

OPTIMASI PARAMETER PEMOTONGAN PROSES *DRILLING* TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN DAN LAJU PELEPASAN MATERIAL MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Syahbuddin, Tataq Budi Santoso¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

Kata kunci:

Drilling, twist drill, internal coolant, Taguchi.

Email penulis:

sybuddin@yahoo.com
tbsantoz22@gmail.com

Abstract

Makalah ini berfokus pada optimasi parameter pemotongan pada proses *drilling* menggunakan teknik Taguchi untuk menentukan kekasaran permukaan (Ra) dan laju pelepasan material (MRR) optimal. Jumlah penelitian ditentukan dengan orthogonal array L9. Penelitian ini menggunakan material baja *mild steel* ASTM A36 yang diproses menggunakan sebuah mesin CNC Vertical Milling dan jenis mata bor (*twist drill*) karbida dengan fitur *internal coolant*. Metode ini menggunakan kecepatan potong (*cutting speed*) dan besar pemakanan (*feed*) sebagai faktor terikat yang mempengaruhi kekasaran dan mempunyai variasi (*level*); 80, 100, dan 120 m/menit untuk *cutting speed* dan 0.14, 0.15, 0.16 mm/putaran untuk *feed*. Penentuan S/N rasio untuk masing-masing variasi parameter untuk menampilkan grafik parameter optimum yang dapat dicapai. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa parameter kecepatan potong yang optimum berada ada level 1 yaitu 80 m/menit dan besar pemakanan pada level 2 yaitu 0.15 mm/putaran dapat dicapai untuk kekasaran permukaan yang optimal. Sedangkan untuk laju pelepasan material kecepatan optimum berada pada level 3 yaitu 120 m/menit dan besar pemakanan 0.16 mm/putaran.

1. PENDAHULUAN

Jumlah biaya terbesar yang dihabiskan untuk alat potong (*cutting tool*) hanya digunakan untuk latihan (*trial*). Oleh karena itu, dari sudut pandang biaya dan produktivitas, pemodelan dan optimalisasi proses *drilling* sangat penting bagi industri manufaktur (Jalali 1996). Diantara proses pemesinan tradisional, *drilling* merupakan salah satu operasi pemotongan logam terpenting, yang meliputi 33% operasi pemotongan logam (Chen W C et.al, 1999). Metode pemotongan logam modern telah meningkat pesat di industri manufaktur, proses *drilling* dengan mesin CNC menjadi alternatif yang sangat baik untuk industri manufaktur yang mengandalkan, kecepatan, ketepatan dan kualitas produk yang maksimal.

Desain Taguchi terbukti menjadi metode yang efisien untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi dengan biaya yang sangat murah. Tujuan dari *robust design* taguchi adalah untuk mengetahui pengaturan parameter yang optimal dan membuat kinerja proses yang tidak sensitif terhadap berbagai sumber variasi. Pendekatan ini secara ekonomis dapat memenuhi kebutuhan akan pemecahan masalah dan optimasi desain. Teknik Taguchi memungkinkan optimasi proses dengan jumlah eksperimen minimal tanpa perlu pengembangan model proses. Dengan metode ini, sangat mungkin untuk mengurangi waktu dan biaya untuk penyelidikan eksperimental sehingga meningkatkan karakteristik kinerja (Kumar, J.Pradeep 2012).

Dalam industri manufaktur *Heat Exchanger*, proses *drilling* merupakan proses pemesinan utama untuk komponen *tube sheet / header plate* tempat meletakkan sekaligus menopang *tube* agar dapat mengalirkan fluida dari *inlet* ke *outlet*. Komponen ini mempunyai jumlah lubang beragam sesuai dengan ukuran, tipe dan diameter tube yang dipakai yang umumnya berjumlah lebih dari 300 lubang dalam satu unit. Waktu proses pemesinan yang cepat sangat dibutuhkan demi produktivitas dan biaya pemesinan. Selain waktu proses yang juga tak kalah penting adalah

kualitas kekasaran lubang juga harus diperhatikan karena akan berpengaruh terhadap gejala kebocoran ketika *tube* sudah terpasang.

Operasi *drilling* dievaluasi berdasarkan karakteristik kinerja seperti kekasaran permukaan serta laju pelepasan material dan berkorelasi kuat dengan parameter pemotongan seperti kecepatan potong, besar pemakanan, kecepatan pemakanan dan putaran spindel. Dalam konteks ini, kedua parameter kecepatan pemotongan, dan pemakanan dipilih sebagai parameter terikat dan parameter yang dapat dikontrol seperti kekasaran permukaan (R_a).

Penelitian ini menggunakan material ASTM A36 merupakan baja karbon rendah yang banyak dipasarkan atau *equivalen* dengan tipe SS400. Baja ini dipilih karena sifatnya yang mudah dilakukan proses pemesinan, pengelasan, dan galvanising.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan kekasaran permukaan dan laju pelepasan material yang optimum pada proses *drilling* berdasarkan *setting parameter* pemotongan yang digunakan. *Setting parameter* berguna untuk menghasilkan kualitas kekasaran terutama untuk produk dengan spesifikasi tertentu pada proses pemesinan terutama proses *drilling*. *Setting parameter* juga berguna untuk mendapatkan nilai laju pelepasan material yang berdampak pada kecepatan proses *drilling* untuk mengurangi *cycle time*.

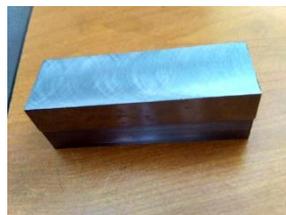
2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Indocool Solusi Cemerlang yang beralamat di jalan Lanbau No. 178 Citeureup, Bogor dan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Pancasila, Jakarta Selatan.

2.2 Material dan Teknik Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan material ASTM A36 yang mempunyai kandungan element Carbon: 0.25-0.29%, Copper: 0.20%, Iron: 98%, Manganese: 1,03%, phosphorous: 0.04%, Silicon: 0.28%, Sulfur: 0.05%. dan mempunyai kerapatan (*density*) 7.85 g/cm³. Sedangkan mechanical property adalah Ultimate Yield Strength: 400-500 MPa, Yield Strength: 250 MPa, dan Modulus elastisitasnya: 200 GPa. Untuk dimensi material penelitian dengan ukuran 20 x 60 x 20 mm.



Gambar 1: Material pengujian

Mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis mesin CNC Vertical Milling dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1: Spesifikasi Mesin

No	Diskripsi	
1	Merk	Neway VM110
2	Produsen	China
3	Dimensi Meja	1000x500x500
4	Putaran Spindel, maks	10000 Rpm
5	Tahun Pembuatan	2016

Drill yang digunakan adalah bahan karbida dengan lapisan *coating* AlCrN (*Aluminium Chromium Nickel*) merk Seco dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2: Spesifikasi Drill

No	Diskripsi	
1	Merk	Seco
2	Tipe	SD1105A
3	Produsen	Jerman
4	<i>Coating</i>	AlCrN
5	Kedalaman Drill	5xD
6	Diameter Drill	4.9 mm
7	<i>Point Angel</i>	140 deg



Gambar 2: Drill dengan fitur *hole internal Coolant*.

Semua proses *drilling* dilakukan dengan *coolant semi-synthetic* yang mengalir sepanjang *spindle* dengan tekanan > 10 bar. Sedangkan variasi kecepatan potong: 80, 100, dan 120 m/menit dan pemakanan: 0.14, 0.15 dan 0.16 mm/putaran. Kekasaran permukaan diukur *roughness tester Mitutoyo SJ-201* dengan kepresisian 0.01 micron.

2.3. Metode Taguchi

Metode Taguchi diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taguchi (1940) yang merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin.

Sasaran metode Taguchi adalah peningkatan kualitas produk, dengan mencari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas, lalu memisahkannya kedalam faktor kendali dan faktor tidak terkendali (*noise*). Masing-masing faktor dibagi berdasarkan level, lalu dipilih matriks *orthogonal* sebagai alat bantu untuk pelaksanaan eksperimen berdasarkan jumlah faktor dan level faktor yang terpilih. Hasil eksperimen dianalisis dengan *Signal to Noise Ratio (S/N)* untuk menentukan faktor-faktor dan level faktor yang paling berpengaruh pada kualitas produk.

Metode Taguchi menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut *Orthogonal Array*. Matriks standar ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah percobaan minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin dari semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari metode *Orthogonal Array* terletak pada pemilihan kombinasi level variabel-variabel *input* untuk masing-masing percobaan.

2.3. Rasio Signal terhadap Noise (S/N Ratio)

Taguchi memperkenalkan pendekatan S/N rasio untuk meneliti pengaruh faktor *noise* terhadap variasi yang timbul. Jenis dari S/N rasio tergantung pada karakteristik yang diinginkan, yaitu :

1. *Smaller the Better*

Karakteristik kualitas dimana semakin rendah nilainya, maka kualitas semakin baik. Contohnya adalah dalam mencari kekasaran permukaan optimum proses pemesinan, dimana semakin kecil kekasaran permukaan semakin baik permukaannya. Contoh lain adalah keausan, kebocoran dan lain-lain.

Nilai S/N untuk jenis karakteristik STB adalah:

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

Dimana,

n : jumlah test dalam percobaan.

y : data dari percobaan

2. *Larger the Better*

Karakteristik kualitas dimana semakin besar nilainya, maka kualitas semakin baik. Contohnya adalah kekuatan material, efisiensi bahan bakar dan lain-lain.

Nilai S/N untuk jenis karakteristik LTB adalah :

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

3. *Nominal-the-Better (NTB)*

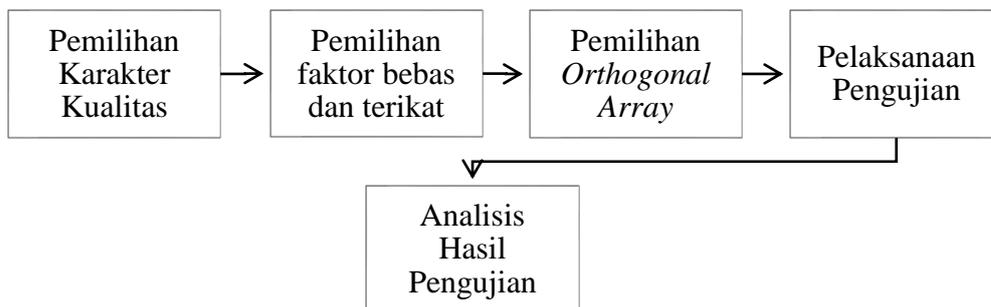
Karakteristik kualitas dimana ditetapkan suatu nilai nominal tertentu, jika nilainya semakin mendekati nilai nominal tertentu tersebut maka kualitasnya semakin baik. Contohnya adalah ukuran produk dimana semakin mendekati ukuran nominal yang ditetapkan kualitasnya semakin baik, contoh lainnya adalah *clearance*, *viskositas* dan lain-lain.

Nilai S/N untuk jenis karakteristik NTB :

$$\frac{S}{N} STB = -10 \log \left[\frac{Vm - Ve}{Ve} \right] \quad \dots(3)$$

4. Prosedur Desain Parameter Taguchi

Diagram prosedur dan langkah percobaan metode Taguchi ini dapat dilihat pada diagram berikut ini.



Gambar 3: Langkah Desain Parameter Taguchi

5. Langkah Penelitian

Pemilihan Karakter Kualitas

Karakteristik kualitas berdasarkan metode Taguchi yang sesuai pada penelitian ini adalah *Smaller-the-Better* (STB), karena hasil yang diinginkan pada penelitian ini adalah kekasaran permukaan yang paling kecil dari proses *drilling* dengan parameter pemotongan yang dilakukan. Untuk laju pelepasan material (*Material Removal Rate*) penelitian ini menggunakan S/N Rasio *Large-the-Better*.

Pemilihan faktor bebas dan terikat

Faktor bebas dalam penelitian ini adalah kecepatan potong dan pemakanan. Sedangkan faktor terikatnya adalah kekasaran permukaan. Tabel 3 adalah desain level dan faktor parameter eksperimen Taguchi.

Tabel 3: Penentuan Faktor dan Level

Simbol	Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
A	Kecepatan Potong (m/menit)	80	100	120
B	Pemakanan (mm/putaran)	0.14	0.15	0.16

Penentuan Orthogonal Array

Pemilihan *orthogonal array* pada parameter Taguchi ini dilakukan dengan menggunakan bantuan software *MiniTab 17*. Karena ada dua faktor dan tiga level untuk masing-masing faktor maka *OA* nya adalah L_93^2 artinya adalah ada 9 variasi percobaan untuk dua faktor dengan 3 level.

Tabel 4: *Orthogonal Array* Taguchi $L_9(3^2)$

Jumlah Eksperiment	Kec. Potong	Pemakanan
1	1	1
2	1	2
3	1	3
4	2	1
5	2	2
6	2	3
7	3	1
8	3	2
9	3	3

Pelaksanaan Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui hubungan parameter terhadap kekasaran permukaan benda kerja. Pengukuran kekasaran permukaan menggunakan alat *surface roughness tester Mitutoyo SJ-201* Setelah dilakukan pengukuran maka dimasukkan ke Table 5.



Gambar 4: *Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-201*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengukuran dengan alat uji kekasaran seperti yang terlihat pada gambar 4 dengan melakukan pengukuran tiga kali pada setiap lubang sesuai parameter, didapatkan nilai respon seperti ditunjukkan pada tabel 5

Tabel 5: Data Hasil Pengukuran

Percobaan	Kec. Potong (m/menit)	Pemakanan (mm/put)	Respon (μm)		
			1	2	3
1	80	0,14	0,64	0,23	0,36
2	80	0,15	0,37	0,49	0,47
3	80	0,16	0,31	0,3	0,34
4	100	0,14	0,25	0,41	0,62
5	100	0,15	0,45	0,36	0,3
6	100	0,16	0,86	0,8	0,49
7	120	0,14	0,57	0,75	0,55
8	120	0,15	0,52	0,51	0,4
9	120	0,16	0,26	0,35	0,46

Dengan rumus S/N Rasio *Smaller the Better* ⁽¹⁾ dicari S/N Rasio dari rata-rata hasil pengukuran kekasaran permukaan (*MEAN RA*). Sedangkan untuk S/N Rasio laju pelepasan material digunakan rumus *Large the Better* ⁽²⁾.

Tabel 6: S/N untuk Nilai Kekasaran (Ra) dan Laju Pelepasan Material (MRR)

Percobaan	Kec. Potong (m/menit)	Pemakanan (mm/put)	Respon (μm)			MEAN RA (μm)	S/N RA	MRR (cm^3/menit)	S/N MRR
			1	2	3				
1	80	0,14	0,64	0,23	0,36	0,41	7,74	13,72	22,75
2	80	0,15	0,37	0,49	0,47	0,44	7,07	14,70	23,35
3	80	0,16	0,31	0,30	0,34	0,32	9,99	15,68	23,91
4	100	0,14	0,25	0,41	0,62	0,43	7,40	17,15	24,69
5	100	0,15	0,45	0,36	0,30	0,37	8,64	18,37	25,28
6	100	0,16	0,86	0,80	0,49	0,72	2,89	19,60	25,85
7	120	0,14	0,57	0,75	0,55	0,62	4,11	20,58	26,27
8	120	0,15	0,52	0,51	0,40	0,48	6,44	22,05	26,87
9	120	0,16	0,26	0,35	0,46	0,36	8,95	23,52	27,43

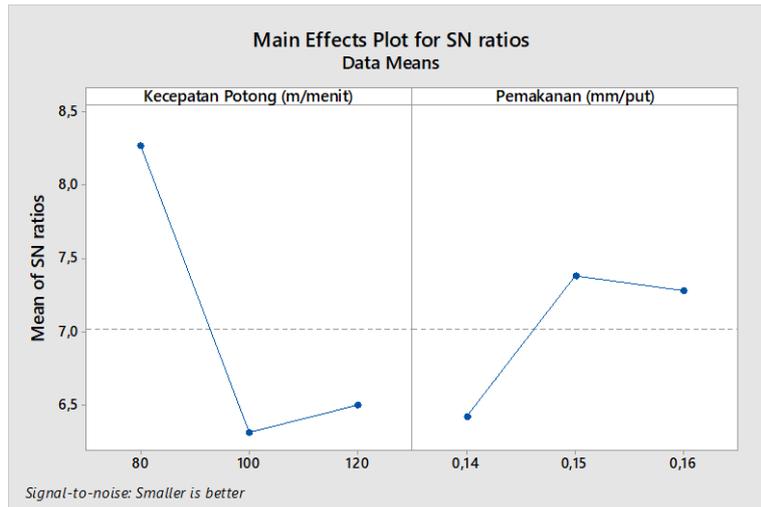
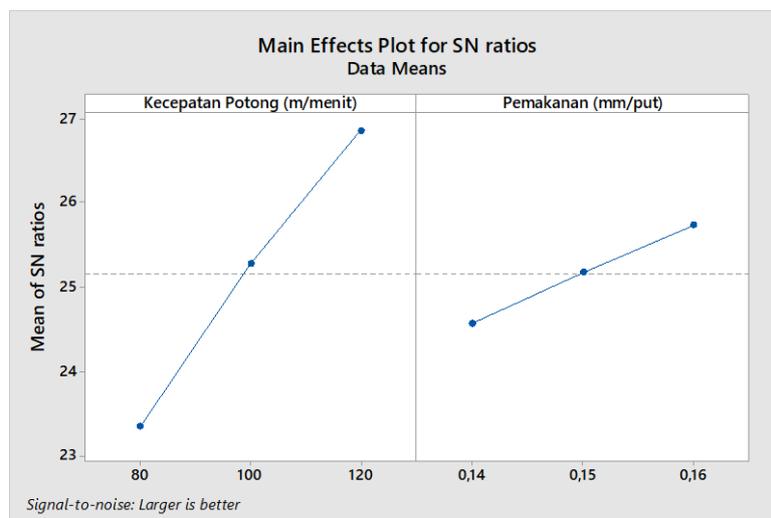
Tabel 7: S/N Rasio untuk nilai Kekasaran Permukaan (Ra)

Level	Kec. Potong	Pemakanan
	(m/menit)	(mm/putaran)
1	8,266	6,416
2	6,303	7,379
3	6,499	7,279
Delta	1,957	0,963
Rank	1	2

Tabel 8: S/N Rasio untuk nilai laju pelepasan material (MRR)

Level	Kec. Potong	Pemakanan
	(m/menit)	(mm/putaran)
1	23,33	24,57
2	25,27	25,17
3	26,86	25,73
Delta	3,52	1,16
Rank	1	2

Berdasarkan tabel 7 dan tabel 8 dibuatkan grafik untuk mengetahui parameter optimum untuk kekasaran permukaan dan laju pelepasan material.

Gambar 5: Grafik S/N Rasio untuk Kekasaran Permukaan (R_a)Gambar 6: Grafik S/N Rasio untuk Laju Pelepasan Material (MRR)

Pada gambar 5 terlihat S/N Rasio untuk kekasaran permukaan (R_a) yang paling optimum ditunjukkan oleh parameter kecepatan potong level 1 adalah 80 m/menit, dan pemakanan pada level 2 sebesar 0.15 mm/putaran. Sedangkan MRR pada kecepatan potong level 3 yaitu 120 m/menit dan besar pemakanan pada level 3 yaitu 0.16 mm/putaran.

5. Kesimpulan

Metode Taguchi telah diaplikasikan untuk mengetahui kekasaran permukaan pada material baja ASTM A36 dan dapat di simpulkan bahwa:

1. 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.
2. Parameter pemotongan yang optimum untuk laju pelepasan material (MRR) adalah kecepatan potong berada pada level 3 yaitu 120 m/menit dan besar pemakanan berada di level 3 yaitu 0.16 mm/putaran.

Daftar Pustaka

- Chen W.C., Tsao CC. (1999) Cutting performance of different coated twist drills. *J Mater Process Technol.* 88: 203-207
- Kumar, J. Pradeep. P. Packiaraj, (2012) Effect Of Drilling Parameters On Surface Roughness, Tool Wear, Material Removal Rate and Hole Diameter Error In Drilling of OHNS, Int. J. of Adv. Eng. Research and Studies. E-ISSN2249–8974
- Jalali S.A., Kolarik W.J., (1991) Tool life and machinability models for drilling steels. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 31 (3) 273–282.