

OPTIMASI PARAMETER PROSES *LASER CUTTING* TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL *ACRYLIC TYPE CLEAR* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *TAGUCHI*

Novan Satyawardhana¹⁾, M. Sobron Yamin Lubis²⁾, Rosehan³⁾

¹⁾Mahasiswa, ^{2,3)}Dosen Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara

Jl. Letjen. S. Parman No. 1 Jakarta 11440, Indonesia

novan.515180042@stu.untar.ac.id; sobronl@ft.untar.ac.id

Abstract

Laser cutting is one of the alternatives in answering the technological challenges of this era that offers a significant advantage on conventional cutting methods. The background problem of this study is optimization regarding the quality of cutting results from the laser cutting process on acrylic materials. The experiments aimed to get a minimum roughness value, and the method used was the Taguchi method. The parameters used are cutting speeds of 6, 8, 10 (mm/s), laser focus points of 4.6.8 (mm), and gas pressures of 90, 100, 110 (mm/s). The three parameters were varied using Taguchi's experimental design and obtained 9 variations of parameters, after an experiment, the roughness of the cut surface was carried out to obtain the surface roughness value of each parameter variation. The highest roughness value was found in experiment 2 with an average roughness value of 1.015 μm and the lowest roughness value in experiment 7 with an average roughness value of 0.225. After data processing, optimal parameters were obtained, namely gas pressure of 100 mm / s, cutting speed of 8 mm / s and focal point of 8 mm / s and the most dominant influence factor, namely gas pressure parameters with a value of 7,494.

Keywords: *Laser Cutting, Acrylic, Taguchi, Parameter Optimization*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menjelaskan seberapa besar pengaruh jumlah tenaga kerja, modal dan jumlah kelapa terhadap keuntungan pengusaha VCO di Kabupaten Batu Bara. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif melalui survei berdasarkan kuisioner dengan menggunakan metode Saturation Sampling (SS). Penelitian ini mengambil seluruh populasi usaha pengusaha VCO di Kabupaten Batu Bara yaitu berjumlah 24 pengusaha. Teknik analisis data yang digunakan untuk menguji hipotesis adalah analisis regresi linier berganda, uji asumsi klasik dan uji statistik. Hasil analisis data menggunakan regresi linier berganda menunjukkan bahwa variabel independen yaitu modal dan jumlah kelapa mempunyai pengaruh yang signifikan positif pada tingkat keyakinan 95% terhadap besarnya keuntungan usaha VCO di Kabupaten Batu Bara. Sedangkan variabel independen tenaga kerja, tidak mempunyai pengaruh yang signifikan. Berdasarkan hasil analisis diperoleh koefisien determinasi R² sebesar 0,637338, hal ini berarti bahwa 63,73% variasi perubahan yang terjadi terhadap besarnya keuntungan usaha VCO dipengaruhi oleh semua variabel independen sedangkan 36,09% dipengaruhi oleh variabel-variabel lain diluar model. Berdasarkan hasil uji F hitung > F tabel semua variabel independen secara bersama-sama mempengaruhi variabel dependen pada tingkat signifikansi 5%. Guna meningkatkan tingkat keuntungan pengusaha VCO. Pengusaha harus menambah modal dan jumlah kelapa, karena terbukti bahwa jumlah kelapa berpengaruh signifikan terhadap keuntungan usaha VCO. Kebijakan pemerintah juga diperlukan untuk memberikan bantuan-bantuan berupa bibit, permodalan melalui (KUR), penyuluhan-penyuluhan, dan pemberian jaminan/asuransi karena kegiatan usaha ini sangat beresiko bagi para pengusaha VCO.

Kata Kunci : *Usaha VCO, Keuntungan, Usaha Kecil dan Menengah, Saturation Sampling.*

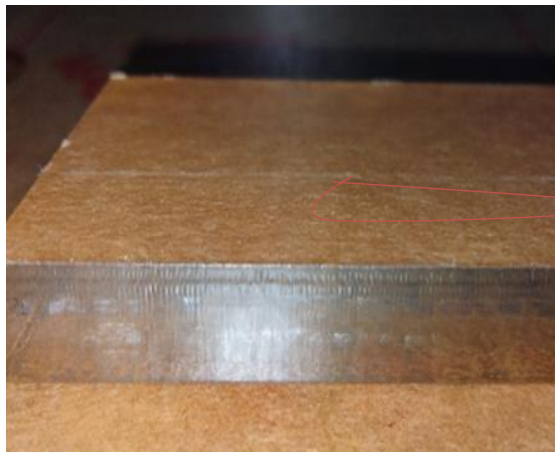
I. PENDAHULUAN

Laser cutting merupakan alat yang banyak digunakan dalam dunia industri manufaktur untuk pemotongan *acrylic* dan mampu memotong bagian terumit. *Laser cutting* bekerja dengan cara mengarahkan laser berkekuatan tinggi untuk memotong material dan menggunakan pemrograman komputer untuk proses pengoperasian. *Laser cutting* merupakan salah satu alternatif dalam menjawab tantangan teknologi pada zaman ini yang menawarkan keuntungan yang signifikan pada

metode pemotongan konvensional, yaitu tingkat presisi, proses kecepatan tinggi, dan biaya rendah[1].

Latar belakang masalah dari penelitian ini adalah optimasi mengenai kualitas hasil pemotongan dari proses *laser cutting*. Kualitas hasil pemotongan yang dimaksud adalah memiliki nilai tingkat kekasaran permukaan tertentu. Berdasarkan data proses pemotongan *laser cutting*, terdapat hasil pemotongan yang memiliki kriteria kualitas yang kurang baik sehingga perlu dilakukan penghalusan. Adapun bentuk kekasaran permukaan yang

dimaksud dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Bentuk Kekasaran Permukaan Hasil Potong

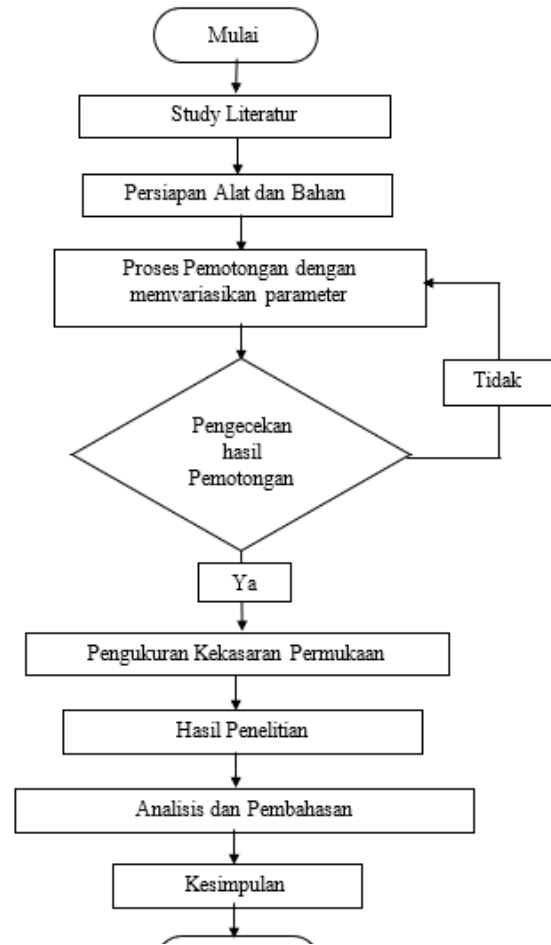
Proses pemotongan semakin cepat menyebabkan permukaan hasil pemotongan memiliki nilai kekasaran yang tinggi dan dimensi tidak simetris, sedangkan untuk mencapai hasil pemotongan dengan nilai kekasaran lebih rendah akan mempengaruhi laju pemotongan yaitu proses lebih lambat dan membutuhkan waktu lebih lama. [3]

Untuk mendapatkan nilai kekasaran minimum dapat dilakukan dengan cara mengoptimalkan parameter yang mempengaruhi saat proses pemotongan, yaitu titik fokus sinar laser, kecepatan gas, dan kecepatan pemotongan.

Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk dapat menghasilkan parameter proses laser cutting yang optimal yang berdasarkan kepada nilai kekasaran permukaan yang minimum. Tentunya dari hasil penelitian ini dapat meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi pada proses pemotongan *lasser cutting*. Dalam menentukan optimasi, parameter proses dilakukan menggunakan metode *Taguchi*. [4]

II. METODE PENELITIAN

Penelitian *lasser cutting* ini dilakukan pada PT. Samba Anugrah Sempurna. Percobaan dilakukan dengan mencari sumber jurnal yang sesuai dengan topik yang dibahas. Kemudian melakukan pengamatan parameter pada *laser cutting*. Selanjutnya dilakukan pemodelan dengan menggunakan *software corell draw*. Hasil modeling tersebut di input dan kemudian dilakukan proses pemotongan menggunakan *lasser cutting*. Hasil pemotongan lasir dilakukan pengukuran permukaannya untuk mengetahui kekasaran permukaan menggunakan *surface roughness tester*. Data dibuat tabel dan grafik berdasarkan pengukuran dan dilanjutkan dengan analisis, kemudian dilakukan analisis menggunakan metode *Taguchi*.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Dari Gambar 2, berikut adalah penjelasan dari diagram diagram alir penelitian:

- Memperiapkan *acrylic type clear 000* dengan dimensi 50 mm x 80 mm x 8 mm.
- Persiapan mesin *laser cutting*
- Desain menggunakan *corell draw* dan melakukan proses pemotongan sesuai dengan parameter yang telah ditentukan berdasarkan variabel yang digunakan.
Variabel yang digunakan adalah:
Kecepatan Pemotongan: 8,10,6 (mm/s)
Titik Fokus : 4,6,8 (mm)
Tekanan Gas : 90,100,110 (mm/s)
- Pemberian tanda terhadap specimen yang telah selesai dilakukan pemotongan.
- Pengukuran terhadap kekasaran permukaan hasil pemotongan pada tiap specimen menggunakan *surface roughness tester*.
- Analisa dan pengolahan data serta pembahasan secara statistik dan kajian pustaka sebagai hasil penelitian.
- Kesimpulan.

III. PERALATAN DAN BAHAN

Bahandanperalatan yang diperlukan dalam eksperinen ini antara lain :

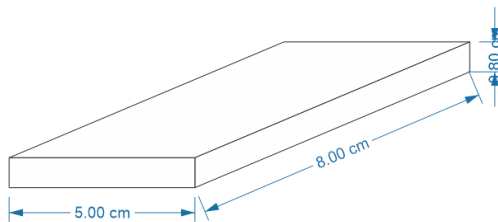


Gambar 3. Mesin Laser Cutting CO₂ PT. Samba Anugrah Sempurna

Mesin laser cutting digunakan untuk memotong lembaran acrylic menjadi ukuran yang telah di desain. Mesin yang digunakan untuk penelitian adalah jenis Bai Sheng Laser, Model: AS-1310C.

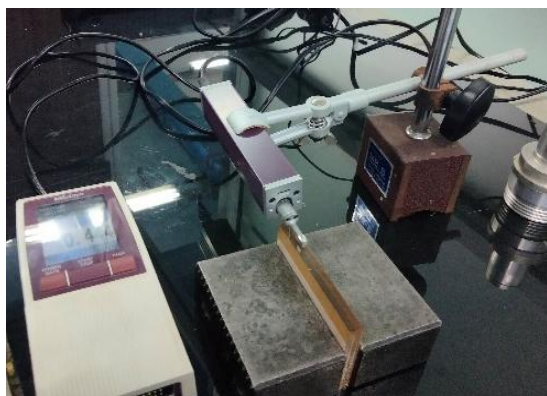


Gambar 4. Material Acrylic Type Clear 000



Gambar 5. Geometri Objek Penelitian

Material yang digunakan adalah acrylic type clear 000 dengan dimensi 50 mm x 80 mm x 8 mm.



Gambar 6. Roughness Surface Test Mitutoyo-SJ-210

Surface roughness test merupakan alat pengukur tingkat kekasaran permukaan. Kekasaran dapat didefinisikan sebagai ketidak halusan bentuk yang disebabkan karena proses permesinan pada benda kerja. Nilai kekasaran dinyatakan dalam roughness average (Ra).

Alat ini digunakan untuk melakukan pengukuran terhadap nilai kekasaran permukaan hasil pemotongan menggunakan laser cutting.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang didapatkan pada eksperimen pemotongan material acrylic menggunakan variasi parameter adalah sebagai berikut.

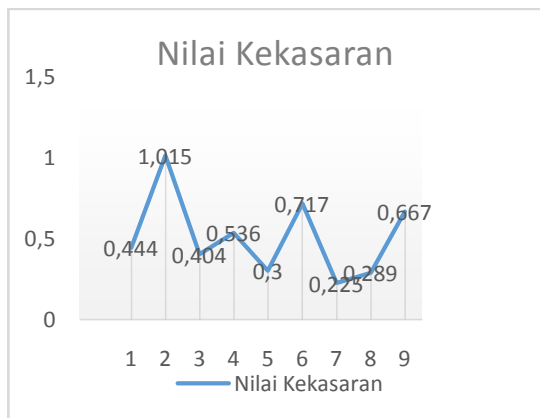


Gambar 7. Hasil Pemotongan Material Menggunakan Laser Cutting

Hasil eksperimen didapatkan rata-rata kekasaran permotongan dari setiap eksperimen yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan

Eksperi men	Kece patan Laser (mm/s)	Titik Fokus (mm)	Te kan Ga s (m/s)	Hasil Pengu kuran Kekas aran Permu kaan (µm)
1	1	1	1	0,444
2	1	2	2	1,015
3	1	3	3	0,404
4	2	1	2	0,536
5	2	2	3	0,300
6	2	3	1	0,717
7	3	1	3	0,225
8	3	2	1	0,289
9	3	3	2	0,667



Gambar 8. Grafik Pengukuran Kekasaran Pengukuran

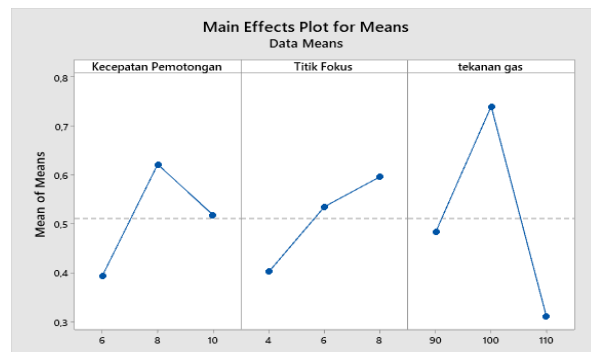
Grafik diatas merupakan gambar dari hasil pengukuran kekasaran terhadap permukaan hasil potong menggunakan *surface roughness tester*. Nilai kekasaran yang tertinggi terdapat pada percobaan 2 dengan nilai kekasaran rata-rata 1,015 μm dan nilai kekasaran terendah pada percobaan 7 dengan nilai kekasaran rata-rata 0,225.

Setelah dilakukan pengukuran tersebut terdapat hipotesa terhadap hasil kekasaran yang diperoleh yaitu, kecepatan sangat berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan hasil potong. Alasan ini dibuktikan dari data grafik pada percobaan 1 sampai 6 mendapatkan nilai kekasaran yang relative lebih tinggi dibandingkan dengan percobaan 7 sampai 9 dan pada percobaan 3-6 dilakukan 2 kali proses percobaan dikarenakan sinar *laser cutting* tidak dapat menembus specimen. Sehingga dapat diketahui bahwa pada proses *laser cutting*, semakin tinggi kecepatan laser mengakibatkan waktu proses pemotongan relative lebih singkat dan proses penggunaan energy panas sinar *laser* terhadap material tidak maksimal. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan variasi kecepatan menghasilkan nilai kekasaran yang meningkat, bahkan material tidak terpotong dengan satu kali proses dengan seiring meningkatnya kecepatan *laser*.

Dari table hasil pengukuran kekasaran permukaan diatas mendapatkan respon table rata-rata yang dapat dilihat pada Tabel 2. dan Grafik yang menunjukkan efek paling berpengaruh terhadap hasil kekasaran permukaan, seperti pada Gambar 9.

Tabel 2. *Response Table for Mean*

Level	Kecepatan Pemotongan	Titik Fokus	Tekanan gas
1	0,3937	0,4017	0,4833
2	0,6210	0,5347	0,7393
3	0,5177	0,5960	0,3097
Delta	0,2273	0,1943	0,4297
Rank	2	3	1



Gambar 9. Grafik Main Effects Plot for Mean

Grafik Gambar 9, merupakan factor yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan dari ketiga variasi parameter, dimana pada kecepatan pemotongan level factor yang paling tinggi adalah pada level 2, pada titik focus level factor yang sangat memengaruhi adalah pada level 3 dan pada tekanan gas level factor yang mempengaruhi adalah pada level 2. Dari grafik mean dapat dianalisis selain parameter kecepatan pemotongan yang dijelaskan diatas, terdapat factor yang lebih mempengaruhi terhadap nilai kekasaran permukaan hasil potong yaitu terdapat pada factor tekanan gas. Dimana didapatkan nilai rank tertinggi berada pada tekanan gas dengan nilai 0,4297. Dari data kekasaran yang diperoleh, dilakukan analisis menggunakan metode *Taguchi* untuk menentukan optimasi parameter laser cutting.

1. Nilai rata-rata semua eksperimen

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{N} = \frac{0,444 + 1,015 + 0,404 + 0,536 + 0,3 + 0,717 + 0,225 + 0,289 + 0,667}{9} = \frac{4,597}{9} = 0,510$$

2. Menghitung total *sum of square*

Berikut perhitungan untuk mencari nilai total *sum of square* untuk uji kekasaran permukaan *acrylic*:

$$SS_{total} = \sum y^2 = 0,444^2 + 1,015^2 + 0,404^2 + 0,536^2 + 0,3^2 + 0,717^2 + 0,225^2 + 0,289^2 + 0,667^2$$

$$SS_{total} = 2,86$$

3. Menghitung *sum of square due to mean*

$$\text{mean } (S_m) = n\bar{y}^2$$

$$\text{mean } (S_m) = 9 \times 0,510^2$$

$$\text{mean } (S_m) = 2,34$$

4. Menghitung *sum of square due to factors*

$$SS_A = (n_{A1} \times (A1^2)) + (n_{A2} \times (A2^2)) + (n_{A3} \times (A3^2)) - S_m$$

$$= (3 \times (0,3937^2)) + (3 \times (0,621^2)) + (3 \times (0,5177^2)) - 2,34$$

$$= 0,085$$

$$\begin{aligned}
 SS_B &= (n_{B1} \times (B1^2)) + (n_{B2} \times (B2^2)) + \\
 & (n_{B3} \times (B3^2)) - S_m \\
 &= (3 \times (0,4017^2)) + (3 \times (0,5347^2)) \\
 &+ (3 \times (0,5960^2)) - 2,34 \\
 &= 0,067 \\
 SS_C &= (n_{C1} \times (C1^2)) + (n_{C2} \times (C2^2)) + \\
 & (n_{C3} \times (C3^2)) - S_m \\
 &= (3 \times (0,4833^2)) + (3 \times (0,7393^2)) \\
 &+ (3 \times (0,3097^2)) - 2,34 \\
 &= 0,028
 \end{aligned}$$

5. Menghitung *sum square due to error*

$$\begin{aligned}
 SS_e &= SS_{total} - S_m - SS_A - SS_B - SS_C \\
 &= 2,86 - 2,34 - 0,085 - 0,067 - 0,028 \\
 &= 0,34
 \end{aligned}$$

6. Menghitung *mean sum of due to error*

$$\begin{aligned}
 M_{Se} &= \frac{SS_e}{ve} \\
 M_{Se} &= \frac{0,34}{9} = 0,038
 \end{aligned}$$

7. Menentukan derajat kebebasan dari sumber variasi

$$\begin{aligned}
 V_{A/B/C} &= \text{Jumlah level} - 1 \\
 V_{A/B/C} &= 3 - 1 \\
 V_{A/B/C} &= 2
 \end{aligned}$$

8. Menghitung *sum of square due to factor*

$$\begin{aligned}
 M_{SA} &= SS_A / V_A \\
 M_{SA} &= 0,085 / 2 \\
 M_{SA} &= 0,0425 \\
 M_{SB} &= SS_B / V_B \\
 M_{SB} &= 0,067 / 2 \\
 M_{SB} &= 0,0335 \\
 M_{SC} &= SS_C / V_C \\
 M_{SC} &= 0,028 / 2 \\
 M_{SC} &= 0,014
 \end{aligned}$$

9. Menghitung *pure sum of square*

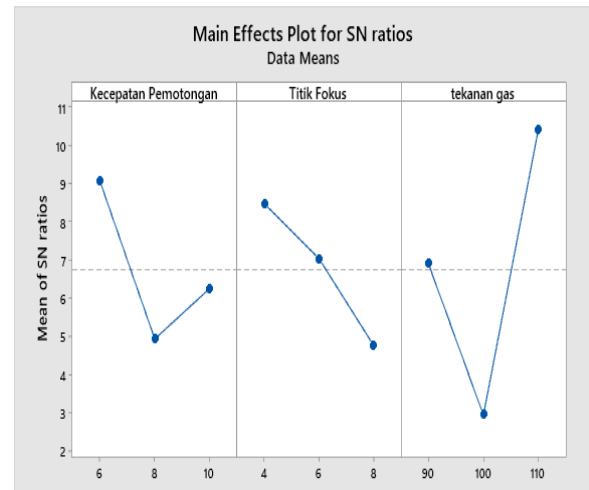
$$\begin{aligned}
 SS_{ARa} &= SA - V_A \times M_{Se} \\
 &= 0,0425 - 2 \times 0,038 \\
 &= - 0,0329 \\
 SS_{BRa} &= SB - V_B \times M_{Se} \\
 &= 0,0335 - 2 \times 0,038 \\
 &= - 0,424 \\
 SS_{CRa} &= SC - V_C \times M_{Se} \\
 &= 0,014 - 2 \times 0,038 \\
 &= - 0,646
 \end{aligned}$$

10. Menghitung *percent contribution*

$$\begin{aligned}
 pA &= \frac{SS_A}{ST} \times 100 = \frac{0,085}{0,18} \times 100 = 47,22 \% \\
 pB &= \frac{SS_B}{ST} \times 100 = \frac{0,067}{0,18} \times 100 = 37,22 \% \\
 pC &= \frac{SS_C}{ST} \times 100 = \frac{0,028}{0,18} \times 100 = 15,56 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 3. Tabel Nilai Signal To Noise Ratio

Level	Kecepatan Pemotongan	Titik Fokus	Tekanan gas
1	9,085	8,475	6,908
2	4,932	7,037	2,935
3	6,255	4,760	10,429
Delta	4,153	3,715	7,494
Rank	2	3	1



Gambar 10. Grafik Signal to Noise

Penentuan *setting level optimum* setelah didapatkan level optimal dari grafik *signal to noise ratio* (SNR), sehingga data dibuat tabel *setting level optimum* sebagai berikut:

Tabel 4. Setting Level Optimum.

Faktor	Setting Level	Parameter Optimum
Kecepatan pemotongan (A)	A2	8 mm/s
Titik Focus (B)	B3	8 mm
Tekanan Gas (C)	C2	100 mm/s

Dari tabel di atas, dapat dilihat respon SNR yang dapat dilihat dari hasil pengolahan data pengujian 3 variasi parameter proses pemotongan *laser cutting* terhadap kekasaran permukaan hasil potong. Dapat dilihat jika hasil selisih setiap faktor mendapatkan nilai terbesar maka level parameter tersebutlah yang paling optimal. Dari hasil pengolahan data menggunakan metode taguchi, parameter tekanan gas memiliki pengaruh yang paling dominan dengan nilai 7,494. Kemudian faktor berikutnya parameter kecepatan pemotongan yang memiliki faktor yang mendominasi setelah tekanan gas yaitu 4,153 dan yang terakhir adalah parameter titik fokus laser dengan nilai faktor yang mendominasi sebesar 3715.

Dari pengolahan data tersebut didapatkan Parameter yang paling optimal dari titik grafik yang paling rendah, karena hasil yang dicari dalam penelitian ini semakin rendah kekasaran permukaan maka parameter tersebut yang paling baik. Kecepatan *laser* didapatkan parameter optimum sebesar 8 mm/s, titik focus 8 mm dan tekanan gas sebesar 100 mm/s.

V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis hasil penelitian, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut : Berdasarkan metode Taguchi didapatkan parameter yang paling optimal didapatkan tekanan gas 100 mm/s, kecepatan pemotongan 8 mm/s dan titik fokus 8 mm/s. Parameter tekanan gas memiliki pengaruh yang paling dominan, semakin besar tekanan gas maka mengakibatkan pemakanan sinar laser tidak maksimal karena terkena semburan udara terlalu besar. Sedangkan analisa ketika penelitian faktor kecepatan juga berpengaruh terhadap hasil kekasaran permukaan, semakin cepat kecepatan laser maka waktu proses pemotongan relatif lebih singkat dan proses penggunaan energi panas sinar laser terhadap material tidak maksimal.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rakasita R, Kurniawan B.W, 2016, dengan penelitian “*Optimasi Parameter Mesin Laser Cutting Terhadap Kekasaran Dan Laju Pemotongan Pada Sus 316l Menggunakan Taguchi Grey Relational Analysis Method*”.
- [2] Purwanti, E. P. dan Pilarian, F. 2012. *Optimasi Parameter Proses Pemotongan Stainless Steel Sus 304 untuk Kekasaran Permukaan Dengan Metode Response Surface*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Surabaya.
- [3] Adi Nugroho, Adhi Setya Hutama, Cahyo Budiyanoro, 2018. *Optimization of the Accuracy of the Dimensions and Roughness of Cutting Surface Acrylic Materials by Laser Process Using the Taguchi and PCR-TOPSIS Method*
- [4] Shivapragash, B., Chandrasekaran, K., Parthasarathy, C. dan Samuel, M. 2013. *Multiple response optimizations in drilling using Taguchi and Grey relational analysis*. *International Journal of Modern Engineering Research*.
- [5] Prihandianto, B, D., 2015, *Optimasi Parameter Pemotongan Polymethyl Methacrylate pada Mesin Laser Cutting CO2*. Thesis. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- [6] Zaenal Arifin 2018, *Pengaruh Variasi Cutting Speed Terhadap Kekasaran Permukaan SUS 304 Pada Proses Lasser Cutting Menggunakan Gas N2*.
- [7] M.M. Rahman, M.M. Noor and K., 2010, *Analysis of Surface Roughness for Laser Cutting on Acrylic Sheets using Response Surface Method*
- [8] Sudji Munadi. 1980. *Dasar-Dasar Metrologi Industri*. Jakarta: Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan
- [9] A. Stournaras. 2009. *An investigation of quality in CO₂ laser cutting of aluminum*. Patras: University of Patras.
- [10] M. Sobron Yamin Lubis, Erwin Siahaan, Steven Darmawan, Adianto Adianto, Ronald Ronald. 2019, *Variation Of Cutting Parameters In The Process Of Turning AISI 4340 Steel On Surface Roughness*, VOL 23, NO 2 .