

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil Penelitian

Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah *feed rate* (kecepatan pemakanan) dan *spindle speed* (kecepatan spindle) dengan masing-masing 3 variasi yaitu 100 mm/mnt, 200mm/mnt, 300 mm/mnt dan 700 rpm, 800 rpm, 900 rpm. Dengan proses pemakanan yaitu *conventional milling*. Selanjutnya dilakukan pengukuran kekasaran permukaan dengan dilakukan 3 kali pengambilan data. Data hasil penelitian bisa dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 berikut ini :

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan ( $\mu\text{m}$ ) pada Proses *Conventional Milling Ball Nose End Mill Mata 2*

Variabel		Feed Rate (mm/mnt)		
		100	200	300
Spindle Speed (rpm)	700	0.79	1.55	2.63
	800	0.73	1.37	2.21
	900	0.70	1.12	1.95

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan ( $\mu\text{m}$ ) pada Proses *Conventional Milling Ball Nose End Mill Mata 4*

Variabel		Feed Rate (mm/mnt)		
		100	200	300
Spindle Speed (rpm)	700	0.67	1.25	2.46
	800	0.64	1.08	2.06
	900	0.60	0.99	1.71

## 4.2 Analisis dengan Metode Regresi Berganda

Tabel 4.3 *Multiple Regression Linier : Model Summary* Proses *Conventional milling Ball Nose End Mill* Mata 2 dan 4 (hasil SPSS)

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.973 <sup>a</sup>	.947	.936	.16839

a. Predictors: (Constant), Mata\_Pahat, Feed\_Rate, Spindle\_Speed

Dari Tabel 4.3 diketahui bahwa nilai *Multiple R* = 0,973 dan  $R^2 = 0,947$ . Data tersebut menjelaskan bahwa kemampuan variabel independen untuk menjelaskan variasi pada variabel dependen  $R_a$  adalah sebesar 94 persen.

Tabel 4.4 Hasil Tes ANOVA (hasil SPSS)

ANOVA <sup>b</sup>						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7.160	3	2.387	84.162	.000 <sup>a</sup>
	Residual	.397	14	.028		
	Total	7.557	17			

a. Predictors: (Constant), Mata\_Pahat, Feed\_Rate, Spindle\_Speed

b. Dependent Variable: Kekasaran\_Permukaan

Hasil olah data dengan ANOVA (*analysis of variance*) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 Dalam menguji ada tidaknya pengaruh variabel independen (variabel bebas) terhadap variabel dependen (variabel terikat) dikemukakan hipotesis yang dinyatakan sebagai berikut :

$H_0$  = Tidak terdapat pengaruh variabel independen  $X_1$  dan  $X_2$  yang signifikan terhadap variabel  $Y$

$H_1$  = Terdapat pengaruh variabel independen  $X_1$  dan  $X_2$  yang signifikan 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. Kriteria yang digunakan, akan menolak

$H_0$  dan menerima  $H_1$  apabila  $F$  hitung  $\geq F$  tabel serta menerima  $H_0$  dan menolak  $H_1$  apabila  $F < F$  tabel.

Berdasarkan tabel *output Model Summary* dan ANOVA di atas diperoleh harga koefisien korelasi atau  $R = 0,973$  dan  $F = 84,162$ , sedangkan tingkat alpha yang ditetapkan adalah 5%. *Degree of Freedom* yang ditampilkan dalam perhitungan tersebut yaitu  $df_1 = 3$  dan  $df_2 = 14$ . Oleh karena itu didapatkan nilai  $F$  tabel sebesar 3,34.

Karena  $F$  hitung  $> F$  tabel, yaitu  $84,162 > 3,34$ , maka  $H_0$  ditolak sehingga menerima  $H_1$  yang berarti terdapat pengaruh.

Tabel 4.5 *Multiple Regression Linier : Coefficients* pada Proses *Conventional Milling Ball Nose End Mill Mata 2 dan 4* (hasil SPSS)

Model		Coefficients <sup>a</sup>				
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.665	.420		3.964	.001
	Spindle_Speed	-.002	.000	-.239	-3.909	.002
	Feed_Rate	.007	.000	.934	15.240	.000
	Mata_Pahat	-.088	.040	-.136	-2.226	.043

a. Dependent Variable: Kekasaran\_Permukaan

Berdasarkan Tabel 4.5 yang digunakan untuk membuat persamaan garis regresinya adalah besaran koefisien beta (lihat tabel *Coefficients* di atas pada kolom *Unstandardized Coefficients B*) dikemukakan nilai konstan  $b_0 = 1,665$ ;  $b_1 = -0,002$ ;  $b_2 = 0,007$  dan  $b_3 = -0,088$ . Dengan demikian dapat ditentukan bahwa *Estimated Regression Equation* untuk seluruh data adalah :

$$R_a = 1,665 - 0,002x_1 + 0,007x_2 - 0,088x_3$$

Sesuai dengan persamaan garis regresi yang diperoleh, maka model regresi tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Harga koefisien  $b_1 = -0,002$  berarti bahwa, apabila nilai  $X_1$  *spindle speed* mengalami kenaikan sebesar satu poin, sementara variabel

independen lainnya bersifat tetap, maka tingkat  $R_a$  kekasaran permukaan tersebut akan menurun sebesar 0,002.

2. Harga koefisien  $b_2 = 0,007$ , berarti bahwa, apabila nilai  $X_2$  *feed rate* mengalami kenaikan sebesar satu poin, sementara variabel independen lainnya bersifat tetap, maka tingkat  $R_a$  kekasaran permukaan tersebut akan meningkat sebesar 0,007.
3. Harga koefisien  $b_3 = -0,088$ , berarti bahwa, apabila nilai  $X_3$  jumlah mata pahat mengalami kenaikan sebesar satu poin, sementara variabel independen lainnya bersifat tetap, maka tingkat  $R_a$  kekasaran permukaan tersebut akan menurun sebesar 0,088.

### 4.3 Analisis Grafik

#### 4.3.1 Analisis Grafik Hubungan antara *Feed Rate* dan *Spindle Speed* dengan Kekasaran Permukaan dengan *Ball Nose End Mill* Mata 2



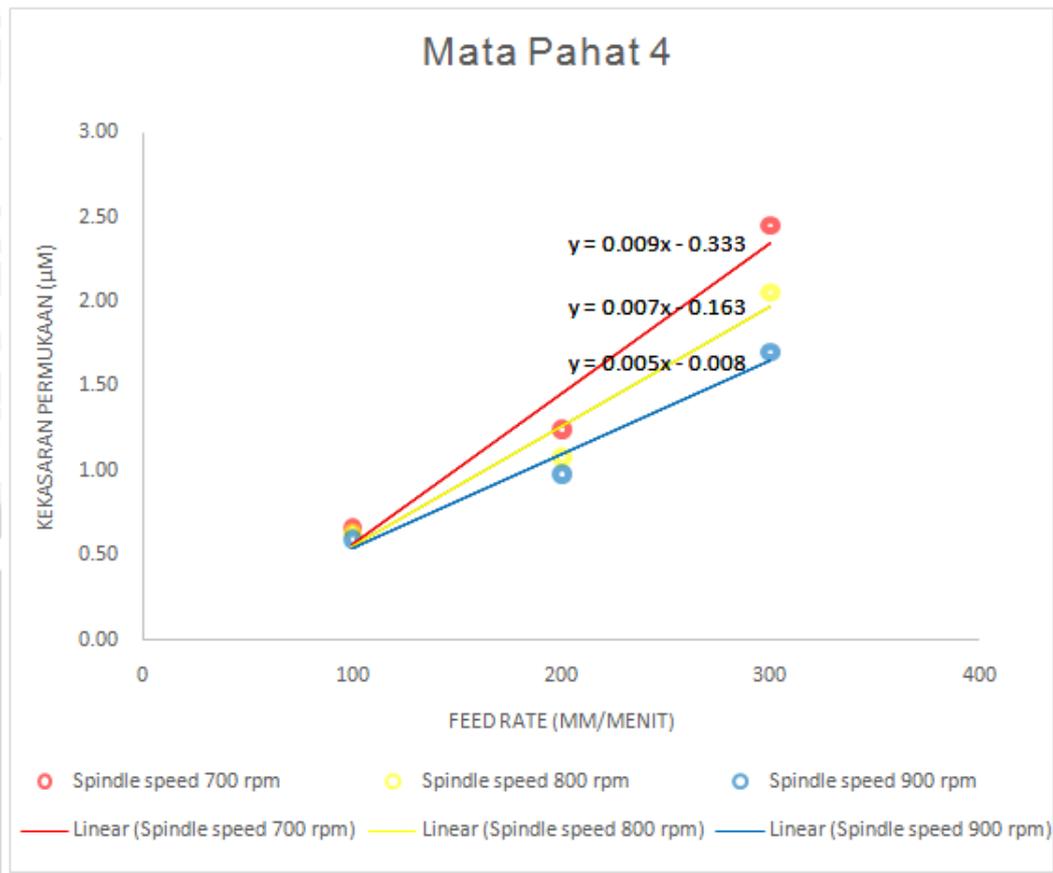
Gambar 4.1 Grafik Hubungan antara *Feed Rate* dan *Spindle Speed* terhadap Kekasaran Permukaan dengan *Ball Nose End Mill* Mata 2

Pada gambar 4.1 merupakan grafik hubungan antara *feed rate* (kecepatan pemakanan) dan *spindle speed* (kecepatan spindle) terhadap kekasaran permukaan dengan *ball nose end mill* mata 2 dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya *feed rate*, maka akan mempengaruhi kekasaran permukaan pada benda kerja sesuai dengan persamaan regresi linier pada grafik diatas. Terlihat pada grafik semakin tinggi *feed rate* maka kekasaran permukaan semakin besar sebaliknya semakin tinggi *spindle speed* maka kekasaran permukaan semakin kecil. Hal ini dikarenakan dengan semakin tinggi *spindle speed* maka semakin cepat pemotongan oleh pahat sehingga permukaan menjadi halus, sedangkan semakin tinggi *feed rate* maka pemakanan menjadi lebih banyak dan geram yang dihasilkan juga banyak sehingga permukaan menjadi kasar.

Pada grafik diatas juga terlihat adanya perubahan *feed rate* dengan variasi 100 mm/mnt, 200 mm/mnt dan 300 mm/mnt. Pada hasil proses pemakanan dengan *feed rate* 100 mm/mnt memiliki kekasaran permukaan yang berkisar 0,68-0,79  $\mu\text{m}$  apabila dibandingkan dengan *feed rate* 200 mm/mnt dengan nilai kekasaran permukaannya antara 1,15-1,43  $\mu\text{m}$  dan pada *feed rate* 300 mm/mnt didapat kisaran nilai kekasaran permukaan antara 1,92-2,93  $\mu\text{m}$ .

Jumlah mata pahat juga berpengaruh terhadap kekasaran permukaan sesuai pada rumus pemakanan per gigi yang berpengaruh terhadap *feed rate*. Pada pahat *ball nose end mill* mata 2 mempunyai kekasaran permukaan yang cukup besar pada *feed rate* yang tinggi dan *spindle speed* rendah. Hal ini disebabkan karena pemakanan per gigi nya hanya 2 mata pahat sehingga kurang optimal yang menyebabkan geram yang dihasilkan volumenya lebih besar dan dapat pula menempel pada pahat sehingga proses pemakanan tidak optimal. Jadi dengan semakin sedikit jumlah mata pahat maka pemakanan per gigi menjadi lebih sedikit yang berpengaruh terhadap *feed rate* sehingga menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih besar.

#### 4.3.2 Analisis Grafik Hubungan antara *Feed Rate* dan *Spindle Speed* dengan Kekasaran Permukaan dengan *Ball Nose End Mill* Mata 4



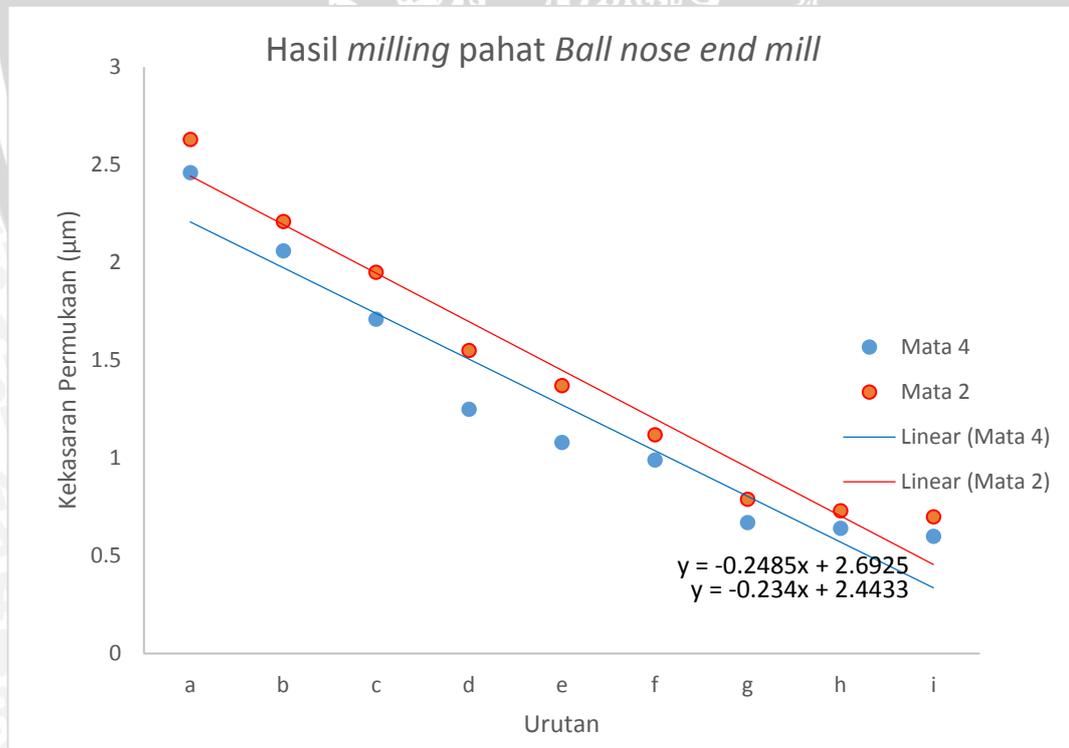
Gambar 4.2 Grafik Hubungan antara *Feed Rate* dan *Spindle Speed* terhadap Kekasaran Permukaan dengan *Ball nose end mill* mata 4

Pada gambar 4.2 merupakan grafik hubungan antara *feed rate* (kecepatan pemakanan) dan *spindle speed* (kecepatan spindle) terhadap kekasaran permukaan dengan *ball nose end mill* mata 4 dapat dilihat semakin tinggi *spindle speed* maka kekasaran permukaan pada benda kerja menjadi semakin kecil sedangkan semakin tinggi *feed rate* maka kekasaran permukaan semakin besar sesuai dengan persamaan regresi linier pada grafik diatas. Hal ini dikarenakan dengan semakin tingginya *spindle speed* maka semakin cepat pemotongan yang terjadi oleh pahat sehingga permukaan menjadi halus, sedangkan semakin tinggi *feed rate* maka pemakanan menjadi lebih banyak dan geram yang dihasilkan juga banyak sehingga permukaan menjadi kasar.

Pada *feed rate* 100 mm/mnt nilai kekasaran permukaannya berkisar 0,55-0,71  $\mu\text{m}$  dan pada *feed rate* 200 mm/mnt nilai kekasaran permukaannya berkisar 1,11-1,35  $\mu\text{m}$  sedangkan pada *feed rate* 300 mm/mnt nilai kekasaran permukaannya yaitu 1,62-2,29  $\mu\text{m}$ .

Jumlah mata pahat juga berpengaruh terhadap kekasaran permukaan sesuai dengan rumus pemakanan per gigi yang berpengaruh terhadap *feed rate*. Pada pahat *ball nose end mill* mata 4 mempunyai kekasaran permukaan yang lebih kecil bila dibandingkan dengan *ball nose end mill* mata 2 dengan parameter yang sama. Hal ini disebabkan karena pemakanan per gigi nya dengan 4 mata pahat sehingga lebih optimal karena geram yang dihasilkan volumenya lebih kecil dan juga mudah terbuang sehingga jarang menempel pada pahat yang dapat mengganggu pemakanan. Jadi dengan semakin banyak jumlah mata pahat maka pemakanan per gigi menjadi lebih banyak yang dapat mempengaruhi *feed rate* sehingga menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih kecil.

#### 4.3.3 Analisis Grafik Hubungan antara Kekasaran Permukaan pada *Ball Nose End Mill* Mata 2 dan 4



Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara Kekasaran Permukaan Menggunakan *Ball Nose End Mill* Mata 2 dan 4

Pada gambar 4.3 merupakan grafik hubungan antara urutan proses dan kekasaran permukaan dimana sumbu x adalah urutan proses pemakanan sedangkan sumbu y adalah kekasaran permukaan hasil proses pemakanan. Urutan proses tersebut adalah sebagai berikut:

- (a) *Feed rate* 300 mm/mnt dan *Spindle speed* 700 rpm
- (b) *Feed rate* 300 mm/mnt dan *Spindle speed* 800 rpm
- (c) *Feed rate* 300 mm/mnt dan *Spindle speed* 900 rpm
- (d) *Feed rate* 200 mm/mnt dan *Spindle speed* 700 rpm
- (e) *Feed rate* 200 mm/mnt dan *Spindle speed* 800 rpm
- (f) *Feed rate* 200 mm/mnt dan *Spindle speed* 900 rpm
- (g) *Feed rate* 100 mm/mnt dan *Spindle speed* 700 rpm
- (h) *Feed rate* 100 mm/mnt dan *Spindle speed* 800 rpm
- (i) *Feed rate* 100 mm/mnt dan *Spindle speed* 900 rpm

Pada grafik hubungan antara kekasaran permukaan menggunakan *ball nose end mill* mata 2 dan 4 dengan parameter *feed rate* (kecepatan pemakanan) dan *spindle speed* (kecepatan spindel) yang sama memiliki perbedaan nilai kekasaran permukaan. Proses pemakanan menggunakan *ball nose end mill* mata 4 memiliki nilai kekasaran yang lebih kecil dibandingkan proses pemakanan menggunakan *ball nose end mill* mata 2. Perbedaan kekasaran permukaannya pun mempunyai selisih 0,10-0,30  $\mu\text{m}$ . Hal ini dipengaruhi karena pada proses pemakanan menggunakan *ball nose end mill* mata 2 menghasilkan geram yang volumenya lebih besar bila dan juga dapat menempel pada pahat dibandingkan dengan proses pemakanan *ball nose end mill* mata 4 yang menghasilkan geram lebih kecil dan mudah terbuang sehingga jarang menempel pada pahat. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah mata pahat maka kontak pemakanan dengan benda kerja semakin besar sehingga semakin banyak permukaan benda yang terpotong oleh gigi dari pahat yang mengakibatkan dapat memotong benda 2 kali lebih banyak dari pada mata pahat yang berjumlah sedikit sehingga proses yang dilakukan jauh lebih efektif dan juga volume geram yang lebih kecil lebih jarang menempel pada pahat. Selain itu, kekasaran permukaan yang dihasilkan pada

benda juga memiliki nilai yang baik sehingga benda yang dihasilkan dapat menjadi produk yang berkualitas baik. Parameter yang tepat juga merupakan faktor yang penting karena bila parameter yang digunakan tidak tepat meskipun semakin banyak mata pahat juga tidak akan menghasilkan kekasaran permukaan yang baik pula.

Dalam penelitian ini juga menggunakan proses pemakanan *conventional milling* yang arah pemakanannya berlawanan sehingga terkadang geram menempel pada benda kerja dan pahat dikarenakan pembuangan geram yang sulit. Selain itu karena arah pemakanannya berlawanan dengan arah putar pahat sehingga permukaan yang dihasilkan lebih kasar, hal ini diakibatkan proses pemakanan yang dilakukan lebih berat. Jadi proses pemakanan *conventional milling* juga mempengaruhi kekasaran permukaan benda kerja yang dipotong. Akan tetapi dengan hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memperoleh parameter yang tepat agar didapatkan kekasaran permukaan yang baik sehingga mampu meningkatkan produktifitas dalam dunia industri. Karena bila parameter yang digunakan tepat dan efektif serta kekasaran permukaan yang dihasilkan juga baik maka dalam proses permesinan tidak perlu dilakukan pergantian pahat dan *setting* pahat yang sering yang dapat membuang banyak waktu yang dapat mengakibatkan berkurangnya produktifitas dan efektifitas dalam proses produksi.

