

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini, dilakukan pengambilan data *bottom surface roughness* hasil proses *milling* CNC 4-Axis untuk setiap variasi *spindle speed* dan *feed rate*. Pengambilan data kekasaran permukaan menggunakan alat ukur *surface roughness tester*. Nilai kekasaran permukaan yang didapat adalah kekasaran rata-rata aritmatik (*roughness arithmetic*).

Tabel 4.1 Data nilai kekasaran permukaan (Ra)

No.	Spindel Speed (rpm)	Feed Rate (mm/mnt)	Pengulangan	Surface Roughness (µm)
1	6000	24	1	0,59
			2	0,60
			3	0,60
		48	1	0,59
			2	0,62
			3	0,63
		72	1	0,60
			2	0,61
			3	0,65
2	5000	24	1	0,62
			2	0,62
			3	0,63
		48	1	0,61
			2	0,62
			3	0,66
		72	1	0,63
			2	0,64
			3	0,64
3	4000	24	1	0,63
			2	0,65
			3	0,65
		48	1	0,64
			2	0,64
			3	0,66
		72	1	0,65
			2	0,65
			3	0,67



Tabel 4.2 Nilai rata-rata kekasaran permukaan (Ra)

<i>Spindle Speed</i> (rpm)	<i>Surface Roughness Ra</i> (µm)		
	<i>Feed Rate</i> 24 mm/mnt	<i>Feed Rate</i> 48 mm/mnt	<i>Feed Rate</i> 72 mm/mnt
6000	0,60	0,61	0,62
5000	0,62	0,63	0,64
4000	0,64	0,65	0,66

4.2 Pengolahan Data Hasil Penelitian

4.2.1 Menentukan Gaya Potong Teoritis.

Dari perhitungan gaya potong teoritis maka akan didapatkan data seperti yang terlihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Gaya potong teoritis

<i>Spindel Speed</i> (rpm)	<i>Feed Rate</i> (mm/mnt)	f_z (mm/gigi)	θ (°)	h (mm)	ϕ (°)	F_t (N)
6000	24	0,002	0,010	1,103	55,132	9,268
	48	0,004	0,019	2,207	26,905	29,567
	72	0,006	0,029	3,309	17,132	66,524
5000	24	0,002	0,012	1,324	46,421	11,994
	48	0,005	0,023	2,648	21,960	42,364
	72	0,007	0,035	3,971	14,010	96,605
4000	24	0,003	0,014	1,655	36,861	17,325
	48	0,006	0,029	3,309	17,132	66,524
	72	0,009	0,043	4,962	10,983	152,776

1. Untuk *Spindle Speed* 6000 rpm.

a. *Feed Rate* 24 mm/min

$$f_z = \frac{24}{6000 \cdot 2}$$

$$f_z = 0,002 \text{ mm/min}$$

$$\theta = \arctan \frac{0,002}{12,9 - 2}$$

$$\theta = 0,010^\circ$$

$$h = \tan. 0,010 \cdot 2 + \frac{12,9 - 2}{\cos 0,010} - (12,9 - 2)$$

$$h = 1,103 \text{ mm}$$

$$\tan \phi = \frac{\cos 30}{h - \sin 30}$$

$$\phi = \arctan \frac{\cos 30}{1,205 - \sin 30}$$

$$\phi = 55,123^\circ$$

$$F_t = 207.2.1,103 \frac{\cos(25 - 30)}{\sin 55,132 \cos(55,132 + 25 - 30)}$$

$$F_t = 9,268N$$

4.2.2 Menentukan Kekasaran Permukaan Teoritis.

Dari perhitungan kekasaran permukaan rata-rata teoritis berdasarkan geometri pahat dengan ujung tajam akan didapatkan data seperti yang terlihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Kekasaran permukaan teoritis

f_z (Feed) (mm/gigi)	Ra (pergigi) (μm)	Ra (2 mata potong) (μm)
0,002	0,10	0,20
0,004	0,20	0,39
0,006	0,29	0,59
0,002	0,12	0,24
0,005	0,24	0,47
0,007	0,35	0,71
0,003	0,15	0,29
0,006	0,29	0,59
0,009	0,44	0,88

1. Untuk *Spindle Speed* 6000 rpm.

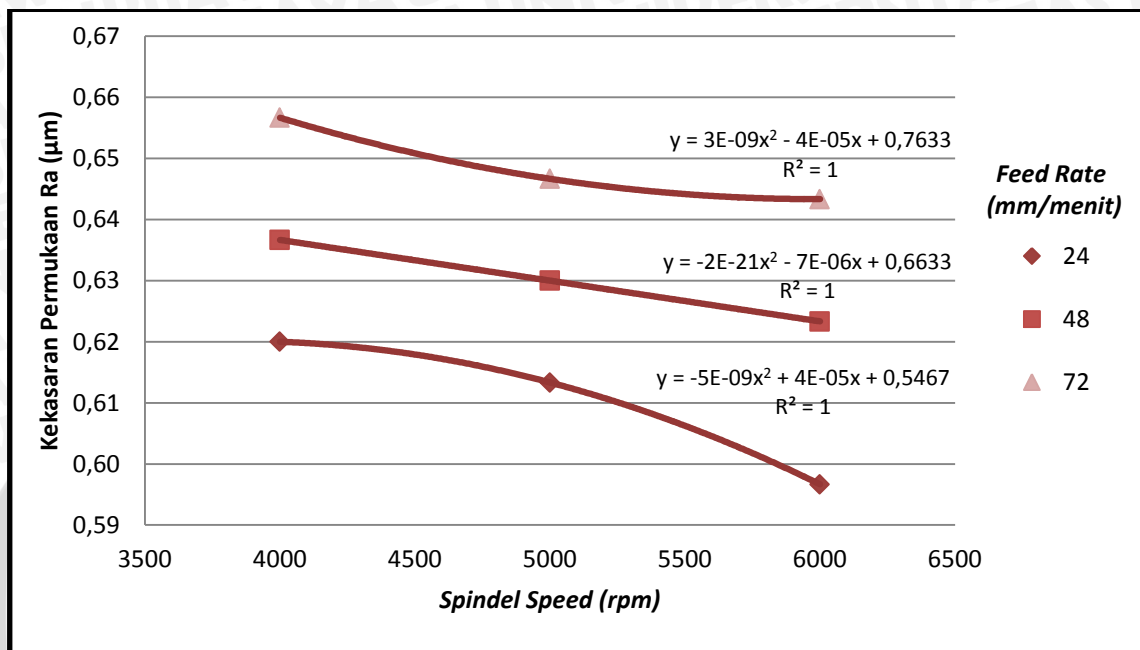
a. *Feed Rate* 72 mm/min

$$R_a = \frac{0,006}{4 \left(\frac{1}{\tan 120} + \frac{1}{\tan 10} \right)}$$

$$R_a = 0,00059 \text{ mm} = 0,59 \mu\text{m}$$

4.4 Pembahasan

4.4.1 Hubungan *Spindle Speed* terhadap Kekasaran Permukaan dengan Variasi *Feed Rate* pada *Bottom Surface*.



Gambar 4.1 Grafik hubungan *spindle speed* terhadap kekasaran permukaan dengan variasi *feed rate* pada *bottom surface*.

Grafik menunjukkan bahwa pada garis paling bawah yaitu dengan variasi *feed rate* 24 mm/menit dari *spindle speed* 4000 rpm memiliki kekasaran permukaan yaitu 0,64 µm. kemudian pada *spindle speed* 5000 rpm nilai kekasaran permukaan turun menjadi 0,62 µm. selanjutnya pada *spindle speed* 6000 rpm nilai kekasaran permukaan turun hingga terendah menjadi 0,60 µm. pada variasi *feed rate* 24 mm/menit mempunyai persamaan garis $y = 3E-09x^2 - 4E-05x + 0.763$ sehingga memiliki kelengkungan $3E-09x^2$ dengan kemiringan $-4E-05x$,

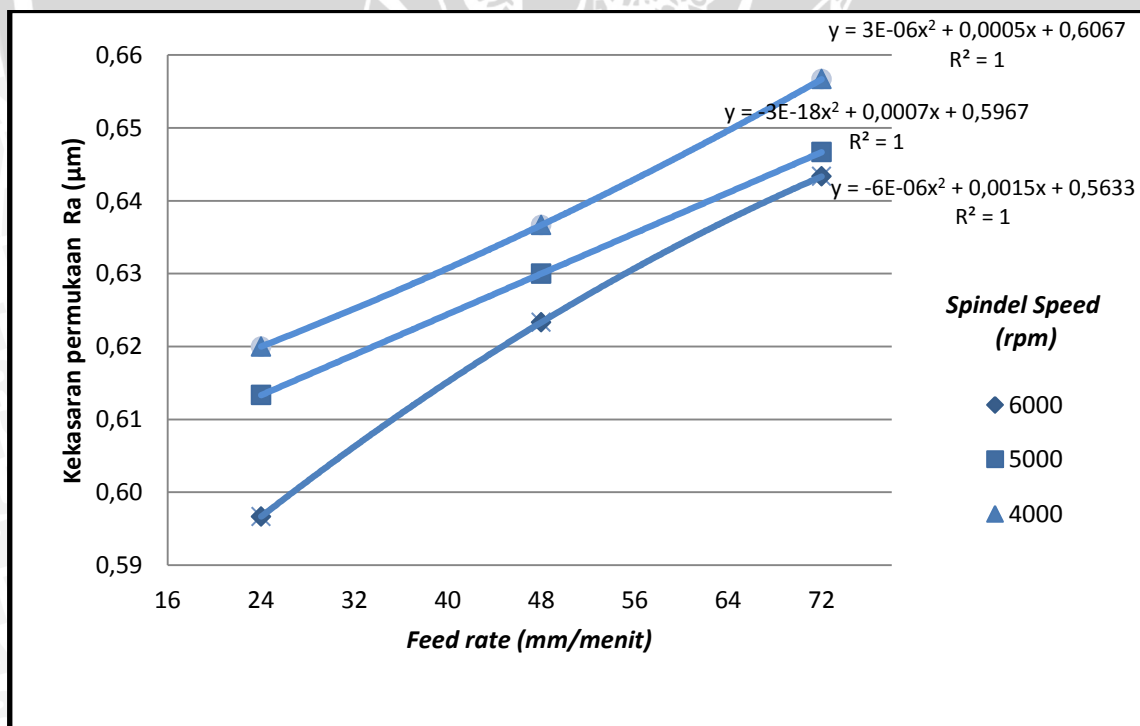
Pada garis yang terletak ditengah variasi *feed rate* 48 mm/menit. dari *spindle speed* 4000 rpm memiliki kekasaran permukaan diatas variasi *feed rate* sebelumnya yaitu 0,65 µm. kemudian pada *spindle speed* 5000 rpm nilai kekasaran permukaan turun menjadi 0,63 µm. selanjutnya pada *spindle speed* 6000 rpm nilai kekasaran permukaan turun menjadi 0,61 µm. Pada variasi *feed rate* 48 mm/menit mempunyai persamaan garis $y = -7E-06x + 0.663$ sehingga memiliki kemiringan $-7E-06x$. menunjukkan hubungan x dan y searah negatif linier.

Pada garis yang terletak ditengah variasi *feed rate* 72 mm/menit. dari *spindle speed* 4000 rpm memiliki kekasaran permukaan diatas variasi *feed rate* sebelumnya menjadi yang tertinggi yaitu 0,66 μm . kemudian pada *spindle speed* 5000 rpm nilai kekasaran permukaan turun menjadi 0,64 μm . selanjutnya pada *spindle speed* 6000 rpm nilai kekasaran permukaan turun menjadi 0,62 μm . Pada variasi *feed rate* 72 mm/menit mempunyai persamaan garis $y = -5\text{E-}09x^2 + 4\text{E-}05x + 0.546$ sehingga memiliki parabola $-5\text{E-}09x^2$ dengan kemiringan $-4\text{E-}05x$.

Nilai kekasaran terendah didapat pada variasi *spindel speed* 6000 rpm dan *feed rate* 24 mm/menit sebesar 0,60 μm . Sedangkan kekasaran tertinggi didapat pada variasi *spindel speed* 4000 rpm dan *feed rate* 72 mm/menit sebesar 0,66 μm .

Keseluruhan dari tiga garis regresi variasi *feed rate* pada grafik memiliki $R^2=1$, Data tersebut mengindikasikan bahwa kemampuan variable independen *spindle speed* untuk menjelaskan variasi pada variable dependen yaitu kekasaran permukaan rata-rata aritmatik (R_a) sebesar 100%.

4.4.2 Grafik Hubungan *Feed Rate* terhadap Kekasaran Permukaan dengan Variasi *Spindle Speed* pada *Bottom Surface*.



Gambar 4.2 Grafik hubungan *feed rate* terhadap kekasaran permukaan dengan variasi *spindles speed* pada *bottom surface*.

Grafik menunjukkan bahwa pada garis paling bawah yaitu dengan variasi *spindle speed* 6000 rpm dari *feed rate* 24 mm/menit memiliki kekasaran permukaan terendah yaitu 0,60 μm . kemudian pada *feed rate* 48 mm/menit nilai kekasaran permukaan naik menjadi 0,61 μm . selanjutnya pada *feed rate* 72 mm/menit nilai kekasaran permukaan naik menjadi 0,62 μm . Pada variasi *feed rate* 24 mm/menit mempunyai persamaan garis $y = 3\text{E-}06x^2 + 0.000x + 0.606$ sehingga memiliki kelengkungan $3\text{E-}06x^2$.

Pada garis yang terletak ditengah variasi *spindle speed* 5000 rpm. dari *feed rate* 24 mm/menit memiliki kekasaran permukaan diatas variasi *spindle speed* sebelumnya yaitu 0,62 μm . kemudian pada *feed rate* 48 mm/menit nilai kekasaran permukaan naik menjadi 0,63 μm . selanjutnya pada *feed rate* 72 mm/menit nilai kekasaran permukaan naik menjadi 0,64 μm . Pada variasi *feed rate* 48 mm/menit mempunyai persamaan garis $y = 0.000x + 0.596$ sehingga memiliki kemiringan 0.000x menunjukkan hubungan x dan y searah positif linier.

Pada garis yang terletak ditengah variasi *spindle speed* 4000 rpm. dari *feed rate* 24 mm/menit memiliki kekasaran permukaan diatas variasi *spindle speed* sebelumnya yaitu 0,64 μm . kemudian pada *feed rate* 48 mm/menit nilai kekasaran permukaan naik menjadi 0,65 μm . selanjutnya pada *feed rate* 72 mm/menit nilai kekasaran permukaan naik sebagai yang tertinggi menjadi 0,66 μm . Pada variasi *feed rate* 72 mm/menit mempunyai persamaan garis $y = -6\text{E-}06x^2 + 0.001x + 0.563$ sehingga memiliki parabola $-6\text{E-}06x^2$ dengan kemiringan 0.001x

Nilai kekasaran terendah didapat pada variasi *spindel speed* 6000 rpm dan *feed rate* 24 mm/menit sebesar 0,60 μm . Sedangkan kekasaran tertinggi didapat pada variasi *spindel speed* 4000 rpm dan *feed rate* 72 mm/menit sebesar 0,66 μm .

Keseluruhan dari tiga garis regresi variasi *spindle speed* pada grafik memiliki $R^2=1$, Data tersebut mengindikasikan bahwa kemampuan variable independen *feed rate* untuk menjelaskan variasi pada variable dependen yaitu kekasaran permukaan rata-rata aritmatik (R_a) sebesar 100%.