

ANALISA PARAMETER KEKASARAN PERMUKAAN BAHAN ALUMINIUM JENIS Al Mg Si 3.6082 DIN 1725 PADA PROSES PEMESINAN CNC MILLING

Moch Yunus ¹⁾, Didi Suryana ²⁾, Mulyadi ³⁾

¹⁾²⁾³⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139
Telp: 0711-353414, Fax: 0711-453211

Abstrak

Proses pemessinan akan menghasilkan produk yang baik/sesuai dengan intruksi kerja ditentukan oleh proses finishingnya, sementara masih banyak operator/mekanik mesin perkakas hingga kini masih dihadapkan pada masalah penentuan parameter pemessinan seperti cutting speed, feed rate, dan dept of cut. Melalui hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi berupa tolok ukur parameter optimal pada operasi CNC Milling. Penelitian dilakukan dengan cara eksperimen bahan Al Mg Si 3.6082 DIN 1725 dengan menggunakan CNC Milling. Setiap spesimen yang telah dikerjakan pada CNC Milling dengan tiga variasi cutting speed, feed rate, dan dept of cut diukur kekasaran permukaannya (Ra). Dari hasil data eksperimen selanjutnya dianalisa dengan model regresi untuk mendapatkan model matematik. Model matematik yang dihasilkan berupa persamaan regresi $Y = 0,880 - 0,001 n - 0,004 f + 0,316 a$ dengan tingkat kelayakan 69,8 %.

Kata Kunci : CNC Milling, Al Mg Si 3.6082 DIN 1725, kekasaran permukaan, regresi linier

Abstract

Machining process will produce a good product / work in accordance with the instructions specified by the finishing process, while still a lot of operator / mechanic machine tools are still faced with determining machining parameters such as cutting speed, feed rate, and the dept of cut. Melalui results of this study expected to contribute a measure of optimal parameters in CNC operations carried out by means of experiments Milling. Penelitian Al Mg Si material 3.6082 DIN 1725 using a CNC Milling. Any specimen that has been done on a CNC Milling with three variations of cutting speed, feed rate, and the dept of cut measured surface roughness (Ra). From the results of further experimental data are analyzed with regression models to obtain mathematical models. Mathematical models that produced a regression equation $Y = 0.880 - 0.001 n - 0.004 f + 0.316 a$ a 69.8% level of eligibility.

Keywords: CNC Milling, Al Mg Si 3.6082 DIN 1725, surface roughness, linier regression

1. PENDAHULUAN

Hasil proses produksi yang terkait dengan proses pemessinan ditentukan oleh kondisi penyayatan/pemotongan. Untuk itu F.W.Taylor seorang peneliti dibidang operasi mesin perkakas pada awal abad 19 telah melakukan eksperimen selama 26 tahun yang menghasilkan lebih dari 30.000 eksperimen dan menghasilkan 400 ton geram (Jerard et al, 2001). Tujuan utamanya

adalah menghasilkan solusi sederhana tentang permasalahan dalam menentukan kondisi pemotongan yang aman dan efisien.

Yang dan Chen (2001), menggunakan metode Taguchi untuk merancang prosedur sistematis agar diperoleh parameter yang menghasilkan performa pemessinan optimal serta proses kendali mutu operasi mesin frais. Mesin yang digunakan Fadal VMC-14 Vertical

Milling dengan pahat HSS empat *flute* dan bahan ujinya jenis Alumunium 6061. Parameter optimum yang dihasilkan berupa *depth of cut* 0,2 inch, *spindle speed* 5000 rpm, *feed rate* 10 inch/menit dan *tool diameter* 0,75 inch dengan interval keyakinan 95 % serta rata-rata kekasaran permukaan 23 μ inch. Lebih spesifik pada topik operasi *surface finish*.

Lou et al (1998) membuat prediksi atas kekasaran permukaan alumunium 6061. Mesin yang digunakan Fadal CNC End Milling, hasil prediksinya benda pada akurasi 90,29% untuk *training data* dan 90,03 % untuk *testing data*. Ditinjau dari parameter pemesinan, diketahui lewat uji statistik bahwa *feed rate* memegang peranan penting dalam menghasilkan kekasaran permukaan pada operasi *end milling* yang diteliti.

Taylor percaya bahwa solusi tersebut secara empiris dapat diselesaikan dalam waktu kurang dari setengah menit oleh mekanik/operator yang handal lewat pengalaman mereka. Permasalahannya adalah para mekanik/operator yang handal tersebut mengalami kesulitan dalam penalaran pengetahuannya secara sistematis kepada mekanik/operator yang lain. Hingga saat ini kebanyakan mekanik/operator ketika mengoperasikan mesin-mesin perkakas seringkali hanya menggunakan *trial and error* dalam memilih besaran *cutting speed*, *feed rate* dan *depth of cut*, padahal besaran-besaran tersebut sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil pemesinan serta produktifitas. Dengan demikian perlu dilakukan penelitian untuk menganalisa parameter kekasaran permukaan bahan alumunium jenis Al Mg Si 3.6082 DIN 1725 pada proses CNC Milling.

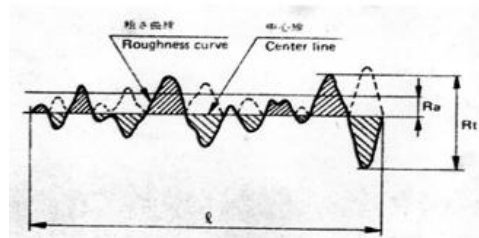
Permukaan adalah batas yang memisahkan antara benda padat dengan sekelilingnya. Jika ditinjau skala kecil pada dasarnya konfigurasi permukaan merupakan suatu karakteristik geometri golongan mikrogeometri, yang termasuk golongan makrogeometri adalah merupakan permukaan secara keseluruhan yang membuat bentuk atau rupa yang spesifik, misalnya permukaan lubang, permukaan poros, permukaan sisi dan lain-lain yang tercakup pada elemen geometri ukuran, bentuk dan posisi (Chang- Xue : 2002).

Kekasaran permukaan dibedakan menjadi dua bentuk, diantaranya :

1. *Ideal Surface Roughness*, yaitu : kekasaran ideal yang dapat dicapai dalam suatu proses pemesinan dengan kondisi ideal.

2. *Natural Surface Roughness*, yaitu : kekasaran alamiah yang terbentuk dalam proses pemesinan karena adanya beberapa faktor yang mempengaruhi proses pemesinan diantaranya :

- a. Keahlian operator,
- b. Getaran yang terjadi pada mesin,
- c. Ketidaktepatan gerakan komponen-komponen mesin,
- d. Ketidakteraturan *feed mekanisme*,
- e. Adanya cacat pada material,
- f. Gesekan antara chip dan material.



Gambar 1: Profil Kurva Kekasaran

Berdasarkan profil kurva kekasaran di atas, dapat didefinisikan beberapa parameter permukaan, diantaranya :

1. Penyimpangan rata-rata aritmatik dari garis rata-rata profil R_a (μ m), yaitu : nilai rata-rata absolut penyimpangan yang diukur dari garis rata-rata (*center line*) profil efektif.

$$R_a = \frac{M}{l} \quad (1)$$

M = luas keseluruhan (arsiran) di atas dan di bawah *center line*.

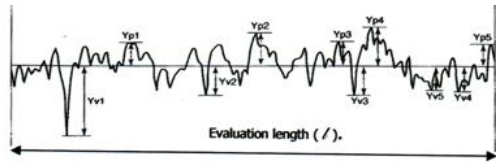
l = panjang uji (*evaluation length*)

2. *Height of Roughness Curve* R_t (μ m) Ketidakrataan ketinggian maksimum R_t (μ m) adalah jarak antara dua garis sejajar yang menyinggung profil pada titik tertinggi dan terendah antara panjang bagian yang diuji.

3. Ketidakrataan Ketinggian Sepuluh Titik R_z (μ m).

Ketidakrataan ketinggian maksimum sepuluh titik R_z adalah jarak rata-rata antara lima puncak tertinggi dan lima lembahan terdalam disepanjang bagian yang diuji, yang diukur dari garis sejajar dengan garis rata-rata disepanjang *evaluation length*.

$$R_z(JIS) = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{pi} + \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{vi} \quad (2)$$



Gambar 2: Kurva Kekasaran dan Perhitungan Rz

Dari beberapa parameter permukaan yang tersebut di atas, parameter Ra relatif lebih banyak digunakan untuk mengidentifikasi permukaan. Parameter Ra cocok digunakan untuk memeriksa kualitas permukaan komponen mesin yang telah dilakukan proses permesinan tertentu [4]. Dibandingkan dengan parameter lain, nilai Ra lebih sensitif terhadap perubahan atau penyimpangan yang terjadi pada proses permesinan. Dengan demikian pencegahan dapat dilakukan dengan cepat jika ada tanda-tanda bahwa ada kenaikan kekasarannya (misalnya dengan cara mengganti perkakas potong atau cara yang lain).

2. BAHAN DAN METODE

Pelaksanaan pengambilan data dalam proses penelitian ini, dilakukan dengan melakukan eksperimen.

1. Bahan/material yang digunakan adalah Al Mg Si 3.6082 DIN 1725
2. Peralatan yang digunakan adalah :
 - Pahat/cutter milling diameter 40 mm tipe/merek Taegutec Xomt 060204 TT 9030
 - Mesin CNC Frais
 - Alat uji kekasaran TR 200/Qualitest
3. Variable Penelitian

Tabel 1. Variabel Penelitian

Perc.	Cutter Speed n (rpm)	Feed Rate f (mm/menit)	Dept of cut a (mm)	Kekasaran Rata-rata (µm)
1	250	90	0,75	
2	500	90	0,75	
3	750	90	0,75	
4	1000	90	0,75	
5	1200	90	0,75	
6	800	25	0,75	
7	800	50	0,75	
8	800	75	0,75	
9	800	100	0,75	
10	800	150	0,75	
11	800	90	0,2	
12	800	90	0,4	
13	800	90	0,6	
14	800	90	0,8	
15	800	90	1	

3. ANALISA DATA

Untuk menganalisa data dari hasil eksperimen menggunakan model *Multiple regression linear* digunakan untuk memprediksikan faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan. Model *regresi linear* berasumsi bahwa ada hubungan linear antara variabel dependen, yaitu tiap prediktor, diantaranya faktor *cutter speed, depth of cut dan feed rate*. Hubungan tersebut digambarkan dengan persamaan Walpole sebagai berikut:

$$Y = b_0 + b_1n + b_2f + b_3t + e \quad (3)$$

Dimana :

- Y = nilai kekasaran permukaan (µm)
- n = cutting speed (rpm)
- f = feed rate (mm/menit)
- t = depth of cut (mm)
- e = nilai kesalahan model regresi

Regresi linier menunjukkan model yang representatif berdasarkan nilai koefisien korelasi R. Nilai R mengindikasikan adanya hubungan linier yang kuat antara variabel independen terhadap nilai kekasaran permukaan. Penentuan variabel independen yang signifikan sebagai prediktor variabel dependen didasarkan pada nilai *significance level* yang kurang dari 0,05 dan tingkat kontribusi variabel independen ditentukan berdasarkan nilai *standardized coefficient*. Semakin besar nilai *standardized coefficient*, semakin besar pula kontribusinya terhadap model regresi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Tabel 2. Nilai Kekasaran Permukaan Hasil Eksperimen

NO	N (rpm)	f (mm/ment)	a (mm)	Ra (µm)		
I	1	250	90	0,75	0,67375	
	2	500			0,3895	
	3	750			0,2645	
	4	1000			0,17525	
	5	1200			0,1415	
II	1	800	25	0,75	0,704	
	2		50		0,602	
	3		75		0,49675	
	4		100		0,24175	
	5		150		0,30275	
III	1	800	90	0,2	0,12075	
	2				0,4	0,1455
	3				0,6	0,23425
	4				0,8	0,17525
	5				1	0,26225

4.2 Pembahasan

Hasil eksperimen dikalkulasi dengan menggunakan software SPSS 20 seperti tabel-tabel di bawah ini,

Tabel 3. Statistik Deskriptif

	Mean	Std. Deviation	N
Surface roughness	,32865	,198418	15
Cutting speed	780,00000	205,113209	15
Feed rate	86,66667	26,163406	15
Dept of cut	,700000	,1841971	15

Tabel 4. Korelasi

		Surface roughness	Cutting speed	Feed rate	Dept of cut
Pearson Correlation	Surface roughness	1,000	-,545	-,554	,329
	Cutting speed	-,545	1,000	-,013	-,028
	Feed rate	-,554	-,013	1,000	-,037
	Dept of cut	,329	-,028	-,037	1,000
Sig. (1-tailed)	Surface roughness	.	,018	,016	,116
	Cutting speed	,018	.	,481	,460
	Feed rate	,016	,481	.	,448
	Dept of cut	,116	,460	,448	.
N	Surface roughness	15	15	15	15
	Cutting speed	15	15	15	15
	Feed rate	15	15	15	15
	Dept of cut	15	15	15	15

Tabel 4 tersebut menunjukkan bahwa besar hubungan antara variabel *surface roughness* dengan *cutting speed* ialah -0,545 dan *feed rate* ialah -0,554, artinya makin meningkat besar *cutting speed* dan *feed rate* maka nilai *surface roughness* makin kecil; artinya tingkat kehalusan permukaan makin halus.

Tabel 5. Ringkasan Model (Koefisien Determinasi)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,835 ^a	,698	,615	,123057	1,302

a. Predictors: (Constant), Dept of cut a, Cutting speed n, Feed rate f
 b. Dependent Variable: Surface roughness Y

Tabel 5 menunjukkan bahwa besarnya R² adalah 0,698 atau 69,8 %, artinya bahwa besarnya nilai kekasaran permukaan (*surface roughness*) 69,8 % dipengaruhi oleh variabel independen *cutting speed*, *feed rate* dan *dept of cut* sedangkan 30,2 % dipengaruhi oleh variabel lain selain variabel independen tersebut. Nilai Std. Error of the Estimate (SEE) pada tabel adalah 0,123057

digunakan untuk menilai kelayakan variabel independen *cutting speed*, *feed rate* dan *dept of cut* dalam kaitannya dengan variabel dependen *surface roughness*. Ternyata variabel-variabel independen tersebut sudah layak untuk memprediksi variabel dependen *surface roughness*, karena ketentuan *Std. Error of the Estimate* < nilai *standard deviasi*, dimana besar standard deviasinya adalah 0,198418.

Tabel 6. ANOVA

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	,385	3	,128	8,466	,003 ^b
Residual	,167	11	,015		
Total	,551	14			

a. Dependent Variable: Surface roughness
 b. Predictors: (Constant), Dept of cut, Cutting speed, Feed rate

Hasil uji ANOVA menghasilkan F sebesar 8,466 dengan tingkat signifikansi (angka probabilitas) sebesar 0,003. Karena F < 0,05, maka model regresi ini sudah layak digunakan dalam memprediksi nilai *surface roughness*. Apakah dengan variabel independen *cutting speed*, *feed rate* dan *dept of cut* akan mempengaruhi nilai *surface roughness*, untuk mencari solusinya perlu dilakukan pengujian dengan menggunakan angka F dari output ANOVA; dengan cara membuat hipotesis dengan bunyi sebagai berikut :

H0 : *Cutting speed*, *feed rate*, dan *dept of cut* tidak berpengaruh terhadap nilai *surface roughness*.

H1 : *Cutting speed*, *feed rate*, dan *dept of cut* berpengaruh terhadap nilai *surface roughness*.

Dengan ketentuan :

- Jika F_{hitung} (F0) > F_{tabel}, maka H0 ditolak dan H1 diterima
- Jika F_{hitung} (F0) < F_{tabel}, maka H0 diterima dan H1 ditolak

Menghitung F_{tabel} dengan tingkat kepercayaan 95 % atau α : 0,05; berdasarkan Tabel Distribusi F_{.05} didapat F_{tabel} sebesar 3,59. Sehingga F_{hitung} > F_{tabel} (8,466 > 3,587), artinya H0 ditolak dan H1 diterima dengan kata lain *cutting speed*, *feed rate*, dan *dept of cut* berpengaruh terhadap nilai *surface roughness*. Dari tabel 7 dihasilkan persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y = 0,880 - 0,001 n - 0,004 f + 0,316 a \quad (4)$$

Koefisien-koefisien pada persamaan regresi tersebut dilakukan pengujian dengan menggunakan angka signifikansi untuk

mengetahui apakah koefisien regresi signifikan atau tidak.

Tabel 7. Koefisien Regresi

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	,880	,216		4,078	,002
Cutting speed	-,001	,000	-,544	-3,279	,007
Feed rate	-,004	,001	-,551	-3,319	,007
Dept of cut	,316	,179	,293	1,767	,105

a. Dependent Variable: Surface roughness

Bentuk hipotesisnya adalah sebagai berikut:

H0 adalah koefisien regresi tidak signifikan

H1 adalah koefisien regresi signifikan

Dengan ketentuan sebagai berikut :

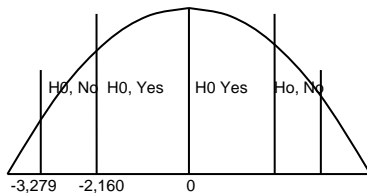
degree of freedom (df) = 15 – 2 = 13

Hipotesisnya dianalisa dengan ketentuan :

- Jika $t_{hitung} < t_{tabel}$, maka H0 diterima dan H1 ditolak
- Jika $t_{hitung} > t_{tabel}$, maka H0 ditolak dan H1 diterima

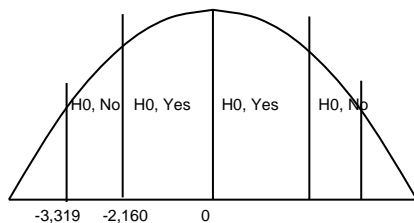
Angka $t_{tabel} = 2,160$ untuk pengujian hipotesisnya adalah sebagai berikut :

1. Angka t_{hitung} untuk variabel *cutting speed* sebesar -3,279, maka pengujian hipotesisnya menggunakan grafik seperti di bawah ini.



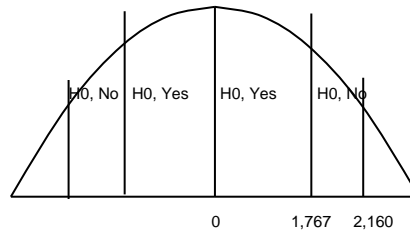
Karena t_{hitung} sebesar -3,279 jatuh di daerah penolakan (No), maka H0 ditolak dan H1 diterima. Artinya koefisien regresinya signifikan

2. Untuk variabel *feed rate* t_{hitung} sebesar -3,319, pengujian hipotesisnya adalah sebagai berikut :



Karena t_{hitung} sebesar -3,319 jatuh di daerah penolakan, maka H0 ditolak dan H1 diterima. Artinya koefisien regresinya signifikan.

3. Untuk variabel *dept of cut* t_{hitung} sebesar 1,767, pengujian hipotesisnya adalah sebagai berikut :



Karena t_{hitung} sebesar 1,767 jatuh di daerah penolakan, maka H0 ditolak dan H1 diterima. Artinya koefisien regresinya signifikan.

Tabel 8. Casewise Diagnostics

Case Number	Std. Residual	Surface roughness	Predicted Value	Residual
1	,524	,674	,60932	,064432
2	-,718	,390	,47781	-,088311
3	-,665	,265	,34630	-,081804
4	-,321	,175	,21480	-,039547
5	,259	,142	,10959	,031909
6	,915	,704	,59139	,112607
7	,934	,602	,48701	,114988
8	,927	,497	,38263	,114119
9	-,297	,242	,27825	-,036500
10	1,896	,303	,06949	,233262
11	-,208	,121	,14631	-,025558
12	-,520	,146	,20947	-,063969
13	-,312	,234	,27263	-,038381
14	-,1305	,175	,33579	-,160543
15	-,1111	,262	,39895	-,136704

a. Dependent Variable: Surface roughness

Makin kecil angka residual dan standard residual memberikan makna bahwa persamaan regresi yang akan digunakan untuk memprediksi nilai kekasaran makin baik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Nilai kekasaran permukaan (Ra) terbukti dipengaruhi oleh *cutting speed* (n), *feed rate* (f) serta *depth of cut* (a).
- Model persamaan regresi linier $Y = 0,880 - 0,001 n - 0,004 f + 0,316 a$, cocok untuk memprediksi nilai kekasaran hasil pemesinan CNC Milling untuk bahan aluminium jenis Al Mg Si 3.6082 DIN 1725 dengan pahat/cutter HSS diameter 40 mm.
- Besarnya R^2 adalah 0,698 atau 69,8 %, artinya bahwa besarnya nilai kekasaran permukaan (*surface roughness*) 69,8 % dipengaruhi oleh variabel independen *cutting speed*, *feed rate* dan *dept of cut* sedangkan 30,2 % dipengaruhi oleh

variabel lain selain variabel independen tersebut.

5.2 Saran

- Perlu dilakukan penelitian sejenis dengan melakukan perubahan besarnya *dept of cut* dengan variasi data yang atraktif.
- Persamaan regresi ini lebih cocok untuk besaran *dept of cut* maksimum 1 mm.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chang-Xue. (2002), *Surface Roughness Predictive Modeling: Neural Networks versus Regression*. Department of Industrial & Manufacturing Engineering, College of Engineering and Technology Bradley University: Illinois USA.
2. Huang L, Chen, J.C, 2001, *A Multiple Regression Model to Predict In-process Surface Roughness in Turning Operation Via Accelerometer*, Journal of Industrial Technology, Vol. 17, No. 2, February to April 2001, <http://www.nait.org>.
3. Handoko, B. Tulung Prayogo, (2012), "Studi Parameter Pemesinan Optimum Pada Operasi CNC End Milling Finishing Bahan Alumunium:, Universitas Gajah Mada, <http://www.scribd.com/doc/25352002/Studi-Paramater-Pemesinan-Optimum-Pada-Operasi-Cnc>, 25 Maret 2012.
4. Herman Saputro dan Sunaryo," *Prediksi Kekasaran Permukaan Baja ST 40*

Berbasis Model Analisa Regresi Ganda pada Pemesinan CNC Frais", Universitas Sebelas Maret Surakarta, <http://www.docstoc.com/docs/113842922/Prediksi-Kekasaran-Permukaan-Baja-ST-40-Berbasis-Model-Analisa-Regresi-Ganda-Pada-Pemesinan-CNC-Frais>, 25 Februari 2012

5. Jerard, R.B., et al, 2001, *Online Optomozation of Cutting Conditions for NC Machining, 2001 NSF Design, Manufacturing and Industrial Innovation Resaech Conference*, January 7-10-2001, Tampa, Florida.
6. Jonathan Sarwono, 2012, "Aplikasi untuk Riset Eksperimental", PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
7. Yang, J.L., Chen, J.C., 2001, "A Sytematic Approach for Identifying Optimum Surface Roughness Performance in End Milling Operations", *Journal of Industrial Technology*, Vol. 17, No. 2, February to April 2001, <http://www.nait.org>.

RIWAYAT PENULIS

Nama : Moch Yunus, S.T.,M.T
 NIP : 195706161985031003
 Tempat dan tanggal lahir : Semarang, 16 Juni 1957
 Pekerjaan : Dosen Teknik Mesin Polstri
 Pendidikan : S2 Teknik Mesin