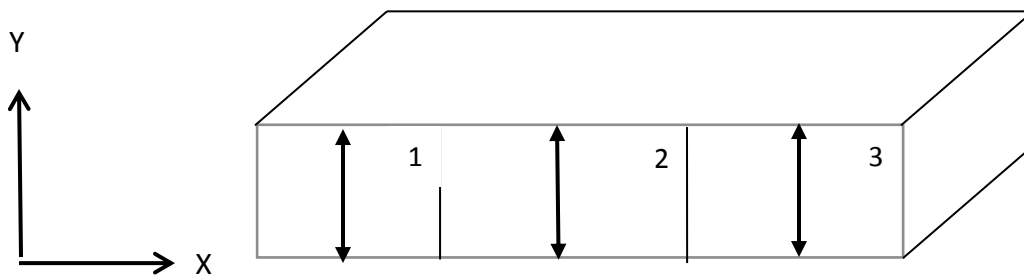


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

4.1.1 Data Hasil Pengujian kekasaran dengan Variasi *Laser Power*

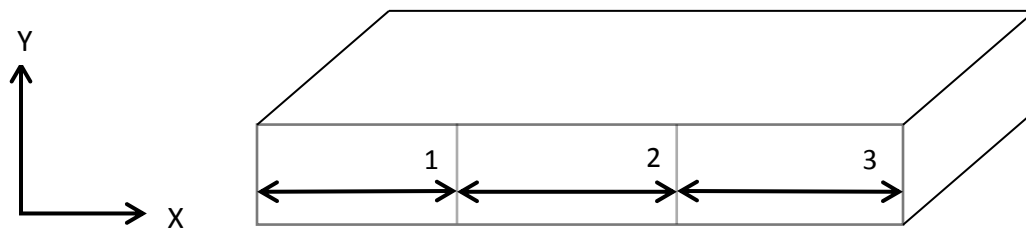
Setelah dilakukan proses pemotongan dengan mesin *laser cutting* maka dilakukan pengujian kekasaran permukaan di Laboratorium Metrologi Industri di Jurusan Mesin Universitas Brawijaya. Proses pengujian dilakukan dengan variasi dua arah pengujian yakni vertical dan horizontal. Dari hasil pengujian kekasaran dengan variasi *laser power* 400 – 1000 watt pada mesin *laser cutting* di dapat data kekasaran sebagai berikut:



Gambar 4.1 Titik Pengambilan Nilai Kekasaran Vertikal

Tabel 4.1
Data Pengujian Ra arah vertikal dengan variasi *laser power*

Laser Power (Watt)	Kekasaran permukaan Ra (μm)			Σ	Rata-rata (μm)
	Pengulangan				
	1	2	3		
400	2,754	2,379	2,459	7,592	2,530
550	2,260	2,387	2,623	7,270	2,423
700	2,120	2,493	2,194	6,807	2,269
850	1,969	1,797	2,023	5,789	1,929
1000	1,704	1,478	1,807	4,989	1,663



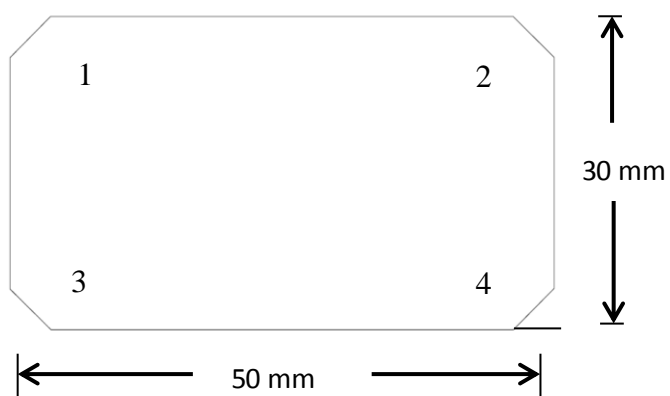
Gambar 4.2 Titik Pengambilan Nilai Kekasaran Horizontal

Tabel 4.2
Data Pengujian Ra arah horizontal dengan variasi laser power

Laser Power (Watt)	Kekasaran permukaan Ra (μm)			Σ	Rata-rata (μm)
	Pengulangan				
	1	2	3		
400	2,744	2,623	2,723	8,090	2,696
550	2,453	2,076	2,551	7,080	2,360
700	2,182	1,996	1,939	6,117	2,039
850	1,895	1,560	1,783	5,238	1,746
1000	1,685	1,695	1,634	5,014	1,671

4.1.2 Data Hasil Pengukuran Kepresisian dengan Variasi Laser Power

Dari pengujian kekasaran dengan variasi laser power pada mesin *Laser Cutting* di dapat data seperti berikut



Gambar 4.3 Titik Pengukuran Dimensi Benda Kerja

Tabel 4.3
Data Hasil Pengukuran dimensi dengan variasi *laser power*

No.	Laser Power (Watt)	Dimensi (mm)	Dimensi Panjang (p) (mm)	Dimensi Lebar (l) (mm)	Deviasi (mm)	
					p	l
1	400	50 x 30	49,82	29,83	0,18	0,17
2	550	50 x 30	49,84	29,84	0,16	0,16
3	700	50 x 30	49,84	29,85	0,16	0,15
4	850	50 x 30	49,86	29,85	0,14	0,15
5	1000	50 x 30	49,87	29,86	0,13	0,14

Tabel 4.4
Data Hasil Pengukuran dimensi sudut chamfer dengan variasi *laser power*

No.	Laser Power (Watt)	Dimensi Sudut Chamfer (°)				Σ	Rata-rata	Deviasi (°)
		1	2	3	4			
1	400	45,75	45,50	45,25	44,75	181,25	45,31	0,31
2	550	44,50	45,33	45,75	45,58	181,16	45,29	0,29
3	700	45,25	44,25	44,08	45,33	178,91	44,72	0,28
4	850	44	45,50	45,08	44,91	179,44	44,87	0,13
5	1000	44,83	45,08	45,50	44,50	179,91	44,97	0,03

4.2. Analisis dan Pembahasan

4.2.1 Analisis Varian Satu Arah

Dari data kekasaran permukaan dan kepresisian yang diperoleh, dilakukan analisis varian satu arah. Dalam analisis varian satu arah terdapat dua hipotesis yang digunakan yaitu apakah ada perbedaan rata-rata antar kategori baik kategori berdasarkan baris maupun kolom. Pengolahan data analisis varian dilakukan dengan bantuan *Data Analysis Tools* pada program *Microsoft Excel*. Apabila nilai F_{hitung} yang didapat lebih kecil dari F_{tabel} berarti faktor yang diuji tidak berpengaruh signifikan terhadap hasil uji. Namun apabila nilai F_{hitung} yang diperoleh lebih besar daripada F_{tabel} berarti faktor yang diuji memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil uji.

- Hipotesis anova (Laser power) terhadap Kekasaran Permukaan

$H_0: \mu^*1 = \mu^*2 = \mu^*3 = \dots = \mu^*k$, Tidak ada pengaruh yang signifikan antara rata-rata hitung dari kategori kolom

$H_1: \mu^*1 \neq \mu^*2 \neq \mu^*3 \neq \dots \neq \mu^*k$, Ada pengaruh yang signifikan antara rata-rata hitung dari kategori kekasaran permukaan

Tabel 4.5
Analisi Varian Satu Arah (Laser Power) terhadap Kekasaran Permukaan

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
400	3	7.592	2.530666667	0.039008333
550	3	7.27	2.423333333	0.033932333
700	3	6.807	2.269	0.039001
850	3	5.789	1.929666667	0.013929333
1000	3	4.989	1.663	0.028321

$$\alpha = 0.05;$$

$$df_{\text{between}} = k - 1 = (5 - 1) = 4$$

$$df_{\text{within}} = N - k = (15 - 5) = 10$$

$$df_{\text{total}} = 4 + 10 = 14$$

$$F_{\text{tabel}} = 3,48$$

- Rata – rata Tiap Variasi (\bar{x}')

$$x'_1 = 2,530$$

$$x'_2 = 2,423$$

$$x'_3 = 2,269$$

$$x'_4 = 1,929$$

$$x'_5 = 1,663$$

- Rata – rata Total (\bar{x}'')

$$\bar{x}'' = \frac{G}{N}$$

$$= 32,447 / 15$$

$$= 2,163$$

- Sum of Square Total (SS_{total})

$$SS_{total} = \sum (x - \bar{x}'')^2$$

$$= (x_1 - \bar{x}'')^2 + (x_2 - \bar{x}'')^2 + (x_3 - \bar{x}'')^2 + (x_4 - \bar{x}'')^2 + (x_5 - \bar{x}'')^2 + (x_6 - \bar{x}'')^2 \\ + (x_7 - \bar{x}'')^2 + (x_8 - \bar{x}'')^2 + (x_9 - \bar{x}'')^2 + (x_{10} - \bar{x}'')^2 + (x_{11} - \bar{x}'')^2 + (x_{12} - \bar{x}'')^2 \\ + (x_{13} - \bar{x}'')^2 + (x_{14} - \bar{x}'')^2 + (x_{15} - \bar{x}'')^2$$

$$= (0,349 + 0,046 + 0,087 + 0,009 + 0,050 + 0,211 + 0,001 + 0,108 + 0 \\ + 0,037 + 0,133 + 0,019 + 0,210 + 0,469 + 0,126)$$

$$= 1,864$$

- Sum of Square Within (SS_{within})

$$SS_{within} = \sum (x - \bar{x}')^2$$

$$= (x_1 - \bar{x}')^2 + (x_2 - \bar{x}')^2 + (x_3 - \bar{x}')^2 + (x_4 - \bar{x}')^2 + (x_5 - \bar{x}')^2 + (x_6 - \bar{x}')^2 \\ + (x_7 - \bar{x}')^2 + (x_8 - \bar{x}')^2 + (x_9 - \bar{x}')^2 + (x_{10} - \bar{x}')^2 + (x_{11} - \bar{x}')^2 + \\ (x_{12} - \bar{x}')^2 + (x_{13} - \bar{x}')^2 + (x_{14} - \bar{x}')^2 + (x_{15} - \bar{x}')^2$$

$$= (0,050 + 0,022 + 0,005 + 0,026 + 0,001 + 0,004 + 0,022 + 0,050 + \\ 0,005 + 0,001 + 0,017 + 0,008 + 0,001 + 0,034 + 0,144)$$

$$= 0,308$$

- Sum of Square Between ($SS_{between}$)

$$SS_{between} = SS_{total} - SS_{within}$$

$$= 1,864 - 0,308$$

$$= 1,556$$

- *Mean Square Between* ($MS_{between}$)

$$MS_{between} = SS_{between} / df_{between}$$

$$= 1,556 / 4$$

$$= 0,388$$

- *Mean Square Within* (MS_{within})

$$MS_{within} = SS_{within} / df_{within}$$

$$= 0,308 / 10$$

$$= 0,030$$

- *F Hitung* (F)

$$F = MS_{between} / MS_{within}$$

$$= 0,388 / 0,030$$

$$= 12,613$$

Tabel 4.6

Hasil Analisis Varian Satu Arah (*Laser Power*) terhadap Kekasaran Permukaan

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1.555898	4	0.388974	12.61331	0.000641	3.47805
Within Groups	0.308384	10	0.030838			
Total	1.864282	14				

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat disimpulkan bahwa :

- $F_{hitung} > F_{tabel}$; maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, berarti faktor baris yaitu *laser power* berpengaruh dengan signifikan terhadap kekasaran permukaan stainless steel 304

Tabel 4.7

Analisis Varian Satu Arah (*Laser Power*) terhadap Kepresisian

Groups	Count	Sum	Average	Variance
400	4	181.25	45.3125	0.182291667
550	4	181.16	45.29	0.307133333
700	4	178.91	44.7275	0.427758333
850	4	179.49	44.8725	0.399825
1000	4	179.91	44.9775	0.177758333

$$\alpha = 0.05;$$

$$df_{between} = k - 1 = (5-1) = 4$$

$$df_{within} = N - k = (20 - 5) = 15$$

$$df_{\text{total}} = 4 + 15 = 19$$

$$F_{\text{tabel}} = 3,06$$

- Rata – rata Tiap Variasi (\bar{x}')

$$\bar{x}'_1 = 45,31$$

$$\bar{x}'_2 = 45,29$$

$$\bar{x}'_3 = 44,72$$

$$\bar{x}'_4 = 44,87$$

$$\bar{x}'_5 = 44,97$$

- Rata – rata Total (\bar{x}'')

$$\bar{x}'' = \frac{G}{N}$$

$$= 900,67 / 20$$

$$= 45,03$$

- *Sum of Square Total* (SS_{total})

$$SS_{\text{total}} = \sum (x - \bar{x}'')^2$$

$$= (x_1 - \bar{x}'')^2 + (x_2 - \bar{x}'')^2 + (x_3 - \bar{x}'')^2 + (x_4 - \bar{x}'')^2 + (x_5 - \bar{x}'')^2 + (x_6 - \bar{x}'')^2 \\ + (x_7 - \bar{x}'')^2 + (x_8 - \bar{x}'')^2 + (x_9 - \bar{x}'')^2 + (x_{10} - \bar{x}'')^2 + (x_{11} - \bar{x}'')^2 + (x_{12} - \bar{x}'')^2 \\ + (x_{13} - \bar{x}'')^2 + (x_{14} - \bar{x}'')^2 + (x_{15} - \bar{x}'')^2 + (x_{16} - \bar{x}'')^2 + (x_{17} - \bar{x}'')^2 \\ + (x_{18} - \bar{x}'')^2 + (x_{19} - \bar{x}'')^2 + (x_{20} - \bar{x}'')^2$$

$$= (0,51 + 0,22 + 0,04 + 0,07 + 0,28 + 0,09 + 0,52 + 0,30 + 0,04 + \\ 0,60 + 0,90 + 0,09 + 1,06 + 0,22 + 0,01 + 0,01 + 0,04 + 0,01 + 0,22 \\ + 0,28)$$

$$= 5,54$$

- *Sum of Square Within* (SS_{within})

$$SS_{\text{within}} = \sum (x - \bar{x}')^2$$

$$= (x_1 - \bar{x}')^2 + (x_2 - \bar{x}')^2 + (x_3 - \bar{x}')^2 + (x_4 - \bar{x}')^2 + (x_5 - \bar{x}')^2 + (x_6 - \bar{x}')^2 \\ + (x_7 - \bar{x}')^2 + (x_8 - \bar{x}')^2 + (x_9 - \bar{x}')^2 + (x_{10} - \bar{x}')^2 + (x_{11} - \bar{x}')^2 + \\ (x_{12} - \bar{x}')^2 + (x_{13} - \bar{x}')^2 + (x_{14} - \bar{x}')^2 + (x_{15} - \bar{x}')^2 + (x_{16} - \bar{x}')^2 + (x_{17} - \bar{x}')^2 \\ + (x_{18} - \bar{x}')^2 + (x_{19} - \bar{x}')^2 + (x_{20} - \bar{x}')^2$$

$$= (0,19 + 0,03 + 0,01 + 0,31 + 0,62 + 0,01 + 0,21 + 0,08 + 0,28 + \\ 0,22 + 0,40 + 0,37 + 0,75 + 0,39 + 0,04 + 0,01 + 0,03 + 0,02 + 0,3 \\ + 0,20)$$

$$= 4,48$$

- *Sum of Square Between ($SS_{between}$)*

$$\begin{aligned} SS_{between} &= SS_{total} - SS_{within} \\ &= 5,54 - 4,48 \\ &= 1,06 \end{aligned}$$

- *Mean Square Between ($MS_{between}$)*

$$\begin{aligned} MS_{between} &= SS_{between} / df_{between} \\ &= 1,06 / 4 \\ &= 0,26 \end{aligned}$$

- *Mean Square Within (MS_{within})*

$$\begin{aligned} MS_{within} &= SS_{within} / df_{within} \\ &= 4,48 / 15 \\ &= 0,29 \end{aligned}$$

- *F Hitung (F)*

$$\begin{aligned} F &= MS_{between} / MS_{within} \\ &= 0,26 / 0,29 \\ &= 0,89 \end{aligned}$$

Tabel 4.8
Hasil analisis Varian Satu Arah (*Laser Power*) terhadap Kepresisian

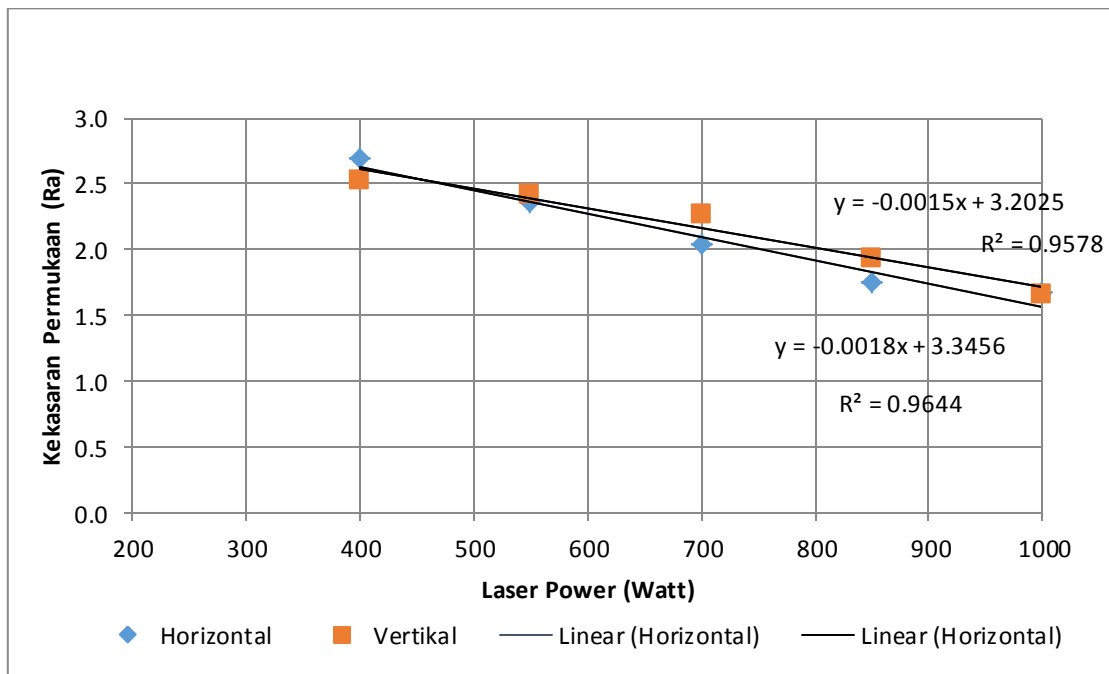
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Laser Power	1.06518	4	0.266295	0.890757755	0.4933221	3.05556828
Error	4.4843	15	0.298953333			
Total	5.54948	19				

Berdasarkan table 4.8 dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- $F_{hitung} < F_{tabel}$; maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, berarti faktor baris yaitu laser power tidak berpengaruh dengan signifikan terhadap kepresisian stainless steel 304

4.2.2 Pembahasan

4.2.2.1 Hubungan Pengaruh *Laser Power* terhadap Kekasaran Permukaan



Gambar 4.1 Grafik hubungan *Laser Power* terhadap kekasaran permukaan

Pada grafik 4.4 menjelaskan tentang hubungan antara *laser power* terhadap nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan ketika proses pemotongan dengan menggunakan *Laser Cutting*. Dengan variasi *laser power* yang saya berikan antara 400 - 1000 Watt menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang terus mengalami penurunan. Dari laser power 400 watt memiliki nilai Ra secara vertikal adalah 2,530 μm lalu mengalami penurunan di *laser power* 550 watt dengan nilai Ra secara vertikal adalah 2,423 μm . Dan ketika nilai *laser power* di perbesar hingga 1000 watt, nilai kekasaran permukaan hasil pemotongan yang dihasilkan pun akan ikut turun pula dengan nilai Ra secara vertikal 1,663 μm .

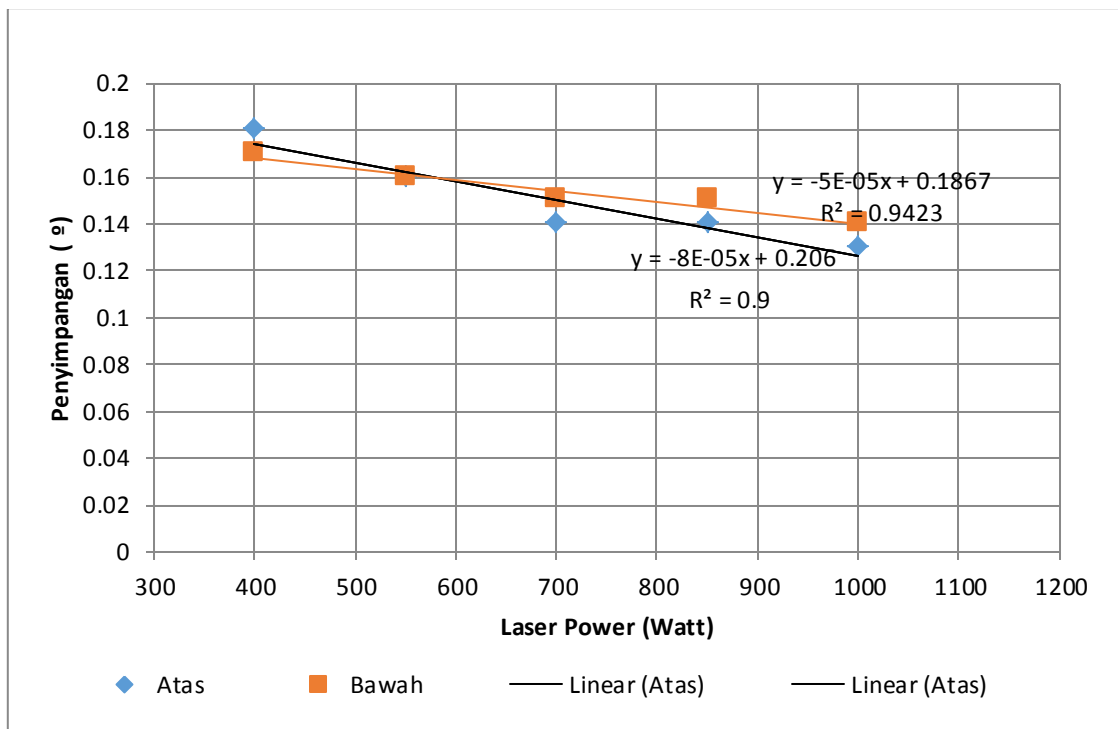
Alasan mengapa penurunan itu terjadi karena *laser power* yang semakin tinggi akan mengakibatkan semakin banyaknya daya yang tersedia untuk melelehkan benda kerja yang sedang di uji. Proses pelelehan yang baik pada laser power yang lebih tinggi akan menghasilkan permukaan yang lebih halus sehingga mengurangi nilai kekasaran permukaan rata-rata yang diamati. Pada tingkat laser power yang rendah, proses pelelehan benda kerja tidak berlangsung secara maksimal sehingga menyebabkan nilai

kekasaran yang lebih tinggi. Hal tersebut juga dikatakan seperti pada penelitian sebelumnya yakni “ Effect of Laser Power on Surface Finishing during Laser Metal Deposition Process “ (Rasheedat, 2014).

Pada grafik dapat juga kita lihat bahwa grafik menggunakan hubungan linear dimana garis regresi didefinisikan sebagai garis lurus yang ditarik dari titik – titik diagram pencar (*scattered diagram*) dari nilai variabel tergantung dan variabel bebas sehingga garis tersebut menggambarkan hubungan linier antara variabel-variabel tersebut. Jika nilai-nilai ini merupakan garis regresi nilai baku maka garis ini sama dengan garis korelasi. Garis ini disebut juga sebagai garis kecocokan yang sempurna dimana garis lurus tersebut berada pada posisi terdekat pada titik-titik diagram pencar. Garis ini dapat digambarkan dari nilai-nilai persamaan regresi dalam bentuk yang paling sederhana. Sumbu vertikal dari diagram pencar digunakan untuk menggambarkan nilai-nilai variabel terikat sedang sumbu horizontal menggambarkan variabel bebas. Intercept merupakan titik sumbu vertikal yang merupakan nilai variabel terikat yang diprediksi saat nilai prediktor atau variabel bebas sebesar nol. Nilai yang diprediksi akan sebesar 0 jika koefisien regresi baku digunakan

Pada grafik tersebut terlihat bahwa nilai dari kekasaran permukaan Ra horizontal cenderung lebih rendah dari pada nilai kekasaran permukaan Ra vertikal. Penyebab dari nilai kekasaran permukaan Ra vertikal lebih tinggi adalah karena arah pengukuran kekasaran permukaan yang sejajar dengan arah pemotongan pada benda kerja tersebut. Dimana *laser cutting* memotong benda kerja dari arah atas kebawah. Sehingga hasil dari kekasaran permukaan secara vertikal lebih tinggi dibandingkan dengan kekasaran permukaan secara horizontal. Kekasaran permukaan secara horizontal dapat memiliki nilai yang lebih rendah karena pemotongan tersebut yang menggerus dari atas, dengan terus berjalannya indenter untuk memakan mengakibatkan pemotongan tersebut menjadi bergaris-garis yang kurang sempurna.

4.2.2.2 Hubungan Pengaruh Laser Power Terhadap Kepresisian



Gambar 4.2 Hubungan pengaruh *Laser Power* terhadap kepresisian

Pada gambar 4.5 Menjelaskan hubungan *laser power* terhadap penyimpangan geometri benda kerja yang dipotong dengan proses *Laser Cutting*. Dalam pemotongan *Laser Cutting* dengan memvariasikan *laser power* sebesar 400 Watt, 550 Watt, 700 Watt, 850 Watt, 1000 Watt didapatkan hasil penyimpangan geometri yang semakin menurun. Dimulai dari *laser power* 400 watt dengan selisih 0,35 mm, *laser power* 550 watt dengan selisih 0,32 mm, *laser power* 700 watt dan *laser power* 850 watt dengan selisih 0,31 mm, dan *laser power* 1000 watt dengan selisih 0,27 mm. Dengan *laser power* yang semakin besar akan menghasilkan penyimpangan geometri yang semakin menurun hal ini disebabkan karena kecenderungan *laser power* yang lebih stabil saat memotong spesimen sehingga penyimpangan geometri semakin menurun.

Pada grafik dapat juga kita lihat bahwa grafik menggunakan hubungan linear dimana garis regresi didefinisikan sebagai garis lurus yang ditarik dari titik – titik diagram pencar (*scattered diagram*) dari nilai variabel tergantung dan variabel bebas sehingga garis tersebut menggambarkan hubungan linier antara variabel-variabel tersebut. Jika nilai-nilai

ini merupakan garis regresi nilai baku maka garis ini sama dengan garis korelasi. Garis ini disebut juga sebagai garis kecocokan yang sempurna dimana garis lurus tersebut berada pada posisi terdekat pada titik-titik diagram pencar. Garis ini dapat digambarkan dari nilai-nilai persamaan regresi dalam bentuk yang paling sederhana. Sumbu vertikal dari diagram pencar digunakan untuk menggambarkan nilai-nilai variabel terikat sedang sumbu horizontal menggambarkan variabel bebas. Intercept merupakan titik sumbu vertikal yang merupakan nilai variabel terikat yang diprediksi saat nilai prediktor atau variabel bebas sebesar nol. Nilai yang diprediksi akan sebesar 0 jika koefisien regresi baku digunakan