

PENGARUH *CUTTER SPEED*, *FEED RATE* DAN *DEPT OF CUT* PAD PROSES CNC MILLING TERHADAP NILAI KEKASARAN BAJA AISI 1045 BERBASIS REGRESI LINEAR

Moch Yunus¹⁾, M. Ginting²⁾, Karmin³⁾

¹⁾²⁾³⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139 Telp: 0711-353414 Fax: 0711-453211

E-mail : myunuspolsri@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan pengaruh besaran *cutter speed*, *feed rate* dan *dept of cut* pada proses CNC *Frais/Milling* terhadap nilai kekasaran baja AISI 1045. Proses *frais* yang dilakukan menggunakan pendingin dromus dengan variasi *cutter speed* antara 200 rpm s.d 350 rpm, variasi *feed rate* antara 14 mm/menit s.d 59,5 mm/menit dan variasi *dept of cut* 0,5 s.d 1,5 mm. Hasil dari proses *frais* untuk setelah dilakukan pengukuran kekasaran dan data nilai kekasaran tersebut diproses dengan menggunakan program SPSS 20 dihasilkan suatu bentuk formula regresi ganda $Y = 6,473 + 0,004 X_1 - 0,028 X_2 - 0,422 X_3$, yang menyatakan bahwa 85,4% besarnya *cutter speed*, *feed rate* dan *dept of cut* berpengaruh terhadap nilai kekasaran dan 14,6% nilai kekasaran dipengaruhi oleh gesekan chip terhadap benda kerja, kondisi pisau *frais/cutter* dan kesalahan teknis lainnya. Nilai kekasaran yang paling kecil (permukaan yang halus) didapat pada *cutter speed* 250 rpm, *feed rate* 42,5 mm/menit dan *dept of cut* 1,5 mm.

Kata Kunci : CNC Milling, Baja AISI 1045, kekasaran permukaan, regresi linier ganda

1. PENDAHULUAN

Pada kegiatan produksi yang proses pengerjaannya menggunakan mesin CNC *Frais/Milling*, kualitas permukaan yang ditampilkan akan mempengaruhi nilai jual suatu produk. Pengerjaan logam yang menggunakan proses permesinan, kualitas permukaannya ditentukan oleh penampilan kasar dan halus nya permukaan produk yang dihasilkan. Perbaikan dalam metode pengerjaan mesin akhir-akhir ini merupakan upaya untuk meningkatkan kualitas permukaan yang dikerjakan dengan proses permesinan. Kualitas permukaan yang halus tidak hanya berkaitan terhadap toleransi dan estetika produk tetapi juga dapat memperpanjang umur pakai (*life time*) terutama untuk permukaan kontak yang saling bergesekan.

Dasar dari setiap pekerjaan permesinan mempunyai persyaratan kualitas permukaan dan kekasaran permukaan yang berbeda-beda tergantung dari fungsinya. Kualitas permukaan hasil dari penyayatan rata dapat dilihat dari

kekasaran permukaannya. Makin halus permukaannya maka makin baik kualitasnya; sehingga cukup beralasan bahwa kekasaran permukaan hasil pekerjaan mesin *frais/milling* diperhatikan dan dicari solusi untuk mendapatkan yang sehalus mungkin.

Pada mesin CNC *frais/milling* untuk menghasilkan tingkat kekasaran permukaan yang sesuai dengan permintaan gambar kerja tidak dapat dilakukan dengan cara mencoba-coba memperbesar atau memperkecil kecepatan spindel mesin, kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan karena variabel-variabel tersebut di atas di inputkan kedalam bentuk program.

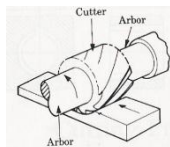
DASAR TEORI

Elemen Dasar Proses *Frais (Milling)*

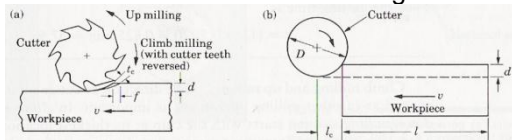
Pada proses *frais (milling)* gerak potong dilakukan oleh pahat *frais/perkakas* potong (*cutter*) yang berputar pada porosnya. Pahat *frais* yang digunakan jenis pahat bermata potong jamak (*multiple points*

cutting tools) dengan jumlah mata potong sama dengan jumlah gigi frais (Z).

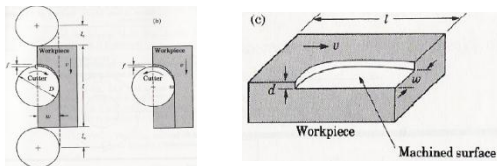
Menurut jenis pahat frais (cutter) yang digunakan, ada dua macam proses frais yaitu frais datar (slab milling) dengan sumbu putar spindel sejajar dengan permukaan benda kerja, dan frais tegak (face milling) dengan sumbu putar spindel tegak lurus dengan permukaan benda kerja. Selanjutnya frais datar ada dua cara yaitu frais naik (up milling atau conventional milling) dan frais turun (down milling).



Gambar 1 : Slab Milling



Gambar 2 : (a) Proses slab milling (b) Panjang lintasan pisau frais/cutter



Gambar 3 : Face Milling

Kekasaran Permukaan

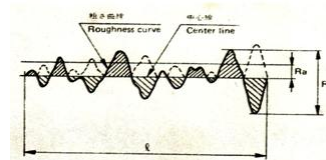
Permukaan adalah batas yang memisahkan antara benda padat dengan sekelilingnya. Jika ditinjau skala kecil pada dasarnya konfigurasi permukaan merupakan suatu karakteristik geometri golongan mikrogeometri, yang termasuk golongan makrogeometri adalah merupakan permukaan secara keseluruhan yang membuat 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 permesinan dengan kondisi ideal.
2. *Natural Surface Roughness*, yaitu : kekasaran alamiah yang terbentuk dalam proses permesinan karena adanya

beberapa faktor yang mempengaruhi proses permesinan 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 4 : 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 (μm), yaitu : nilai rata-rata absolut penyimpangan yang diukur dari garis rata-rata (*center line*) profil efektif.

$$R_a = \frac{M}{l}$$

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

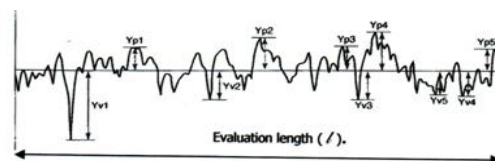
l = panjang uji (*evaluation length*)

2. *Height of Roughness Curve* R_t (μm) Ketidakrataan ketinggian maksimum R_t (μm) 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 (μm).

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*.

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



Gambar 5 : Kurva Kekasaran dan Perhitungan R_z

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).

ANALISA DATA

Untuk menganalisa data dari hasil eksperimen menggunakan model *Multiple regretion 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 :

$$Y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_kX_k + e$$

Dimana :

Y adalah nilai variabel dependen

k adalah menunjukkan jumlah prediktor

b_i adalah nilai koefisien ke-i

X_i adalah nilai prediktor ke-i

e adalah 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 variable independen ditentukan berdasarkan nilai *standardized coefficient*. Semakin besar nilai *standardized coefficient* , semakin besar pula kontribusinya terhadap model regresi.

2. BAHAN DAN METODE

Pelaksanaan pengambilan data dalam proses penelitian ini, dilakukan dengan melakukan eksperimen. Bahan/material dan peralatan yang

digunakan dalam proses penelitian ini adalah :

1. Bahan/material yang digunakan adalah AISI 1045
2. Peralatan yang digunakan adalah :
 - Pahat/cutter milling diameter 40 mm tipe/merek Taegutec Xomt 060204 TT 9030
 - CNC Frais/Milling jenis EMCO VMC 200
 - Alat uji kekasaran TR 200/Qualitest

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah metode eksperimen, dimana proses pengambilan data bahan sebagai sampel diproses permesinan dengan CNC Milling dengan variabel seperti pada tabel 1, kemudian dilakukan pengukuran angka kekasaran dengan menggunakan alat uji kekasaran TR 200/Qualitest

Tabel 1. Variabel Penelitian

No.	Cutter speed (Rpm)	Feed rate (mm/ment)	Dept of Cut (mm)	Pendinginan
1	200	14	0,5	Dromus
2	200	14	1	Dromus
3	200	14	1,5	Dromus
4	200	24	0,5	Dromus
5	200	24	1	Dromus
6	200	24	1,5	Dromus
7	200	34	0,5	Dromus
8	200	34	1	Dromus
9	200	34	1,5	Dromus
10	250	17,5	0,5	Dromus
11	250	17,5	1	Dromus
12	250	17,5	1,5	Dromus
13	250	30	0,5	Dromus
14	250	30	1	Dromus
15	250	30	1,5	Dromus
16	250	42,5	0,5	Dromus
17	250	42,5	1	Dromus
18	250	42,5	1,5	Dromus
19	350	24,5	0,5	Dromus
20	350	24,5	1	Dromus
21	350	24,5	1,5	Dromus
22	350	42	0,5	Dromus
23	350	42	1	Dromus
24	350	42	1,5	Dromus
25	350	59,5	0,5	Dromus
26	350	59,5	1	Dromus
27	350	59,5	1,5	Dromus

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Tabel 2. Nilai Kekasaran Permukaan Hasil Eksperimen

No.	Cutter speed (Rpm)	Feed rate (mm/ment)	Dept of Cut (mm)	Nilai Kekasaran (µm)
1	200	14	0,5	6,778
2	200	14	1	6,268
3	200	14	1,5	6,043
4	200	24	0,5	6,063
5	200	24	1	6,322
6	200	24	1,5	6,144
7	200	34	0,5	6,113
8	200	34	1	5,894
9	200	34	1,5	5,712
10	250	17,5	0,5	7,043
11	250	17,5	1	6,743
12	250	17,5	1,5	6,523
13	250	30	0,5	6,495
14	250	30	1	6,264
15	250	30	1,5	5,694
16	250	42,5	0,5	5,952
17	250	42,5	1	5,845
18	250	42,5	1,5	5,664
19	350	24,5	0,5	6,881
20	350	24,5	1	6,722
21	350	24,5	1,5	6,501
22	350	42	0,5	6,442
23	350	42	1	6,233
24	350	42	1,5	5,952
25	350	59,5	0,5	6,062
26	350	59,5	1	5,713
27	350	59,5	1,5	5,795

Pembahasan

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

Tabel 3. Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Nilai Kekasaran	6,21707	,393782	27
Cutter Speed	266,66667	63,548891	27
Feed Rate	32,00000	13,709907	27
Dept of Cut	1,00000	,416025	27

Tabel 4. Korelasi

		Surface roughness	Cutting speed	Feed rate	Dept of cut
Pearson Correlation	Surface roughness	1,000	,101	-,611	-,446
	Cutting speed	,101	1,000	,556	,000
	Feed rate	-,611	,556	1,000	,000
	Dept of cut	-,446	,000	,000	1,000
	Surface roughness	.	,308	,000	,010
Sig. (1-tailed)	Cutting speed	,308	.	,001	,500
	Feed rate	,000	,001	.	,500
	Dept of cut	,010	,500	,500	.
N	Surface roughness	27	27	27	27
	Cutting speed	27	27	27	27
	Feed rate	27	27	27	27
	Dept of cut	27	27	27	27

Tabel 5. Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,924 ^a	,854	,835	,160129	1,304

a. Predictors: (Constant), Dept of Cut, Feed Rate, Cutter Speed

b. Dependent Variable: Nilai Kekasaran

Tabel 6. ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3,442	3	1,147	44,745	,000 ^b
	Residual	,590	23	,026		
	Total	4,032	26			

a. Dependent Variable: Nilai Kekasaran

b. Predictors: (Constant), Dept of Cut, Feed Rate, Cutter Speed

Tabel 7. Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics		
	B	Std. Error				Beta	Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
(Constant)	6,473	,155		41,771	,000						
1	Cutter Speed	,004	,001	,638	6,649	,000	,101	,811	,530	,691	1,448
	Feed Rate	-,028	,003	-,966	10,066	,000	-,611	-,903	-,803	,691	1,448
	Dept of Cut	-,422	,075	-,446	5,595	,000	-,446	-,759	-,446	1,000	1,000

a. Dependent Variable: Nilai Kekasaran

1. Berdasarkan perhitungan dihasilkan koefisien determinasi sebesar 85,4 %, hal ini menunjukkan bahwa 85,4% nilai kekasaran yang terjadi dipengaruhi oleh cutter speed, feed rate dan dept of cut. Sisanya sebesar 14,6% nilai kekasaran

dipengaruhi oleh faktor-faktor lain diantaranya :

- a. Getaran yang terjadi pada mesin,
 - b. Ketidaktepatan gerakan komponen-komponen mesin,
 - c. Ketidakterauman *feed mekanisme*,
 - d. Adanya cacat pada material,
 - e. Gesekan antara chip dan material.
2. Dengan dihasilkannya nilai *Std. Error of the Estimate (SEE)* lebih kecil dari *Std. Deviation* ($0,160 < 0,394$), maka dapat dinyatakan bahwa variabel *cutter speed*, *feed rate* dan *dept of cut* cukup layak dijadikan sebagai *predictor* untuk variabel nilai kekasaran.
 3. Model regresi yang dihasilkan ternyata tidak terjadi otokorelasi, karena nilai Durbin-Watson besarnya diantara 1 sampai 3 ($1 < DW < 3$).
 4. Model regresi tersebut dinyatakan layak/baik untuk memprediksi nilai kekasaran, karena angka probabilitas yang dihasilkan pada tabel ANOVA lebih kecil dari 0,05 (angka probalitasnya 0,000).
 5. Untuk menguji bahwa variabel *cutter speed*, *feed rate* dan *dept of cut* memang benar mempengaruhi nilai kekasaran, hal ini perlu dilakukan pengujian hipotesanya dengan menggunakan angka F yang dihasilkan pada tabel ANOVA.

Hipotesanya adalah :

- H0 : variabel *cutter speed*, *feed rate* dan *dept of cut* tidak berpengaruh terhadap variabel nilai kekasaran.
- H1 : variabel *cutter speed*, *feed rate* dan *dept of cut* berpengaruh terhadap variabel nilai kekasaran.
- Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H0 ditolak dan H1 diterima
- Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H0 diterima dan H1 ditolak

Berdasarkan tabel F atau tabel distribusi $F_{0.05}$ (hal. 283. Dr. Tedjo N. Reksoatmodjo, S.T., M.Pd; dikutip dari Guilford & Fruchter 1978 : 516-517) dengan $\alpha = 0,05$ didapatkan nilai F sebesar 3,01; dengan demikian hipotesa yang diterima adalah H1 yaitu variabel *cutter speed*, *feed rate* dan *dept of cut* berpengaruh terhadap variabel nilai kekasaran.

6. Berdasarkan perhitungan di atas dihasilkan persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y = 6,473 + 0,004 X_1 - 0,028 X_2 - 0,422 X_3$$

Koefisien regresi tersebut dilakukan pengujian dengan uji t untuk mengetahui apakah koefisien tersebut signifikan atau

tidak dengan cara membandingkan antara nilai t_{tabel} pada $\frac{\alpha}{2} = \frac{0,05}{2} = 0,025$

dengan nilai t_{hitung} masing-masing variabel.

- Hipotesa untuk variabel *cutter speed* :

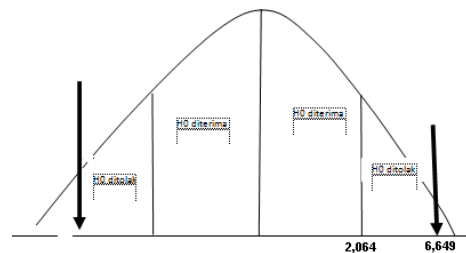
H0 = koef. regresi tidak signifikan

H1 = koef. regresi signifikan

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

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

Berdasarkan tabel t atau tabel distribusi-t (hal. 279. Dr. Tedjo N. Reksoatmodjo, S.T., M.Pd; dikutip dari Freund & Williams 1958 : 502.) dihasilkan $t_{tabel} = 2,064$ dan $t_{hitung} = 6,649$. Dari sini dapat disimpulkan bahwa H0 ditolak dan H1 diterima sehingga dapat dinyatakan bahwa koefisien regresi untuk *cutter speed* signifikan. (lihat gambar 6).



Gambar 6 : Daerah Signifikan Cutter Speed

- Hipotesa untuk variabel *feed rate* :

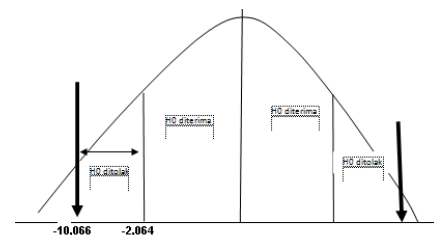
H0 = koef. regresi tidak signifikan

H1 = koef. regresi signifikan

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

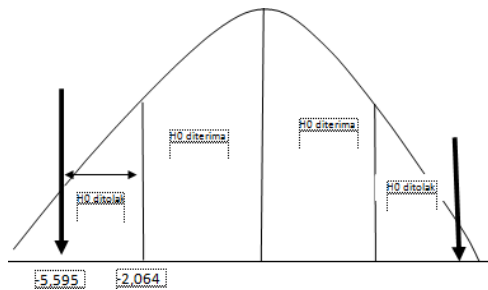
Jika $t_{hitung} > t_{tabel}$, maka H0 ditolak dan H1 diterima

Berdasarkan tabel t atau tabel distribusi-t (hal. 279. Dr. Tedjo N. Reksoatmodjo, S.T., M.Pd; dikutip dari Freund & Williams 1958 : 502) dihasilkan $t_{tabel} = -2,064$ dan $t_{hitung} = -10,066$. Dari sini dapat disimpulkan bahwa H0 ditolak dan H1 diterima sehingga dapat dinyatakan bahwa koefisien regresi untuk *feed rate* signifikan. (lihat gambar 7).



Gambar 7 : Daerah Signifikan Feed Rate

- Hipotesa untuk variabel *dept fo cut* :
 H_0 = koef. regresi tidak signifikan
 H_1 = koef. regresi signifikan
 Jika $t_{hitung} < t_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak
 Jika $t_{hitung} > t_{tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima
 Berdasarkan tabel t atau tabel distribusi-t (hal. 279. Dr. Tedjo N. Reksoatmodjo, S.T., M.Pd; dikutip dari Freund & Williams 1958 : 502) dihasilkan $t_{tabel} = -2,064$ dan $t_{hitung} = -5,595$. Dari sini dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima sehingga dapat dinyatakan bahwa koefisien regresi untuk *dept of cut* signifikan. (lihat gambar 8 di bawah ini).



Gambar 8: Daerah Signifikan *Dept of Cut*

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pembahasan data penelitian di atas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai Kekasaran baja ST 60 pada proses pemesinan milling/frais 85,4 % sangat dipengaruhi oleh kedalaman pemakanan (*Dept of Cut*), kecepatan pemakanan (*feed rate*) dan kedalaman pemakanan (*Dept of cut*).
2. 14,6 % nilai kekasaran baja ST 60 pada proses pemesinan milling/frais dipengaruhi oleh :
 - a. Getaran yang terjadi pada mesin,
 - b. Ketidaktepatan gerakan komponen-komponen mesin,
 - c. Ketidakteraturan *feed mekanisme*,
 - d. Adanya cacat pada material,
 - e. Gesekan antara chip dan material.
 - f. Pahat potong atau cutter tumpul.
3. Model Regresi Linear yang dihasilkan adalah :

$$Y = 6,473 + 0,004 X_1 - 0,028 X_2 - 0,422 X_3$$

Saran

3. Dalam proses frais/milling harus diperhatikan bahan cutter disesuaikan

dengan bahan yang akan diproses untuk menghindari terjadinya cepatnya keausan pada cutter.

4. Pada proses CNC Frais/Milling harus diperhatikan kelancaran proses pendinginan secara merata, sehingga tidak terjadi gesekan antara chip dan benda kerja.

DAFTAR PUSTAKA

1. Benardos, P.G., dan G-C. Vosniakos " Predicting Surface Roughness In machining 2003 : A Review, International Journal of Machine Tools and Manufacturing 43.833-844.
2. Bhattacharya, A., Faria-Gonzales, R., and Ham, I. (1970). "Regression Analysis for Predicting Surface finish and Its Applications in The Determination of Optimum Machining Conditions. ASME Journal of Engineering for Industry", 4.711-71
3. Boothroyd, G. And Knight, W.A.(1989). " Fundamentals of Machining and Machine Tools. Marcel Dekker, New York.
4. Chang-Xue. (2002), " Surface Roughness Predictive Modeling : Neural Networks versus Regression. Departemen of Industrial & Manufacturing Engineering. College of Engineering and Technology Bradley Universty : Illois USA.
5. Chandiramani, K.L., and Cook, N.H. (1964), "Investigation on The Nature of Surface Finish and Its Variation with Cutting Speed. Journal of Engineering for Industry, Series B, 134-140.
6. Dickinson, G.R.(1968), " Survey of Factors Affecting Surface Finish. Proceedings of Conference on Properties and Metrology of Surfaces, Park 3K, 135-147.
7. Feng,C.X., Wang,J., and Wang, J-S.(2001),"An Optimization Model for Concurrent Selection of Tolerances and Supplier". Computer and Industrial Engineering. 40,15-33
8. Fischer, H.L and Elrod, J.T.(1971)." Surface finish as a function of tool geometry and feed; a Theoretical approach. Microtechnic, No. 25,175-178.
9. Grieve, D.J., Kaliszzer,H., and Rowe,G.W.(1968), The effects of cutting conditions on bearing area parameters. Proceedings of 9th International Machine Tool Design and

- Research Conference, U.K., September, Vol. 2, 989-1004.
10. Herman Saputra., Sunaryo. Prediksi Kekasaran Permukaan Baja St 40 Berbasis Model Analisis Regresi Ganda Pada Permesinan CNC Frais; <http://www.docstoc.com/docs/113842922/25-Februari2012>
 11. Jerard, R.B., et al., Online Optimization of Cutting Conditions for NC Machining, 2001 NSF Design, Manufacturing and Industrial Innovation Research Conference, Januari 7-10-2001, Tampa, Florida.
 12. Muin, Syamsir. 1986. Dasar-dasar Perencanaan Perkakas, Jakarta : Rajawali Mas.
 13. Moch Yunus, Didi. 2012. Analisa Parameter Kekasaran Permukaan Bahan Alumunium Jenis Al Mg Si 3.6082 DIN 1725 pada Proses Pemesinan CNC Milling. ISSN 2085-1286

RIWAYAT PENULIS

1. Nama : Moch Yunus, S.T.,M.T
NIP : 195706161985031003
Pekerjaan : Dosen Teknik Mesin Polstri
Pendidikan : S2 Teknik Mesin
2. Nama : Drs. Muchtar Ginting, M.T
NIP : 195505201984031001
Pekerjaan : Dosen Teknik Mesin Polstri
Pendiikan : S2 Teknik Mesin
3. Nama : Karmin, S.T., M.T
NIP : 195907121985031006
Pekerjaan : Dosen Teknik Mesin Polstri
Pendidikan : S2 Teknik Mesin

