

PENGARUH KECEPATAN, INTENSITAS, JARAK FOKUS LASER GRAFIR TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA *TUMBLER STAINLESS STEEL 304*

Kent Kurniawan¹⁾, Rosehan²⁾ dan M. Sobron Y. Lubis³⁾

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara

Jl. Let. Jen S. Parman No. 1 Jakarta 11440, Indonesia

e-mail: ¹⁾kent.515180019@stu.untar.ac.id, ²⁾rosehan@ft.untar.ac.id, ³⁾sobronl@ft.untar.ac.id

Abstract: *In this study, a 2-axis laser engraving machine uses an Arduino Nano Atmega328 controller using 2 Stepper motors as actuators to move the machine on the Y and X axes, using a diode type laser with a power of 3000 mW. The problem of this research is when you want to engrave a new material where each laser engraving machine operator has to do several experiments to determine what are the right parameters for the material to be worked on so that it will produce good results. The purpose of this study was to determine the right combination of parameters in the engraving process on stainless steel tumblers 304 and also to find out what parameters most affect surface roughness on stainless steel tumblers 304. The data in this study were obtained by means of experiments on laser engraving machines using a laser engraving machine. 3 machining parameters, namely Laser Focus Distance, Engraving Speed and Laser Intensity with each parameter having 3 levels of variation, and using the Taguchi method in data processing. The conclusion of this research is that the most influential parameter is the engraving speed which has 95.96172% and getting the right combination of parameters, namely the following combination of parameters: focal distance at 20 mm, engraving speed at 1500 mm/min and laser intensity at 200 mm. 1000mW.*

Keywords: *Tumbler Stainless Steel 304, Laser Engraving, Arduino Nano Atmega328, Taguchi Method, Parameter Combination.*

PENDAHULUAN

Pesatnya kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi menuntut adanya pemikiran yang kreatif agar dapat berinovasi. Sebagai bukti, komputer dapat memproses data dan mengontrol mesin. Semua orang ingin bekerja dengan otomatisasi untuk meningkatkan efisiensi dan kemudahan penggunaan perangkat [1].

Laser telah digunakan di berbagai bidang selama bertahun-tahun. Aplikasi pemesinan laser dapat mencakup laser *engraving*, laser *marking*, dan laser *cutting*. Penggunaan laser adalah teknik populer yang digunakan dalam proses manufaktur. Keuntungan utama pengukiran laser dibandingkan metode pengukiran tradisional adalah dikendalikan menggunakan sistem kontrol numerik komputer (CNC), yang membuat proses lebih akurat [2]. Mesin laser grafir yang digunakan yaitu *Wolike Laser Engraver CNC Printer DIY* yang terdiri dari rangka mesin menggunakan bahan *aluminium profile*, laser menggunakan jenis diode laser 3000 mW, dengan aktuator penggerak sumbu dengan menggunakan motor *stepper*.

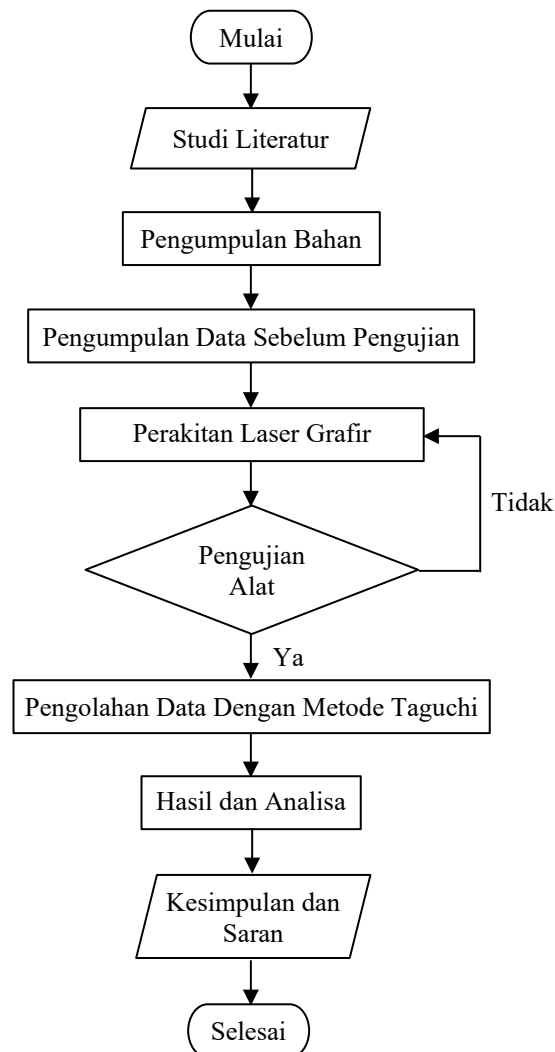
Pada saat ingin menggrafir suatu material baru dimana setiap operator mesin laser grafir harus melakukan beberapa kali eksperimen untuk menentukan berapakah parameter yang tepat untuk material yang akan dikerjakan sehingga akan menghasilkan hasil yang baik, dimana hal tersebut akan membuang-buang material dan juga waktu sehingga diharapkan dengan penelitian ini maka dapat diketahui parameter yang tepat untuk produk *tumbler stainless steel 304* dan juga dengan menggunakan metode analisis taguchi untuk mendapatkan parameter yang paling berpengaruh pada mesin laser grafir terhadap kekasaran permukaan, dimana penelitian mengenai mesin laser grafir masih sangat sedikit sehingga penelitian ini diharapkan dapat berguna untuk penelitian lebih lanjut mengenai mesin laser grafir.

Kekasaran permukaan adalah ukuran seberapa kasar tekstur permukaan bahan kerja. Kualitas pada proses manufaktur menghasilkan kekasaran permukaan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti variabel parameter pemesinan [3].

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang akan digunakan yaitu metode eksperimental, dengan data-data yang akan didapatkan melalui percobaan dengan penerapan berbagai parameter pemesian pada laser yaitu kecepatan grafir diatur mulai dari 500 mm/min, 1000 mm/min, 1500 mm/min. Lalu parameter ke dua yaitu intensitas laser (daya laser) dengan diatur mulai dari 500 mW, 1000 mW dan 1500 mW dan parameter ke tiga yaitu jarak fokus dengan di atur pada jarak 20 mm, 30 mm dan 40 mm. sehingga dari hasil data pengujian kekasaran permukaan akan dilakukan Analisa menggunakan metode Taguchi terhadap ketiga parameter untuk menentukan parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan dan menentukan kombinasi parameter yang tepat.

Adapun *flowchart* metode penelitian dapat disajikan pada gambar.



Gambar 1. *Flow chart* metode penelitian

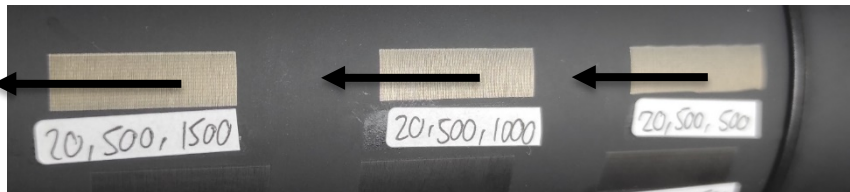
Berikut adalah desain dimensi benda kerja yang akan dicetak sebanyak 27 bidang dengan ketentuan variasi parameter yang berbeda-beda dan akan dilakukan uji kekasaran permukaan sebanyak 27 kali percobaan dengan penempatan titik uji kekasaran pada bagian tengah bidang.



Gambar 2. Desain dimensi benda kerja

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pada hasil uji pengukuran kekasaran permukaan akan diuraikan pada subbab berikut.



Gambar 3. Titik pengambilan nilai kekasaran permukaan secara vertikal

Tabel 1. Tabel penentuan jumlah level dan nilai setiap faktor

No	Jarak Fokus Laser (mm)	Kecepatan Grafir (mm/min)	Intensitas Laser (mW)
1	20	500	500
2	30	1000	1000
3	40	1500	1500

Setelah dilakukan proses grafir dengan menggunakan mesin laser grafir maka kemudian dilakukan pengujian uji kekasaran dengan menggunakan *surface roughness tester* dengan Merk dan tipe yaitu Mitutoyo SJ-210 yang dilakukan di Laboratorium Metrologi Universitas Tarumanagara, dengan masing-masing parameter memiliki 3 level sehingga jumlah bidang yang ada yaitu sebanyak 27 bidang dan akan dilakukan uji kekasaran sebanyak 27 kali juga pada bagian tengah bidang.

Tabel 2. Variabel pengumpulan data

No	Jarak Fokus Laser (mm)	Kecepatan Grafir (mm/min)	Intensitas Laser (mW)	Kekasaran permukaan (Ra)
1	20	500	500	1,29
2	20	500	1000	1,32
3	20	500	1500	1,39
4	20	1000	500	1,57
5	20	1000	1000	1,63
6	20	1000	1500	1,68
7	20	1500	500	1,72
8	20	1500	1000	1,83
9	20	1500	1500	1,89

Lanjutan Tabel 2. Variabel pengumpulan data

No	Jarak Fokus Laser (mm)	Kecepatan Grafir (mm/min)	Intensitas Laser (mW)	Kekasaran permukaan (Ra)
10	30	500	500	1,28
11	30	500	1000	1,33
12	30	500	1500	1,39
13	30	1000	500	1,58
14	30	1000	1000	1,59
15	30	1000	1500	1,65
16	30	1500	500	1,75
17	30	1500	1000	1,79
18	30	1500	1500	1,86
19	40	500	500	1,28
20	40	500	1000	1,30
21	40	500	1500	1,36
22	40	1000	500	1,59
23	40	1000	1000	1,64
24	40	1000	1500	1,68
25	40	1500	500	1,76
26	40	1500	1000	1,82
27	40	1500	1500	1,87

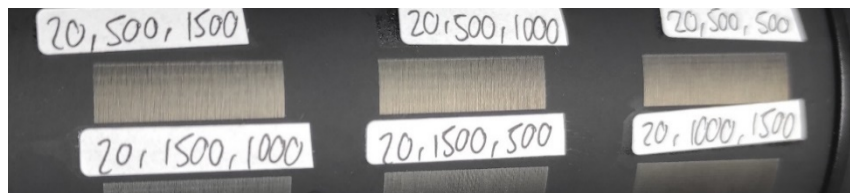
Berikut adalah gambar dari hasil proses grafir pada setiap variasi parameter.



Gambar 4. Hasil grafir pada pengujian No. 1 – No. 3



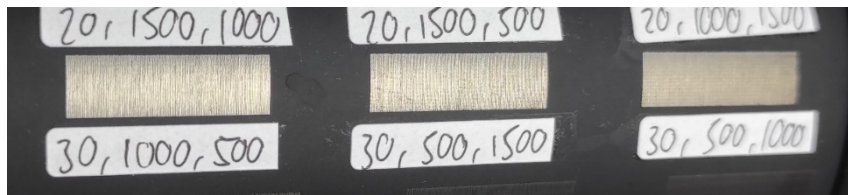
Gambar 5. Hasil grafir pada pengujian No. 4 – No. 5



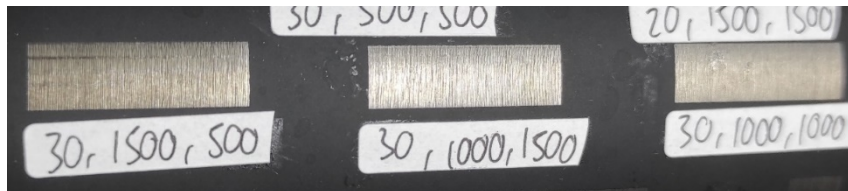
Gambar 6. Hasil grafir pada pengujian No. 6 – No. 8



Gambar 7. Hasil grafir pada pengujian No.9 – No. 10



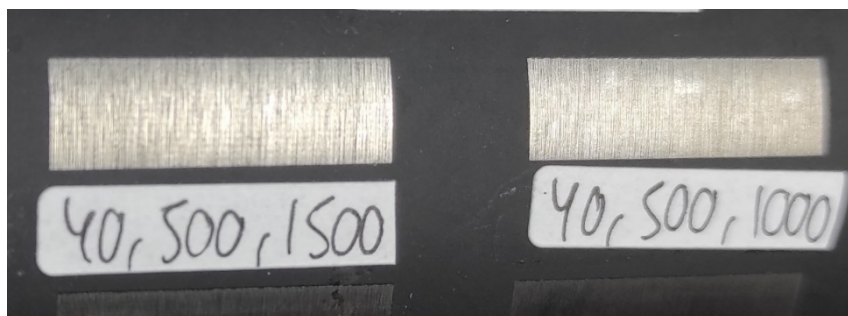
Gambar 8. Hasil grafir pada pengujian No. 11 – No. 13



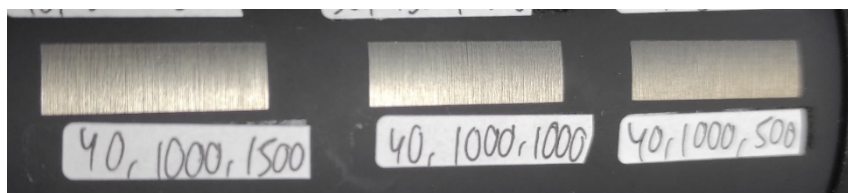
Gambar 9. Hasil grafir pada pengujian No. 14 – No. 16



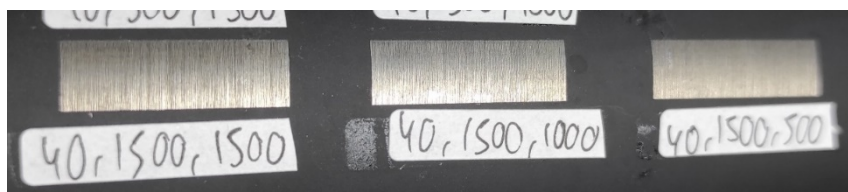
Gambar 10. Hasil grafir pada pengujian No. 17 – No. 19



Gambar 11. Hasil grafir pada pengujian No. 20 – No. 21



Gambar 12. Hasil grafir pada pengujian No. 22 – No. 24



Gambar 13. Hasil grafir pada pengujian No. 25 – No. 27

Setelah melakukan proses grafir pada tumbler dengan berbagai variasi parameter maka selanjutnya dilakukan proses perhitungan dalam metode Taguchi, sehingga didapatkan perhitungan seperti di bawah ini.

1. Menghitung Nilai Rata-rata (*mean*) Seluruh Percobaan

Berikut perhitungan untuk mencari nilai mean untuk Uji Kekasaran Permukaan:

$$y = \frac{\sum y}{N} = \frac{1,29+1,32+1,39+1,57+1,63+1,68}{27}$$

$$y = \frac{42,84}{27}$$

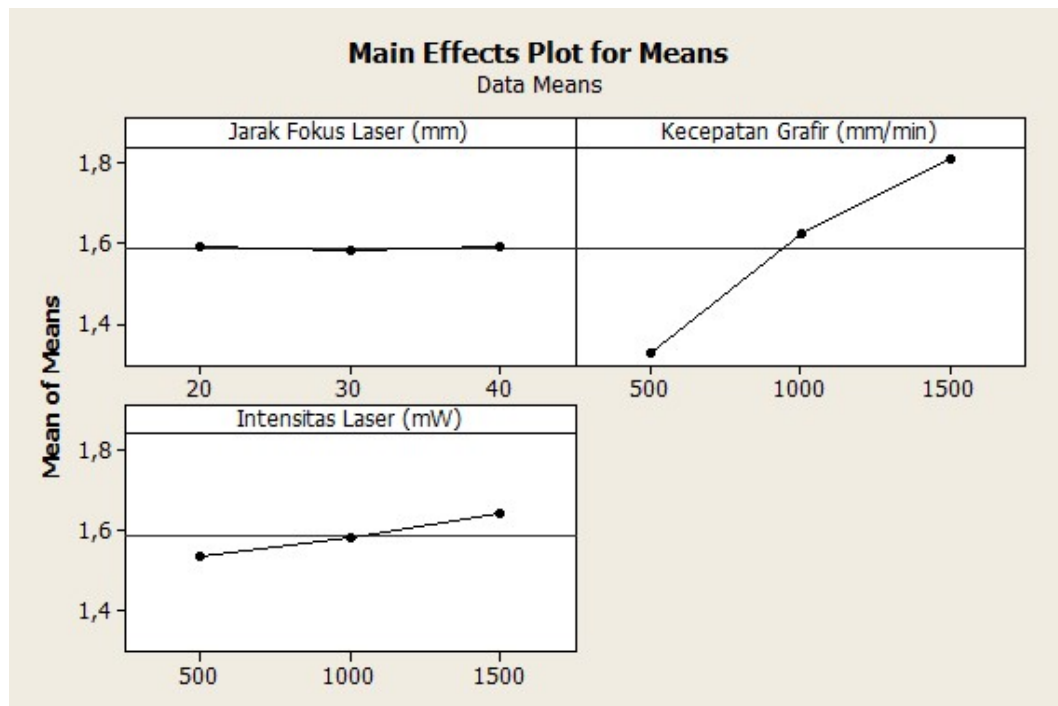
$$y = 1,5867$$

2. Menghitung Nilai Rata-rata Setiap Level Faktor Menggunakan Aplikasi Minitab 16

Pada pengolahan data dalam mencari *mean* pada setiap faktor dengan menggunakan aplikasi minitab 16 sehingga akan didapatkan grafik dan tabel sebaai berikut.

Tabel 3. Response table for means

Level	Jarak Fokus Laser (mm)	Kecepatan Grafir (mm/min)	Intensitas Laser (mW)
1	1,591	1,327	1,536
2	1,580	1,623	1,583
3	1,589	1,810	1,641



Gambar 14. Grafik mean setiap parameter

Dari grafik mean dari ketiga parameter bahwa dapat terlihat pengaruh dari ketiga parameter dimana pada jarak fokus laser level yang paling tinggi yaitu pada level 1 yaitu pada 20 mm, lalu pada kecepatan grafir terlihat sangat signifikan bahwa level yang paling tinggi yaitu pada level 3 yaitu pada 1500 mm/min dan pada intensitas laser terlihat bahwa level yang paling tinggi yaitu pada level 3 yaitu pada 1500 mW.

3. Menghitung nilai Total *Sum of Square*

Berikut perhitungan untuk mencari Nilai Total *Sum of Square* untuk Uji Kekasaran Permukaan:

$$ST = \Sigma y^2 = 1,29^2 + 1,32^2 + 1,39^2 + 1,57^2 + 1,63^2 + 1,68^2 + \dots + 1,76^2 + 1,82^2 + 1,87^2$$

$$ST = 69,0998$$

4. Menghitung nilai Total *Sum of Square due to Mean*

Berikut perhitungan untuk mencari Nilai *Sum of Square due to Mean* untuk Uji Kekasaran Permukaan:

$$S_m = n\bar{y}^2 = 27 \times 1,5867^2 = 67,9756$$

5. Menghitung Nilai *Sum of Square due to Factor*

$$\begin{aligned} SA &= N_{A1} \times (A1^2) + N_{A2} \times (A2^2) + N_{A3} \times (A3^2) - S_m \\ &= 9 \times (1,591^2) + 9 \times (1,580^2) + 9 \times (1,589^2) - 67,9756 \\ &= -0,00218 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SB &= N_{B1} \times (B1^2) + N_{B2} \times (B2^2) + N_{B3} \times (B3^2) - S_m \\ &= 9 \times (1,327^2) + 9 \times (1,623^2) + 9 \times (1,810^2) - 67,9756 \\ &= 1,06482 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SC &= N_{C1} \times (C1^2) + N_{C2} \times (C2^2) + N_{C3} \times (C3^2) - S_m \\ &= 9 \times (1,536^2) + 9 \times (1,583^2) + 9 \times (1,641^2) - 67,9756 \\ &= 0,04699 \end{aligned}$$

6. Menghitung Nilai *Sum of Due to Error*

Berikut perhitungan untuk mencari Nilai *Sum Of due to Error* untuk Uji Kekasaran Permukaan:

$$\begin{aligned} S_e &= ST - S_m - SA - SB - SC \\ &= 69,0998 - 67,9756 - (-0,00218) - 1,06482 - 0,04699 \\ &= 0,01457 \end{aligned}$$

7. Menghitung Nilai *Mean Sum of due to Error*

Berikut perhitungan untuk mencari Nilai *Mean Sum of due to Error* untuk Uji Kekasaran Permukaan:

$$Mse = \frac{S_e}{v_e} = \frac{0,01457}{27} = 0,00054$$

8. Menghitung Derajat Bebas Sumber-sumber Variasi

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

9. Menghitung *Mean Sum of Squares Due to Factor*

Berikut perhitungan untuk mencari Nilai *Mean Sum of Squares due to Error* untuk uji kekasaran permukaan:

$$M_{qA} = SA / V_A = -0,00218/2 = -0,00109$$

$$M_{qB} = SB / V_B = 1,06482/2 = 0,53241$$

$$M_{qC} = SC / V_C = 0,04699/2 = 0,023495$$

10. Menghitung *Pure Sum of Squares*

Berikut perhitungan dari Nilai *Pure Sum of Squares* untuk uji kekasaran permukaan yang dipengaruhi oleh setiap faktor:

$$SA_{Ra} = M_{qA} - V_A \times MS_e = -0,00109 - 2 \times 0,00054 = -0,00217$$

$$SB_{Ra} = M_{qB} - V_B \times MS_e = 0,53241 - 2 \times 0,00054 = 0,53133$$

$$SC_{Ra} = M_{qC} - V_C \times MS_e = 0,023495 - 2 \times 0,00054 = 0,02241$$

11. Menghitung *Percent Contribution*

Berikut perhitungan untuk Nilai *Contribution* untuk uji kekasaran permukaan dengan Faktor A, Faktor B, dan Faktor C adalah:

$$pA = \frac{SA}{S_{Total}} \times 100 = \frac{0,00218}{1,10963} \times 100 = 0,19646\%$$

$$pB = \frac{SB}{S_{Total}} \times 100 = \frac{1,06482}{1,10963} \times 100 = 95,96172\%$$

$$pC = \frac{SC}{S_{Total}} \times 100 = \frac{0,04699}{1,10963} \times 100 = 4,23474\%$$

12. Menentukan Kombinasi Parameter

Dalam menentukan kombinasi parameter yang tepat maka dilakukan uji kekasaran juga pada 1 tumbler stainless steel dimana dengan custom pada penjual di online shope sehingga hasil kekasaran permukaan yang didapatkan akan dijadikan sebagai nilai kekasaran acuan atau pedoman dalam menentukan kombinasi parameter dimana nilai tersebut yaitu sebesar 1,84 Ra.

Berdasarkan tabel hasil uji kekasaran permukaan pada 27 bidang grafir di atas sehingga dapat diketahui bahwa hasil uji kekasaran permukaan yang paling mendekati dari 1,84 Ra adalah pada nomor 8 dengan angka kekasaran permukaan yaitu 1,83 Ra sehingga didapatkan kombinasi parameter sebagai berikut:

Jarak Fokus (A) : level 1 : 20 mm.

Kecepatan Grafir (B) : level 3 : 1500 mm/min.

Intensitas Laser (C) : level 2 : 1000 mW.

SIMPULAN

Berdasarkan analisis mengenai kekasaran permukaan pada material *stainless steel* 304 dengan menggunakan metode Taguchi yang sudah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan pada hasil rumus persen kontribusi maka didapatkan parameter yang memiliki pengaruh paling besar yaitu Kecepatan Grafir dengan angka kekasaran permukaan sebesar 95,96172%
2. Dari hasil pengolahan data yang diperoleh, maka didapatkan kombinasi parameter yang tepat dengan menggunakan nilai acuan kekasaran permukaan sebagai acuan yaitu 1,84 Ra sehingga

dari hasil uji kekasaran permukaan pada ke 27 bidang grafir bahwa kombinasi parameter yang tepat yaitu: Jarak Fokus Laser (A) pada level 1 (20 mm), Kecepatan Grafir (B) pada level 3 (1500 mm/min), dan Intensitas Laser (C) pada level 2 (1000 mW).

3. Berdasarkan hasil dari perhitungan rumus persen kontribusi bahwa didapatkan kecepatan grafir memiliki pengaruh paling besar dikarenakan seiring kecepatan grafir bertambah, kekasaran permukaan juga meningkat. Dalam proses laser grafir, kecepatan grafir yang lebih tinggi menyebabkan waktu pemotongan yang lebih singkat, sehingga energi panas laser yang mengenai bidang kerja tidak maksimal, dan intensitas laser yang mengenai bidang kerja menjadi tidak merata seiring dengan peningkatan kecepatan potong [4].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Muhammad, "Proses Pembuatan Laser Module Bracket CNC Laser Cutting," vol. 3, no. 2017, pp. 54–67, 2020, [Online]. Available: <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>.
- [2] D. Prayogo, "Pengaruh Kecepatan dan Daya Mesin Laser Gravrir Portable Berbasis Micro-Controller Arduino terhadap Hasil Gravrir Bahan Kulit Sapi," *Darmansyah, dkk*, 2008.
- [3] F. Gifari, R. Handayani, and ..., "Mesin Penggambar Menggunakan Laser Dengan Arduino," *eProceedings ...*, vol. 5, no. 3, pp. 2385–2394, 2019, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/appliedscience/article/view/11064%0Ahttps://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/appliedscience/article/download/11064/10932>.
- [4] Wahyu, "Mengenal Teknik Grafir Dan Cara Tepat Memilih Perusahaan Percetakan," *Snapy*, 2021. <https://snapy.co.id/artikel/mengenal-teknik-grafir-dan-cara-tepat-memilih-perusahaan-percetakan> (accessed Feb. 21, 2022).
- [5] M. Munadi, A. Syukri, J. D. Setiawan, and M. Ariyanto, "Rancang-bangun prototipe mesin CNC laser engraving dua sumbu menggunakan diode laser," *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 13, no. 1, p. 32, 2018, doi: 10.36289/jtmi.v13i1.88.
- [6] F. F. Yasmin, "Analisa Kecepatan Motor Stepper Pada Mesin Cnc Mini Plotter 2 Axis Laser," 2019.
- [7] Maxipro, "Sejarah Dan Proses Engraving," *Maxipro*, 2019. <https://maxipro.co.id/pengertian-ukiran-sejarah-dan-proses-engraving-maxipro/> (accessed Feb. 21, 2022).
- [8] M. Indonesia, "Laser Grafir – Proses Kerja Mesin Engraving untuk Cetak Logo Souvenir," *Mahada*, 2020. <https://www.mahada.co.id/laser-grafir-proses-kerja-mesin-engraving-untuk-cetak-logo-souvenir/> (accessed Feb. 21, 2022).
- [9] P. Laser, "Perbedaan Laser Grafir dan Laser Cutting," *PrimaLaser*, 2021. <https://www.prima-laser.com/perbedaan-laser-grafir-dan-laser-cutting/> (accessed Feb. 22, 2022).
- [10] R. D. Fibriati, "Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan Laser Cutting," *Builder*, 2020. <https://www.builder.id/kelebihan-dan-kekurangan-penggunaan-laser-cutting/> (accessed Feb. 22, 2022).
- [11] M. C. Azhar, "Analisis Kekasaran Permukaan Benda Kerja Dengan Variasi Jenis Material Dan Pahat Potong," *Univ. Bengkulu*, p. 34, 2014, [Online]. Available: <http://repository.unib.ac.id/9244/1/I%2CII%2CIII%2CII-14-cho-FT.pdf>.
- [12] Kucari, "Surface Roughness Tester Landtek SRT-6200," *Kucari*, 2021. <https://www.kucari.com/product/surface-roughness-tester-landtek-srt-6200/>.
- [13] A. M. Jaya, "Cari Tahu Jenis Stainless Steel 304 Yang Sering Digunakan Dalam Industri Lifting! Apa Bahan dan Keunggulannya," *Mega Jaya*, 2020. <https://www.megajaya.co.id/cari-tahu-jenis-stainless-steel-304-yang-sering-digunakan-dalam-industri-lifting-apa-bahan-dan-keunggulannya/>.
- [14] M. Meubke, "Jenis – Jenis Stainless Steel Dan Kegunaannya," *Michafur*, 2019. <http://michafur.com/jenis-stainless-steel-dan-kegunaannya/>.
- [15] P. Sidi, "Optimasi Nilai Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut Cnc Dengan Metode Taguchi

L 27,” *Rekayasa Mesin*, pp. 69–74, 2010.

- [16] A. Telaumbanua, K. Siregar, and T. S. Sinaga, “Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Pendekatan Metode Taguchi Pada Pt Asahan Crumb Rubber,” *J. Tek. Ind. FT USU*, vol. 3, no. 5, pp. 1–7, 2013.
- [17] Sumarji, “Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe SS 304 dan SS 201 Menggunakan Metode U-BEND Test secara Siklik dengan Variasi Suhu dan PH,” *J. ROTOR*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2011.
- [18] T. Mesin, K. Teknik, and K. Pengantar, “Pengaruh Variasi Cutting Speed terhadap Kekasaran Permukaan SS 316L pada Proses Laser Cutting,” 2018.