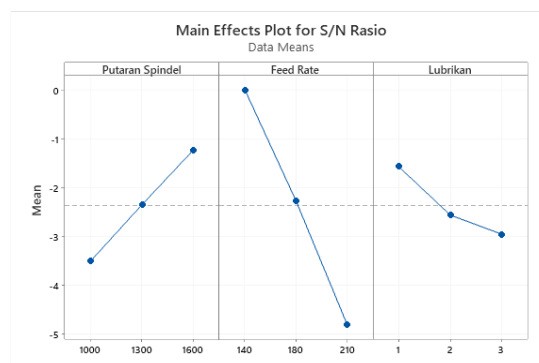
Tabel 2. Data hasil percobaan					
Eksp.	Replikasi			<i>Mean</i>	<i>SNR</i>
	Ra1	Ra2	Ra3	Ra	
1	0,981	1,146	1,043	1,057	-0,4967
2	1,444	1,415	1,463	1,441	-3,1721
3	2,260	2,343	1,994	2,199	-6,8644
4	0,895	1,041	1,215	1,050	-0,4934
5	1,429	1,395	1,414	1,413	-3,0012
6	1,579	1,302	1,619	1,500	-3,5600
7	0,841	0,937	0,894	0,891	0,9973
8	1,090	1,033	1,111	1,078	-0,6564
9	1,582	1,490	1,690	1,578	-4,0249
Rata-rata				1,357	-2,3635

3.1. Pengaruh Level dari Faktor Terhadap Rata-rata Kekasaran Permukaan dan Rasio S/N

Untuk mengetahui besar pengaruh tiap faktor terhadap rata-rata kekasaran permukaan dan rasio S/N, maka dilakukan perhitungan sesuai dengan data respon kekasaran permukaan yang diperoleh dari pengujian kekasaran permukaan. Sehingga didapat grafik respon rata-rata kekasaran permukaan yang dapat dilihat pada Gambar 4 dan grafik respon rasio S/N yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Plot rata-rata untuk kekasaran permukaan



Gambar 5. Plot rasio S/N untuk kekasaran permukaan

3.2. ANOVA

Analisis Variansi (ANOVA) bertujuan untuk mencari besarnya pengaruh dari setiap parameter kendali terhadap suatu proses.

Tabel 3. ANOVA dari Rata-rata Kekasaran Permukaan

Variabel Proses	DF	SS	MS	%Kontribusi	P _{Value}
Kecepatan putaran <i>spindle</i>	2	0,2229	0,1115	17,53	0,155
<i>Feed rate</i>	2	0,8823	0,4411	69,38	0,044
Lubrikan	2	0,1256	0,0628	9,88	0,246
<i>Error</i>	2	0,0410	0,0205	3,22	
Total	8	1,2718		100	

Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa faktor B (*Feed rate*) memiliki kontribusi terbesar terhadap rata-rata kekasaran permukaan benda kerja, yaitu sebesar 69,38%. Sedangkan faktor C (Lubrikan) memiliki kontribusi terkecil terhadap rata-rata kekasaran permukaan yaitu sebesar 9,88%.

Tabel 4. ANOVA dari Rasio S/N

Variabel Proses	DF	SS	MS	%Kontribusi	P _{Value}
Kecepatan putaran <i>spindle</i>	2	7,8192	3,9096	16,74	0,109
<i>Feed rate</i>	2	34,8658	17,4329	74,66	0,027
Lubrikan	2	3,0575	1,5287	6,55	0,239
<i>Error</i>	2	0,9593	0,4797	2,05	
Total	8	46,7018		100	

Berdasarkan Tabel 4, diketahui bahwa faktor B (*Feed rate*) memiliki kontribusi terbesar terhadap rasio S/N, yaitu sebesar 74,66%. Sedangkan faktor C (Lubrikan) memiliki kontribusi terkecil terhadap rasio S/N yaitu sebesar 6,55%.

3.3. Pembahasan

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada analisa sebelumnya, maka diketahui kombinasi faktor yang berpengaruh terhadap rata-rata dan rasio S/N kekasaran permukaan adalah sama yaitu kecepatan putaran *spindle* 1600 rpm, *feed rate* 140 mm/menit, dan lubrikan jenis dromus.

Dari hasil perhitungan interval kepercayaan pada tingkat kepercayaan 95% untuk eksperimen awal kemudian dibandingkan dengan interval kepercayaan untuk eksperimen konfirmasi berada pada interval kepercayaan eksperimen Taguchi. Interval kepercayaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Interpretasi hasil pengukuran permukaan benda kerja			
Respon (Kekasaran Permukaan)		Prediksi	Optimasi
Eksperimen Kombinasi Awal	Rata-rata (μm)	1,290	$1,290 \pm 0,433$
	Rasio S/N (dB)	-2,212	$-2,212 \pm 2,046$
Eksperimen Taguchi	Rata-rata (μm)	0,891	$0,6816 \pm 3,186$
	Rasio S/N (dB)	0,997	$1,9303 \pm 1,5372$
Eksperimen Konfirmasi Optimum	Rata-rata (μm)	0,829	$0,829 \pm 0,433$
	Rasio S/N (dB)	1,621	$1,621 \pm 2,046$

Berdasarkan interpretasi hasil perhitungan kekasaran permukaan yang tertera pada Tabel 5, yaitu eksperimen Taguchi ke eksperimen konfirmasi mengalami peningkatan pada rata-rata variabilitasnya (Rasio S/N). Dengan demikian kombinasi optimal faktor-faktor tersebut terbukti dapat meningkatkan kualitas kekasaran permukaan benda kerja.

Rata-rata kekasaran permukaan yaitu 0,829 berada diantara interval keyakinan rata-rata hasil prediksi (0,396 – 1,262). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *setting* kombinasi level variabel pada kondisi optimum yang telah didapat adalah valid.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan, proses optimasi, percobaan konfirmasi dan analisis yang telah dilakukan, maka dari penelitian ini yang berjudul “Optimasi Kekasaran Permukaan Proses *Drilling* Baja SKD 11 pada CNC *Milling* Menggunakan Metode Taguchi” kombinasi variabel proses yang dapat menghasilkan nilai respon terbaik adalah putaran *spindle* 1600 rpm, *feed rate* 0,140 mm/menit, dan lubrikan yang digunakan jenis dromus dengan rata-rata kekasaran permukaan sebesar 0,829 μm .

DAFTAR PUSTAKA

- Nasr, E. A., & Kamrani, A. K. (2007). *Computer-based design and manufacturing: An information-based approach*. Springer, Boston, MA. <https://doi.org/10.1007/b101244>
- Ndaruhadi, P. W., & Santosa, B. (2015). Akurasi Lubang Bor Hasil Proses Pengeboran Pada Material SKD-11. *Prosiding SNIJA*, 191–195.
- Rahman, H. S., Rahmad, I. F., & Saleh, A. (2017). Perancangan Mesin Cnc (Computer Numericaly Control) Mini Plotter Berbasis Arduino. *IT Journal*, 5(2), 152–161. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22303/it.5.2.2017.152-161>
- Soejanto, I. (2009). Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi. In *Yogyakarta: Graha Ilmu*. Graha Ilmu.
- Syabbuddin, & Santoso, T. B. (2018). Optimasi Parameter Pemotongan Proses Drilling Terhadap Kekasaran Permukaan Dan Laju Pelepasan Material Menggunakan Metode Taguchi. *Prosiding KITT (Konferensi Ilmiah Teknologi Texmaco)*, 1(1), 117–124.
- Widarto. (2008). *TEKNIK PEMESINAN JILID 2 SMK Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan*.