

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

##### 4.1.1 Data Hasil Penelitian

Pada hasil kekasaran permukaan baja karbon sedang setelah dilakukan pemakanan dengan proses *conventional milling* menggunakan pahat *end mill*, didapat data setelah pengambilan sebanyak masing-masing tiga kali adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan ( $\mu\text{m}$ ) dengan proses *conventional milling*.

NO	fr	n	t'	R			Ra
				1	2	3	
1	24	1842	0.2	0.53	0.42	0.55	0.5
2			0.4	0.53	0.45	0.54	0.506667
3			0.6	0.51	0.55	0.61	0.556667
4		1452	0.2	0.5	0.59	0.59	0.56
5			0.4	0.61	0.63	0.63	0.623333
6			0.6	0.59	0.52	0.58	0.563333
7		921	0.2	0.51	0.52	0.57	0.533333
8			0.4	0.59	0.63	0.55	0.59
9			0.6	0.64	0.6	0.67	0.636667
10	42	1842	0.2	0.58	0.63	0.66	0.623333
11			0.4	0.67	0.61	0.64	0.64
12			0.6	0.65	0.69	0.58	0.64
13		1452	0.2	0.67	0.69	0.64	0.666667
14			0.4	0.65	0.69	0.69	0.676667
15			0.6	0.64	0.65	0.72	0.67
16		921	0.2	0.65	0.73	0.71	0.696667
17			0.4	0.73	0.65	0.73	0.703333
18			0.6	0.73	0.68	0.74	0.716667
19	55	1842	0.2	0.71	0.73	0.77	0.736667
20			0.4	0.75	0.73	0.71	0.73
21			0.6	0.69	0.74	0.78	0.736667
22		1452	0.2	0.77	0.71	0.79	0.756667
23			0.4	0.77	0.72	0.83	0.773333
24			0.6	0.74	0.74	0.85	0.776667
25		921	0.2	0.77	0.77	0.79	0.776667
26			0.4	0.75	0.87	0.73	0.783333
27			0.6	0.83	0.8	0.83	0.82

#### 4.1.2 Uji Normalitas dan Homogenitas Data Hasil Penelitian

Secara umum Uji Normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah sampel telah mewakili seluruh populasi, sedangkan Uji Homogenitas bertujuan untuk mengetahui apakah seluruh sampel memiliki varian yang sama. Dalam beberapa referensi, kedua uji ini adalah syarat sebelum data dilakukan Uji ANOVA menggunakan *software* SPSS. Dasar pengambilan keputusan dalam Uji Normalitas ini adalah jika nilai sig > 0.05 maka  $h_0$  diterima dan  $h_1$  ditolak. Sedangkan jika nilai sig < 0.05 maka  $h_0$  ditolak dan  $h_1$  diterima.  $h_0$  merupakan residual data berdistribusi normal sedangkan  $h_1$  merupakan residual data tidak berdistribusi normal.

Tabel 4.2 *Tests of Normality* nilai *feed rate* (fr)

<i>Tests of Normality</i>						
fr	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
R 24	.120	27	.200*	.971	27	.622
42	.121	27	.200*	.947	27	.184
55	.129	27	.200*	.952	27	.245

a. Lilliefors Significance Correction

\*. This is a lower bound of the true significance.

Berdasarkan Tabel 4.2 nilai sig hasil Uji Normalitas kecepatan pemakanan (fr) menunjukkan angka 0.622, 0.184, dan 0.245. Sesuai pernyataan diatas maka hasil Uji Normalitas menunjukkan bahwa  $h_0$  diterima sedangkan  $h_1$  ditolak karena keseluruhan nilai sig > 0.05.

Tabel 4.3 *Tests of Normality* nilai spindle speed (n)

<b>Tests of Normality</b>						
n	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
R 1842	.100	27	.200*	.964	27	.460
1452	.090	27	.200*	.986	27	.961
921	.159	27	.078	.970	27	.603

a. Lilliefors Significance Correction

\*. This is a lower bound of the true significance.

Berdasarkan Tabel 4.3, nilai sig hasil Uji Normalitas putaran spindle (n) menunjukkan angka 0.460, 0.961, dan 0.603. Sesuai pernyataan diatas maka hasil Uji Normalitas menunjukkan bahwa  $h_0$  diterima sedangkan  $h_1$  ditolak karena keseluruhan nilai sig > 0.05.

Tabel 4.4 *Tests of Normality* nilai depth of cut (t)

<b>Tests of Normality</b>						
t	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
R 0.2	.127	27	.200*	.947	27	.178
0.4	.084	27	.200*	.984	27	.934
0.6	.077	27	.200*	.973	27	.693

a. Lilliefors Significance Correction

\*. This is a lower bound of the true significance.

Berdasarkan Tabel 4.3, nilai sig hasil uji normalitas kedalaman pemakanan (t) menunjukkan angka 0.178, 0.934, dan 0.693. Sesuai dengan pernyataan diatas maka hasil uji normalitas menunjukkan bahwa  $h_0$  diterima sedangkan  $h_1$  ditolak karena keseluruhan nilai sig > 0.05.

Dari ketiga *independent variable* yang diteliti, variabel kecepatan pemakanan (fr), putaran spindle (n), dan kedalaman pemakanan (t) lolos Uji Normalitas karena nilai sig dari ketiganya memiliki nilai lebih besar dari 0.05.



Uji homogenitas hampir sama dengan uji normalitas, tetapi  $h_0$  = data homogeny, sedangkan  $h_1$  = data tidak homogen. Hasil Uji Homogenitas akan disajikan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.5 Levene's Test of Equality of Error Variances

*Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup>*

Dependent Variable:R

F	df1	df2	Sig.
1.432	26	54	.132

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + fr + n + t + fr \* n + fr \* t + n \* t + fr \* n \* t

Dari tabel diatas terlihat bahwa nilai sig hasil uji homogenitas adalah sebesar 0.132, hal ini menunjukkan bahwa nilai  $sig > 0.05$  dan  $h_0$  diterima sedangkan  $h_1$  ditolak. Dengan demikian, keseluruhan data pengambilan sampel kekasaran permukaan bersifat homogen dan layak dilakukan Uji ANOVA.

#### 4.1.3 Uji Anova (*Analysis of Variance*) Data Hasil Penelitian

Prosedur hipotesis ini disebut analisis variansi atau disingkat Anava (*Analisis Varian*) atau Anova (*Analysis of Variance*). Untuk melakukan Uji ANOVA harus memenuhi beberapa asumsi seperti yang telah dilakukan diatas, yaitu :

1. Sampel berasal dari kelompok yang independent.
2. Varian antar kelompok harus homogeny.
3. Data masing-masing kelompok berdistribusi normal.

Setelah memenuhi beberapa asumsi diatas barulah Uji ANOVA dapat dilakukan. Tabel dibawah ini merupakan hasil dari Uji ANOVA dari beberapa sampel hasil pengukuran kekasaran permukaan baja karbon sedang dengan beberapa variasi pemotongan.

Tabel 4.6. Hasil Tes ANOVA (Hasil SPSS)

*Tests of Between-Subjects Effects*

Dependent Variable:R

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.650 <sup>a</sup>	26	.025	13.522	.000
Intercept	35.973	1	35.973	1.945E4	.000
fr	.553	2	.276	149.428	.000
n	.060	2	.030	16.150	.000
t	.012	2	.006	3.317	.044
fr * n	.003	4	.001	.397	.810
fr * t	.005	4	.001	.743	.567
n * t	.009	4	.002	1.212	.316
fr * n * t	.008	8	.001	.547	.816
Error	.100	54	.002		
Total	36.723	81			
Corrected Total	.750	80			

a. R Squared = .867 (Adjusted R Squared = .803)

Penentuan  $h_0$  dan  $h_1$  dalam uji ini adalah  $h_0 =$  fr tidak berpengaruh terhadap R, dan  $h_1 =$  fr berpengaruh terhadap R. Dapat dilihat dalam tabel diatas bahwa nilai sig fr adalah sebesar 0.000, nilai sig n adalah sebesar 0.000 dan nilai sig t adalah sebesar 0.044. Dengan demikian keseluruhan memiliki nilai sig  $< 0.05$ , maka  $h_0$  ditolak dan  $h_1$  diterima. Dengan kata lain, dapat disimpulkan bahwa semua variabel independen berpengaruh terhadap nilai R.

Setelah diketahui bahwa keseluruhan variabel independen berpengaruh terhadap nilai R maka dilakukan uji selanjutnya untuk mengetahui variasi pemotongan mana yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan (R) yaitu dengan melakukan Uji After ANOVA. Dibawah ini merupakan tabel hasil Uji After ANOVA dari setiap variabel.

Tabel 4.7 Perbandingan Pengaruh (fr)

*Multiple Comparisons*

R

Tukey HSD

(I) fr	(J) fr	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
24	42	-.1070*	.01170	.000	-.1352	-.0788
	55	-.2022*	.01170	.000	-.2304	-.1740
42	24	.1070*	.01170	.000	.0788	.1352
	55	-.0952*	.01170	.000	-.1234	-.0670
55	24	.2022*	.01170	.000	.1740	.2304
	42	.0952*	.01170	.000	.0670	.1234

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .002.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Berdasarkan Tabel 4.6 didapatkan hasil perbandingan antara 3 (tiga) macam kecepatan pemakanan (fr). Dari perbandingan – perbandingan tersebut didapatkan nilai perbedaan, dimana nilai perbedaan yang paling besar adalah perbandingan antara fr sebesar 55 dengan fr sebesar 24 menghasilkan perbedaan sebesar 0,2022, dan perbandingan antara fr sebesar 55 dengan fr sebesar 42 menghasilkan perbedaan sebesar 0,0952. Hal ini berarti kecepatan pemakanan sebesar 55 m/menit merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan (R).

Tabel 4.8 Perbandingan Pengaruh (n)

*Multiple Comparisons*

R

Tukey HSD

(I) n	(J) n	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1842	1452	-.0441*	.01170	.001	-.0723	-.0159
	921	-.0652*	.01170	.000	-.0934	-.0370
1452	1842	.0441*	.01170	.001	.0159	.0723
	921	-.0211	.01170	.178	-.0493	.0071
921	1842	.0652*	.01170	.000	.0370	.0934
	1452	.0211	.01170	.178	-.0071	.0493

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .002.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Dilihat dari tabel 4.7 diatas, terlihat bahwa faktor yang memiliki selisih paling besar dengan faktor yang lain adalah putaran spindel sebesar 921rpm karena memiliki selisih terbesar dengan putaran spindel yang lain, yaitu 0.0652 dengan putaran spindel sebesar 1842rpm dan 0.0211 dengan putaran spindel sebesar 1452rpm. Dengan ini putaran spindel yang paling berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan adalah dengan putaran spindel sebesar 921rpm.



Tabel 4.9 Perbandingan Pengaruh (t)

*Multiple Comparisons*

R

Tukey HSD

(I) t	(J) t	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0.2	0.4	-.0196	.01170	.223	-.0478	.0086
	0.6	-.0296*	.01170	.037	-.0578	-.0014
0.4	0.2	.0196	.01170	.223	-.0086	.0478
	0.6	-.0100	.01170	.671	-.0382	.0182
0.6	0.2	.0296*	.01170	.037	.0014	.0578
	0.4	.0100	.01170	.671	-.0182	.0382

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .002.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabel 4.8 menjelaskan bahwa adanya nilai perbedaan diantara ketiga nilai t (0.2, 0.4, dan 0.6) dimana nilai perbedaan terbesar adalah perbandingan antara t= 0.6 dengan t= 0.2 yang menghasilkan nilai 0.0296, dan perbandingan antara t= 0.6 dengan t= 0.4 yang menghasilkan nilai 0.0100. Dengan demikian, kedalaman pemakanan sebesar 0.6mm merupakan nilai yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan.

**4.1.4. Analisis Data dengan Model Regresi Berganda**Tabel 4.10 *Multiple Liner Regression**Coefficients<sup>a</sup>*

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.472	.023		20,267	.000
	fr	.006	.000	.920	19,689	.000
	n	-6,897E-5	.000	-.291	-6,216	.000
	t	.074	.026	.135	2,888	.008

a. Dependent Variable: Ra

Berdasarkan tabel 4.10 dapat dibuat nilai regresi sebagai berikut :

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \rightarrow R_a = 0,472 + 0,006x_1 - 6,897E-5x_2 + 0,074x_3$$

Persamaan diatas dapat dilihat dari kolom *Unstandardized Coefficients B*, didapatkan nilai konstan  $b_0 = 0,472$ ; nilai  $b_1 = 0,006$ ;  $b_2 = -6,897E-5$  dan  $b_3 = 0,074$ , dengan :

Y	= Kekasaran Permukaan (Ra)
$b_0$	= Intercept
$b_1, b_2, b_3$	= Koefisien masing-masing variabel bebas
$x_1$	= Variabel Kecepatan Pemakanan (fr)
$x_2$	= Variabel Kecepatan Putaran Spindel (n)
$x_3$	= Variabel Kedalaman Pemotongan (t)

Dari data diatas, maka model regresi tersebut dapat diinterpretasikan sebagai berikut :

1. Harga koefisien  $b_1 = 0,006$  berarti bahwa, apabila nilai  $X_1$  (kecepatan pemakanan) mengalami kenaikan sebesar satu poin, sementara nilai variabel bebas lainnya tetap, maka nilai Y (tingkat kekasaran permukaan) tersebut akan meningkat sebesar 0,006 persen.
2. Harga koefisien  $b_2 = -6,897E-5$  berarti bahwa, apabila nilai  $X_2$  (kecepatan putar spindel) mengalami kenaikan sebesar satu poin, sementara nilai variabel bebas lainnya tetap, maka nilai Y (tingkat kekasaran permukaan) tersebut akan menurun sebesar 6,897E-5 persen.
3. Harga koefisien  $b_3 = 0,074$  berarti bahwa, apabila nilai  $X_3$  (kedalaman pemotongan) mengalami kenaikan sebesar satu poin, sementara nilai variabel bebas lainnya tetap, maka nilai Y (tingkat kekasaran permukaan) tersebut akan meningkat sebesar 0,074 persen.

Dari tabel diatas juga dapat kita ambil kesimpulan dari nilai signifikan tabel diatas, apabila nilai signifikan semakin kecil maka pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat semakin besar. fr memiliki nilai sig 0.000, n memiliki nilai signifikan 0.000 dan t memiliki nilai signifikan 0.009. dapat disimpulkan variabel bebas yang paling berpengaruh secara berturut turut jika melihat tabel 4.9 diatas adalah kecepatan pemakanan, kecepatan spindel kemudian kedalaman pemakanan.

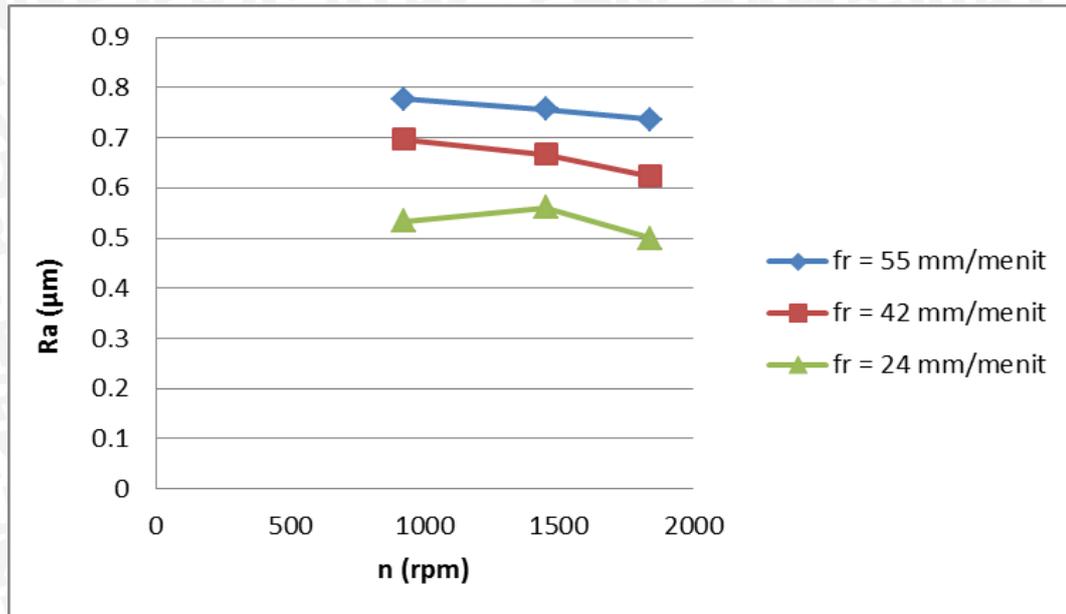
## 4.2 Grafik dan Pembahasan

### 4.2.1 Analisis Grafik Hubungan Antara Kecepatan Pemakanan ( $f_r$ ) dan Kecepatan Spindel ( $n$ ) terhadap Kekasaran Permukaan ( $R_a$ ) Baja Karbon Sedang pada Kedalaman Pemakanan ( $t$ ) 0.2mm.

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan baja karbon sedang dengan proses conventional milling, maka dibuatlah grafik hubungan antara variabel bebas terhadap variabel terikat. Dalam penelitian ini variabel bebas yang dipakai adalah kecepatan pemakanan, kecepatan spindel, dan kedalaman pemakanan.

Tabel 4.11 Data hasil pengujian kekasaran permukaan ( $\mu\text{m}$ ) dengan variasi kecepatan pemakanan dan kecepatan spindel pada kedalaman pemakanan 0.2 mm.

no	kecepatan pemakanan	kecepatan spindel	ra
			t = 0.2 mm
1	fr = 55 mm/menit	n = 921 rpm	0.776667
2	fr = 55 mm/menit	n = 1452 rpm	0.756667
3	fr = 55 mm/menit	n = 1842 rpm	0.736667
4	fr = 42 mm/menit	n = 921 rpm	0.696667
5	fr = 42 mm/menit	n = 1452 rpm	0.666667
6	fr = 42 mm/menit	n = 1842 rpm	0.623333
7	fr = 24 mm/menit	n = 921 rpm	0.533333
8	fr = 24 mm/menit	n = 1452 rpm	0.56
9	fr = 24 mm/menit	n = 1842 rpm	0.5

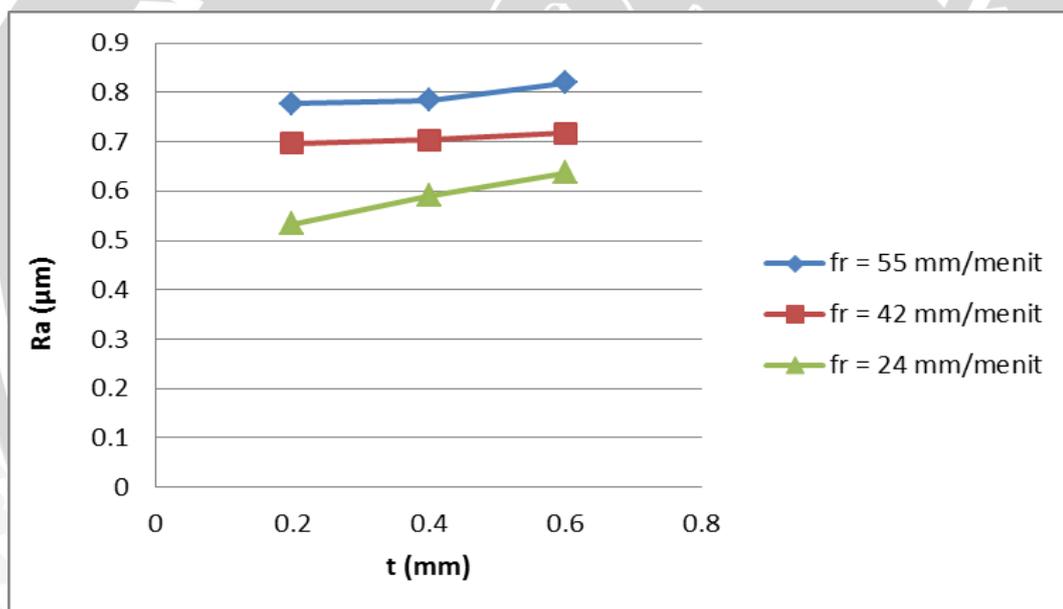


Gambar 4.1 Grafik Hubungan antara Kekasaran Permukaan dengan Variasi Kecepatan Pemakanan dan Kecepatan Spindel pada Kedalaman Pemakanan 0.2 mm.

Pada grafik diatas terlihat bahwa terjadi penurunan nilai kekasaran permukaan pada setiap penurunan nilai kecepatan pemakanan (fr), demikian juga sebaliknya pada saat kenaikan nilai kecepatan spindel (n) nilai kekasaran permukaan mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena semakin cepat pemakanan maka semakin cepat pula pergeseran pahat dari satu titik benda yang akan dipotong yang berarti pemakanan dalam titik tersebut tidak berlangsung secara berkala, dan menghasilkan kekasaran yang relative lebih tinggi dibandingkan dengan yang memiliki kecepatan pemakanan lebih rendah. Demikian juga saat nilai putaran spindel tinggi mengakibatkan proses pemaanan benda kerja akan semakin sering, sehingga benda kerja akan semakin sering terkikis dan semakin halus.

Tabel 4.12 Data hasil pengujian kekasaran permukaan ( $\mu\text{m}$ ) dengan variasi kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan pada kecepatan spindle 921 rpm

no	kecepatan pemakanan	kedalaman pemakanan	ra
			n = 921 rpm
1	fr = 55 mm/menit	0.2 mm	0.776667
2	fr = 55 mm/menit	0.4 mm	0.783333
3	fr = 55 mm/menit	0.6 mm	0.82
4	fr = 42 mm/menit	0.2 mm	0.696667
5	fr = 42 mm/menit	0.4 mm	0.703333
6	fr = 42 mm/menit	0.6 mm	0.716667
7	fr = 24 mm/menit	0.2 mm	0.533333
8	fr = 24 mm/menit	0.4 mm	0.59
9	fr = 24 mm/menit	0.6 mm	0.636667



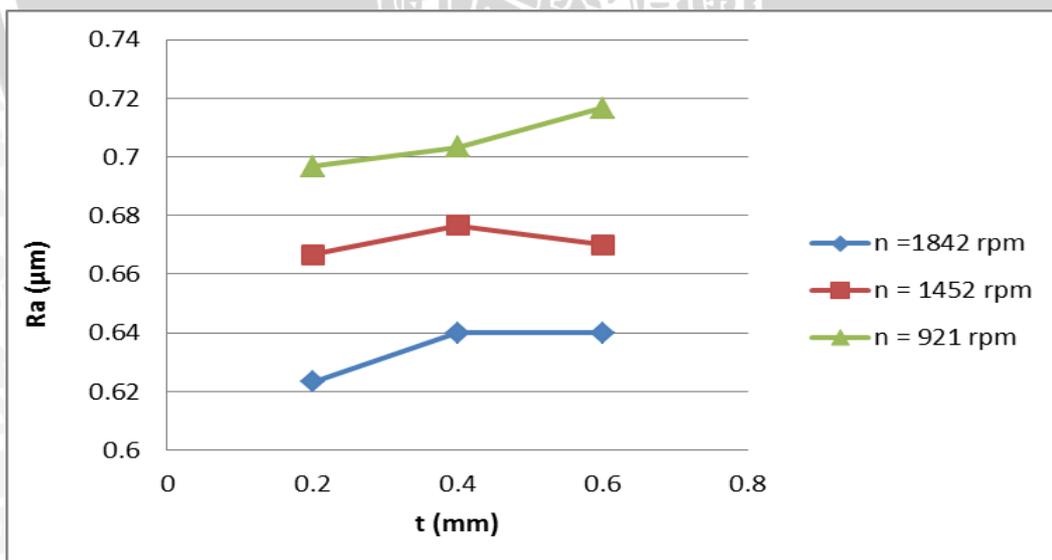
Gambar 4.2 Grafik Hubungan antara Kekasaran Permukaan dengan Variasi Kedalaman Pemakanan dan Kecepatan Pemakanan pada Kecepatan Spindel 921 rpm.

Dari grafik hubungan antara kekasaran permukaan dengan variasi kedalaman pemakanan ( $t$ ) dan kecepatan pemakanan ( $fr$ ) diatas dapat dilihat bahwa semakin besar kedalaman pemakanan dan semakin besar kecepatan pemakanan, nilai kekasaran permukaan juga akan meningkat. Hal tersebut dikarenakan semakin besar nilai  $fr$  maka bidang yang disayat oleh pahat lebih besar dan menghasilkan geram yang lebih tebal, sehingga nilai kekasaran

permukaannya juga mengalami peningkatan. Demikian juga semakin besar nilai  $t$  mengakibatkan bidang atau gaya saat proses pemakanan semakin besar sehingga pahat bergetar lebih kuat, hal tersebut juga akan menimbulkan nilai kekasaran permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kedalaman pemakanan yang lebih kecil.

Tabel 4.13 Data hasil pengujian kekasaran permukaan ( $\mu\text{m}$ ) dengan variasi kecepatan spindle dan kedalaman pemakanan pada kecepatan pemakanan 24 mm/menit

no	kecepatan spindle	Kedalaman pemakanan	ra
			fr = 42 mm/menit
1	n = 1842 rpm	0.2 mm	0.623333
2	n = 1842 rpm	0.4 mm	0.64
3	n = 1842 rpm	0.6 mm	0.64
4	n = 1452 rpm	0.2 mm	0.666667
5	n = 1452 rpm	0.4 mm	0.676667
6	n = 1452 rpm	0.6 mm	0.67
7	n = 921 rpm	0.2 mm	0.696667
8	n = 921 rpm	0.4 mm	0.703333
9	n = 921 rpm	0.6 mm	0.716667



Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara Kekasaran Permukaan dengan Variasi Kecepatan Spindel dan Kedalaman Pemakanan pada Kecepatan Pemakanan 42 mm/menit.

Dari tabel hubungan antara kekasaran permukaan dengan variasi kecepatan spindle ( $n$ ) dan kedalaman pemakanan ( $t$ ) dapat dilihat bahwa semakin besar nilai  $t$  dan semakin rendah nilai  $n$  maka nilai kekasaran permukaan akan semakin tinggi. Tetapi terlihat bahwa terjadi penyimpangan tidak sesuai dengan hipotesis, pada kecepatan spindle 1452 rpm ternyata memiliki nilai kekasaran permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan spindle 921 rpm. Demikian juga pada kedalaman pemakanan 0.6 mm dengan kecepatan spindle 1452 rpm nilai kekasaran permukaan lebih rendah dibandingkan dengan nilai kekasaran permukaan dengan kedalaman pemakanan 0.4 mm dengan kecepatan spindle 1452 rpm. Hal ini dapat terjadi karena faktor pahat yang sudah tidak maksimal dan pada penelitian ini tidak dilakukan pengujian kondisi pahat. Kondisi pahat yang sudah tidak masimal ini yang menimbulkan nilai kekasaran permukaan memiliki nilai lebih rendah atau lebih tinggi dari yang diharapkan.

