

Optimasi Parameter Mesin Laser *Tube Cutting* Terhadap Keakuratan Dimensi dan Kekasaran Permukaan Pada *Square Pipe Mild Steel* Menggunakan Metode Taguchi

Yohanes Oscar Andrian¹, Muhammad Fairuz Zad², Aditya Nugraha^{3*}, Andhy Rinanto⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Rekayasa Teknologi Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta
Jl. Adi Sucipto / Jl. Mojo No.1 Surakarta, Indonesia
*e-mail : aditya.nugraha@atmi.ac.id

Submitted Date: Februari 02, 2024
Revised Date: Juni 18, 2024

Reviewed Date: Juni 13, 2024
Accepted Date: Juni 18, 2024

Abstract

Laser tube cutting is a sheet metal manufacturing process. The materials used are pipes (round, square, rectangle) and beam profiles. The laser tube cutting process with 100x100x6 mm square pipe mild steel material results in problems with rough cut surfaces, inaccurate dimensions due to chips or chips, and losses in high machine power consumption due to mismatched parameter variations. The parameters used in this research are laser power, with variations of 2400 watts, 2500 watts, 2600 watts, and 2700 watts—gas pressure parameters with variations of 0.6 bar, 0.8 bar, 1 bar, and 1.2 bar. The focus line parameters are 0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm, and 2 mm. The Taguchi method obtains optimal parameter variations for dimensional accuracy and surface roughness values. Surface roughness was tested using a surface roughness tester, while dimensional accuracy was tested using a dial caliper. The magnitude of the influence of each parameter on dimensional accuracy and roughness was analyzed using the ANOVA method. The research results show that the gas pressure parameter significantly influences surface roughness, with a percentage of 53.091%, and dimensional accuracy, with a percentage of 37.338%. Minimum roughness and dimensional accuracy values can be achieved with laser power parameters of 2700 watts, gas pressure of 0.6 bar, and focus line of 1 mm.

Keywords: *laser tube cutting, focus line, gas pressure, accuracy, roughness*

Abstrak

Laser *tube cutting* merupakan salah satu proses manufaktur *sheet metal*, material yang dikerjakan berupa pipa (*round, square, rectangle*) dan profil *beam*. Proses laser *tube cutting* dengan material *square pipe mild steel* 100x100x6 mm terjadi permasalahan pada hasil permukaan potong yang kasar, dimensi tidak akurat karena tatal atau chip, dan kerugian pada konsumsi daya mesin yang tinggi karena ketidaksesuaian variasi parameter. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *laser power*, dengan variasi 2400 watt, 2500 watt, 2600 watt, dan 2700 watt. Parameter *gas pressure* dengan variasi 0,6 bar, 0,8 bar, 1 bar, dan 1,2 bar. Parameter *focus line* yaitu 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm, dan 2 mm. Metode Taguchi digunakan untuk mendapatkan variasi parameter yang optimal untuk mendapatkan nilai keakuratan dimensi dan kekasaran permukaan. Kekasaran permukaan diuji menggunakan *surface roughness tester*, sedangkan keakuratan dimensi diuji menggunakan *dial caliper*. Besarnya pengaruh setiap parameter terhadap keakuratan dimensi dan kekasaran di analisis menggunakan metode ANOVA. Hasil penelitian menunjukkan parameter *gas pressure* memiliki pengaruh terbesar terhadap kekasaran permukaan dengan persentase 53,091% dan keakuratan dimensi dengan persentase 37,338%. Nilai kekasaran minimum dan nilai keakuratan dimensi dapat dicapai dengan parameter *laser power* 2700 watt, *gas pressure* 0,6 bar, dan *focus line* 1 mm.

Kata kunci: *laser tube cutting, focus line, gas pressure, keakuratan, kekasaran.*

I. Pendahuluan

Perkembangan dunia industri *sheet metal* dan jasa manufaktur semakin meningkat seiring berjalannya waktu (Mukhtar & Febryanto, 2023). Setiap pelaku industri selalu berusaha meningkatkan

produktifitasnya, salah satu cara untuk meningkatkan produktifitas yaitu dengan mengoptimalkan kualitas seluruh penggunaan mesin produksi, sehingga dapat digunakan semaksimal mungkin (Ria, 2021). PT DLM adalah salah satu industri

sheet metal yang memiliki beberapa proses pemesinan diantaranya *laser cutting 2D*, *laser tube cutting 2D*, *bending*, *punching*, dan *welding*.

Laser *tube cutting* merupakan salah satu proses dalam manufaktur *sheet metal* di PT DLM, beberapa macam bentuk material yang dikerjakan pada pemesinan laser *tube cutting* yaitu pipa (*round*, *square*, *rectangle*) dan profil *beam*. Proses pemotongan laser *tube cutting* menghasilkan berbagai bentuk

profil inovasi sambungan maupun profil partisi yang berupa produk konstruksi bangunan, pembuatan rangka mesin, *interior furniture*, dll. Tuntutan hasil dimensi potongan yang akurat dan rapi selalu menjadi prioritas dalam proses laser *tube cutting*. Jenis dan ketebalan material tertentu merupakan faktor utama dalam permasalahan yang akan dijelaskan lebih lanjut pada Tabel 1.

Tabel 1. Keterangan Material

Material	Spesifikasi			Permasalahan	Solusi
	Jenis Pipa	Dimensi (p x l x t) mm	Kandungan Carbon (%)		
Mild Steel	Square	100 x 100 x 6 s	< 0,23 %	Permukaan potong yang kasar Lubang yang tidak terpotong Sekrap dan Produk tidak terpisah Pekerjaan tambahan (<i>rework</i>) Dimensi tidak akurat karena permukaan yang kasar Kerugian pada konsumsi daya mesin yang tinggi	Optimalisasi Parameter

Beberapa solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut salah satunya adalah mengoptimasi variabel – variabel parameter yang menghasilkan produk sesuai tuntutan *customer* (Nugroho dkk, 2018). Parameter proses pemesinan meliputi *laser power*, *gas pressure*, dan *focus line*. Metode yang sering digunakan untuk mendapatkan parameter proses yang optimal yaitu *Design of Experiment* (DOE). DOE diperkenalkan pada tahun 1920-an dengan jumlah banyaknya eksperimen dilakukan mengikuti metode *full-factorial*, metode yang dinilai tidak efisien sehingga pada tahun 1940-an disempurnakan dengan metode *orthogonal array*, sampai pada tahun 1950-an Genichi Taguchi berhasil mengaplikasikan DOE dan *orthogonal array* sehingga menjadi salah satu teknik DOE yang digunakan untuk optimalisasi parameter proses (Fatah, 2020).

Berdasarkan uraian diatas maka dibutuhkan suatu penelitian tentang parameter mesin *laser tube cutting* pada material *square pipe mild steel 100x100x6 mm*. Sebagai material percobaan diharapkan

pada penelitian ini untuk mendapatkan parameter yang optimal sehingga dapat menghasilkan pemotongan yang memiliki nilai keakuratan pada dimensi dan nilai kekasaran yang baik sesuai dengan standar kebutuhan atau design yang dibuat. Metode pengujian optimasi yang akan digunakan adalah metode Taguchi dipadukan dengan metode ANOVA (*Analysis Of Variance*) yang dapat digunakan untuk mencari besarnya dari setiap parameter yang berpengaruh terhadap suatu proses (Ibrahim dkk, 2020).

II. Metode Penelitian

Metode *Taguchi* merupakan metode penelitian berbasis pengujian untuk mengoptimasi proses kerja, parameter, dan material agar mendapatkan kombinasi model penelitian yang sesuai sehingga efektivitas dalam proses penelitian dapat tercapai. Metode Taguchi menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut *orthogonal arrays* (OA), untuk menetapkan kombinasi faktor dan level mana yang akan

digunakan dalam eksperimen yang efisien dan untuk menganalisa data hasil percobaan (Farikhatin, 2010). Keuntungan menggunakan OA sebagai penelitian yaitu kemampuan untuk mengevaluasi beberapa faktor dengan jumlah test atau pengujian yang minimum (Agustianti dkk, 2022). Pengerjaan berdasarkan pemilihan matriks faktor pada OA dengan percobaan jumlah replikasi dan urutan seperti randomisasi. Proses percobaan dilakukan dengan mengumpulkan data respon sebanyak jumlah baris pada matriks OA yang telah dipilih. Data respon yang telah diperoleh itu kemudian diubah menjadi *Signal To Noise Ratio (S/N Ratio)*. *S/N Ratio* terdapat 3 kategori untuk mengakomodasi proses optimasi berdasarkan karakteristik mutu yang ingin dituju oleh peneliti, yaitu *small is better*, *nominal is the best*, dan *larger is better* (Nugraha, 2023).

Pada penelitian ini, karakteristik mutu *S/N Ratio small is better* dipilih untuk mengetahui nilai level dari faktor yang

berpengaruh terhadap penelitian antara respon kekasaran permukaan dan respon keakuratan dimensi, karena nilai terkecil dari *S/N Ratio* disimpulkan bahwa permukaan spesimen hasil pemotongan laser *tube cutting* memiliki tingkat kekasaran yang paling minimum. Rumus *S/N Ratio small is better* ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$S/N Ratio = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{k=0}^n y_k^2 \right) \quad (1)$$

Keterangan :

- n : Banyak pengulangan setiap eksperimen.
- y_k : Nilai setiap *run*.

Akurasi menunjukkan seberapa jauh rata-rata hasil pengukuran menyimpang dari nilai nominal ditunjukkan pada Persamaan 2.

$$Akurasi = \frac{Hasil Pengukuran - Nilai Nominal}{Nilai Nominal} \quad (2)$$

Analysis of Variance (ANOVA) adalah teknik perhitungan untuk menilai secara kuantitatif pengaruh dari setiap faktor pada semua pengukuran respons. *ANOVA* yang digunakan dalam desain parameter berguna untuk mengidentifikasi kontribusi dari setiap faktor-faktor yang

mempengaruhi dalam pengujian, sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan dengan tepat. Rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung ANOVA ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Rumus *Analysis Of Variance (ANOVA)*

Keterangan	Persamaan
Total derajat kebebasan faktor variabel	$f_T = N - 1$
Faktor setiap variabel	$f_A = k_A - 1$
Faktor <i>error</i>	$f_E = f_T - (f_A + f_B + f_N)$
Penjumlahan pangkat untuk semua variabel	$S_T = (T_{S_1}^2 + T_{S_2}^2 + T_{S_3}^2 + T_{S_N}^2) - \left(\frac{(T_{S_1} + T_{S_2} + T_{S_3} + T_{S_N})^2}{N} \right)$
Penjumlahan pangkat untuk setiap variabel	$S_A = \left(\frac{(\sum A_1)^2}{k_{A_1}} + \frac{(\sum A_2)^2}{k_{A_2}} + \frac{(\sum A_N)^2}{k_{A_N}} \right) - \frac{(T_{S_1} + T_{S_2} + T_{S_3} + T_{S_N})^2}{N}$

Keterangan	Persamaan
Penjumlahan pangkat faktor <i>error</i>	$S_E = S_T - (S_A + S_B + S_C)$
Nilai variasi untuk setiap variabel	$V_A = \frac{S_A}{f_A}$
F-rasio untuk semua variabel	$F_A = \frac{V_A}{V_E}$
Kontribusi persentase setiap variabel	$P_A = \left(\frac{S_A}{S_T}\right) \times 100$

Parameter pada penelitian yang dioptimalkan yaitu *laser power*, *gas pressure*, dan *focus line*. Setiap parameter proses terdiri 4 level untuk memperoleh

desain faktorial atau *Orthogonal Array (OA)* agar mendapatkan variasi parameter proses yang optimum dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Level dan Parameter Proses Pemotongan Laser *Tube Cutting* yang Diuji

Faktor	Parameter Proses	Level			
		1	2	3	4
A	<i>Laser Power</i> (watt)	2400	2500	2600	2700
B	<i>Gas Pressure</i> (bar)	0.6	0.8	1	1.2
C	<i>Focus Line</i> (mm)	0.5	1	1.5	2

Penentuan *orthogonal array* berfungsi untuk mendapatkan acuan dalam pembuatan dan pengujian spesimen (Nugraha dkk, 2023). Penelitian dilakukan dengan menggunakan desain *Taguchi L₁₆ (4³) Orthogonal Array (OA)*. *L₁₆* merupakan

kondisi penelitian dengan jumlah pembuatan sampel sebanyak 16 percobaan, 3 faktor, dan 4 level akan diuji di setiap kondisi penelitian tentang optimasi dari proses pemotongan mesin laser *tube cutting* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Desain Faktorial Penelitian *Taguchi Level 9 (3³) Orthogonal Array (OA)*

Eksperimen (E)	<i>Laser Power (LP)</i> (watt)	<i>Gas Pressure (GP)</i> (bar)	<i>Focus Line (FL)</i> (mm)
1	2400	0,6	0,5
2	2400	0,8	1
3	2400	1	1,5
4	2400	2	2
5	2500	0,6	1
6	2500	0,8	0,5
7	2500	1	2
8	2500	2	1,5
9	2600	0,6	1,5
10	2600	0,8	2
11	2600	1	0,5
12	2600	2	1
13	2700	0,6	2
14	2700	0,8	1,5
15	2700	1	1
16	2700	2	0,5

Pembuatan spesimen menggunakan Mesin *TruLaser Tube 5000* yang dilakukan di PT. Dempo Laser Metalindo. Pengujian spesimen hasil pemotongan laser *tube cutting* dilakukan di unit kerja *Measuring Tool* PT ATMI Solo menggunakan alat ukur yang sesuai dengan masing-masing respon. Pengujian kekasaran dilakukan untuk mengetahui tingkat nilai kualitas kekasaran permukaan (R_a) dalam satuan ukuran mikro (μm) (Purwanti & Karuniawan, 2017). Gambar 2 menunjukkan *Surface Roughness Tester* Merek Mitutoyo Type SJ-201P untuk pengujian kekasaran. Pengujian keakuratan dimensi dilakukan untuk mengetahui selisih keakuratan yang dihasilkan proses pemotongan laser *tube cutting* dengan ketelitian 0,02 mm menggunakan *Dial Caliper* Merek Mitutoyo 505 – 730 , seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 1. Mesin *TruLaser Tube 5000*

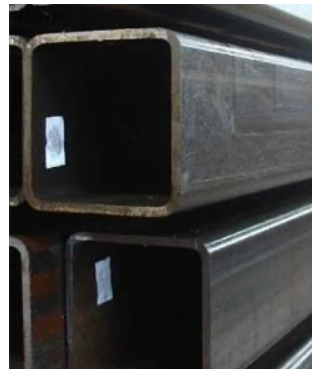


Gambar 2. *Surface Roughness Tester* Merek Mitutoyo Type SJ-201P



Gambar 3. Dial Caliper Mitutoyo 505 - 730

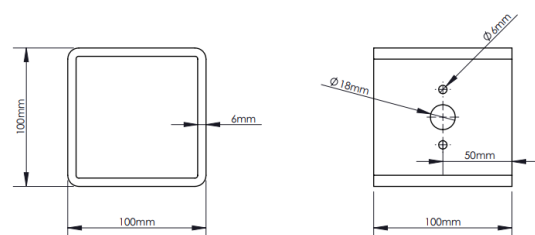
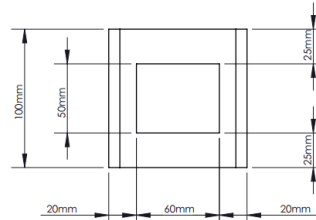
Spesimen menggunakan material *Mild Steel* dengan tipe *Square* 100 x 100 mm dan ketebalan 6 mm. Material spesimen penelitian ditunjukkan pada Gambar 4, serta dimensi ukuran spesimen penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Material *MS Square* 100x100x6 mm



Gambar 5. contoh produk latar belakang penelitian



Gambar 6. Dimensi Ukuran Spesimen Penelitian

III. Hasil dan Pembahasan

Nilai *S/N Ratio* diperoleh dari perhitungan pengolahan data hasil pengujian yang dilakukan sebanyak 16 kali percobaan. Rumus *S/N Ratio small is better* dipilih untuk mengetahui nilai level dari faktor yang berpengaruh terhadap penelitian respon kekasaran permukaan. Pengolahan data respon keakuratan dimensi yang sudah dikonfersi kedalam bentuk akurasi

digunakan kedalam rumus *S/N Ratio small is better*. Karena nilai level faktor terkecil menunjukkan kekasaran permukaan spesimen hasil pemotongan laser *tube cutting* dan keakuratan dimensi yang memiliki nilai minimum. Tabel 5 menunjukkan hasil pengolahan data pengujian kekasaran permukaan, dan Tabel 6 menunjukkan hasil pengolahan data pengujian keakuratan dimensi.

Tabel 5. *S/N Ratio* Kekasaran Permukaan

<i>Control Factor</i>					
Trial No	<i>Laser Power</i>	<i>Gas Pressure</i>	<i>Focus Line</i>	Kekasaran Permukaan Rerata Ra (μm)	S/N Ratio Ra
1	2400	0,6	0,5	11,68	-21,35
2	2400	0,8	1	7,53	-17,53
3	2400	1	1,5	13,40	-22,54
4	2400	1,2	2	16,05	-24,11
5	2500	0,6	1	6,94	-16,82
6	2500	0,8	0,5	12,27	-21,78
7	2500	1	2	11,35	-21,10
8	2500	1,2	1,5	17,11	-24,66
9	2600	0,6	1,5	8,37	-18,46
10	2600	0,8	2	12,57	-21,99
11	2600	1	0,5	16,01	-24,09
12	2600	1,2	1	15,80	-23,97
13	2700	0,6	2	8,58	-18,66
14	2700	0,8	1,5	8,05	-18,11
15	2700	1	1	7,35	-17,33
16	2700	1,2	0,5	14,52	-23,24

Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan hasil perhitungan *S/N Ratio* pengujian kekasaran permukaan percobaan ke- 5

memiliki kondisi kekasaran permukaan minimum dengan rata-rata nilai kekasaran 6,94 μm dan nilai *S/N Ratio* diangka -16,82.

Tabel 6. *S/N Ratio* Keakuratan Dimensi

<i>Control Factor</i>					
Trial No	<i>Laser Power</i>	<i>Gas Pressure</i>	<i>Focus Line</i>	Keakuratan Dimensi (mm)	S/N Ratio
1	2400	0,6	0,5	0,00200	53,979
2	2400	0,8	1	0,00017	75,563
3	2400	1	1,5	0,00094	60,496
4	2400	1,2	2	0,00600	44,437
5	2500	0,6	1	0,00039	68,203
6	2500	0,8	0,5	0,00272	51,302
7	2500	1	2	0,00628	44,044
8	2500	1,2	1,5	0,00511	45,830

9	2600	0,6	1,5	0,00028	71,126
10	2600	0,8	2	0,00333	49,542
11	2600	1	0,5	0,00533	45,460
12	2600	1,2	1	0,00683	43,307
13	2700	0,6	2	0,00100	60,000
14	2700	0,8	1,5	0,00033	69,542
15	2700	1	1	0,00039	68,203
16	2700	1,2	0,5	0,00228	52,850

Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan *S/N Ratio* pengujian keakuratan dimensi percobaan ke- 2 memiliki akurasi dengan nilai 0,00017 mm.

Hasil perhitungan nilai *S/N Ratio Small Is Better* pengujian kekasaran permukaan dan keakuratan dimensi memiliki fungsi sebagai dasar untuk menarik kesimpulan dari nilai variabilitas setiap *control parameters* yang digunakan. Nilai variabilitas menunjukkan hubungan

antara *control parameters* dan level yang memberikan *noise* terbesar atau terkecil. Data nilai variabilitas setiap *control parameter* dapat menghasilkan data variasi parameter terbaik dan urutan pengaruh dari setiap *control parameter* pada masing-masing pengujian. Tabel 7 dan Tabel 8 menunjukkan data nilai variabilitas *control parameter* pengujian kekasaran permukaan dan keakuratan dimensi.

Tabel 7. Data Nilai Variabilitas *Control Parameters* Kekasaran Permukaan

<i>Control Parameters</i>	<i>S/N Ratio</i> Kekasaran Permukaan		
	<i>Laser Power (Watt)</i>	<i>Gas Pressure (bar)</i>	<i>Focus Line (mm)</i>
Level 1	-21,38	-18,82	-22,61
Level 2	-21,09	-19,85	-18,91
Level 3	-22,13	-21,26	-20,94
Level 4	-19,33	-24	-21,47
<i>Difference</i>	2,79	5,17	3,7
<i>Rank</i>	3	1	2

Dari Tabel 7 dapat diketahui urutan *control parameter* yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan yaitu *Laser Power*, *Gas Pressure*, dan *Focus Line*. Kombinasi parameter terbaik untuk mendapatkan nilai kekasaran yang

minimum terdapat pada *Laser Power* level 4 sebesar 2700 watt, *Gas Pressure* level 1 sebesar 0,6 bar, dan *Focus Line* level 2 sebesar 1 mm..

Tabel 8. Data Nilai Variabilitas *Control Parameters* Keakuratan Dimensi

<i>Control Parameters</i>	<i>S/N Ratio</i> Keakuratan Dimensi		
	<i>Laser Power (Watt)</i>	<i>Gas Pressure (bar)</i>	<i>Focus Line (mm)</i>
Level 1	58,620	63,330	50,900
Level 2	52,340	61,490	63,820
Level 3	52,360	54,550	61,750
Level 4	62,650	46,610	49,510
<i>Difference</i>	10,3	16,72	14,31
<i>Rank</i>	3	1	2

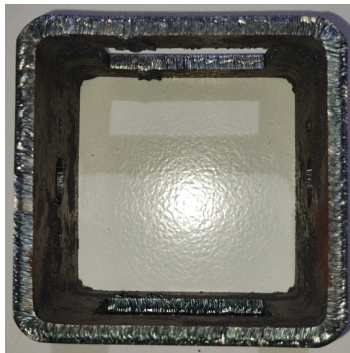
Dari Tabel 8 dapat diketahui urutan *control parameter* yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan yaitu *Laser Power*, *Gas Pressure*, dan *Focus Line*. Kombinasi parameter terbaik untuk mendapatkan nilai kekasaran yang minimum terdapat pada *Laser Power* level 4 sebesar 2700 watt, *Gas Pressure* level 1 sebesar 0,6 bar, dan *Focus Line* level 2 sebesar 1 mm.

Eksperimen konfirmasi merupakan bentuk proses konfirmasi data untuk memastikan bahwa data yang didapatkan dari proses penelitian valid. Hasil pengujian yang sudah diproses dengan metode

Taguchi, maka akan dilakukan proses validasi untuk mendapatkan nilai kekasaran dan keakuratan dimensi dengan parameter strategi pemotongan yang optimal dibuktikan dengan spesimen baru. Tabel 9 menunjukkan data parameter sebelum penelitian, Tabel 10 menunjukkan hasil validasi data parameter terbaik pengujian kekasaran permukaan, dan Tabel 11 menunjukkan hasil validasi parameter terbaik pengujian keakuratan dimensi. Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan hasil sebelum dan sesudah dilakukannya penelitian.

Tabel 9. Data Parameter Sebelum Penelitian

Val.	Control Parameters			Data Sebelum penelitian				S/N Ratio R
	LP (watt)	GP (bar)	FL (mm)	Roughness – R (µm)				
				1	2	3	4	
1	2500	0,8	1,5	13,09	15,83	10,85	13,81	13,395



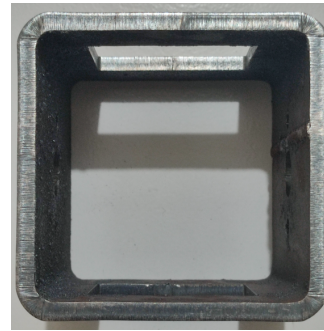
Gambar 7. Hasil pemotongan sebelum penelitian

Data hasil pemotongan sebelum dilakukannya penelitian ditunjukkan pada Tabel 9 dan Gambar 7 dengan nilai parameter *Laser Power* 2500 watt, *Gas Pressure* 0,8 bar dan *Focus Line* 1,5 mm, diukur pada 4 bagian sisi spesimen dan 3 titik setiap sisi sehingga menghasilkan rerata kekasaran permukaan sebesar 13,395 µm pada pengerjaan *square pipe mild steel* 100x100x6 mm mendapatkan hasil kekasaran permukaan N10.

Tabel 10. Data Hasil *Confirmation Test* untuk Kekasaran Permukaan Terbaik

Val.	Control Parameters			Data Parameter Terbaik				S/N Ratio R
	LP (watt)	GP (bar)	FL (mm)	Roughness – R (µm)				
				1	2	3	4	
1	2700	0,6	1	5,63	6,85	6,03	5,68	6,05

Dari Tabel 10 dan Gambar 8 diatas, merupakan hasil dari parameter yang optimal yaitu *Laser Power* 2700 watt, *Gas Pressure* 0,6 bar dan *Focus Line* 1mm, diukur pada 4 bagian sisi spesimen dan 3 titik setiap sisi sehingga menghasilkan rerata kekasaran permukaan sebesar $6,05\mu\text{m}$ mendapatkan hasil kekasaran permukaan N9.



Gambar 8. Hasil Pemotongan Parameter Terbaik

Tabel 11. Data Hasil *Confirmation Test* untuk Keakuratan Dimensi Terbaik

Val.	LP (watt)	GP (bar)	FL (mm)	Data Parameter Terbaik Keakuratan Dimensi			S/N Ratio
				1	2	3	
1	2700	0,6	1	60,027	60,020	60,023	0,00039

Tabel 11 menunjukkan hasil validasi dari kombinasi *control parameters* terbaik untuk mendapatkan nilai keakuratan dimensi yaitu dari parameter *Laser Power* 2400 watt, *Gas Pressure* 0,6 bar dan *Focus Line* 1 mm, diukur pada 2 permukaan sisi spesimen dan 3 titik pada sisi sehingga menghasilkan rerata ukuran sebesar 60,023 mm dengan keakuratan dimensi 0,00039 mm.

Perhitungan *ANOVA* untuk proses optimasi parameter laser *tube cutting*

dengan tujuan mendapatkan nilai kekasaran dan kakuratan dimensi menggunakan rumus pada Tabel 2. Hasil dari perhitungan *ANOVA* dikelompokkan berdasarkan setiap pengujian yang selanjutnya akan dilakukan analisis. Tabel 11 menunjukkan hasil persentase kontribusi parameter pengujian kekasaran permukaan, dan Tabel 12 menunjukkan hasil persentase kontribusi parameter pengujian keakuratan dimensi.

Tabel 11. Persentase Kontribusi Parameter Kekasaran Permukaan

Source	Derajat Kebebasan (f)	Nilai Penjumlahan Pangkat (S)	Nilai Variasi (V)	Nilai F-Rasio (F)	Nilai P - value	Nilai Kontribusi Persentase (ρ) %
<i>Laser Power</i>	3	16,777	5,592	4,24	0,063	14,746
<i>Gas Pressure</i>	3	60,405	20,135	15,28	0,003	53,091
<i>Focus Line</i>	3	28,69	9,563	7,26	0,02	25,216
<i>Error</i>	6	7,905	1,317			6,948
Total	15	113,776				100,00

Berdasarkan hasil data perhitungan *ANOVA* yang ditunjukkan pada Tabel 11 dapat dilihat nilai persen kontribusi dari parameter proses terhadap respon kekasaran permukaan. Pada tabel diatas menunjukkan

kontribusi terbesar terdapat pada faktor *Gas Pressure* yang sebesar 53 % dan memiliki kontribusi terkecil pada nilai faktor *error* sebesar 6,9%. Sedangkan untuk faktor parameter *Laser Power* dapat ditarik

kesimpulan bahwa parameter tersebut tidak memiliki pengaruh secara signifikan terhadap respon karena memiliki nilai yang

tidak sesuai kriteria yang terdapat pada nilai P-value lebih besar dari nilai α (0,05).

Tabel 12. Persentase Kontribusi Parameter Keakuratan Dimensi

<i>Source</i>	Derajat Kebebasan (<i>f</i>)	Nilai Penjumlahan Pangkat (<i>S</i>)	Nilai Variasi (<i>V</i>)	Nilai F-Rasio (<i>F</i>)	Nilai P - value	Nilai Kontribusi Persentase (ρ) %
<i>Laser Power</i>	3	306,9	102,29	2,92	0,122	16,543
<i>Gas Pressure</i>	3	692,7	230,9	6,6	0,025	37,338
<i>Focus Line</i>	3	645,7	215,23	6,15	0,029	34,805
<i>Error</i>	6	209,9	34,98			11,314
Total	15	1855,2				100

Berdasarkan hasil data perhitungan ANOVA yang ditunjukkan pada Tabel 12 dapat dilihat nilai persen kontribusi dari parameter proses terhadap respon kekasaran permukaan. Pada tabel diatas menunjukkan kontribusi terbesar terdapat pada faktor *Gas Pressure* yang sebesar 37 % dan memiliki kontribusi terkecil pada nilai faktor *error* sebesar 11 %. Sedangkan untuk faktor parameter *Laser Power* dapat ditarik kesimpulan bahwa parameter tersebut juga tidak memiliki pengaruh secara signifikan terhadap respon karena memiliki nilai yang tidak sesuai kriteria yang terdapat pada nilai P-value lebih besar dari nilai α (0,05).

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah :

1. Nilai respon kekasaran permukaan dan keakuratan dimensi yang optimal diperoleh dengan variasi parameter *Laser Power* 2700 watt, *Gas Pressure* 0,6 bar dan *Focus Line* 1 mm.
2. Persentase kontribusi parameter yang mempengaruhi hasil kekasaran permukaan, yaitu 15 % *Laser Power*, 53 % *Gas Pressure*, 25 % *Focus Line*, dan faktor *error* sebesar 7 %.
3. Persentase kontribusi parameter yang mempengaruhi hasil keakuratan dimensi, yaitu 17 % *Laser Power*, 37 % *Gas Pressure*, 35 % *Focus Line*, dan faktor *error* sebesar 11 %.

Daftar pustaka

- Agustianti, R., Nussifera, L., Angelianawati, L., Meliana, I., Sidik, E. A., Nurlaila, Q., & Hardika, I. R. (2022). Metode Penelitian Kuantitatif Dan Kualitatif. Tohar Media.
- Farikhatin, E. (2010). Perancangan Parameter Taguchi untuk Optimasi Proses Coating Tablet dengan Model Artificial Neural Network pada Industri Farmasi. Skripsi. Depok: Program Studi Teknik Industri Universitas Indonesia.
- Fatah, K. M. A. (2020). Optimasi dan Identifikasi Parameter Kritis pada Proses Extrusion Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 14(2), 331-340.
- Ibrahim, G. A., Hamni, A., & Libiru, R. (2020). Analisis Koefisien Pengurangan Tatal (Chip Reduction Coefficient) Pada Pemesinan Bubut Magnesium Az31 Menggunakan Pahat Putar. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 11(2), 399-409.
- Mukhtar, M. N. A., & Febryanto, I. D. (2023). Proses Manufaktur Eco. Cv Pena Persada.
- Nugraha, A. (2023). Analisis Proses Laser Cutting dengan Variasi Cutting Speed, Jarak Focusline, dan Gas Pressure Terhadap Kekerasan dan Kekasaran Material MS SPHC. *JMPM (Jurnal*

- Material dan Proses Manufaktur), 7(2), 160-169.
- Nugraha, A., Saputro, F. R. T., & Kurniawan, A. (2023). Optimasi Parameter Strategi Pemotongan 2d Contour CNC Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Dan Kebulatan Dengan Metode Taguchi Dan Anova. *Al Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 8(1).
- Nugroho, A., Hutama, A. S., & Budiyanoro, C. (2018). Optimasi keakuratan dimensi dan kekasaran permukaan potong material akrilik dengan proses laser menggunakan metode Taguchi dan PCR-TOPSIS. *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*, 2(2), 75-82.
- Purwanti, E. P., & Karuniawan, B. W. (2017). Optimasi Parameter Proses Pemotongan Acrylic terhadap Kekasaran Permukaan Menggunakan Laser Cutting Dengan Metode Response Surface. In *Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application (Vol. 1, No. 1, pp. 316-323)*.
- Ria, W. (2021). *Optimalisasi Pendampingan Pusat Layanan Usaha Terpadu (Plut-Umkm) Lampung Dalam Meningkatkan Produktivitas Umkm Ditinjau Dari Perspektif Ekonomi Islam (Studi Pada Sentra Tapis Desa Negeri Katon, Kabupaten Pesawaran) (Doctoral Dissertation, UIN Raden Intan Lampung)*.