

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Penelitian ini menggunakan variabel bebas *Spindle speed* 700, 800, 900 rpm; Kecepatan pemakanan : 100, 200, 300 mm/min; dan Sudut kemiringan pahat : 1°; 3°; 5° dengan proses pemotongan *conventional*. Kemudian dilakukan pengujian kekasaran permukaan dengan tiga kali pengambilan data. Data hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tabel hasil uji kekasaran permukaan dengan pahat *conventional*

Variabel		Kemiringan pahat		
Spindle Speed (rpm)	Feed Rate (mm/min)	1°	3°	5°
		Kekasaran Permukaan (µm)		
700	100	0.68000	0.63667	0.62333
	200	1.27000	1.17667	1.16667
	300	2.01000	1.98333	1.98000
800	100	0.65000	0.63333	0.62000
	200	1.21000	1.16333	1.13667
	300	1.86333	1.84333	1.82667
900	100	0.62000	0.60333	0.58667
	200	1.19000	1.11667	1.06667
	300	1.83333	1.74000	1.69667

4.2 Analisis Dengan Metode Regresi Berganda

Pengolahan data dengan menggunakan model regresi linier berganda (*Multiple Regression Linier*) yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat yang dinyatakan dengan fungsi sebagai berikut :

$$Ra = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

Dengan :

Ra = Kekasaran permukaan

b₀ = Intercept

b₁, b₂, b₃ = Koefisien masing – masing variabel bebas

x₁ = Variabel *spindle speed*



- x_2 = Variabel *feed rate*
 x_3 = Variabel kemiringan pahat

Tabel 4.2 *Multiple Linear Regression : Model Summary* pada proses pemakanan *conventional* miring (hasil SPSS)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.994 ^a	.989	.987	.05903196

a. Predictors: (Constant), Kemiringan_Pahat, Feed_Rate, Spindle_Speed

Dari tabel 4.2 dapat diketahui bahwa nilai *Multiple R* sebesar 0.994 dan $R^2 = 0.989$. data tersebut mengindikasikan bahwa kemampuan variabel independen untuk menjelaskan variasi pada variabel dependen R_a adalah 98.9 persen.

Tabel 4.3 Hasil Tes ANOVA (hasil SPSS)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6.959	3	2.320	665.695	.000 ^a
	Residual	.080	23	.003		
	Total	7.040	26			

a. Predictors: (Constant), Kemiringan_Pahat, Feed_Rate, Spindle_Speed

b. Dependent Variable: Kekasaran_Permukaan

Hasil olah data dengan ANOVA (*analysis of variance*) seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3. dalam suatu pengujian, ada tidak nya pengaruh suatu variabel independen (variabel bebas) dan variabel dependen (variabel terikat) dikemukakan hipotesis yang dinyatakan sebagai berikut :

H_0 = Tidak ada pengaruh variabel independen X_1 , X_2 , dan X_3 secara signifikan dan positif terhadap variabel Y.

H_1 = Terdapat pengaruh variabel independen X_1 , X_2 , dan X_3 secara signifikan dan positif terhadap variabel dependen Y.

Harga koefisien F harus dibandingkan dengan harga F tabel untuk tingkat alpha yang telah ditetapkan dengan df_1 sebagai pembilang dan df_2 sebagai penyebut yang sesuai dengan perhitungan. Berdasarkan criteria yang digunakan, maka H_0 akan ditolak dan H_1 akan diterima ketika $F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$ serta H_0 akan diterima dan H_1 akan ditolak ketika $F \text{ hitung} \leq F \text{ tabel}$.

Berdasarkan tabel *output Model Summary* dan ANOVA di atas diperoleh harga koefisien korelasi atau $R = 0.994$ dan $F = 665.695$, sedangkan tingkat alpha yang

ditetapkan sebesar 5%. *Degree of Freedom* yang didapatkan dalam perhitungan tersebut yaitu $df_1 = 3$ dan $df_2 = 23$. Oleh karena itu didapatkan nilai F tabel sebesar 3.0280.

Karena F hitung $>$ F tabel, yaitu $665.695 > 3.0280$, maka H_0 yang menyatakan tidak ada pengaruh ditolak. Sebagai hasilnya H_1 diterima yang berarti ada pengaruh.

Tabel 4.4 *Multiple Linear Regression : Coefficient* pada proses pemakanan *conventional* miring (hasil SPSS)

		Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	.513	.117		4.374	.000	.270	.755
	Spindle_Speed	-.001	.000	-.095	-4.286	.000	-.001	.000
	Feed_Rate	.006	.000	.988	44.413	.000	.006	.006
	Kemiringan_Pahat	-.017	.007	-.055	-2.489	.020	-.032	-.003

a. Dependent Variable: Kekasaran Permukaan

Berdasarkan tabel 4.4 yang digunakan untuk membuat persamaan garis regresinya adalah besaran koefisien beta (lihat tabel *Coefficient* diatas pada kolom *Unstandardized Coefficient B*) disebutkan bahwa nilai konstan $b_0 = 0.513$, nilai $b_1 = -0.001$, $b_2 = 0.006$, dan $b_3 = -0.017$. dengan demikian dapat ditentukan bahwa *Estimated Regression Equation* untuk seluruh data adalah :

$$R_a = 0.513 - 0.001x_1 + 0.006x_2 - 0.017x_3$$

Maka model regresi tersebut diinterpretasikan sebagai berikut :

1. Harga koefisien $b_1 = -0.001$, berarti apabila nilai x_1 *spindle speed* mengalami kenaikan sebesar satu poin, sementara variabel independen lainnya tetap, maka tingkat R_a kekasaran permukaan tersebut akan berkurang sebesar 0.001.
2. Harga koefisien $b_2 = 0.006$, berarti apabila nilai x_2 *feed rate* mengalami kenaikan sebesar satu poin, sementara variabel independen lainnya tetap, maka tingkat R_a kekasaran permukaan tersebut akan bertambah sebesar 0.006.
3. Harga koefisien $b_3 = -0.017$, berarti apabila nilai x_3 kemiringan pahat mengalami kenaikan sebesar satu poin, sementara variabel independen lainnya tetap, maka tingkat R_a kekasaran permukaan tersebut akan berkurang sebesar 0.017.

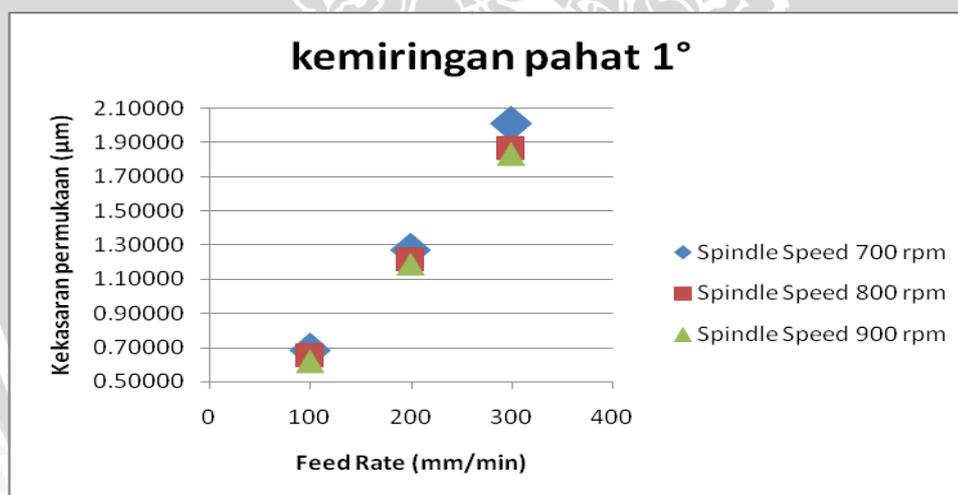
Harga koefisien t harus dibandingkan dengan harga t tabel untuk tingkat alpha yang telah ditetapkan dengan df. Berdasarkan criteria yang digunakan, maka H_0 akan ditolak dan H_1 akan diterima ketika t hitung \geq t tabel serta H_0 akan diterima dan H_1 akan ditolak ketika t hitung \leq t tabel. Nilai dari t hitung yang (-) dihiraukan, karena t hitung mempunyai dua *tail* sehingga apabila nilai dari t hitung (-) maka bias diartikan hasil dari t hitung tersebut mempengaruhi dari sisi kiri *tail*.

Berdasarkan tabel *output Model Coefficient* di atas diperoleh harga untuk masing – masing variabel $t = - 4.286, 44.413, - 2.489$, sedangkan tingkat alpha yang ditetapkan sebesar 5%. *Degree of Freedom* yang didapatkan dalam perhitungan tersebut yaitu $df1 = 3$ dan $df2 = 23$. Oleh karena itu didapatkan nilai t tabel sebesar 2.06866. Karena t hitung $> t$ tabel, yaitu $4.286 > 2.06866, 44.413 > 2.06866, 2.489 > 2.06866$ maka H_0 yang menyatakan tidak ada pengaruh ditolak. Sebagai hasilnya H_1 diterima yang berarti ada pengaruh.

Adapun batasan dalam memasukkan parameter pada persamaan diatas harus berdasarkan kemampuan mesin dimana *spindle speed* 300 – 2000 rpm, *feed rate* 5 – 400 mm/min, dan kemiringan pahat 0 – 45°.

4.3 Analisis Grafik

4.3.1 Analisis Grafik Hubungan antara *Feed Rate* dan *Spindle Speed* dengan Kekasaran Permukaan pada Pemakanan *Conventional* dengan Kemiringan Pahat 1°



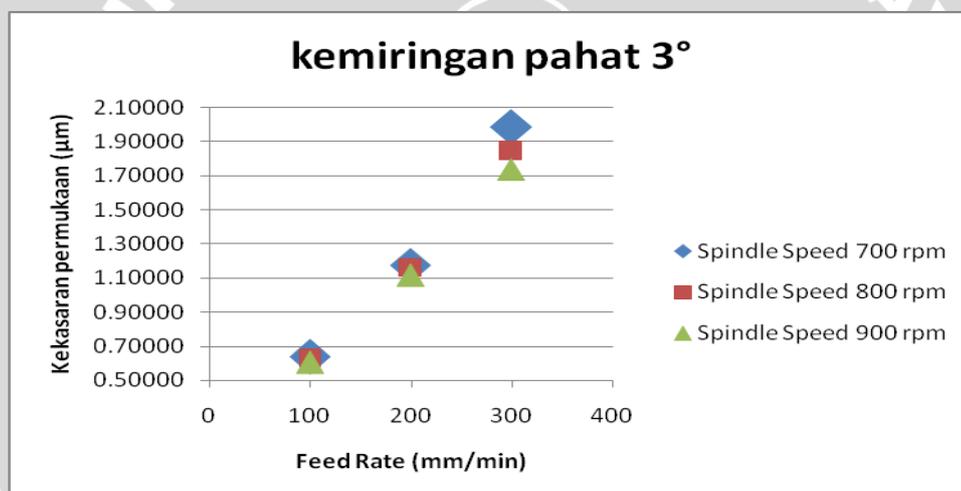
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara *feed rate* dan *spindle speed* dengan kekasaran permukaan pada pemakanan *conventional* dengan kemiringan pahat 1°

Pada Grafik hubungan antara *feed rate* dan *spindle speed* dengan kekasaran permukaan pada pemakanan *conventional* dengan kemiringan pahat 1° dapat dilihat bahwa dengan seiring bertambahnya *feed rate* maka akan mempengaruhi kekasaran permukaan pada hasil benda kerja. Pada grafik terlihat semakin tinggi *feed rate* maka semakin tinggi pula kekasaran permukaan yang dihasilkan pada benda kerja. Hal ini terjadi pada setiap pemakanan yang dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi *feed rate* maka geram yang dihasilkan akan semakin tebal, hal ini terbukti

mempengaruhi kekasaran permukaan hasil benda kerja, dimana semakin tinggi *feed rate* maka semakin tinggi pula kekasaran permukaan yang dihasilkan.

Pada grafik diatas juga terlihat adanya perubahan *spindle speed* dengan variasi 700, 800, dan 900 rpm. Pada *feed rate* yang sama terlihat beda kekasaran permukaan pada tiap *spindle speed*. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar *spindle speed* maka semakin kecil nilai kekasaran permukaan benda kerja pada pemakanan *conventional* dengan kemiringan pahat 1° . Hal ini disebabkan semakin cepat *spindle speed* maka pemakanan yang terjadi semakin banyak pada tiap gigi nya.

4.3.2 Analisis Grafik Hubungan antara *Feed Rate* dan *Spindle Speed* dengan Kekasaran Permukaan pada Pemakanan *Conventional* dengan Kemiringan Pahat 3°

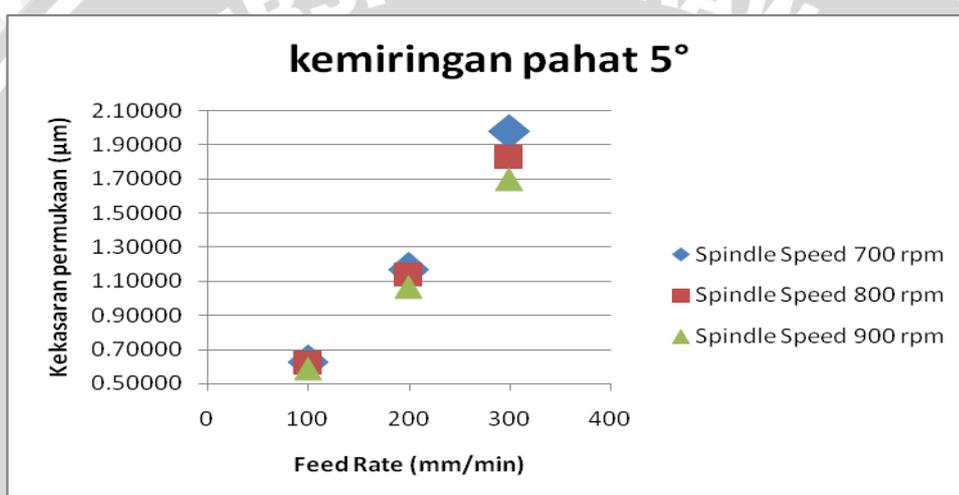


Gambar 4.2 Grafik hubungan antara *feed rate* dan *spindle speed* dengan kekasaran permukaan pada pemakanan *conventional* dengan kemiringan pahat 3°

Pada Grafik hubungan antara *feed rate* dan *spindle speed* dengan kekasaran permukaan pada pemakanan *conventional* dengan kemiringan pahat 3° dapat dilihat bahwa dengan seiring bertambahnya *feed rate* maka akan mempengaruhi kekasaran permukaan pada hasil benda kerja. Pada grafik terlihat semakin tinggi *feed rate* maka semakin tinggi pula kekasaran permukaan yang dihasilkan pada benda kerja. Hal ini terjadi pada setiap pemakanan yang dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi *feed rate* maka geram yang dihasilkan akan semakin tebal, hal ini terbukti mempengaruhi kekasaran permukaan hasil benda kerja, dimana semakin tinggi *feed rate* maka semakin tinggi pula kekasaran permukaan yang dihasilkan.

Pada grafik diatas juga terlihat adanya perubahan *spindle speed* dengan variasi 700, 800, dan 900 rpm. Pada *feed rate* yang sama terlihat beda kekasaran permukaan pada tiap *spindle speed*. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar *spindle speed* maka semakin kecil nilai kekasaran permukaan benda kerja pada pemakanan *conventional* dengan kemiringan pahat 3°. Hal ini disebabkan semakin cepat *spindle speed* maka pemakanan yang terjadi semakin banyak pada tiap gigi nya.

4.3.3 Analisis Grafik Hubungan antara *Feed Rate* dan *Spindle Speed* dengan Kekasaran Permukaan pada Pemakanan *Conventional* dengan Kemiringan Pahat 5°



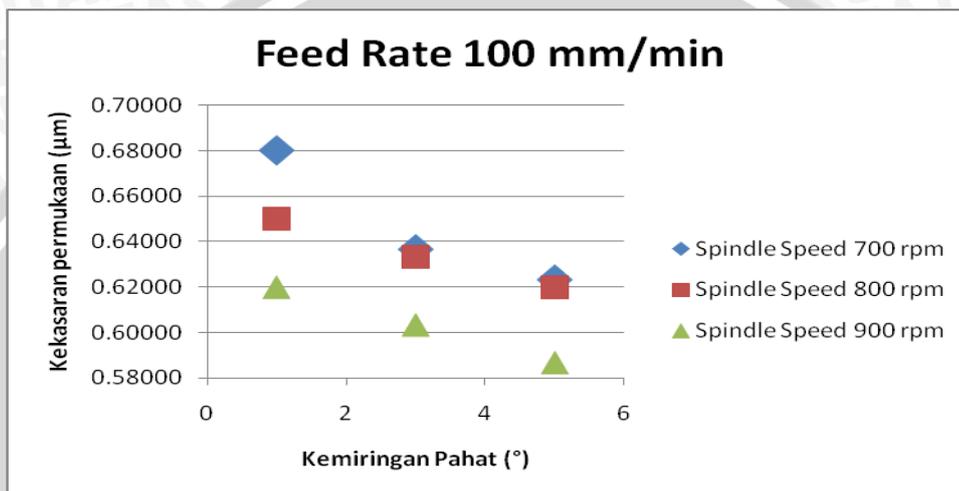
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara *feed rate* dan *spindle speed* dengan kekasaran permukaan pada pemakanan *conventional* dengan kemiringan pahat 5°

Pada Grafik hubungan antara *feed rate* dan *spindle speed* dengan kekasaran permukaan pada pemakanan *conventional* dengan kemiringan pahat 5° dapat dilihat bahwa dengan seiring bertambahnya *feed rate* maka akan mempengaruhi kekasaran permukaan pada hasil benda kerja. Pada grafik terlihat semakin tinggi *feed rate* maka semakin tinggi pula kekasaran permukaan yang dihasilkan pada benda kerja. Hal ini terjadi pada setiap pemakanan yang dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi *feed rate* maka geram yang dihasilkan akan semakin tebal, hal ini terbukti mempengaruhi kekasaran permukaan hasil benda kerja, dimana semakin tinggi *feed rate* maka semakin tinggi pula kekasaran permukaan yang dihasilkan.

Pada grafik diatas juga terlihat adanya perubahan *spindle speed* dengan variasi 700, 800, dan 900 rpm. Pada *feed rate* yang sama terlihat beda kekasaran permukaan pada tiap *spindle speed*. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar *spindle speed*

maka semakin kecil nilai kekasaran permukaan benda kerja pada pemakanan *conventional* dengan kemiringan pahat 5° . Hal ini disebabkan semakin cepat *spindle speed* maka pemakanan yang terjadi semakin banyak pada tiap gigi nya.

4.3.4 Analisa Grafik Hubungan antara Kemiringan Pahat dan *Spindle Speed* dengan Kekasaran Permukaan pada Pemakanan *Conventional* dengan Nilai *Feed Rate* 100 mm/min



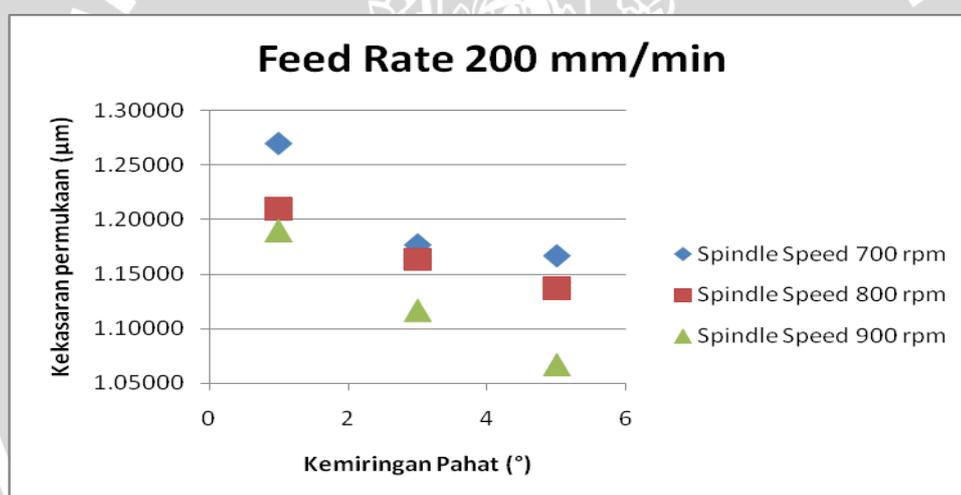
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kemiringan pahat dan *spindle speed* dengan kekasaran permukaan pada pemakanan *conventional* dengan nilai *feed rate* 100 mm/min

Pada grafik hubungan antara kemiringan pahat dan *spindle speed* dengan kekasaran permukaan pada pemakanan *conventional* dengan nilai *feed rate* 100 mm/min dapat dilihat bahwa dengan seiring bertambahnya kemiringan pahat maka akan mempengaruhi kekasaran permukaan pada hasil benda kerja. Pada grafik terlihat semakin tinggi kemiringan maka semakin rendah kekasaran permukaan yang dihasilkan pada benda kerja. Hal ini terjadi pada setiap pemakanan yang dilakukan. Pada *spindle speed* yang sama terlihat beda kekasaran permukaan pada tiap kemiringan pahat, Pada proses kemiringan pahat 5° memiliki nilai kekasaran permukaan yang paling rendah, kemudian 3° , dan yang memiliki kekasaran permukaan paling tinggi adalah 1° . Hal ini dipengaruhi oleh bentuk pahat yaitu *ball nose end mill*, dimana ujung pahat memiliki radius sehingga ujung dari pahat memiliki pertemuan antara 2 mata pahat sehingga ketika digunakan ujung mata pahat tersebut menjadikan kekasaran permukaan yang semakin tinggi. Namun dengan semakin ditambahkan kemiringan pahat dalam proses pemakanannya, maka ujung dari mata pahat tersebut telah bergeser sesuai dengan

kemiringan dari pahat yang telah diatur di awal, sehingga hal itu menyebabkan kekasaran permukaan yang lebih rendah ketika pahat dari pemakanan tersebut dimiringkan.

Pada grafik diatas juga terlihat adanya perubahan *spindle speed* dengan variasi 700, 800, dan 900 rpm. Pada kemiringan pahat yang sama terlihat beda kekasaran permukaan pada tiap *spindle speed*. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar *spindle speed* maka semakin kecil nilai kekasaran permukaan benda kerja pada pemakanan *conventional* dengan *feed rate* 100 mm/min. Hal ini disebabkan semakin cepat *spindle speed* maka pemakanan yang terjadi semakin banyak pada tiap gigi nya.

4.3.5 Analisa Grafik Hubungan antara Kemiringan Pahat dan *Spindle Speed* dengan Kekasaran Permukaan pada Pemakanan *Conventional* dengan Nilai *Feed Rate* 200 mm/min



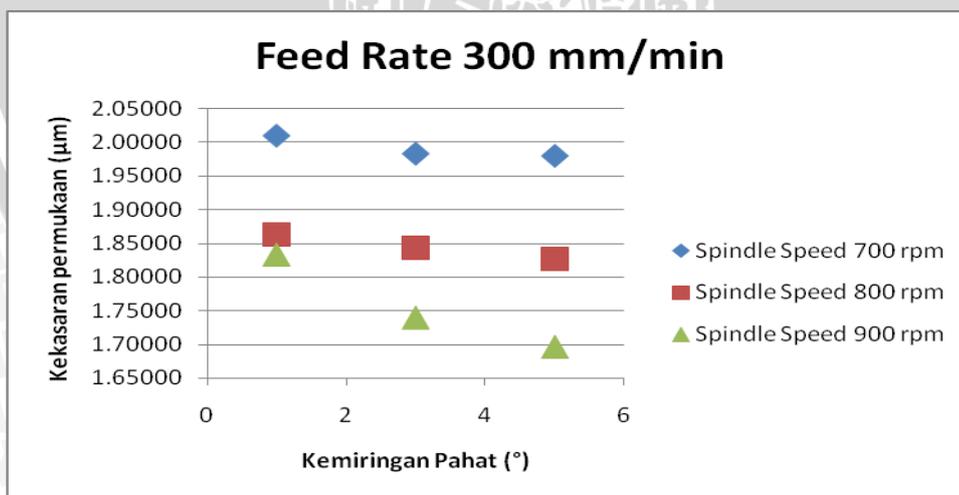
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara kemiringan pahat dan *spindle speed* dengan kekasaran permukaan pada pemakanan *conventional* dengan nilai *feed rate* 200 mm/min

Pada grafik hubungan antara kemiringan pahat dan *spindle speed* dengan kekasaran permukaan pada pemakanan *conventional* dengan nilai *feed rate* 200 mm/min dapat dilihat bahwa dengan seiring bertambahnya kemiringan pahat maka akan mempengaruhi kekasaran permukaan pada hasil benda kerja. Pada grafik terlihat semakin tinggi kemiringan maka semakin rendah kekasaran permukaan yang dihasilkan pada benda kerja. Hal ini terjadi pada setiap pemakanan yang dilakukan. Pada *spindle speed* yang sama terlihat beda kekasaran permukaan pada tiap kemiringan pahat, Pada proses kemiringan pahat 5° memiliki nilai kekasaran permukaan yang paling rendah,

kemudian 3° , dan yang memiliki kekasaran permukaan paling tinggi adalah 1° . Hal ini dipengaruhi oleh bentuk pahat yaitu *ball nose end mill*, dimana ujung pahat memiliki radius sehingga ujung dari pahat memiliki pertemuan antara 2 mata pahat sehingga ketika digunakan ujung mata pahat tersebut menjadikan kekasaran permukaan yang semakin tinggi. Namun dengan semakin ditambahkan kemiringan pahat dalam proses pemakanannya, maka ujung dari mata pahat tersebut telah bergeser sesuai dengan kemiringan dari pahat yang telah diatur di awal, sehingga hal itu menyebabkan kekasaran permukaan yang lebih rendah ketika pahat dari pemakanan tersebut dimiringkan.

Pada grafik diatas juga terlihat adanya perubahan *spindle speed* dengan variasi 700, 800, dan 900 rpm. Pada kemiringan pahat yang sama terlihat beda kekasaran permukaan pada tiap *spindle speed*. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar *spindle speed* maka semakin kecil nilai kekasaran permukaan benda kerja pada pemakanan *conventional* dengan *feed rate* 200 mm/min. Hal ini disebabkan semakin cepat *spindle speed* maka pemakanan yang terjadi semakin banyak pada tiap gigi nya.

4.3.6 Analisa Grafik Hubungan antara Kemiringan Pahat dan *Spindle Speed* dengan Kekasaran Permukaan pada Pemakanan *Conventional* dengan Nilai *Feed Rate* 300 mm/min



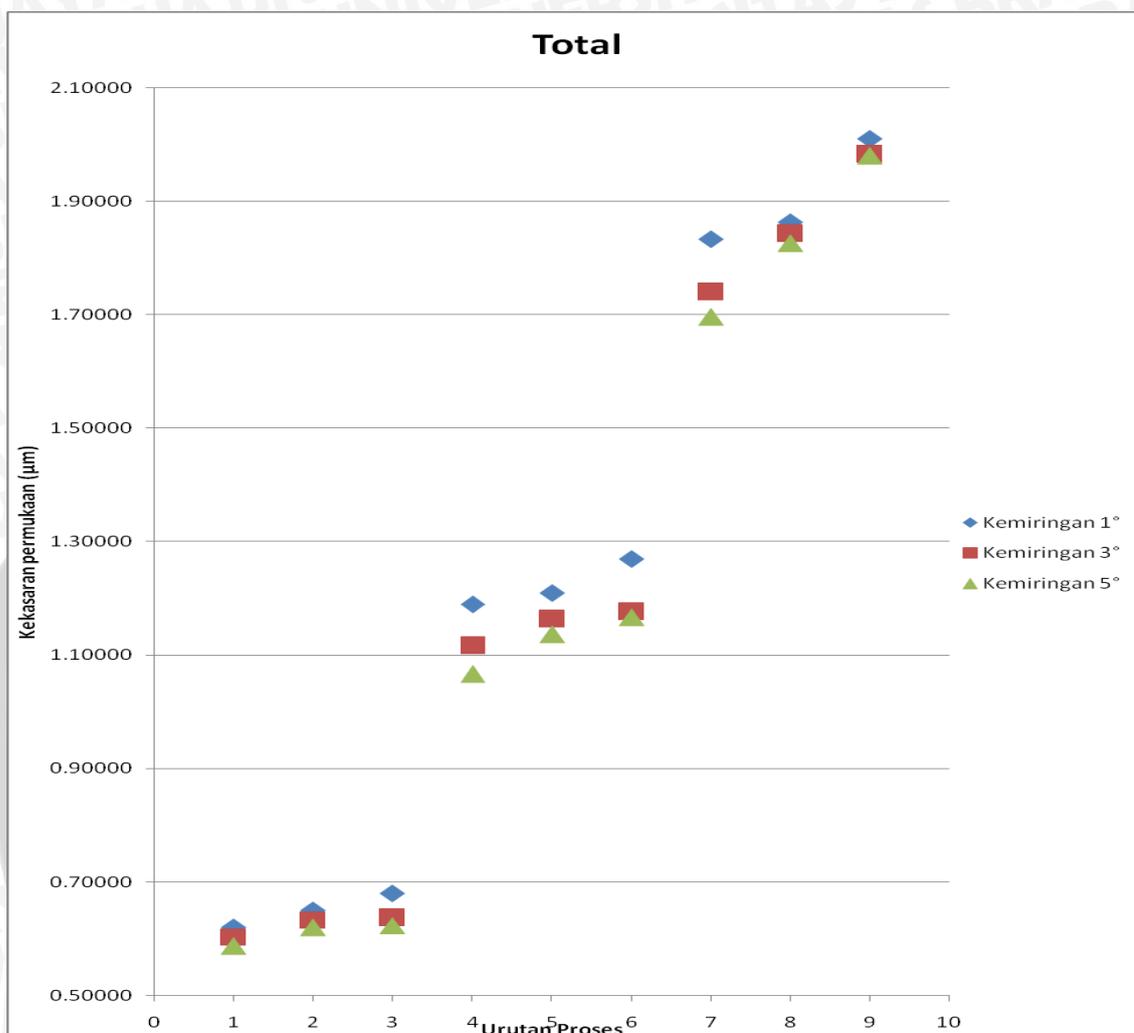
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara kemiringan pahat dan *spindle speed* dengan kekasaran permukaan pada pemakanan *conventional* dengan nilai *feed rate* 300 mm/min

Pada grafik hubungan antara kemiringan pahat dan *spindle speed* dengan kekasaran permukaan pada pemakanan *conventional* dengan nilai *feed rate* 300 mm/min

dapat dilihat bahwa dengan seiring bertambahnya kemiringan pahat maka akan mempengaruhi kekasaran permukaan pada hasil benda kerja. Pada grafik terlihat semakin tinggi kemiringan maka semakin rendah kekasaran permukaan yang dihasilkan pada benda kerja. Hal ini terjadi pada setiap pemakanan yang dilakukan. Pada *spindle speed* yang sama terlihat beda kekasaran permukaan pada tiap kemiringan pahat, Pada proses kemiringan pahat 5° memiliki nilai kekasaran permukaan yang paling rendah, kemudian 3° , dan yang memiliki kekasaran permukaan paling tinggi adalah 1° . Hal ini dipengaruhi oleh bentuk pahat yaitu *ball nose end mill*, dimana ujung pahat memiliki radius sehingga ujung dari pahat memiliki pertemuan antara 2 mata pahat sehingga ketika digunakan ujung mata pahat tersebut menjadikan kekasaran permukaan yang semakin tinggi. Namun dengan semakin ditambahkan kemiringan pahat dalam proses pemakanannya, maka ujung dari mata pahat tersebut telah bergeser sesuai dengan kemiringan dari pahat yang telah diatur di awal, sehingga hal itu menyebabkan kekasaran permukaan yang lebih rendah ketika pahat dari pemakanan tersebut dimiringkan.

Pada grafik diatas juga terlihat adanya perubahan *spindle speed* dengan variasi 700, 800, dan 900 rpm. Pada kemiringan pahat yang sama terlihat beda kekasaran permukaan pada tiap *spindle speed*. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar *spindle speed* maka semakin kecil nilai kekasaran permukaan benda kerja pada pemakanan *conventional* dengan *feed rate* 300 mm/min. Hal ini disebabkan semakin cepat *spindle speed* maka pemakanan yang terjadi semakin banyak pada tiap gigi nya.

4.3.7 Analisis Grafik Hubungan antara Kekasaran Permukaan dengan Proses Pemotongan *Conventional* dengan Kemiringan Pahat 1°, 3°, Dan 5°



Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara Kekasaran Permukaan dengan Proses Pemotongan *Conventional* dengan Kemiringan Pahat 1°, 3°, Dan 5°

Keterangan grafik :

Proses 1 = *feed rate* 100 mm/min; *spindle speed* 900 rpm

Proses 2 = *feed rate* 100 mm/min; *spindle speed* 800 rpm

Proses 3 = *feed rate* 100 mm/min; *spindle speed* 700 rpm

Proses 4 = *feed rate* 200 mm/min; *spindle speed* 900 rpm

Proses 5 = *feed rate* 200 mm/min; *spindle speed* 800 rpm

Proses 6 = *feed rate* 200 mm/min; *spindle speed* 700 rpm

Proses 7 = *feed rate* 300 mm/min; *spindle speed* 900 rpm

Proses 8 = *feed rate* 300 mm/min; *spindle speed* 800 rpm

Proses 9 = *feed rate* 300 mm/min; *spindle speed* 700 rpm

Gambar 4.7 merupakan hubungan antara urutan proses dan kekasaran permukaan dimana sumbu x adalah urutan proses parameter permukaan dan sumbu y adalah kekasaran permukaan hasil benda kerja. Pada grafik hubungan antara kekasaran permukaan dengan proses pemotongan *conventional* dengan kemiringan pahat 1° , 3° , dan 5° pada perlakuan *feed rate* dan *spindle speed* yang sama memiliki nilai kekasaran permukaan yang berbeda. Pada proses kemiringan pahat 5° memiliki nilai kekasaran permukaan yang paling rendah, kemudian 3° , dan yang memiliki kekasaran permukaan paling tinggi adalah 1° . Hal ini dipengaruhi oleh bentuk pahat yaitu *ball nose end mill*, dimana ujung pahat memiliki radius sehingga ujung dari pahat memiliki pertemuan antara 2 mata pahat sehingga ketika digunakan ujung mata pahat tersebut menjadikan kekasaran permukaan semakin tinggi. Namun dengan semakin ditambahkan kemiringan pahat dalam proses pemakanannya, maka ujung dari mata pahat tersebut telah bergeser sekian derajat sesuai dengan kemiringan dari pahat yang telah diatur di awal, sehingga hal itu menyebabkan kekasaran permukaan yang lebih rendah ketika pahat dari pemakanan tersebut dimiringkan. Dalam penelitian ini, nilai kekasaran permukaan yang paling rendah terdapat pada parameter kemiringan pahat 5° dengan nilai *feed rate* 100 mm/min dan *spindle speed* 900 rpm. Hal ini sesuai dengan grafik sebelumnya dimana semakin tinggi nilai *feed rate* maka nilai kekasaran permukaan nya semakin tinggi pula serta semakin tinggi *spindle speed* dan kemiringan pahat maka nilai kekasaran permukaan nya semakin menurun.

