



Terbit online pada laman web jurnal : <http://metal.ft.unand.ac.id>

METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal

| ISSN (Print) 2598-1137 | ISSN (Online) 2597-4483 |



Artikel Penelitian

Optimasi Parameter Permesinan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Aluminium Proses Pembubutan Dengan Metode Taguchi

Diki Ismail Permana^a, Yayat^b

^aJurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional, Jl. PHH Mustafa No.23 Bandung 40124, Indonesia

^bJurusan Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Setiabudhi No.299 Bandung, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 08 Februari 2019

Revisi Akhir: 22 Maret 2019

Diterbitkan Online: 29 April 2019

KATA KUNCI

Machining Parameteres

Surface roughness

Taguchi Method

KORESPONDENSI

E-mail: dicky91Permana@itenas.ac.id

A B S T R A C T

This study is aimed to determine the most suitable machining parameters to produce optimum surface roughness on turning operations using the Hurco TM20 CNC machine, ISCAR DNMG IC907 insert tool with aluminum 6061 as an object test material. The analysis was carried out using the Taguchi method with objective functions smaller the better and using ANOVA (analysis of variance) that determines which machining parameters have a significant effect on surface roughness. The machining parameters that evaluated are spindle speed, feedrate, and depth of cut. The test results shows that the machining parameters that produce the optimal surface roughness level is on range of 0.28 ± 0.13 , and the parameters are spindle speed = 2092 rpm, feedrate = 0.07 mm / ref, dept of cut = 0.5 mm.

1. PENDAHULUAN

Dalam industri manufaktur, proses produksi dilakukan dengan sangat cepat. Penggunaan mesin CNC sangat disarankan karena hasil proses yang dilakukan sangat baik dibandingkan dengan cara konvensional. Mesin CNC banyak dipakai di industri manufaktur diantaranya industri otomotif dan industri kedirgantaraan. Mesin CNC digunakan untuk membuat komponen – komponen otomotif, poros, cetakan blok mesin, cetakan ruang bakar, dan pekerjaan permesinan yang sifatnya meratakan permukaan, membuat lubang, ulir dan tap ulir.

Kualitas barang produksi dianggap baik apabila memenuhi kriteria atau memenuhi standar kualitas produk salah satunya pemenuhan dalam kualitas

geometri [1]. Suatu komponen mesin mempunyai karakteristik geometri yang ideal apabila komponen tersebut mempunyai: 1) Ukuran/dimensi produk yang presisi, 2) Bentuk produk yang sempurna, dan 3) Permukaan benda yang halus [1].

Seperti pada mesin produksi lainnya, saat melakukan proses pembubutan dengan mesin CNC, seorang operator mesin perlu menentukan dan memilih parameter permesinan yang tepat agar mendapatkan hasil produk yang optimal. Parameter permesinan yang perlu ditentukan oleh seorang operator mesin bubut CNC yaitu kedalaman potong (*depth of cut*), kecepatan potong (*cutting speed*), kecepatan pemakanan (*feed rate*), dan putaran spindle (*spindle speed*).

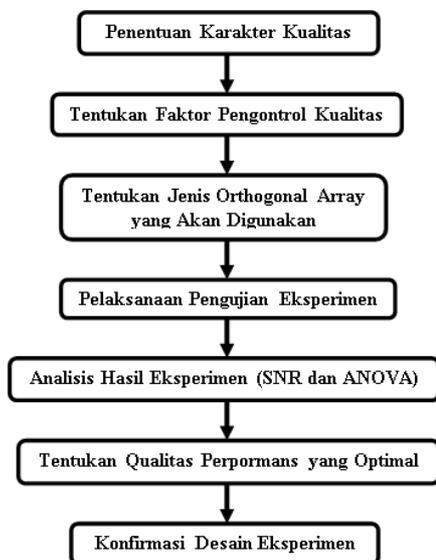
Pada proses pembubutan terdapat metode yang dipakai untuk menentukan suatu kualitas permukaan benda kerja salah satunya menggunakan Metode Taguchi. S.L Yim *et al.* [2] membahas berbagai metode analisa suatu proses permesinan agar dapat menghasilkan performans yang optimal.

Di antara metode eksperimen tersebut adalah : Metode desain uniform, metode desain faktorial fraksi, metode respon permukaan, metode grey analisis, dan metode taguchi. Menurut Yim [2], metode Taguchi merupakan metode design yang paling mudah dilakukan baik dari segi biaya maupun teknis pelaksanaannya. Metode Taguchi merupakan suatu metode yang cukup efektif dalam menentukan faktor yang berpengaruh terhadap suatu gejala atau proses tertentu.

Pada penelitian ini dipilih Metode Taguchi untuk menentukan parameter pemesinan yang terdiri dari kecepatan putaran spindle (*spindle speed*), kecepatan pemakanan (*feed rate*) dan kedalaman pemakanan (*depth of cut*) [3]. Alasan pemilihan parameter di atas adalah karena bisa dioptimasi oleh operator mesin CNC dengan cara melakukan kombinasi dari parameter-parameter tersebut.

2. METODOLOGI

Pada Gambar 1 diperlihatkan *flow chart* langkah-langkah dalam penelitian.



Gambar 1. Flow Chart Penelitian

2.1. Penentuan Karakter Kualitas

Terdapat tiga jenis karakter kualitas dalam metode eksperimen Taguchi, diantaranya adalah *Smaller is better*, *Nominal the better*, dan *Larger the better* [4]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kekasaran permukaan (Ra) yang minimum pada proses pemesinan bubut. Kekasaran permukaan yang rendah menandakan kualitas permukaannya baik. Oleh karena itu, karakter kualitas yang dipilih adalah “Smaller is better”.

2.2. Penentuan Faktor Pengontrol Kualitas

Dalam penelitian ini di pilih faktor atau parameter bebas diantaranya, kecepatan potong (*cutting speed*), kecepatan pemakanan (*feed rate*), kedalaman pemakanan (*depth of cut*). Untuk faktor kontrolnya adalah kekasaran permukaan, karena variabel ini hasilnya dipengaruhi oleh faktor bebas

Tabel 1. Desain Parameter dan Level Taguchi

Parameter	Level			Hasil Penelitian
	1	2	3	
Kec. Potong (m/min)	152	167	183	- Kekasaran permukaan
Kec. Spindel (A) (rpm)	1905	2093	2292	
Kec. Pemakanan (B) (mm/ref)	0,05	0,07	0,10	
Kedalaman Pemakanan (C) (mm)	0,5	1,0	1,5	
Kondisi Pemotongan	Kering			

2.3. Penentuan Jenis Orthogonal Array

Ada empat parameter yang diteliti dalam eksperimen ini. Masing - masing parameter terdiri dari tiga level. Perhitungan derajat kebebasan berdasarkan jumlah faktor dan level dinyatakan oleh :

$$\begin{aligned}
 \text{Derajat kebebasan} &= (\text{banyaknya faktor}) \times (\text{banyaknya level} - 1) \\
 &= 3 \times (3 - 1) = 6
 \end{aligned}$$

Matriks orthogonal harus dipilih sesuai dengan eksperimen. Dalam hal ini derajat kebebasan pada matriks orthogonal standar harus lebih besar atau

sama dengan perhitungan pada eksperimen [4]. Dalam penelitian ini dipilih orthogonal array L9 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Orthogonal Array

Eksperimen	Faktor			
	Spindle Speed (A)	Feedrate (B)	Depth of Cut (C)	Cutting Condition
1	1	1	1	1
2	1	2	2	1
3	1	3	3	1
4	2	1	2	1
5	2	2	3	1
6	2	3	1	1
7	3	1	3	1
8	3	2	1	1
9	3	3	2	1

2.4. Pelaksanaan Pengujian Eksperimen

Ada sembilan set eksperimen dalam pengukuran tingkat kekasaran permukaan dengan parameter yang berbeda seperti terlihat pada Tabel 2. Mesin CNC yang digunakan dalam penelitian ini adalah Hurco TM6 dan pahat insert yang digunakan adalah Iscar DNMG IC907. Sedangkan, spesimen menggunakan Aluminium 6061 dan untuk pengukuran kekasaran permukaan spesimen menggunakan alat ukur *surf test* Mitutoyo SJ301 seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengujian Tingkat Kekasaran

2.5. Pengolahan Data

Setelah data eksperimen terkumpul, maka dilakukan pengolahan data. Analisis hasil penelitian terdiri dari tiga macam, yaitu analisis

hasil data rata-rata, S/N Rasio dan analisis variansi (ANOVA).

2.5.1. Analisis S/N Rasio

Persamaan S/N Rasio diberikan oleh :

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

Dimana : n = jumlah pengukuran setiap pengujian
 y = nilai data

S/N Rasio suatu ukuran untuk menentukan kualitas dari sebuah sinyal yang terganggu oleh derau atau bunyi [8]. Dalam penelitian ini, estimasi SNR dilakukan dengan menggunakan metode taguchi. Sinyal masukan (sinyal uji) dimodelkan dengan sinyal sinusoidal, karena dalam mengukur tingkat kekasaran yang hasilnya berupa grafik sinusoidal sangat tergantung oleh keadaan sekitar terutama bunyi.

2.5.2. Analisis ANOVA

Model Analisis Variansi merupakan teknik perhitungan kuantitatif yang memperkirakan kontribusi dari setiap faktor dalam mengidentifikasi pengujian kebenaran hipotesis terhadap pengaruh faktor terkendali [5]. Tujuan Anova adalah untuk menentukan parameter permesinan yang berpengaruh signifikan terhadap karakter kualitas. Berikut beberapa persamaan yang digunakan dalam perhitungan Anova.

- Perhitungan Jumlah Kuadrat

$$SS = \left[\sum_{i=1}^{kA} \left(\frac{A_i^2}{n_{Ai}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \tag{2}$$

- Perhitungan Derajat Kebebasan

$$V = N - 1 \tag{3}$$

- Perhitungan Rata-rata Kuadrat

$$MS = \frac{SS}{V} \tag{4}$$

- Perhitungan Uji F-ratio

$$F = \frac{MS}{MSe} \tag{5}$$

- Perhitungan SS'

$$SS' = SS - MSe (V) \tag{6}$$

- Perhitungan Persen Kontribusi

$$P = \frac{SS_I}{SS_T} \times 100\% \tag{7}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis

Parameter yang diolah dalam studi ini adalah data kekasaran rata-rata (*Roughness Average*) atau yang disingkat dengan Ra. Ra merupakan harga aritmatik bagi harga absolut antara jarak profil terukur dengan profil tengah [3].

Analisis hasil untuk penelitian ini terdiri dari tiga macam yaitu analisis data rata-rata, analisis S/N Rasio (SNR), dan analisis variansi (ANOVA). Tabel 3 merupakan hasil pengukuran tingkat kekasaran dan SNR setiap faktor.

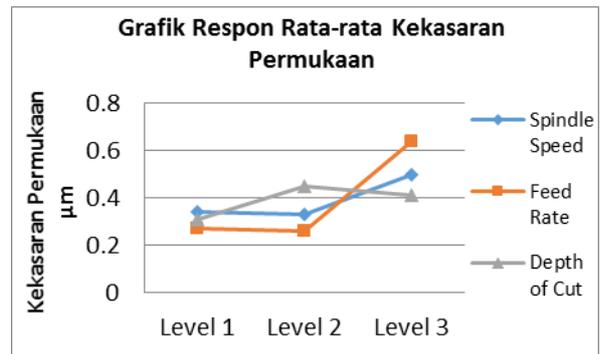
Tabel 3. Hasil Pengukuran Tingkat Kekasaran

Eksperimen	Ra (µm)	SNR (db)
1	0.19	14.4
2	0.27	11.4
3	0.57	4.9
4	0.23	12.8
5	0.26	11.7
6	0.49	6.2
7	0.40	7.9
8	0.24	12.4
9	0.86	1.3

3.1.1. Pengaruh Level Faktor Terhadap Rata-rata Kekasaran Permukaan

Untuk mengidentifikasi pengaruh level dari faktor terhadap rata-rata kekasaran permukaan, dilakukan pengolahan data respon kekasaran benda yang diperoleh dari pengukuran kekasaran. Sehingga di dapat grafik respon rata-rata kekasaran permukaan seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.

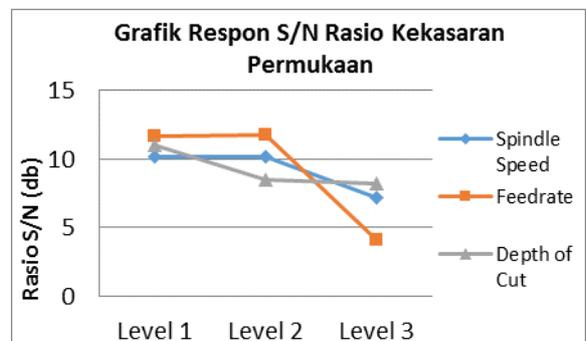
Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa proses yang memberikan produk dengan performans terbaik adalah proses parameter yang memberikan nilai kekasaran minimum yaitu A2B2C1 dengan nilai kekasaran berturut A2 = 0.33 ; B2 = 0.26 ; C1 = 0.31.



Gambar 3. Grafik Respon rata-rata Kekasaran Permukaan

3.1.2. Pengaruh Level Faktor Terhadap S/N Rasio

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara rasio S/N terhadap level dari *cutting speed*. Dari Gambar 4 dapat dikatakan bahwa parameter proses permesinan yang memberikan nilai SNR terbesar adalah A2B2C1 dengan nilai berturut-turut adalah A2 = 10.2 ; B2 = 11.8 ; C1 = 11, atau dengan kata lain parameter *cutting speed* berada pada level 2 yang menghasilkan nilai S/N Rasio sebesar 10,2 db ; *feedrate* pada level 2 menghasilkan 11,8 db; dan *depth of cut* pada level 1 menghasilkan 11 db.



Gambar 4. Grafik Respon S/N Rasio Kekasaran Permukaan

3.2. Anova

Tujuan dari analisis variansi adalah untuk menentukan parameter permesinan yang signifikan terhadap karakteristik kualitas [5]. Analisis ANOVA diperlihatkan pada Tabel 4. Dari Tabel 4, terlihat bahwa hanya faktor B (*feedrate*) yang memberikan kontribusi terbesar terhadap rata-rata kekasaran permukaan benda kerja, yaitu sebesar 62,5%. Sedangkan faktor C (*Depth of Cut*) hanya

memberikan pengaruh terkecil terhadap kekasaran permukaan yaitu sebesar 2,5%.

Tabel 4. Analisis Varians (ANOVA) untuk Rata-rata Kekasaran Permukaan

Parameter	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-rata Kuadrat	F hitung	F Tabel	SS'	Kontribusi (%)
Spindle speed (A)	0.05	2	0.025	1.67	4.46	0.02	5
Feed rate (B)	0.28	2	0.14	9.33	4.46	0.25	62.5
Depth of cut (C)	0.04	2	0.02	1.33	4.46	0.01	2.5
Error	0.03	2	0.015				30
Total	0.4	8				100	

Tabel 5. Analisis Varians (ANOVA) untuk S/N Rasio

Parameter	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-rata Kuadrat	F hitung	F tabel	SS'	Kontribusi (%)
Spindle speed (A)	18.4	2	9.2	4.5	4.46	14.3	9.4
Feed rate (B)	116.2	2	58.1	28.3	4.46	112.1	76
Depth of cut (C)	14.2	2	7.1	3.5	4.46	10.1	6.6
Error	4.1	2	2.05				8
Total	152.9	8				100	

Tabel 5 memperlihatkan analisis ANOVA untuk S/N Rasio. Berdasarkan Tabel 5, analisis variansi (ANOVA) untuk S/N Rasio dapat memperkuat pembahasan di atas tentang pengaruh parameter *feedrate* terhadap tingkat kekasaran permukaan. Hal ini dibuktikan dengan perhitungan kontribusi S/N Rasio pada parameter *feedrate* sebesar 76% dan perhitungan $F_{hitung} (28.3) > F_{tabel} (4.46)$ [6].

3.3. Prediksi Performan Optimal

Telah diketahui faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap rata-rata kekasaran permukaan benda yang optimum, diantaranya :

Faktor *Spindle Speed* (A) level 2 = 2093 Rpm

Faktor *Feedrate* (B) level 2 = 0,07 mm/ref

Faktor *Depth of Cut* (C) level 1 = 0,5 mm

Dengan menggunakan perhitungan prediksi kekasaran, di dapat nilai Ra prediksi minimum sebesar 0,15 μm dan nilai maksimum sebesar 0,45

μm , adapun nilai prediksi minimum untuk S/N Rasio adalah 8,95 db dan maksimumnya sebesar 14,15 db.

3.4. Konfirmasi Desain Eksperimen

Dalam sistem parametrik desain, eksperimen konfirmasi sangatlah perlu dilakukan untuk mengecek apakah hasil analisis yang telah dilakukan benar atau tidak [7]. Eksperimen konfirmasi dilakukan berdasarkan hasil dari eksperimen sebelumnya. Pada eksperimen konfirmasi, faktor dan level ditetapkan seperti faktor dan level optimal yaitu faktor *Spindle speed* sebesar 2093 rpm yaitu pada level 2, kemudian faktor *feedrate* sebesar 0.07 mm/ref yaitu pada level 2, dan faktor *depth of cut* sebesar 0.5 mm yaitu pada level 1. Untuk konfirmasi diambil 1 sampel dengan 3 pengukuran tingkat kekasaran dengan level pada kondisi optimum.

Tabel 6. Konfirmasi Desain

Tingkat Kekasaran Permukaan (Ra)			Mean (μm)	S/N Rasio (db)
1	2	3		
0.27 μm	0.30 μm	0.28 μm	0.28	10,96

Tabel 6 merupakan hasil dari eksperimen konfirmasi dengan menggunakan parameter prediksi optimum. Fungsi utama eksperimen konfirmasi ini adalah untuk memvalidasi dan memverifikasi apakah parameter permesinan yang telah ditunjukkan oleh analisis sebelumnya benar atau tidak. Berdasarkan hasil analisis maka eksperimen konfirmasi dilakukan dengan memilih parameter proses yang optimal yaitu A2B2C1 dengan pengukuran kekasaran menghasilkan rata-rata kekasaran permukaan sebesar 0.28 μm

3.5. Pembahasan

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada analisis di atas, maka diketahui kombinasi faktor dan level yang berpengaruh terhadap rata-rata dan variansi tingkat kekasaran permukaan adalah relatif sama, Hal ini terbukti oleh faktor *spindle speed* pada level 2 sebesar 2093 rpm, faktor *feedrate* pada level 2 sebesar 0.07 mm/ref, dan faktor *depth of cut* pada level 1 sebesar 0.5 mm, menghasilkan tingkat kekasaran permukaan rata-rata sebesar 0,28 μm .

Dari hasil perhitungan interval kepercayaan pada tingkat kepercayaan 0.05 untuk eksperimen taguchi kemudian dibandingkan dengan interval kepercayaan untuk eksperimen konfirmasi berada pada interval kepercayaan eksperimen taguchi. Interval kepercayaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Eksperimen

Respon (Kekasaran Permukaan)		Prediksi	Optimasi
Eksperimen Taguchi	Rata-rata (μm)	0.30	0.30 \pm 0.15
	S/N rasio (db)	11.5	11.5 \pm 2.65
Eksperimen Konfirmasi	Rata-rata (μm)	0.28	0.28 \pm 0.13
	S/N rasio (db)	10.96	10.96 \pm 1.53

Berdasarkan intreptasi hasil perhitungan tingkat kekasaran permukaan benda yang tertera pada Tabel 7, yaitu eksperimen Taguchi terhadap eksperimen konfirmasi mengalami peningkatan kualitas rata-rata dan mengalami penurunan pada variabilitasnya (S/N rasio), tetapi masih dalam range yang ditentukan. Dengan demikian, kombinasi optimal faktor-faktor tersebut di atas terbukti dapat meningkatkan kualitas kekasaran permukaan benda hasil produk proses pembubutan khususnya untuk benda uji berbahan aluminium 6061.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah membahas aplikasi Metode Taguchi untuk menginvestigasi dan mempelajari pengaruh parameter permesinan terhadap kekasaran permukaan Aluminium 6061 dengan menggunakan mesin bubut CNC. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa :

1. Proses pembubutan yang akan memberikan hasil pembubutan dengan nilai kekasaran permukaan yang terbaik sesuai dengan rentang adalah proses permesinan dengan parameter A2B2C1 yaitu pada *spindle speed* = 2093 rpm, *feedrate* = 0.07 mm/ref, dan *depth of cut* = 0.05 mm.
2. Pada tingkat signifikan 5% dari ketiga parameter tersebut yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan adalah *feedrate* yang memberikan kontribusi sebesar 62.5%, dibandingkan parameter lainya seperti *spindle speed* dan *depth of cut* yang hanya memberikan kontribusi berturut-turut 5% dan 2.5%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rochim, Taufiq, *Spesifikasi, Metrologi dan Kontrol Kualitas Geometrik*. Bandung, Indonesia: Penerbit ITB, 2001, Bandung. Pp. 979-9299-41-1
- [2] S.L. Yim, K. M. Yu. *Taguchi Methods to Optimize Tin Coating Surface Methods*. Material Science Forum, 2004., Vols 471-472, pp 891-894.

- [3] Rochim, Taufiq. *Teori dan Teknologi Proses Permesinan*, Bandung, Indonesia: Penerbit ITB, 1982.
- [4] Soejanto, Irwan. *Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta, Indonesia: Graha Ilmu, 2009, pp. 978-979-756-492-6
- [5] Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*, Alfabeta, Bandung, Indonesia: Alfabeta, 2014, pp. 979-8433-64-0
- [6] Siregar, S. *Statistika Terapan*. Jakarta, Indonesia : Grasindo, 2004, pp. 979-7329-739.
- [7] Rusnaldi, et al. *Optimasi Parameter Pemesinan Proses CNC Frais Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Dan Keausan Pahat Menggunakan Metode Taguchi*, Jurnal Teknik Mesin, Universitas Diponegoro, 2010
- [8] Smith, Steven w. *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*. USA : California Technical Publishing, 1999, 2nd edition, pp. 0-9660176-6-8