

Optimasi Parameter Mesin *Laser Tube Cutting* Terhadap Kekasaran Permukaan Dan Laju Pemotongan Pada *Square Pipe ST 37* Menggunakan *Taguchi Grey Relational Analysis Method*

Lintang Aditya Wardani¹, Farizi Rachman^{1*}, Pranowo Sidi¹

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia¹

Email: farizirachman@ppns.ac.id

Abstract – CNC TruLaser Tube 5000 TRUMPF machine is used to perform cutting process in PT. Dempo Laser Metalindo. The quality of the cut product produced is required to have minimum roughness value, but in every cut result especially on Square Pipe St 37 material there is cutting defect. Cutting defect in the product result is surface roughness. Surface roughness can affect the cutting rate on the material, the solution to get cutting quality with minimal roughness and maximum cutting rate is to analyze the parameters that affect the response by optimizing the parameters. The parameter variables to be optimized are focus point, cutting gas pressure, nozzle distance, and laser power. This study uses Square Pipe St 37 material and the experimental design uses Taguchi Method combined with Grey Relational Analysis using orthogonal matrix L9 (34). From the results of the research that has been conducted, it was obtained that the most optimal combination of parameters for cutting rate and surface roughness is the focal point at level 2 which is 2 mm, nozzle distance at level 3 which is 1,1 mm, and laser power at level 3 which is 2700 W. The focal point parameter provides a percentage contribution of 38.60%, while the nozzle distance parameter provides a percentage contribution of 6.42%, and the laser power parameter provides a percentage contribution of 35.92%.

Keyword: Surface Roughness, Cutting rate, CNC Laser Tube Cutting Machine, Square Pipe St 37, Taguchi Grey Relational Analysis.

Nomenclature

y_i	data percobaan
$X_i^*(k)$	nilai normalisasi rasio S/N
$X_o^0(k)$	nilai rasio S/N setiap eksperimen
Δo_i	nilai hasil penyimpangan
$\gamma(X_o, X_i)$	nilai <i>grey relational</i> grade
SS	sum of square
Cl ₂	interval kepercayaan

1. PENDAHULUAN

PT. Dempo Laser Metalindo adalah perusahaan yang bergerak dibidang lembaran & pipa metal *fabrication* pada proses pemotongan menggunakan mesin *Laser Tube Cutting*. Mesin *Laser Tube Cutting* memiliki kapasitas potong pada beberapa macam material, yaitu pipa (*round, square, rectangle*) dan profil *beam*. Salah satu material yang digunakan adalah *Square pipe St 37*, karena memiliki sifat yang kuat dengan harga yang terjangkau dibandingkan dengan material lainnya. Hasil pemotongan produk *square pipe St 37* dituntut untuk memiliki nilai kekasaran yang rendah untuk mendapatkan kualitas yang terbaik.

Pada mesin *Laser Tube Cutting* di PT. Dempo Laser Metalindo tahun 2023 terdapat lebih dari 60% produk *reject* pada kategori hasil pemotongan yang kasar (tidak standar). Kecacatan dapat mengakibatkan kerugian bagi perusahaan karena menyebabkan tambahan

proses pada produk, sehingga dapat menurunkan jumlah produksi dan peningkatan biaya produksi. Maka timbul gagasan untuk mendapatkan hasil produk dengan kekasaran yang minimum dan laju pemotongan yang paling maksimum yaitu dengan mengoptimalkan parameter pada mesin. Menggunakan 4 parameter yang mempengaruhi yakni titik fokus sinar laser, *gas Pressure*, *nozzle distance* dan *laser power* [2].

Pada penelitian yang serupa menyebutkan bahwa dalam mengurangi variasi dari respon kekasaran dan laju pemotongan dapat dipengaruhi oleh parameter dengan beberapa variabel yakni titik fokus sinar laser, *cutting speed*, dan tekanan gas *cutting* untuk mendapatkan hasil respon kekasaran yang minimum dan laju pemotongan yang efisien [5].

Metode yang digunakan untuk optimasi proses yaitu metode Taguchi, karena lebih efisien digunakan untuk melaksanakan penelitian yang melibatkan banyak faktor variabel [6]. Untuk mengoptimalkan parameter permesinan dengan respon ganda pada *wire electrical* menggunakan metode *Grey Relational Analysis*. Dari pengolahan data dual respon tersebut akan menghasilkan hasil optimasi yang lebih akurat dan kompleks yang melibatkan 4 parameter. Maka dari itu penelitian ini akan menggunakan *Taguchi Grey Relational Analysis* untuk optimasi

parameter kekasaran permukaan dan laju pemotongan pada material *ST 37* dengan menggunakan mesin *Laser Tube Cutting 5000 TRUMPF*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai parameter mesin yang paling optimum terhadap kekasaran permukaan dan laju pemotongan pada material *St 37* agar mendapatkan hasil produk dengan kualitas yang lebih baik.

2. METODOLOGI

2.1 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan variabel respon yang berjumlah tiga variabel dengan masing-masing variabel memiliki variabel bebas yaitu titik fokus sinar laser, *Gas Pressure*, *Nozzle Distance* dan *Laser Power*. Tabel 1 menunjukkan nilai faktor dan level yang digunakan.

Tabel 1 Nilai Faktor dan Level

Faktor Level	Titik Fokus Sinar Laser	Gas Pressure	Nozzle Distance	Laser Power
Level 1	0 mm	0,6 bar	0,7 mm	1800 W
Level 2	2 mm	0,8 bar	0,9 mm	2200 W
Level 3	4 mm	1 bar	1,1 mm	2700 W

Derajat kebebasan yang dapat ditentukan dengan persamaan berikut [1]:

$$DF = (\text{banyaknya faktor control}) \times (\text{banyaknya level} - 1) \quad (1)$$

DF milik matriks $L_9(3^4)$ adalah 8 sehingga matriks yang digunakan adalah $L_9(3^4)$, dengan banyaknya eksperimen adalah 9 kali [6]. Dilakukan 3 kali replikasi untuk mendapatkan pengukuran hasil eksperimen yang lebih teliti, sehingga melakukan eksperimen dengan 27 spesimen. Tabel 2 menunjukkan matriks ortogonal pada pelaksanaan eksperimen.

Tabel 2 Variasi Pelaksanaan Eksperimen

Eksperimen	$L_9(3^4)$			
	Titik Fokus	Tekanan Gas Cutting	Nozzle Distance	Laser Power
1	0 mm	0,6 bar	0,7 mm	1800 W
2	0 mm	0,8 bar	0,9 mm	2200 W
3	0 mm	1 bar	1,1 mm	2700 W
4	2 mm	0,6 bar	0,9 mm	2200 W
5	2 mm	0,8 bar	1,1 mm	1800 W
6	2 mm	1 bar	0,7 mm	2200 W
7	4 mm	0,6 bar	1,1 mm	2200 W
8	4 mm	0,8 bar	0,7 mm	2700 W
9	4 mm	1 bar	0,9 mm	1800 W

2.2 Pelaksanaan Percobaan

Pelaksanaan percobaan diawali dengan pembuatan spesimen uji. Pembuatan spesimen uji dilakukan dengan mempersiapkan material berupa *square pipe St 37* ukuran 100x100 mm dengan tebal 6 mm sejumlah 27 buah sesuai dengan rancangan percobaan sejumlah sembilan dengan replikasi sebanyak tiga kali. Proses pemotongan menggunakan mesin CNC TruLaser Tube 5000.



Gambar 1 Hasil Pemotongan Laser Tube Cutting

Pengambilan data pada penelitian dilakukan dengan menggunakan alat *surface roughness tester*. Pada permukaan hasil pemotongan digoreskan dengan cara menggoreskan jarum *surface roughness tester* ke permukaan hasil pemotongan sebanyak 3 goresan, sehingga didapatkan hasil nilai kekasaran yang valid.



Gambar 2 Pengujian Kekasaran Permukaan

2.3 Pengolahan Data

Data hasil pengukuran dan pengujian dianalisa menggunakan metode *Taguchi-Grey Relational Analysis* dengan tahapan sebagai berikut:

1. Perhitungan nilai rasio S/N

Laju pemotongan memiliki karakteristik *larger is better* dan kekasaran memiliki karakteristik *smaller is better* sesuai persamaan berikut [3]:

a. *larger is better*

$$S/N = -10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \quad (2)$$

b. *smaller is better*

$$S/N = -10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \quad (3)$$

2. Perhitungan normalisasi nilai rasio S/N

Normalisasi dilakukan untuk mempermudah perhitungan selanjutnya karena setelah dinormalisasi nilainya akan berubah menjadi rentang 0 hingga 1 sesuai persamaan berikut [1]:

$$Xi^*(k) = \frac{Xo^*(k) - \text{Min } Xo^*(k)}{\text{Max } Xo^*(k) - \text{Min } Xo^*(k)} \quad (4)$$

3. Grey relational coefficient (GRC)

Perhitungan GRC dipengaruhi oleh nilai rasio S/N menggunakan persamaan berikut [4]:

$$\gamma(Xo(k), Xi(k)) = \frac{\Delta \text{min} + \sum \Delta \text{max}}{\Delta oi(k) + \sum \Delta \text{max}} \quad (5)$$

4. Perhitungan simpangan deviasi

Perhitungan simpangan deviasi menggunakan persamaan berikut [4]:

$$\Delta Oi(k) = |Xo^*(k) - Xi^*(k)| \quad (6)$$

5. Grey relational grade (GRG)

Perhitungan GRG berdasarkan jumlah dari nilai *Grey Relational Coeficient* dengan pembobotan tertentu menggunakan persamaan berikut [4]:

$$\gamma(Xo, Xi) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \gamma(Xo(k), Xi(k)) \quad (7)$$

6. Analysis of variance (ANOVA)

Perhitungan ANOVA bertujuan untuk untuk menganalisis respon faktor level yang memiliki kontribusi paling optimum terhadap respon yang

diteliti. ANOVA digunakan untuk menganalisa data eksperimen yang terjadi dari perhitungan derajat kebebasan (df), jumlah kuadrat (SS), kuadrat tengah (MS) dan Fhitung [4][5].

Nilai F digunakan untuk pengujian hipotesis dengan membandingkan nilai F untuk setiap faktor dengan Ttabel. Hipotesa pengujian dalam percobaan adalah:

- H₀: Tidak ada pengaruh perlakuan, Sehingga $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_j = \mu_k$
- H₁: Ada pengaruh perlakuan, sehingga sedikitnya ada satu μ_i yang tidak sama.

Apabila nilai F_{hitung} < T_{tabel} maka hipotesa nol (H₀) diterima yang artinya tidak ada pengaruh perlakuan. Apabila F_{hitung} > T_{tabel} maka hipotesa nol (H₀) ditolak yang artinya ada pengaruh perlakuan.

7. Prediksi rasio S/N yang optimal

Prediksi ini bertujuan untuk mengetahui faktor yang berkontribusi optimal pada eksperimen. Perhitungan prediksi rasio S/N yang optimal menggunakan persamaan berikut [1]:

$$\mu_{Prediksi} = Y + (A_i - Y) + (B_i - Y) + (C_i - Y) + (D_i - Y) \quad (8)$$

8. Interpretasi hasil

a. Porsen kontribusi

Perhitungan persen kontribusi digunakan untuk mengetahui besarnya kontribusi yang diberikan oleh masing – masing faktor yang signifikan dan error. Perhitungan menggunakan persamaan berikut [1]:

$$\rho_A = \frac{SS_A}{SS_{total}} \times 100\% \quad (9)$$

b. Interval kepercayaan

Interval kepercayaan merupakan nilai maksimum dan minimum dimana diharapkan nilai rata-rata sebenarnya akan tercakup dengan beberapa presentasi kepercayaan tertentu [1].

$$N_{eff} = \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat kebebasan dalam perkiraan rata-rata}} \quad (10)$$

$$Cl_2 = \sqrt{F_{(\alpha,1,v_2)} \times MS_e \times \frac{1}{n_{eff}}} \quad (11)$$

9. Eksperimen konfirmasi

Tujuan eksperimen konfirmasi adalah untuk membuktikan hasil dugaan yang dibuat dari hasil percobaan pada prediksi yang diharapkan sebelumnya [1].

$$Cl_3 = \sqrt{F_{(1,v_e)} \times MS_e \times \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]} \quad (12)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Eksperimen

Setelah dilakukan pengujian laju pemotongan terhadap 27 spesimen dengan 3 kali percobaan untuk mendapatkan nilai yang maksimal, didapatkan hasil pada Tabel berikut:

Tabel 3 Data Hasil Eksperimen Replikasi Laju Pemotongan

Eksperimen	MRR	MRR	MRR	Rata –
	R1	R2	R3	Rata MRR
1.	155,661	154,495	156,536	155,564
2.	140,580	141,965	142,000	141,515
3.	143,250	142,128	142,284	142,554
4.	138,104	136,406	138,298	138,298
5.	145,475	146,337	145,391	145,391
6.	147,712	148,608	148,385	148,385
7.	150,540	150,336	150,435	150,858
8.	135,600	136,206	136,435	136,435
9.	153,066	153,939	153,922	153,922

Pada pengambilan data kekasaran permukaan potong dilakukan tiga kali goresan pada sisi permukaan hasil potong. Sehingga didapatkan nilai kekasaran rata-rata dari sisi permukaan potong benda kerja sesuai pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4 Data Hasil Pengujian Kekasaran

Eksperimen	Variabel Bebas				Replikasi			Rata-Rata
	Titik Fokus [mm]	Gas Pressure [bar]	Nozzle Distance [mm]	Laser Power [w]	Ra1 [µm]	Ra2 [µm]	Ra3 [µm]	
1.	0	0,6	0,7	1800	4,715	4,826	4,859	4,800
2.	0	0,8	0,9	2200	3,100	3,130	3,178	3,136
3.	0	1	1,1	2700	2,199	2,255	2,298	2,251
4.	2	0,6	0,9	2200	1,971	1,987	2,086	2,018
5.	2	0,8	1,1	1800	3,308	3,416	3,590	3,468
6.	2	1	0,7	2200	2,656	2,767	2,891	2,771
7.	4	0,6	1,1	2200	2,935	2,975	3,141	3,017
8.	4	0,8	0,7	2700	1,735	1,750	1,932	1,806
9.	4	1	0,9	1800	3,497	3,497	3,800	3,316

3.2 Pengolahan dan Analisis Data

Data yang telah didapatkan dari hasil pengujian, dilanjutkan perhitungan rasio S/N menggunakan karakteristik *larger is better* pada persamaan 2 untuk laju pemotongan dan *smaller is better* untuk kekasaran permukaan pada persamaan 3. Hasil perhitungan rasio S/N dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5 Hasil Perhitungan Rasio S/N

Eksperimen	Variabel Bebas				Rasio S/N MRR	Rasio S/N Surface Roughness
	Titik Fokus [mm]	Gas Pressure [bar]	Nozzle Distance [mm]	Laser Power [w]		
1.	0	0,6	0,7	1800	43,837	-13,626
2.	0	0,8	0,9	2200	43,015	-6,595
3.	0	1	1,1	2700	43,079	-7,048
4.	2	0,6	0,9	2200	42,814	-6,101
5.	2	0,8	1,1	1800	43,250	-7,852
6.	2	1	0,7	2200	43,427	-8,559
7.	4	0,6	1,1	2200	43,571	-9,595
8.	4	0,8	0,7	2700	42,698	-5,143
9.	4	1	0,9	1800	43,745	-10,938

Selanjutnya dilakukan perhitungan normalisasi rasio S/N menggunakan persamaan 4 dilanjut simpangan deviasi dengan persamaan 6 pada laju pemotongan dan kekasaran permukaan. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6 Hasil Normalisasi Rasio S/N & Simpangan Deviasi

Eksperimen	Normalisasi Rasio S/N		Simpangan Deviasi	
	Xi	Xii	Δ0 ₁	Δ0 ₂
1.	1	0	0	1
2.	0,278	0,829	0,722	0,171
3.	0,335	0,776	0,665	0,224
4.	0,102	0,887	0,898	0,113
5.	0,485	0,681	0,515	0,319
6.	0,640	0,562	0,360	0,438
7.	0,766	0,475	0,234	0,525
8.	0	1	1	0
9.	0,919	0,317	0,081	0,683

Hasil perhitungan simpangan deviasi digunakan untuk mencari nilai *grey relational coefficient* sesuai persamaan 5. Nilai GRG kemudian digunakan untuk mencari nilai GRG sesuai persamaan 7 dan dilanjutkan perhitungan rasio S/N GRG menggunakan *karakteristik larger is better*. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7 Hasil Perhitungan GRC dan GRG

Eksperimen	GRC		GRG	Rasio S/N GRG	Rank
	γ_1	γ_2			
1.	1	0,333	0,667	-3,522	1
2.	0,409	0,745	0,577	-4,772	5
3.	0,429	0,690	0,560	-5,043	6
4.	0,358	0,816	0,587	-4,632	3
5.	0,429	0,610	0,551	-5,172	8
6.	0,581	0,533	0,557	-5,079	7
7.	0,682	0,488	0,585	-4,661	4
8.	0,333	1	0,667	-3,522	1
9.	0,861	0,423	0,642	-3,853	2

Selanjutnya yaitu *Analysis of Variance* (ANOVA). untuk setiap rasio S/N laju pemotongan, rasio S/N kekasaran pemotongan, dan respon gabungan. ANOVA terdiri dari perhitungan derajat kebebasan (df), besar kontribusi, jumlah kuadrat (*sum of square* atau SS), kuadrat tengah (*mean of square* atau MS), dan F-value (Fhitung). Tabel 8 sampai 10 adalah hasil ANOVA menggunakan *software* Minitab.

Tabel 8 Hasil Perhitungan Laju Pemotongan ANOVA

Source Of Varians	DF	Presentase Kontribusi	SS	MS	Fhitung
Titik Fokus	2	4%	0,0526	0,0263	0,06
Gas Pressure	2	27,75%	0,3608	0,1804	0,42
Pooling UP					
Laser Power	2	2,21%	0,0288	0,0144	0,03
Error	0		0,8578	0,4289	
Total	8		1,30017		

Tabel 9 Hasil Perhitungan Kekasaran Pemotongan ANOVA

Source Of Varians	DF	Presentase Kontribusi	SS	MS	Fhitung
Titik Fokus	2	6%	3,397	1,698	0,10
Gas Pressure	2	30,10%	17,058	8,529	0,51
Pooling UP					
Laser Power	2	5,20%	2,948	1,474	0,09
Error	0		33,267	16,633	
Total	8		56,669		

Tabel 10 Hasil Perhitungan Kekasaran dan Laju pemotongan ANOVA

Source Of Varians	DF	Presentase Kontribusi	SS	MS	Fhitung
Titik Fokus	2	38,60%	1,3700	0,6850	2,03
Pooling Up					
Nozzle Distance	2	6,42%	0,2286	0,1143	0,34
Laser Power	2	35,92%	1,2754	0,6377	1,89
Error	0		0,6755	0,3378	
Total	8		3,5495		

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA, dapat diketahui persen kontribusi pada masing masing parameter terhadap variabel respon. F_{tabel} dengan tingkat kepercayaan 95% dan $\alpha = 0,05$; df_1 = kebebasan faktor; df_2 = jumlah kebebasan faktor *error*. Keputusan yang dibuat yaitu apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak, sedangkan apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima. Uji hipotesis masing masing variabel bebas pada setiap respon dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 Hasil Uji Hipotesis

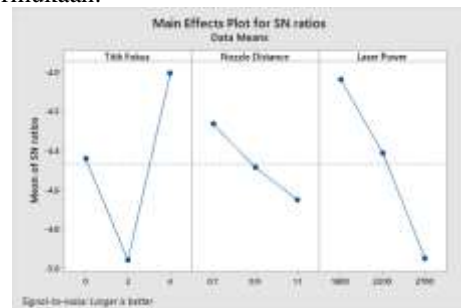
Respon	F_{hitung}				F_{tabel}	Hipotesis
	Titik Fokus	Gas Pressure	Nozzle Distance	Laser Power		
Laju Pemotongan	0,06	0,42	-	0,03	4,46	Sama faktor H_0 diterima atau H_1 ditolak
Kekasaran Pemotongan	0,10	0,51	-	0,09	4,46	Sama faktor H_0 diterima atau H_1 ditolak
Gabungan	2,03	-	0,34	1,89	4,46	Sama faktor H_0 diterima atau H_1 ditolak

Perhitungan parameter optimal dilakukan untuk mengetahui level yang paling optimal pada parameter terhadap respon dari suatu eksperimen. Hasil perhitungan parameter optimal laju pemotongan dan kekasaran permukaan dapat dilihat pada Tabel 12 berikut:

Tabel 12 Parameter Optimal Laju Pemotongan dan Kekasaran Permukaan

	Titik Fokus	Nozzle Distance	Laser Power
1	-4,443	-4,267	-4,039
2	-4,962	-4,490	-4,418
3	-4,008	-4,656	-4,957
Delta	0,954	0,389	0,917
Rank	1	3	2

Pada Tabel 12 titik fokus optimum pada level 2 dengan nilai 2, *Nozzle Distance* optimum pada level 3 dengan nilai 1,1 mm, *Laser Power* optimum pada level 3 dengan nilai 2700 W. Pada respon laju pemotongan dan kekasaran permukaan, parameter yang signifikan yaitu Titik Fokus. Berikut Gambar 3, grafik level faktor respon laju pemotongan dan kekasaran permukaan.



Gambar 3 Grafik Level Optimal Respon Gabungan

Perhitungan prediksi GRG optimal sesuai dengan persamaan 7 digunakan untuk perhitungan interval kepercayaan prediksi sebagai pembandingan dengan nilai hasil eksperimen konfirmasi sehingga dapat ditarik kesimpulan pembuktian keberhasilan eksperimen konfirmasi.

$$\begin{aligned} \mu \text{ Prediksi} &= Y + (A_2 - Y) + (C_3 - Y) + (D_3 - Y) \\ &= -4,473 + ((-4,962) - (-4,473)) + ((-4,656) - (-4,473)) + ((-4,957) - (-4,473)) \\ &= -5,629 \end{aligned}$$

Kemudian perhitungan interval kepercayaan menggunakan persamaan 10 dan 11. Tingkat kepercayaan dalam eksperimen ini adalah 95% dengan F_{tabel} yaitu $F(0,05,1,2) = 18,51$.

$$n_{eff} = \frac{9 \times 3}{1 + (2 + 2 + 2)}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3,857 \\
 CI &= \pm \sqrt{F(0.05,1,2) \times MSe \times \frac{1}{n_{eff}}} \\
 &= \pm \sqrt{18,51 \times 0,3378 \times \frac{1}{3,875}} \\
 &= \pm 1,273 \\
 \mu \text{ prediksi} - CI &\leq \mu \leq \mu \text{ prediksi} + CI \\
 -5,629 - 1,273 &\leq \mu \leq (-5,629) + 1,273 \\
 -6,902 &\leq \mu \leq -4,356
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai minimum kepercayaan sebesar -6,902 dan nilai maksimum kepercayaan sebesar -4,356.

3.3 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilakukan untuk memvalidasi terhadap kesimpulan hasil prediksi kombinasi parameter dari analisa data sebelumnya, yaitu titik fokus 2 mm, *nozzle distance* 1,1 mm dan laser power 2700 W. Eksperimen konfirmasi dilakukan sebanyak 3 kali. Berikut adalah data hasil eksperimen konfirmasi yang ditunjukkan pada Tabel 13.

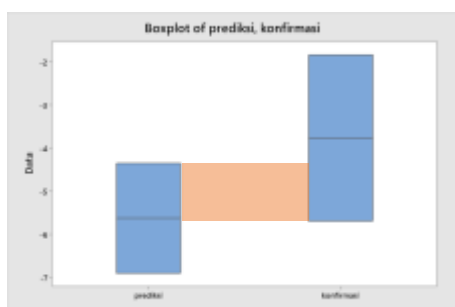
Tabel 13 Hasil Eksperimen Konfirmasi

Replikasi	Laju Pemotongan (MRR) Mm ³ /min	Kekasaran (µm)
1.	147,500	2,135
2.	145,540	2,197
3.	147,712	2,292

Setelah melakukan eksperimen konfirmasi dan mendapatkan hasil replikasi 3 kali, dilanjutkan dengan perhitungan faktor optimal. Di mulai dengan menghitung Rasio S/N masing-masing respon, normalisasi rasio S/N, perhitungan nilai deviasi, perhitungan GRC dan perhitungan GRG sesuai persamaan diatas. Sehingga didapatkan nilai interval kepercayaan dari hasil eksperimen konfirmasi pada Tabel 14.

Tabel 14 Hasil Interval Kepercayaan

Eksperimen	Nilai Interval Kepercayaan
Prediksi	-6,902 ± -4,356
Konfirmasi	-5,698 ± -1,848



Gambar 4 Grafik Perbandingan Interval Kepercayaan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisa data yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisa, kombinasi parameter yang tepat dan paling optimal untuk memaksimalkan laju pemotongan dan

meminimumkan kekasaran permukaan yaitu dengan parameter titik fokus pada level 2 sebesar 2 mm, *nozzle distance* pada level 3 sebesar 1,1 mm, dan *laser power* pada level 3 sebesar 2700 W.

2. Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA terhadap respon laju pemotongan dan kekasaran permukaan bahwa parameter titik fokus memberikan nilai persentase kontribusi sebesar 38,60%, parameter *nozzle distance* memiliki persentase kontribusi sebesar 6,42%, dan parameter laser power memiliki kontribusi sebesar 35,92%. Sedangkan parameter tekanan gas *cutting di pooling up* sehingga tidak memberikan persentase kontribusi. Semakin besar nilai persentase kontribusi yang diberikan, maka parameter proses tersebut memberikan pengaruh yang besar terhadap respon laju pemotongan dan kekasaran permukaan, begitupun sebaliknya.

6. PUSTAKA

- [1] Al Sakina, A., Bachtiar, B., & Rachman, F. (2018, December). Optimasi Setting Parameter Mesin Plasma Cutting terhadap Kekasaran Permukaan dan Lebar Pemotongan pada Aluminium 5083 Menggunakan Metode Taguchi. In *Proceedings Conference On Design Manufacture Engineering And Its Application* (Vol. 2, No. 1, pp. 177-182).
- [2] Anonymous. (2014). **TruLaser Tube Cutting Lean Edition**. TRUMPF, Jerman
- [3] Bachtiar. (2012). Optimasi Kekasaran Permukaan, Tebal Lapisan *Recast*, Lebar Pemotongan dan Laju Pengerjaan Bahan pada *Wire-EDM* menggunakan metode Taguchi dan logika *Fuzzy*
- [4] Dewinta, F. Y. (2017). *Optimasi Parameter Mesin Laser Cutting Terhadap Kekasaran Dan Laju Pemotongan Pada Alumunium 5083 Menggunakan Desain Eksperimen Taguchi Grey Analysis Method* (Doctoral dissertation, POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA).
- [5] Rakasita, R., Karuniawan, B. W., & Juniani, A. I. (2016). *Optimasi Parameter Mesin Laser Cutting Terhadap Kekasaran dan Laju Pemotongan pada SUS 316L menggunakan Taguchi Grey Relational Analysis Method*.
- [6] Soejanto, I. (2009). **Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi**. Yogyakarta: