

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Data Hasil Penelitian

Data hasil pengujian pengaruh *spindle speed* dan *feed rate* terhadap kekasaran permukaan bagian sisi pada proses *slot mill* menggunakan pahat *endmill*, didapat hasil kekasaran permukaan sisi dengan pengambilan masing-masing 4 kali pengambilan data. Data dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Data Hasil Penelitian *Spindle Speed* 700 rev/min

No	<i>Spindle Speed</i> rev/min	<i>Feed Rate</i> mm/min	Ra (down) µm	Rata- rata µm	Ra (up) µm	Rata- rata µm
1	700	50	0,619	0,63125	0,645	0,668
2			0,631		0,657	
3			0,635		0,679	
4			0,64		0,691	
5		100	0,846	0,863	0,875	0,891
6			0,862		0,888	
7			0,872		0,898	
8			0,872		0,903	
9		200	1,364	1,391	1,43	1,446
10			1,398		1,448	
11			1,4		1,452	
12			1,402		1,454	

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian *Spindle Speed* 800 rev/min

No	<i>Spindle Speed</i> rev/min	<i>Feed Rate</i> mm/min	Ra (down) µm	Rata- rata µm	Ra (up) µm	Rata- rata µm
1	800	50	0,484	0,50725	0,563	0,58675
2			0,505		0,571	
3			0,516		0,605	
4			0,524		0,608	
5		100	0,733	0,7625	0,804	0,83025
6			0,754		0,82	
7			0,777		0,843	
8			0,786		0,854	
9		200	1,189	1,206	1,22	1,22425
10			1,208		1,221	
11			1,211		1,223	
12			1,216		1,233	

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian *Spindle Speed* 900 rev/ min

No	<i>Spindle Speed</i> rev/min	<i>Feed Rate</i> mm/min	Ra (down) µm	Rata- rata µm	Ra (up) µm	Rata- rata µm
1	900	50	0,453	0,4655	0,457	0,51925
2			0,462		0,53	
3			0,469		0,544	
4			0,478		0,546	
5		100	0,685	0,71	0,793	0,7985
6			0,703		0,798	
7			0,725		0,801	
8			0,727		0,802	
9		200	0,919	0,95075	0,917	0,9955
10			0,938		0,991	
11			0,965		0,995	
12			0,981		1,079	

4.1.2 Analisis Data dengan Model Regresi Linier Berganda

Analisis data dengan model regresi linier berganda bertujuan untuk menghitung besarnya pengaruh variabel bebas, *spindle speed* dan *feed rate* terhadap variabel terikatnya, yaitu kekasaran permukaan. Syarat melakukan analisis data dengan model regresi linier berganda adalah data terdistribusi dengan normal, variabel bebas dan terikat berhubungan

secara linear, dan data variabel terikat adalah data yang homogen. Analisa data dengan model regresi berganda dilakukan karena terdapat 2 variabel bebas pada penelitian ini. Analisis data dengan model regresi berganda dilakukan dengan bantuan aplikasi IBM SPSS 23.

4.1.2.1 Analisis Data pada Variabel Terikat Ra Down Milling

Analisis data pada variabel terikat *down mill* model regresi berganda dengan bantuan aplikasi IBM SPSS 23 didapatkan 3 tabel yang dapat dianalisa, yaitu:

a. *Multiple Linear Regression : Model Summary*

Tabel 4.4 *Multiple Linear Regression : Model Summary* Variabel Terikat Ra (*Down Milling*)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.980 ^a	.961	.948	.07090912

a. Predictors: (Constant), Feed Rate, Spindle Speed

b. Dependent Variable: Ra (Down Milling)

Dari tabel diatas terdapat 2 data penting yang dapat dianalisa, yaitu:

1. Koefisien korelasi (R), digunakan untuk menghitung besarnya keterkaitan antara variabel bebas yaitu *spindle speed* dan *feed rate* dengan variabel terikatnya kekasaran permukaan pada sisi *down milling*. Nilai R sebesar 0,980, dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa terdapat hubungan yang kuat sebesar 0,980 atau 98% antara variabel bebas *spindle speed* dan *feed rate* terhadap variabel bebas kekasaran permukaan pada sisi *down milling* (Ra).
2. Koefisien determinasi (R^2), digunakan untuk menghitung besarnya pengaruh variabel bebas yaitu *spindle speed* dan *feed rate* dengan variabel terikatnya kekasaran permukaan pada sisi *down milling*. Nilai *R square* (R^2) sebesar 0,961, dari perhitungan tersebut diketahui bahwa terdapat kontribusi yang kuat sebesar 0,961 atau 96,1% antara variabel bebas dengan variabel terikatnya, sedangkan sisanya 3,9% (100% - 96,1%) dipengaruhi oleh variabel yang tidak diteliti di penelitian ini.

b. Uji ANOVA (*Analysis of Variance*)

Pengujian secara simultan bertujuan untuk mengetahui pengaruh secara simultan dari pada variabel bebas, *spindle speed* dan *feed rate* terhadap kekasaran

permukaan pada sisi *down milling* (Ra). Nilai dianggap signifikan apabila H_0 ditolak dan H_1 diterima, sedangkan tidak signifikan apabila H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Pengambilan keputusan dengan cara perbandingan F_{Tabel} dengan F_{Hitung} dengan persamaan sebagai berikut:

- Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ atau signifikan ≤ 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

Tabel 4.5 Hasil Uji ANOVA Variabel Terikat Ra (*Down Milling*)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.737	2	.369	73.293	.000 ^b
	Residual	.030	6	.005		
	Total	.767	8			

a. Dependent Variable: Ra (Down Milling)

b. Predictors: (Constant), Feed Rate, Spindle Speed

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai F_{hitung} adalah sebesar 73,293 yang dimana artinya lebih besar dari pada F_{tabel} sebesar 5,14 (tabel distribusi nilai $F_{0,05}$), dengan nilai signifikansi sebesar 0,000 yang berarti lebih kecil dari pada 0,05, maka dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat pengaruh secara simultan antara variabel bebas, *spindle speed* dan *feed rate* terhadap variabel terikatnya, kekasaran permukaan sisi *down milling* (Ra).

c. *Multiple Linier Regression : Coefficients*

Tabel 4.6 *Multiple Linier Regression : Coefficient* Variabel Terikat Ra (*Down Milling*)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.345	.237		5.675	.001
	Spindle Speed	-.001	.000	-.354	-4.370	.005
	Feed Rate	.004	.000	.914	11.291	.000

a. Dependent Variable: Ra (Down Milling)

Berdasarkan tabel diatas didapatkan persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

$$Y = 1,345 - 0,001X_1 + 0,004X_2$$

Dimana :

Y = Kekasaran Permukaan (Ra)

X₁ = *Spindel Speed*

X₂ = *Feed Rate*

Sesuai dengan persamaan regresi yang diperoleh di atas, maa model regresi dapat diinterpretasikan sebagai berikut :

1. Nilai koefisien b₁ adalah sebesar -0,001 oleh karena itu dapat diinterpretasikan jika nilai X₁ (*spindle speed*) mengalami kenaikan sebanyak 1 poin sementara nilai X₂ (*feed rate*) tidak berubah, maka nilai Y (kekasaran permukaan sisi *down milling*) akan mengalami penurunan sebesar 0,001 μm. Koefisien pada X₁ (*spindel speed*) bernilai negatif, artinya bila X₁ (*spindle speed*) mengalami peningkatan maka nilai Y (kekasaran permukaan sisi *down milling*) akan mengalami penurunan.
2. Nilai koefisien b₂ adalah sebesar 0,004 oleh karena itu dapat diinterpretasikan jika nilai X₂ (*feed rate*) mengalami kenaikan sebanyak 1 poin sementara nilai X₁ (*spindle speed*) tidak berubah, maka nilai Y (kekasaran permukaan sisi *down milling*) akan mengalami peningkatan sebesar 0,004 μm. Koefisien pada X₂ (*feed rate*) bernilai positif, artinya bila X₂ (*feed rate*) mengalami peningkatan maka nilai Y (kekasaran permukaan sisi *down milling*) akan mengalami peningkatan pula.

4.1.2.2 Analisis Data pada Variabel Terikat Ra *Up Milling*

Analisis data pada variabel terikat *up mill* model regresi berganda dengan bantuan aplikasi IBM SPSS 23 didapatkan 3 tabel yang dapat dianalisa, yaitu:

a. *Multiple Linear Regression : Model Summary*

Tabel 4.7 *Multiple Linear Regression : Model Summary* Variabel Terikat Ra (*Up Milling*)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.972 ^a	.945	.926	.08173903

a. Predictors: (Constant), Feed Rate, Spindle Speed

b. Dependent Variable: Ra (Up Milling)

Dari tabel diatas terdapat 2 data penting yang dapat dianalisa, yaitu:

1. Koefisien korelasi (R), digunakan untuk menghitung besarnya keterkaitan antara variabel bebas yaitu *spindle speed* dan *feed rate* dengan variabel terikatnya kekasaran permukaan pada sisi *up milling*. Nilai R sebesar 0,972, dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa terdapat hubungan yang kuat sebesar 0,973 atau 97,2% antara variabel bebas *spindle speed* dan *feed rate* terhadap variabel bebas kekasaran permukaan pada sisi *down milling* (Ra).
2. Koefisien determinasi (R^2), digunakan untuk menghitung besarnya pengaruh variabel bebas yaitu *spindle speed* dan *feed rate* dengan variabel terikatnya kekasaran permukaan pada sisi *up milling*. Nilai R^2 sebesar 0,945, dari perhitungan tersebut diketahui bahwa terdapat kontribusi yang kuat sebesar 0,945 atau 94,5% antara variabel bebas dengan variabel terikatnya, sedangkan sisanya 5,5% (100% - 94,5%) dipengaruhi oleh variabel yang tidak diteliti di penelitian ini.

b. Uji ANOVA (*Analysis of Variance*)

Pengujian secara simultan bertujuan untuk mengetahui pengaruh secara simultan dari pada variabel bebas, *spindle speed* dan *feed rate* terhadap kekasaran permukaan pada sisi *up milling* (Ra). Nilai dianggap signifikan apabila H_0 ditolak dan H_1 diterima, sedangkan tidak signifikan apabila H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Pengambilan keputusan dengan cara perbandingan F_{Tabel} dengan F_{Hitung} dengan persamaan sebagai berikut:

- Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ atau signifikan ≤ 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

Tabel 4.8 Hasil Uji ANOVA Variabel Terikat Ra (*Up Milling*)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.682	2	.341	51.060	.000 ^b
	Residual	.040	6	.007		
	Total	.722	8			

a. Dependent Variable: Ra (Up Milling)

b. Predictors: (Constant), Feed Rate, Spindle Speed

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai F_{hitung} adalah sebesar 51,060 yang dimana artinya lebih besar dari pada F_{tabel} sebesar 5,14 (tabel distribusi nilai $F_{0,05}$), dengan nilai signifikansi sebesar 0,000 yang berarti lebih kecil dari pada 0,05, maka dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat pengaruh secara simultan antara variabel bebas, *spindle speed* dan *feed rate* terhadap variabel terikatnya, kekasaran permukaan sisi *up milling* (Ra).

c. *Multiple Linier Regression : Coefficients*

Tabel 4.9 *Multiple Linier Regression : Coefficient* Variabel Terikat Ra (*Up Milling*)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.323	.273		4.842	.003
	Spindle Speed	-.001	.000	-.332	-3.455	.014
	Feed Rate	.004	.000	.913	9.496	.000

a. Dependent Variable: Ra (Up Milling)

Berdasarkan tabel diatas didapatkan persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

$$Y = 1,323 - 0,001X_1 + 0,004X_2$$

Dimana :

Y = Kekasaran Permukaan (Ra)

X_1 = *Spindel Speed*

X_2 = *Feed Rate*

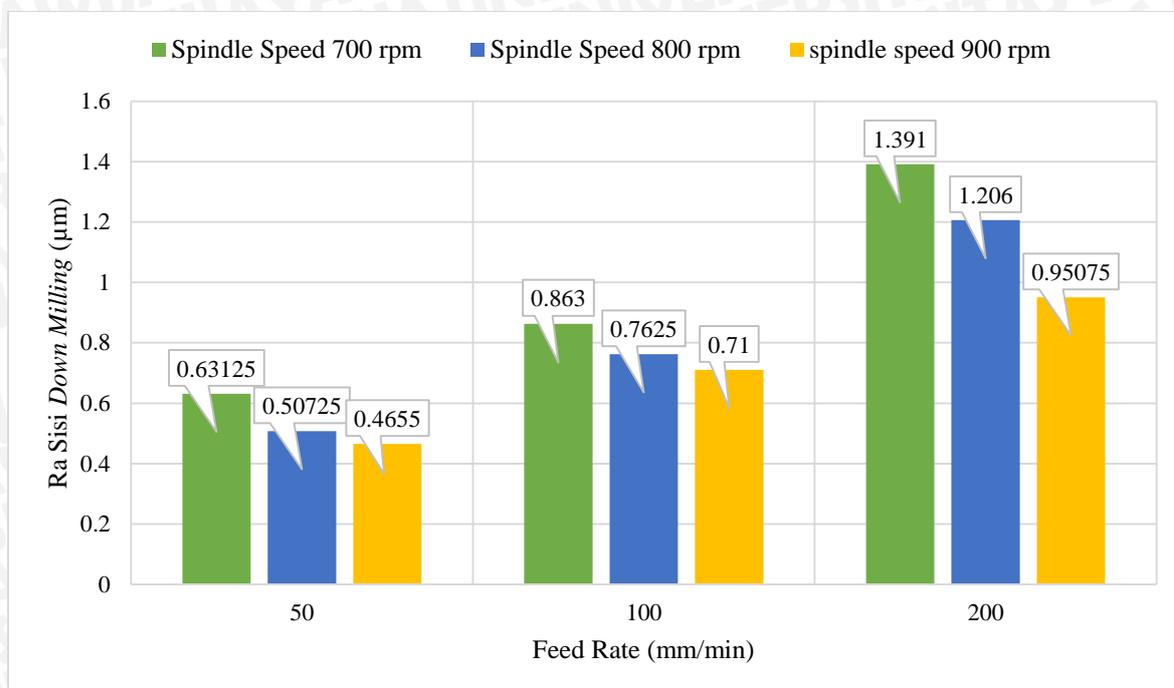
Sesuai dengan persamaan regresi yang diperoleh di atas, maka model regresi dapat diinterpretasikan sebagai berikut :

1. Nilai koefisien b_1 adalah sebesar $-0,001$ oleh karena itu dapat diinterpretasikan jika nilai X_1 (*spindle speed*) mengalami kenaikan sebanyak 1 poin sementara nilai X_2 (*feed rate*) tidak berubah, maka nilai Y (kekasaran permukaan sisi *down milling*) akan mengalami penurunan sebesar $0,001 \mu\text{m}$. Koefisien pada X_1 (*spindel speed*) bernilai negatif, artinya bila X_1 (*spindle speed*) mengalami peningkatan maka nilai Y (kekasaran permukaan sisi *up milling*) akan mengalami penurunan.
2. Nilai koefisien b_2 adalah sebesar $0,004$ oleh karena itu dapat diinterpretasikan jika nilai X_2 (*feed rate*) mengalami kenaikan sebanyak 1 poin sementara nilai X_1 (*spindle speed*) tidak berubah, maka nilai Y (kekasaran permukaan sisi *down milling*) akan mengalami peningkatan sebesar $0,004 \mu\text{m}$. Koefisien pada X_2 (*feed rate*) bernilai positif, artinya bila X_2 (*feed rate*) mengalami peningkatan maka nilai Y (kekasaran permukaan sisi *up milling*) akan mengalami peningkatan pula.



4.2 Grafik dan Pembahasan

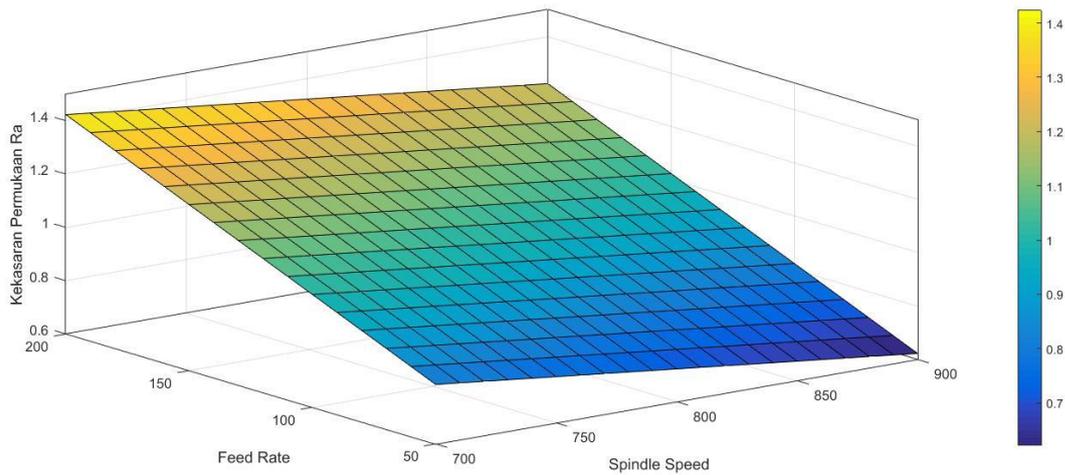
4.2.1 Grafik dan Pembahasan Pengaruh *Spindle Speed* dan *Feed Rate* terhadap Kekasaran Permukaan Sisi *Down Milling*



Gambar 4.1 Grafik Data *Spindle Speed* dan *Feed Rate* terhadap Data Kekasaran Permukaan Sisi *Down Milling*

Gambar 4.1 diatas menjelaskan hubungan variabel bebas *spindel speed* dan *feed rate* dengan variabel terikat kekasaran permukaan (Ra). Sumbu X menunjukkan *feed rate* dan sumbu Y menunjukkan kekasaran permukaan (Ra) pada sisi *down milling*. Data pada grafik dikelompokkan berdasarkan *feed rate*, sehingga dapat terlihat bagaimana perbedaan kekasaran permukaan antar masing-masing *feed rate*.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa kenaikan *feed rate* akan menyebabkan kenaikan kekasaran permukaan sisi *down milling*, dan kekasaran permukaan sisi *down milling* paling besar adalah pada *spindle speed* 700 rpm dan *feed rate* 200 mm/min dengan nilai kekasaran permukaan 1,391 µm. dan kekasaran permukaan paling kecil terjadi pada *spindle speed* 900 rpm dan *feed rate* 50 mm/min dengan nilai kekasaran permukaan 0,4655 µm.



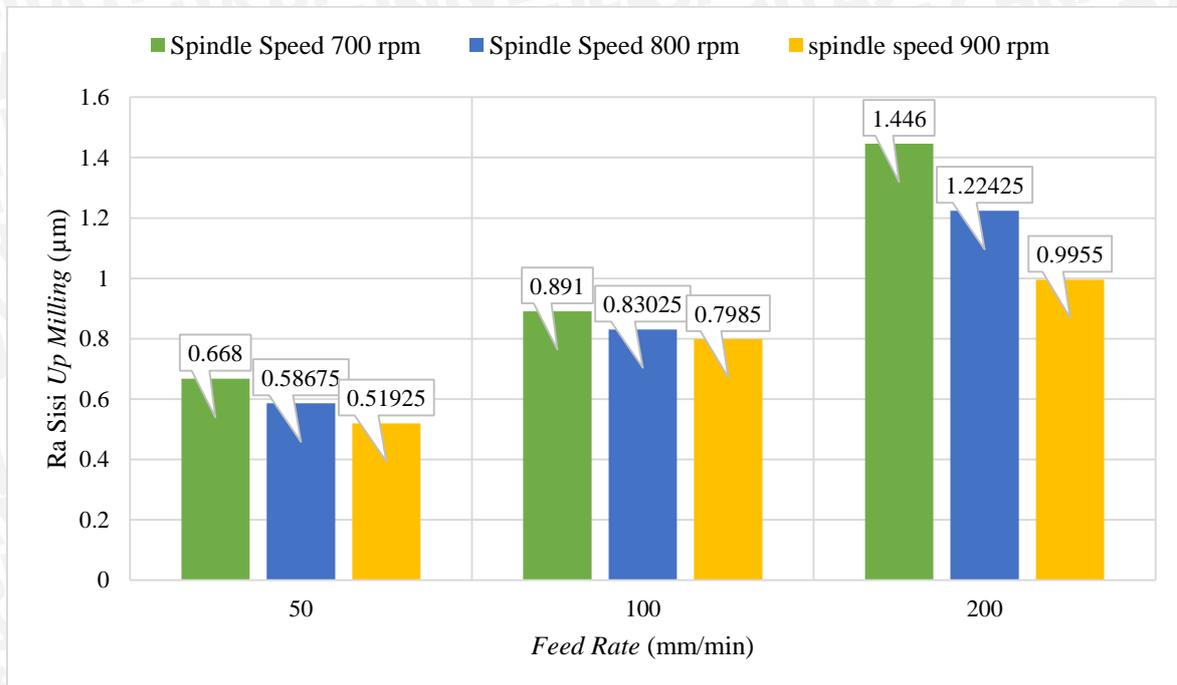
Gambar 4.2 Grafik Hubungan *Spindle Speed* dan *Feed Rate* terhadap Kekasaran Permukaan Sisi *Down Milling*

Grafik yang didapat dari analisa regresi linear berganda didapatkan $Y = 1,345 - 0,001X_1 + 0,004X_2$ yang artinya nilai kekasaran permukaan sisi *down milling* berbanding lurus positif dengan *feed rate*, dan berbanding lurus negatif terhadap *spindle speed*. Hal tersebut sesuai dengan grafik pengaruh *spindle speed* dan *feed rate* dengan kekasaran permukaan sisi *down milling*.

Berdasarkan analisa regresi linear berganda $Y = 1,345 - 0,001X_1 + 0,004X_2$ variabel bebas *spindle speed* dengan variabel terikat kekasaran permukaan sisi *down milling* berbanding lurus negatif terhadap *spindle speed*. Nilai kekasaran permukaan sisi *down milling* berurutan dari yang paling kecil hingga yang paling besar berbanding lurus negatif dengan *spindle speed*, dimana kekasaran permukaan semakin menurun bila *spindle speed* semakin meningkat, dengan urutan *spindle speed* 700 rpm, 800 rpm, kemudian 900 rpm yang semakin menurunkan nilai kekasaran permukaan sisi *down milling*.

Berdasarkan analisa regresi linear berganda $Y = 1,345 - 0,001X_1 + 0,004X_2$ variabel bebas *feed rate* dengan variabel terikat kekasaran permukaan sisi *down milling* berbanding lurus positif terhadap *spindle speed*. Nilai kekasaran permukaan sisi *down milling* berurutan dari yang paling kecil hingga yang paling besar berbanding lurus positif dengan *feed rate*, dimana kekasaran permukaan semakin meningkat bila *feed rate* semakin meningkat, dengan urutan *feed rate* 200 mm/min, 100 mm/min, kemudian 50 mm/min yang semakin menurunkan nilai kekasaran permukaan sisi *down milling*.

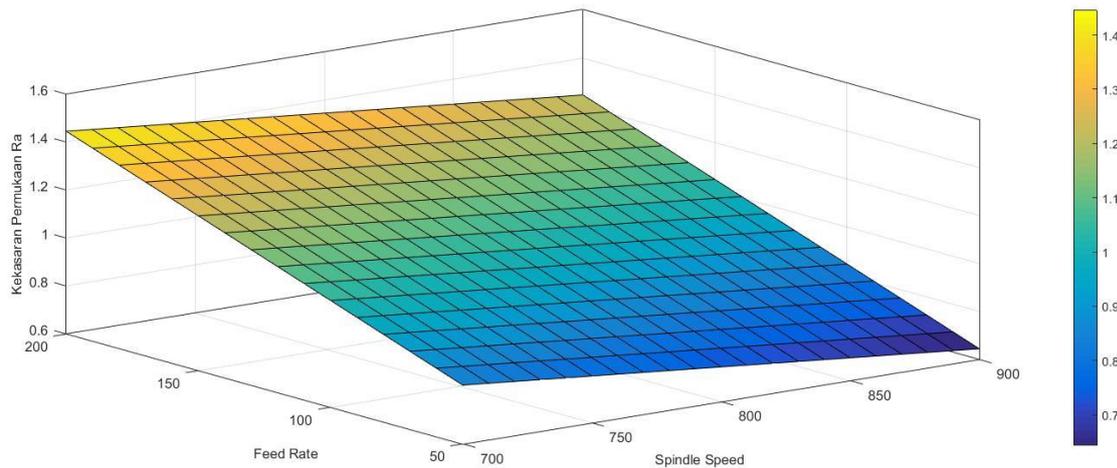
4.2.2 Grafik dan Pembahasan Pengaruh *Spindle Speed* dan *Feed Rate* terhadap Kekasaran Permukaan Sisi *Up Milling*



Gambar 4.3 Grafik Data *Spindle Speed* dan *Feed Rate* terhadap Data Kekasaran Permukaan Sisi *Up Milling*

Gambar 4.2 diatas menjelaskan hubungan variabel bebas *spindel speed* dan *feed rate* dengan variabel terikat kekasaran permukaan (Ra). Sumbu X menunjukkan *feed rate* dan sumbu Y menunjukkan kekasaran permukaan (Ra). Grafik diatas didapatkan berdasarkan data yang didapat dari penelitian. Data pada grafik dikelompokkan berdasarkan *feed rate*, sehingga dapat terlihat perbedaan kekasaran permukaan pada masing-masing *feed rate*.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa kenaikan *feed rate* akan menyebabkan kenaikan kekasaran permukaan sisi *up milling*, dan kekasaran permukaan sisi *up milling* paling besar adalah pada *spindle speed* 700 rpm dan *feed rate* 200 mm/min dengan nilai kekasaran permukaan 1,446 µm. dan kekasaran permukaan paling kecil terjadi pada *spindle speed* 900 rpm dan *feed rate* 50 mm/min dengan nilai kekasaran permukaan 0,51925 µm.



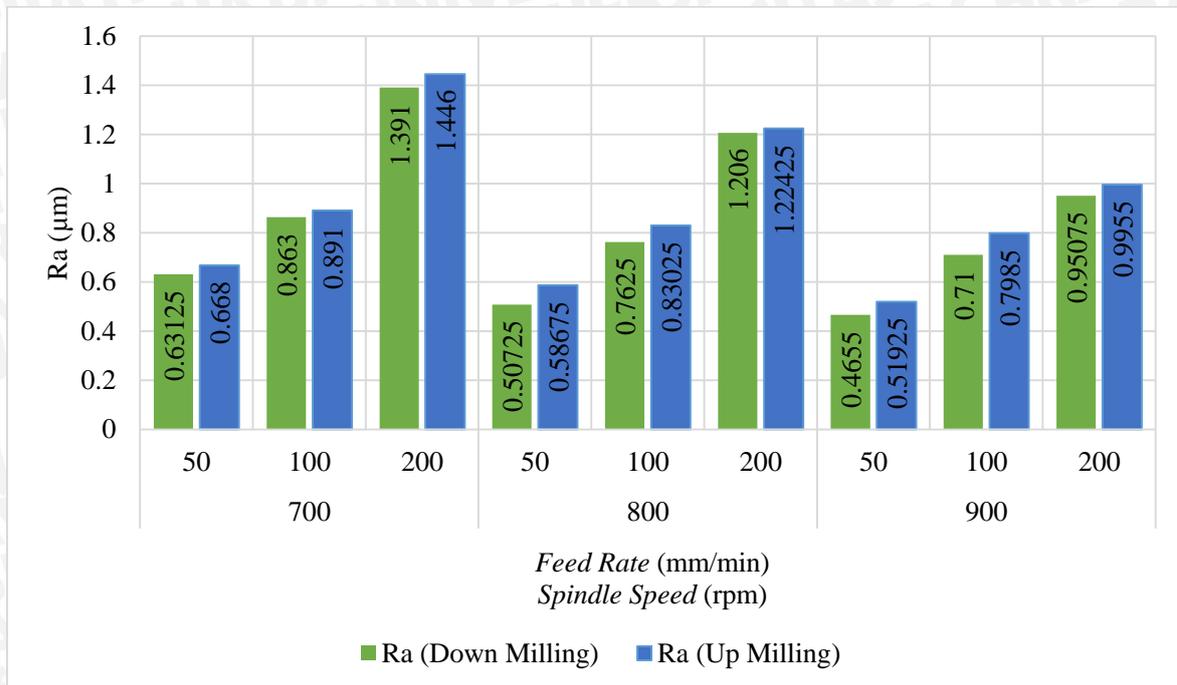
Gambar 4.4 Grafik Hubungan *Spindle Speed* dan *Feed Rate* terhadap Kekasaran Permukaan Sisi *Up Milling*

Berdasarkan grafik yang didapat dari analisa regresi linier berganda didapatkan $Y = 1,323 - 0,001X_1 + 0,004X_2$ yang artinya nilai kekasaran permukaan sisi *up milling* berbanding lurus positif dengan *feed rate*, dan berbanding lurus negatif terhadap *spindle speed*. Hal tersebut sesuai dengan grafik pengaruh *spindle speed* dan *feed rate* dengan kekasaran permukaan sisi *up milling*.

Berdasarkan analisa regresi linier berganda $Y = 1,323 - 0,001X_1 + 0,004X_2$ variabel bebas *spindle speed* dengan variabel terikat kekasaran permukaan sisi *up milling* berbanding lurus negatif terhadap *spindle speed*. Nilai kekasaran permukaan sisi *up milling* berurutan dari yang paling kecil hingga yang paling besar berbanding lurus negatif dengan *spindle speed*, dimana kekasaran permukaan semakin menurun bila *spindle speed* semakin meningkat, dengan urutan *spindle speed* 700 rpm, 800 rpm, kemudian 900 rpm yang semakin menurunkan nilai kekasaran permukaan sisi *up milling*.

Berdasarkan analisa regresi linier berganda $Y = 1,323 - 0,001X_1 + 0,004X_2$ variabel bebas *feed rate* dengan variabel terikat kekasaran permukaan sisi *up milling* berbanding lurus positif terhadap *spindle speed*. Nilai kekasaran permukaan sisi *up milling* berurutan dari yang paling kecil hingga yang paling besar berbanding lurus positif dengan *feed rate*, dimana kekasaran permukaan semakin meningkat bila *feed rate* semakin meningkat, dengan urutan *feed rate* 200 mm/min, 100 mm/min, kemudian 50 mm/min yang semakin menurunkan nilai kekasaran permukaan sisi *up milling*.

4.2.3 Grafik dan Pembahasan Perbedaan Kekasaran pada Sisi *Down Milling* dengan Sisi *Up Milling*



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Kekasaran Permukaan pada Sisi *Down Milling* dan *Up Milling*

Grafik di atas adalah grafik perbandingan kekasaran permukaan pada sisi *down milling* dan sisi *up milling*. Grafik diatas dibuat berdasarkan data kekasaran permukaan pada masing-masing sisi permesinan, dengan mengelompokkan berdasarkan *feed rate* dan *spindle speed*. Pada bar yang berwarna biru menunjukkan hasil kekasaran permukaan pada sisi *up milling*, sedangkan bar yang berwarna hijau menunjukkan hasil kekasaran permukaan pada sisi *down milling*.

Terlihat pada grafik semakin tinggi nilai daripada *feed rate* maka pengaruh *spindle speed* terhadap kekasaran akan semakin berperan aktif. hal tersebut sesuai dengan persamaan berikut dimana nilai *feed* (f) akan semakin mengecil seiring meningkatnya nilai *spindle speed* (N).

$$f_r = Nf$$

Dimana nilai *feed* adalah nilai yang berbanding lurus dengan mempengaruhi kekasaran permukaan dengan melihat persamaan berikut:

$$Ra = \frac{f^2}{32NR}$$

Berdasarkan dasar teori yang telah dibuat hasil ini sesuai dengan hipotesa yang telah dibuat yaitu terjadi perbedaan pada masing-masing sisi proses *slot milling* hal ini dikarenakan terjadi perbedaan perlakuan permesinan yang diterima antara sisi satu dengan yang lainnya. Salah satu sisi pada *slot milling* akan mengalami perlakuan *down milling* sedangkan sisi lainnya akan mengalami perlakuan *up milling*, dimana hasil geometri permukaan akan mengalami perbedaan. Perbedaan dimana nilai kekasaran pada sisi *up milling* lebih kasar dibandingkan pada sisi *down milling*.

Perbedaan kekasaran permukaan pada sisi *milling* dan *down milling* terjadi selama pembuatan slot. Dari hasil data sisi *up milling* cenderung lebih kasar dibandingkan sisi *down milling*. Penyebab terjadinya perbedaan kekasaran pada sisi permukaan *slot milling* disebabkan terjadinya perbedaan pembentukan hasil *chip* yang terjadi akibat permesinan. Hasil *chip* pada sisi *up mill* terjadi pembentukan BUE sedangkan pada sisi *down mill* tidak terjadi pembentukan BUE.

