

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Data Hasil Penelitian

Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah *feed rate*, *spindle speed* dan *flute* pahat. Data hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Tabel Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan (μm)

No.	Jumlah Flute	Nilai Kekasaran Permukaan							
		F (mm/menit)	n (rpm)	fn (mm/rev)	Vc (m/menit)	R1	R2	R3	Ra
1	2	100	500	0,20	15,7	2,65	2,44	2,76	2,61
2	2	100	700	0,14	21,98	1,89	1,94	2,02	1,95
3	2	100	900	0,11	28,26	1,72	1,94	1,65	1,77
4	2	200	500	0,40	15,7	3,94	3,6	3,58	3,7
5	2	200	700	0,29	21,98	2,1	1,94	2,02	2,15
6	2	200	900	0,22	28,26	1,9	1,92	1,89	1,9
7	2	300	500	0,60	15,7	5,16	5,04	5,1	5,1
8	2	300	700	0,43	21,98	2,33	2,86	2,56	2,58
9	2	300	900	0,33	28,26	2,21	2,05	1,99	2,08
10	3	100	500	0,20	15,7	2,37	2,47	2,38	2,4
11	3	100	700	0,14	21,98	1,85	1,93	1,91	1,89
12	3	100	900	0,11	28,26	1,66	1,57	1,67	1,63
13	3	200	500	0,40	15,7	3,49	3,31	3,38	3,39
14	3	200	700	0,29	21,98	2,03	2,25	2,14	2,14
15	3	200	900	0,22	28,26	1,72	1,63	1,77	1,71
16	3	300	500	0,60	15,7	4,06	4,67	3,74	4,15
17	3	300	700	0,43	21,98	2,14	2,73	2,77	2,54
18	3	300	900	0,33	28,26	1,87	1,88	1,91	1,88
19	4	100	500	0,20	15,7	1,97	2	1,98	1,98
20	4	100	700	0,14	21,98	1,49	1,55	1,64	1,56
21	4	100	900	0,11	28,26	1,5	1,43	1,41	1,44
22	4	200	500	0,40	15,7	2,62	2,79	2,54	2,65
23	4	200	700	0,29	21,98	1,79	1,78	1,75	1,77
24	4	200	900	0,22	28,26	1,64	1,58	1,52	1,58
25	4	300	500	0,60	15,7	2,51	2,9	3,29	2,9
26	4	300	700	0,43	21,98	1,92	1,88	1,96	1,92
27	4	300	900	0,33	28,26	1,7	1,71	1,77	1,72

Contoh Perhitungan Manual nomor 1 pada R1

Jumlah titik h_i

$h_1 = 5$	$h_{25} = 6$	$h_{49} = 6$	$h_{73} = 4$	$h_{97} = 9$	$h_{121} = 10$	$h_{145} = 3$
$h_2 = 3$	$h_{26} = 5$	$h_{50} = 2$	$h_{74} = 5$	$h_{98} = 9$	$h_{122} = 10$	$h_{146} = 2$
$h_3 = 3$	$h_{27} = 6$	$h_{51} = 0$	$h_{75} = 7$	$h_{99} = 9$	$h_{123} = 11$	$h_{147} = 1$
$h_4 = 3$	$h_{28} = 5$	$h_{52} = 2$	$h_{76} = 6$	$h_{100} = 9$	$h_{124} = 11$	$h_{148} = 1$
$h_5 = 2$	$h_{29} = 5$	$h_{53} = 6$	$h_{77} = 7$	$h_{101} = 9$	$h_{125} = 13$	$h_{149} = 0$
$h_6 = 1$	$h_{30} = 4$	$h_{54} = 6$	$h_{78} = 9$	$h_{102} = 7$	$h_{126} = 13$	$h_{150} = 1$
$h_7 = 5$	$h_{31} = 2$	$h_{55} = 5$	$h_{79} = 9$	$h_{103} = 6$	$h_{127} = 14$	$h_{151} = 2$
$h_8 = 7$	$h_{32} = 3$	$h_{56} = 3$	$h_{80} = 10$	$h_{104} = 5$	$h_{128} = 14$	$h_{152} = 2$
$h_9 = 7$	$h_{33} = 4$	$h_{57} = 1$	$h_{81} = 9$	$h_{105} = 3$	$h_{129} = 13$	$h_{153} = 2$
$h_{10} = 8$	$h_{34} = 2$	$h_{58} = 0$	$h_{82} = 11$	$h_{106} = 0$	$h_{130} = 13$	$h_{154} = 3$
$h_{11} = 10$	$h_{35} = 3$	$h_{59} = 1$	$h_{83} = 11$	$h_{107} = 3$	$h_{131} = 8$	$h_{155} = 3$
$h_{12} = 11$	$h_{36} = 1$	$h_{60} = 1$	$h_{84} = 12$	$h_{108} = 1$	$h_{132} = 3$	$h_{156} = 5$
$h_{13} = 11$	$h_{37} = 2$	$h_{61} = 0$	$h_{85} = 13$	$h_{109} = 1$	$h_{133} = 5$	$h_{157} = 3$
$h_{14} = 11$	$h_{38} = 1$	$h_{62} = 0$	$h_{86} = 13$	$h_{110} = 3$	$h_{134} = 5$	$h_{158} = 2$
$h_{15} = 12$	$h_{39} = 1$	$h_{63} = 1$	$h_{87} = 14$	$h_{111} = 0$	$h_{135} = 4$	$h_{159} = 2$
$h_{16} = 12$	$h_{40} = 1$	$h_{64} = 2$	$h_{88} = 13$	$h_{112} = 0$	$h_{136} = 6$	$h_{160} = 9$
$h_{17} = 11$	$h_{41} = 1$	$h_{65} = 1$	$h_{89} = 5$	$h_{113} = 1$	$h_{137} = 8$	
$h_{18} = 8$	$h_{42} = 2$	$h_{66} = 0$	$h_{90} = 4$	$h_{114} = 2$	$h_{138} = 6$	
$h_{19} = 7$	$h_{43} = 3$	$h_{67} = 1$	$h_{91} = 10$	$h_{115} = 3$	$h_{139} = 7$	
$h_{20} = 8$	$h_{44} = 3$	$h_{68} = 0$	$h_{92} = 11$	$h_{116} = 4$	$h_{140} = 6$	
$h_{21} = 8$	$h_{45} = 2$	$h_{69} = 1$	$h_{93} = 11$	$h_{117} = 9$	$h_{141} = 5$	
$h_{22} = 7$	$h_{46} = 4$	$h_{70} = 3$	$h_{94} = 10$	$h_{118} = 7$	$h_{142} = 4$	
$h_{23} = 6$	$h_{47} = 8$	$h_{71} = 3$	$h_{95} = 10$	$h_{119} = 10$	$h_{143} = 3$	
$h_{24} = 5$	$h_{48} = 10$	$h_{72} = 3$	$h_{96} = 9$	$h_{120} = 10$	$h_{144} = 3$	

Kekasaran rata-rata aritmetik (R_a)

$$R_a = (h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + \dots + h_n) \left(\frac{0,8 \times 1000}{dx \cdot 2000} \right)$$

dimana $dx = 160$

$$\begin{aligned}
 R_a = & 5 + 3 + 3 + 3 + 2 + 1 + 5 + 7 + 7 + 8 + 10 + 11 + 11 + 11 + 12 + 12 \\
 & + 11 + 8 + 7 + 8 + 8 + 7 + 6 + 5 + 6 + 5 + 6 + 5 + 5 + 4 + 2 \\
 & + 3 + 4 + 2 + 3 + 1 + 2 + 1 + 1 + 1 + 1 + 2 + 3 + 3 + 2 + 4 \\
 & + 8 + 10 + 6 + 2 + 0 + 2 + 6 + 6 + 5 + 3 + 1 + 0 + 1 + 1 + 0 \\
 & + 0 + 1 + 2 + 1 + 0 + 1 + 0 + 1 + 3 + 3 + 3 + 4 + 5 + 7 + 6 \\
 & + 7 + 9 + 9 + 10 + 9 + 11 + 11 + 12 + 13 + 13 + 14 + 13 + 5 \\
 & + 4 + 10 + 11 + 11 + 10 + 10 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 7 + 6 \\
 & + 5 + 3 + 0 + 3 + 1 + 1 + 3 + 0 + 0 + 1 + 2 + 3 + 4 + 7 + 9 \\
 & + 10 + 10 + 10 + 10 + 11 + 11 + 13 + 13 + 14 + 14 + 13 + 13 \\
 & + 8 + 3 + 5 + 5 + 4 + 6 + 8 + 6 + 7 + 6 + 5 + 4 + 3 + 3 + 3 \\
 & + 2 + 1 + 1 + 0 + 1 + 2 + 2 + 2 + 3 + 3 + 5 + 3 + 2 + 2 \\
 & + 9) \times \left(\frac{0,8 \times 1000}{160 \times 2000} \right)
 \end{aligned}$$

$$R_a = 882 \times \left(\frac{0,8 \times 1000}{160 \times 2000} \right)$$

$$R_a = 2,205 \mu\text{m}$$

4.2 Analisis dengan Metode Regresi Berganda

4.2.1 Metode Regresi Berganda Pada Pahat 2 Flute

Tabel 4.2 Multiple Linear Regression: Model Summary pada proses *climb milling* (hasil SPSS)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.930 ^a	.865	.820	.46253

a. Predictors: (Constant), Vc, fn

b. Dependent Variable: Ra

keterangan:

Vc : kecepatan pemotongan (m/menit)

fn : kecepatan pemakanan (mm/rev)

Ra : kekasaran permukaan (μm)

Dari tabel 4.2 dapat dilihat adjusted R Square adalah 0,865 ini disimpulkan bahwa parameter yang digunakan (kecepatan pemotongan, jumlah mata pahat, dan kecepatan pemakanan) mempengaruhi nilai kekasaran sebesar 86,5% dan 13,5% dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti.

Tabel 4.3 Hasil Tes ANOVA (Hasil SPSS)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	8.230	2	4.115	19.234	.002 ^a
	Residual	1.284	6	.214		
	Total	9.513	8			

a. Predictors: (Constant), Vc, fn

b. Dependent Variable: Ra

Untuk mengetahui berpengaruh atau tidaknya variabel bebas (kecepatan pemotongan, jumlah mata pahat, dan kecepatan pemakanan) terhadap variabel terikat (kekasaran permukaan) dilakukan ANOVA (Anaysis of Varience) kemudian membuat hipotesis sebagai berikut:

H0 = variabel bebas tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat

H1 = variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat

Pengambilan keputusan ditentukan persamaan sebagai berikut:

- Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ atau signifikan $\leq 0,05$ maka H0 ditolak dan menerima H1

• Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau signifikan $> 0,05$ maka H_0 diterima dan menolak H_1

Dari tabel 4.3 hasil tes anova dapat dilihat nilai F hitung adalah 19,234, sedangkan F tabel diperoleh dari Tabel F dengan derajat bebas (df) Residual (sisa) yaitu 6 sebagai df penyebut dan df regression (perlakuan) yaitu 2 sebagai df pembilang dengan taraf signifikan 0,05 atau 5% sehingga diperoleh:

- Df residual = 2
- Df regression = 6
- F_{hitung} = 19,234
- F_{tabel} = 5,14

Karena F_{hitung} (19,234) $>$ F_{tabel} (5,14) dimana sesuai persamaan diatas maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dan berdasarkan nilai signifikan pada kolom sig yaitu 0.002 yang kurang dari 0.05 maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Kesimpulannya bahwa variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat.

Tabel 4.4 *Multiple Linier Regression: Coefficient* pemakanan *climb milling* pahat *flat bottom end mill* dengan variasi parameter pemotongan hasil SPSS

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.217	1.007		3.195	.019
	fn	4.429	1.205	.636	3.676	.010
	Vc	-.087	.035	-.433	-2.502	.046

a. Dependent Variable: Ra

Berdasarkan tabel 4.4 maka dapat dibuat model regresi untuk seluruh data sebagai berikut:

$$Ra = 3,217 + 4,429(fn) - 0,087(Vc)$$

Persamaan diatas didapatkan dari kolom (Unstandartized Coefficient B) didapatkan nilai konstan $a_0 = 3,217$; $a_1 = 4,429$; $a_2 = -0,087$ dimana:

fn = variabel fn

Ra = kekasaran permukaan

Vc = variabel Vc

Sesuai dengan persamaan regresi yang diperoleh, maka model regresi tersebut dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai $a_1 = 4,429$ berarti bahwa, apabila nilai (fn) mengalami kenaikan sesuai nilai yang dipakai dalam variabel bebas, sedangkan variabel bebas lainnya tetap, maka nilai Ra (kekasaran permukaan) akan meningkat sebesar 4,429

2. Nilai $a_2 = -0,087$ berarti bahwa, apabila nilai x_2 (V_c) mengalami kenaikan sesuai nilai yang dipakai dalam variabel bebas, sedangkan variabel bebas lainnya tetap, maka nilai R_a (kekasaran permukaan) akan menurun sebesar 0,087

4.2.2 Metode Regresi Berganda Pada Pahat 3 Flute

Tabel 4.5 Multiple Linear Regression: Model Summary pada proses *climb milling* (hasil SPSS)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.964 ^a	.930	.906	.25931

a. Predictors: (Constant), V_c , f_n
b. Dependent Variable: R_a

keterangan:

V_c : kecepatan pemotongan (m/menit)

f_n : kecepatan pemakanan (mm/rev)

R_a : kekasaran permukaan (μm)

Dari tabel 4.5 dapat dilihat adjusted R Square adalah 0,906 ini disimpulkan bahwa parameter yang digunakan (kecepatan pemotongan, jumlah mata pahat, dan kecepatan pemakanan) mempengaruhi nilai kekasaran sebesar 90,6% dan 9,4% dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti.

Tabel 4.6 Hasil Tes ANOVA (Hasil SPSS)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	5.324	2	2.662	39.587	.000 ^a
	Residual	.403	6	.067		
	Total	5.727	8			

a. Predictors: (Constant), V_c , f_n
b. Dependent Variable: R_a

Untuk mengetahui berpengaruh atau tidaknya variabel bebas (kecepatan pemotongan, jumlah mata pahat, dan kecepatan pemakanan) terhadap variabel terikat (kekasaran permukaan) dilakukan ANOVA (Analysis of Variance) kemudian membuat hipotesis sebagai berikut:

H_0 = variabel bebas tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat.

H1 = variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat.

Pengambilan keputusan ditentukan persamaan sebagai berikut:

- Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ atau signifikan $\leq 0,05$ maka H_0 ditolak dan menerima H_1
- Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau signifikan $> 0,05$ maka H_0 diterima dan menolak H_1

Dari tabel 4.6 hasil tes anova dapat dilihat nilai F hitung adalah 39,587, sedangkan F tabel diperoleh dari Tabel F dengan derajat bebas (df) Residual (sisa) yaitu 6 sebagai df penyebut dan df regression (perlakuan) yaitu 2 sebagai df pembilang dengan taraf signifikan 0,05 atau 5% sehingga diperoleh:

- Df residual = 2
- Df regression = 6
- Fhitung = 39,587
- Ftabel = 5,14

Karena $F_{hitung} (39,587) > F_{tabel} (5,14)$ dimana sesuai persamaan diatas maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dan berdasarkan nilai signifikan pada kolom sig yaitu 0.000 yang kurang dari 0.05 maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Kesimpulannya bahwa variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat.

Tabel 4.7 *Multiple Linier Regression: Coefficient* pemakanan *climb milling* pahat *flat bottom endmill* dengan variasi parameter pemotongan hasil SPSS

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.127	.564		5.540	.001
	fn	3.306	.676	.612	4.895	.003
	Vc	-.078	.019	-.501	-4.006	.007

a. Dependent Variable: Ra

Berdasarkan tabel 4.7 maka dapat dibuat model regresi untuk seluruh data sebagai berikut:

$$Ra = 3,127 + 3,306(fn) - 0,078(Vc)$$

Persamaan diatas didapatkan dari kolom (Unstandartized Coefficient B) didapatkan nilai konstan $a_0 = 3,127$; $a_1 = 3,306$; $a_2 = -0,078$ dimana:

Ra = kekasaran permukaan

Vc = variable Vc

fn = variable fn

sesuai dengan persamaan regresi yang diperoleh, maka model regresi tersebut dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai $a_1 = 3,306$ berarti bahwa, apabila nilai x_1 (f_n) mengalami kenaikan sesuai nilai yang dipakai dalam variabel bebas, sedangkan variabel bebas lainnya tetap, maka nilai R_a (kekasaran permukaan) akan meningkat sebesar 3,306
2. Nilai $a_2 = -0,078$ berarti bahwa, apabila nilai x_2 (V_c) mengalami kenaikan sesuai nilai yang dipakai dalam variabel bebas, sedangkan variabel bebas lainnya tetap, maka nilai R_a (kekasaran permukaan) akan menurun sebesar 0,078

4.2.3 Metode Regresi Berganda Pada Flute 4

Tabel 4.8 Multiple Linear Regression: Model Summary pada proses *climb milling* (hasil SPSS)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.950 ^a	.903	.871	.18070

a. Predictors: (Constant), V_c , f_n
b. Dependent Variable: R_a

keterangan:

- V_c : kecepatan pemotongan (m/menit)
 f_n : kecepatan pemakanan (mm/rev)
 R_a : kekasaran permukaan (μm)

Dari tabel 4.8 dapat dilihat adjusted R Square adalah 0,871 ini disimpulkan bahwa parameter yang digunakan (kecepatan pemotongan, jumlah mata pahat, dan kecepatan pemakanan) mempengaruhi nilai kekasaran sebesar 87,1% dan 12,9% dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti.

Tabel 4.9 Hasil Tes ANOVA (Hasil SPSS)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.833	2	.916	28.065	.001 ^a
	Residual	.196	6	.033		
	Total	2.029	8			

- a. Predictors: (Constant), V_c , f_n
b. Dependent Variable: R_a

Untuk mengetahui berpengaruh atau tidaknya variabel bebas (kecepatan pemotongan, jumlah mata pahat, dan kecepatan pemakanan) terhadap variabel terikat

(kekasaran permukaan) dilakukan ANOVA (Analysis of Variance) kemudian membuat hipotesis sebagai berikut:

H_0 = variabel bebas tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat

H_1 = variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat

Pengambilan keputusan ditentukan persamaan sebagai berikut:

- Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ atau signifikan $\leq 0,05$ maka H_0 ditolak dan menerima H_1
- Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau signifikan $> 0,05$ maka H_0 diterima dan menolak H_1

Dari tabel 4.9 hasil tes anova dapat dilihat nilai F hitung adalah 28,065 , sedangkan F tabel diperoleh dari Tabel F dengan derajat bebas (df) Residual (sis) yaitu 6 sebagai df penyebut dan df regression (perlakuan) yaitu 2 sebagai df pembilang dengan taraf signifikan 0,05 atau 5% sehingga diperoleh:

- Df residual = 2
- Df regression = 6
- F_{hitung} = 28,065
- F_{tabel} = 5,14

Karena F_{hitung} (28,065) $>$ F_{tabel} (5,14) dimana sesuai persamaan diatas maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dan berdasarkan nilai signifikan pada kolom sig yaitu 0.001 yang kurang dari 0.05 maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Kesimpulannya bahwa variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat.

Tabel 4.10 *Multiple Linier Regression: Coefficient pemakanan climb milling pahat flat bottom endmill* dengan variasi parameter pemotongan hasil SPSS

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2.398	.393		6.096	.001
	fn	1.906	.471	.592	4.049	.007
	Vc	-.047	.014	-.505	-3.450	.014

a. Dependent Variable: Ra

Berdasarkan tabel 4.10 maka dapat dibuat model regresi untuk seluruh data sebagai berikut:

$$Ra = 2,398 + 1,906(fn) - 0,047(Vc)$$

Persamaan diatas didapatkan dari kolom (Unstandartized Coefficient B) didapatkan nilai konstan $a_0 = 2,398$; $a_1 = 1,906$; $a_2 = -0,047$ dimana:

Ra = kekasaran permukaan

f_n = variable f_n

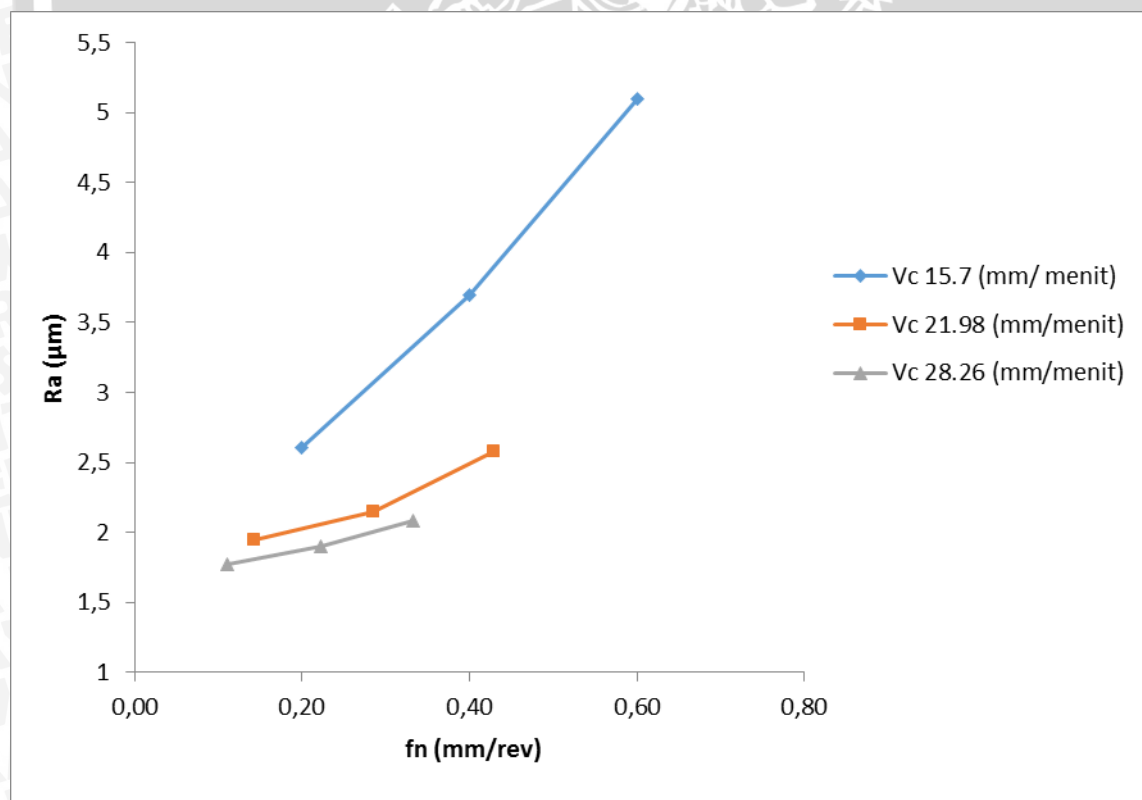
V_c = variable V_c

Sesuai dengan persamaan regresi yang diperoleh, maka model regresi tersebut dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai $a_1 = 1,906$ berarti bahwa, apabila nilai x_1 (V_c) mengalami kenaikan sesuai nilai yang dipakai dalam variabel bebas, sedangkan variabel bebas lainnya tetap, maka nilai R_a (kekasaran permukaan) akan meningkat sebesar 1,906
2. Nilai $a_2 = -0,047$ berarti bahwa, apabila nilai x_2 (f_n) mengalami kenaikan sesuai nilai yang dipakai dalam variabel bebas, sedangkan variabel bebas lainnya tetap, maka nilai R_a (kekasaran permukaan) akan menurun sebesar 0,047

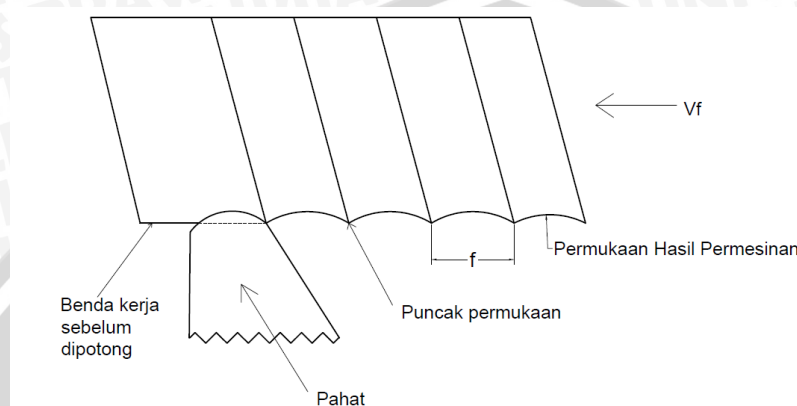
4.3 Analisis Grafik

4.3.1 Analisis grafik hubungan antara *feed rate* (f_n) dan kecepatan potong (V_c) terhadap kekasaran permukaan (R_a) Al 6061 pada pahat 2 flute dengan proses *climb milling*



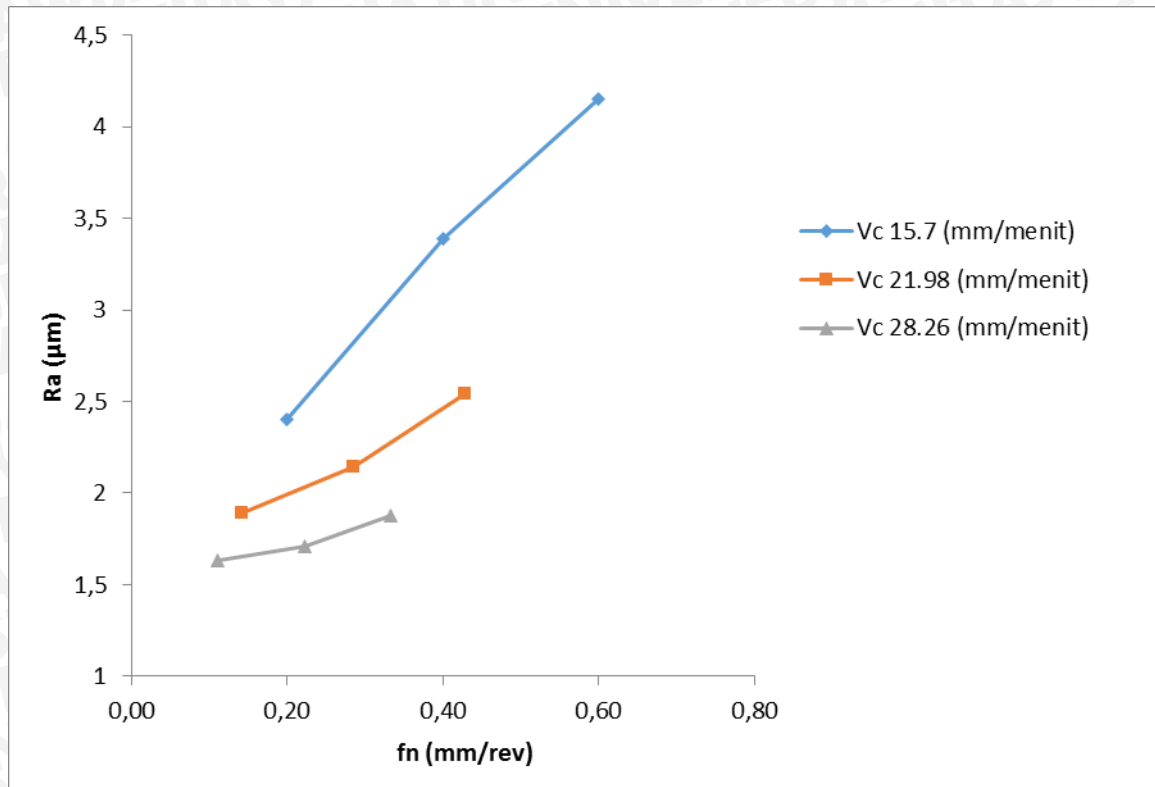
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara *feed rate* (f_n) dan kecepatan potong (V_c) terhadap kekasaran permukaan (R_a) Al 6061 pada pahat 2 flute dengan proses *climb milling*

Berdasarkan gambar grafik 4.1 diatas terjadi perubahan nilai V_c dan f_n yang diperoleh dari variasi kecepatan putaran spindel 500 rpm, 700 rpm, dan 900 rpm. Sedangkan f_n juga dipengaruhi dari nilai kecepatan pemakanan 100 m/menit, 200 m/menit, dan 300 m/menit. Dari grafik diatas dapat dilihat nilai R_a paling kecil pada proses V_c 28,96 mm/menit dan f_n 0,11 mm/rev dengan nilai R_a sebesar 1,77 μm , sedangkan nilai R_a tertinggi sebesar 5,1 μm dengan V_c 15,7 mm/menit dan f_n 0,60 mm/rev.



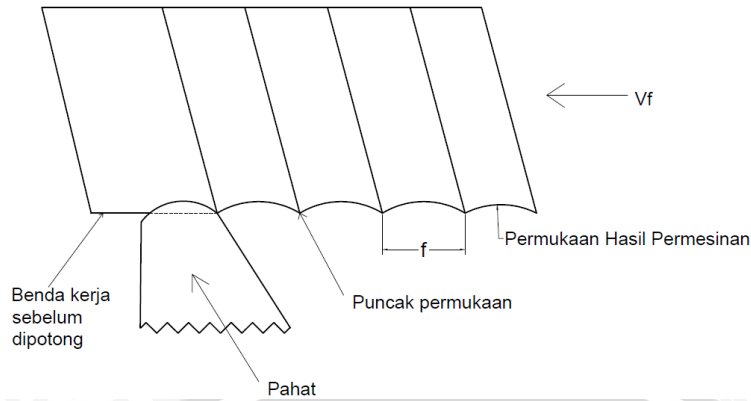
Dari data tersebut menunjukkan bahwa semakin besar V_c menyebabkan putaran spindel semakin besar artinya dengan putaran spindel yang besar menyebabkan pemakanan yang terjadi tiap giginya menjadi semakin banyak, akibatnya benda kerja dapat disayat berulang kali sehingga benda kerja dapat menjadi lebih halus. Ini disebabkan karena jika semakin rendah V_c maka mengakibatkan berkurangnya pemakanan yang terjadi pada tiap *flute*, dengan semakin rendah V_c maka akan menghasilkan nilai R_a benda kerja yang tinggi atau kasar. Sedangkan semakin tinggi nilai f_n menyebabkan semakin besar jarak yang disayat pahat maka jarak antar puncak hasil pemakanan semakin panjang setiap putarannya, selain itu tebal geram (*chips*) yang disayat juga semakin besar sehingga kekasaran permukaan benda kerja menjadi lebih kasar. Dan sebaliknya semakin kecil f_n maka tebal geram yang disayat semakin kecil sehingga kekasaran permukaan menjadi lebih kecil atau lebih halus. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin rendah V_c dan semakin tinggi nilai f_n maka akan menaikkan nilai R_a .

4.3.2 Analisis grafik hubungan antara *feed rate* (f_n) dan kecepatan potong (V_c) terhadap kekasaran permukaan (R_a) Al 6061 pada pahat 3 flute dengan proses *climb milling*



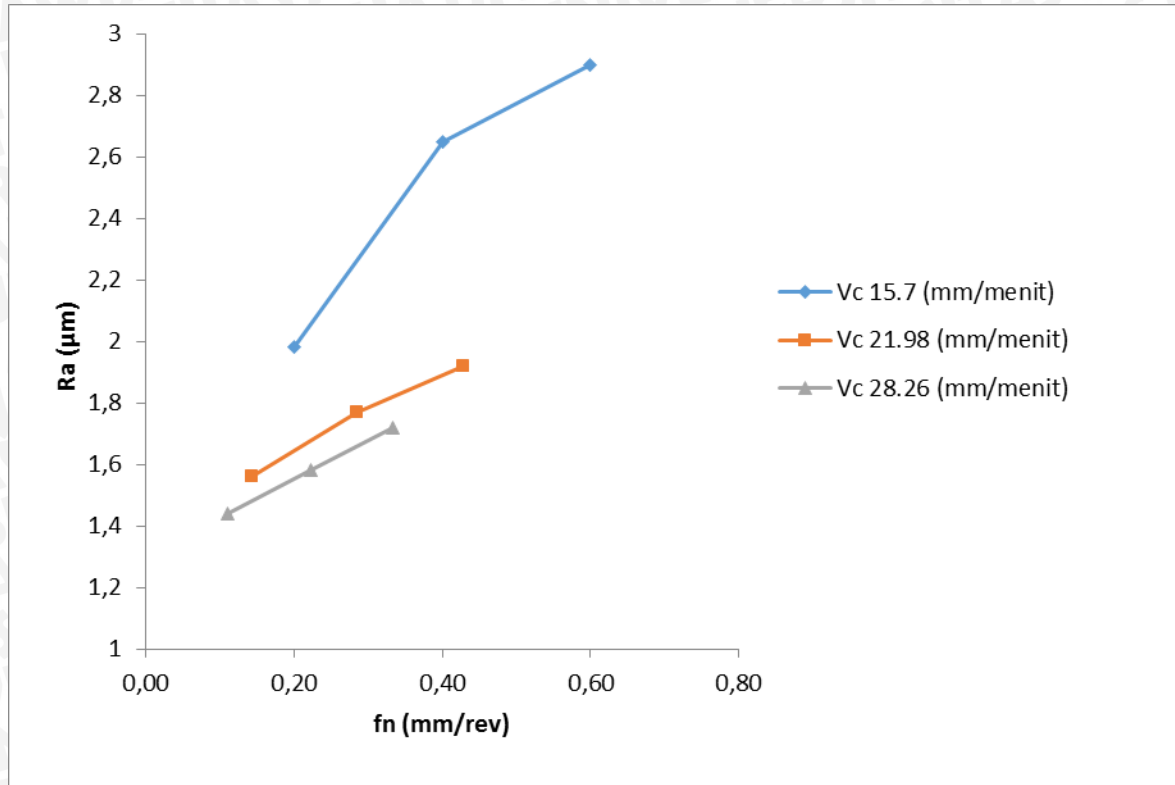
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara *feed rate* (f_n) dan kecepatan potong (V_c) terhadap kekasaran permukaan (R_a) Al 6061 pada pahat 3 flute dengan proses *climb milling*

Berdasarkan gambar grafik diatas terjadi perubahan nilai V_c dan f_n yang diperoleh dari variasi kecepatan putaran spindle 500 rpm, 700 rpm, dan 900 rpm. Sedangkan f_n juga dipengaruhi dari nilai kecepatan pemakanan 100 m/menit, 200 m/menit, dan 300 m/menit. Dari grafik diatas dapat dilihat nilai R_a paling kecil pada proses V_c 28,96 mm/menit dan f_n 0,11 mm/rev dengan nilai R_a sebesar 1,63 μm , sedangkan nilai R_a tertinggi sebesar 4,15 μm dengan V_c 15,7 mm/menit dan f_n 0,60 mm/rev.



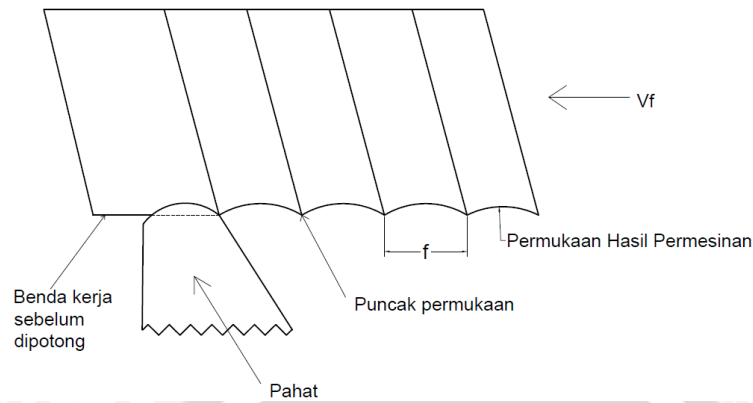
Dari data tersebut menunjukkan bahwa semakin besar V_c menyebabkan putaran spindel semakin besar artinya dengan putaran spindel yang besar menyebabkan pemakanan yang terjadi tiap giginya menjadi semakin banyak, akibatnya benda kerja dapat disayat berulang kali sehingga benda kerja dapat menjadi lebih halus. Ini disebabkan karena jika semakin rendah V_c maka mengakibatkan berkurangnya pemakanan yang terjadi pada tiap *flute*, dengan semakin rendah V_c maka akan menghasilkan nilai R_a benda kerja yang tinggi atau kasar. Sedangkan semakin tinggi nilai f_n menyebabkan semakin besar jarak yang disayat pahat maka jarak antar puncak hasil pemakanan semakin panjang setiap putarannya, selain itu tebal geram (*chips*) yang disayat juga semakin besar sehingga kekasaran permukaan benda kerja menjadi lebih kasar. Dan sebaliknya semakin kecil f_n maka tebal geram yang disayat semakin kecil sehingga kekasaran permukaan menjadi lebih kecil atau lebih halus. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin rendah V_c dan semakin tinggi nilai f_n maka akan menaikkan nilai R_a .

4.3.3 Analisis grafik hubungan antara *feed rate* (f_n) dan kecepatan potong (V_c) terhadap kekasaran permukaan (R_a) Al 6061 pada pahat 4 flute dengan proses *climb milling*



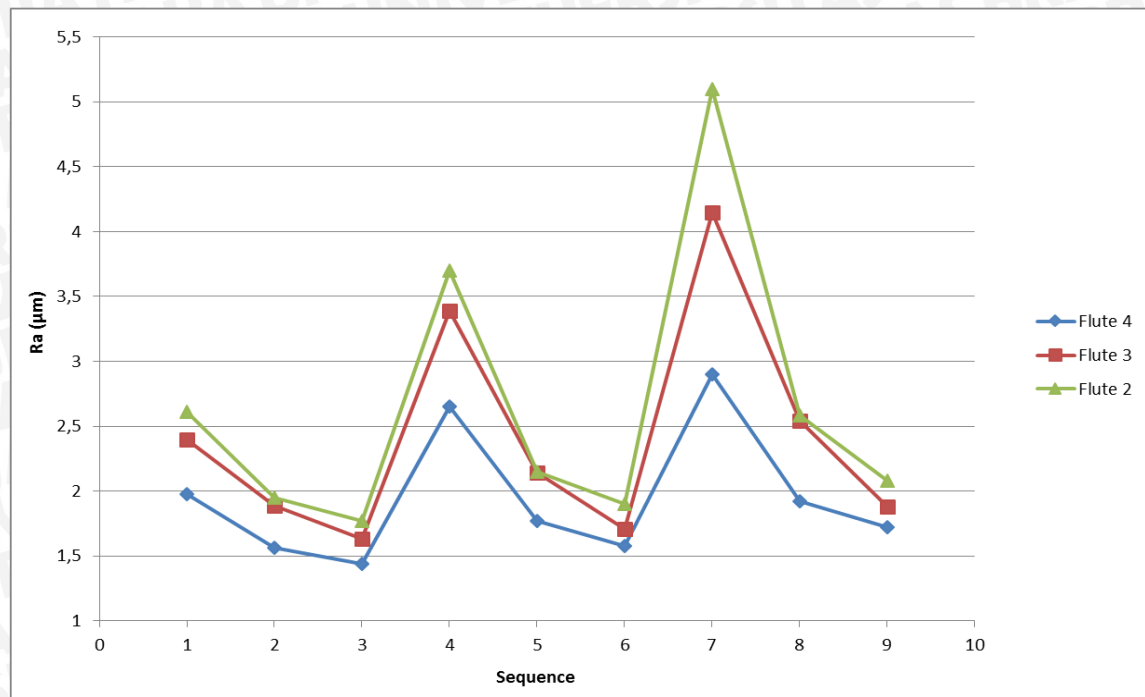
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara *feed rate* (f_n) dan kecepatan potong (V_c) terhadap kekasaran permukaan (R_a) Al 6061 pada pahat 4 *flute* dengan proses *Climb Milling*

Berdasarkan gambar grafik diatas terjadi perubahan nilai V_c dan f_n yang diperoleh dari variasi kecepatan putaran spindle 500 rpm, 700 rpm, dan 900 rpm. Sedangkan f_n juga dipengaruhi dari nilai kecepatan pemakanan 100 m/menit, 200 m/menit, dan 300 m/menit. Dari grafik diatas dapat dilihat nilai R_a paling kecil pada proses V_c 28,96 mm/menit dan f_n 0,11 mm/rev dengan nilai R_a sebesar 1,44 μm , sedangkan nilai R_a tertinggi sebesar 2,9 μm dengan V_c 15,7 mm/menit dan f_n 0,60 mm/rev.



Dari data tersebut menunjukkan bahwa semakin besar V_c menyebabkan putaran spindel semakin besar artinya dengan putaran spindel yang besar menyebabkan pemakanan yang terjadi tiap giginya menjadi semakin banyak, akibatnya benda kerja dapat disayat berulang kali sehingga benda kerja dapat menjadi lebih halus. Ini disebabkan karena jika semakin rendah V_c maka mengakibatkan berkurangnya pemakanan yang terjadi pada tiap *flute*, dengan semakin rendah V_c maka akan menghasilkan nilai R_a benda kerja yang tinggi atau kasar. Sedangkan semakin tinggi nilai f_n menyebabkan semakin besar jarak yang disayat pahat maka jarak antar puncak hasil pemakanan semakin panjang setiap putarannya, selain itu tebal geram (*chips*) yang disayat juga semakin besar sehingga kekasaran permukaan benda kerja menjadi lebih kasar. Dan sebaliknya semakin kecil f_n maka tebal geram yang disayat semakin kecil sehingga kekasaran permukaan menjadi lebih kecil atau lebih halus. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin rendah V_c dan semakin tinggi nilai f_n maka akan menaikkan nilai R_a .

4.3.4 Analisis grafik hubungan antara kekasaran permukaan dengan proses pemotongan pada pahat 2,3, dan 4 flute



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kekasaran permukaan dengan proses pemotongan pada pahat 2,3, dan 4 flute

Tabel 4.11 Data Perbandingan nilai kekasaran permukaan pada pahat 2, 3, 4 flute

Sequence	fn (mm/rev)	Vc (m/menit)	Ra (μm)		
			2 flute	3 flute	4 flute
1	0.20	15.7	2.61	2.4	1.98
2	0.14	21.98	1.95	1.89	1.56
3	0.11	28.26	1.77	1.63	1.44
4	0.40	15.7	3.7	3.39	2.65
5	0.29	21.98	2.15	2.14	1.77
6	0.22	28.26	1.9	1.71	1.58
7	0.60	15.7	5.1	4.15	2.9
8	0.43	21.98	2.58	2.54	1.92
9	0.33	28.26	2.08	1.88	1.72

Gambar 4.4 diatas merupakan hubungan urutan proses pemakanan dengan variasi *flute* pada proses pemakanan *climb milling* terhadap nilai Ra pada Al 6061. Pada penelitian ini nilai Ra yang paling rendah terdapat pada parameter 4 *flute* dengan f_n 0,11 mm/rev dan V_c 28,26 mm/menit sebesar 1,44 μm . Sedangkan nilai Ra paling tinggi terdapat pada proses dengan parameter 2 *flute* f_n 0,60 mm/rev dan V_c 15,7 mm/menit sebesar 5,1 μm . Pada gambar grafik tersebut terlihat memiliki nilai Ra yang berbeda padahal diberikan perlakuan kecepatan pemakanan dan kecepatan putaran spindle yang sama.

Hal ini dipengaruhi variasi *flute* yang digunakan. Dimana proses yang menggunakan 4 *flute* memiliki nilai Ra yang paling baik dari pada menggunakan pahat dengan 3 *flute* maupun 2 *flute*. Pahat yang menggunakan 4 *flute* akan membagi besar pemakanan menjadi lebih kecil sehingga menghasilkan geram yang lebih kecil dibandingkan dengan pahat 3 *flute* maupun 2 *flute*. Hal tersebut menyebabkan nilai Ra yang paling rendah terdapat pada 4 *flute* lalu 3 *flute* kemudian yang paling rendah pada 2 *flute*. Hal ini sesuai dengan hipotesis dan grafik sebelumnya dimana semakin banyak *flute* maka nilai Ra akan semakin menurun, semakin tinggi kecepatan pemakanan (feed rate) maka nilai Ra yang dihasilkan akan semakin tinggi juga, sedangkan semakin tinggi kecepatan putaran spindle maka menghasilkan nilai Ra yang semakin rendah atau baik.

