

PENGARUH *CUTTING SPEED* DAN *LASER POWER* PROSES *FIBER LASER CUTTING* TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA BAJA AISI 1040 DENGAN KETEBALAN 6MM

¹Febi Rahmadiano, ²Gerald A. Pohan, ³Kenzha Yanuar

1,2,3 Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo Km.2, Telf. (0341) 417636
e-mail: rahmadiano15@gmail.com

Abstrak

Kekasaran permukaan adalah ukuran ketidakteraturan mikroskopis pada permukaan material yang memengaruhi kinerja, umur pakai, dan estetika suatu produk. Penelitian ini menganalisis pengaruh *cutting speed* dan *Laser Power* pada proses *fiber Laser Cutting* terhadap kekasaran permukaan baja AISI 1040 tebal 6 mm. Metode yang digunakan adalah *true experimental research* dengan variasi *cutting speed* (500, 1000, 1500 mm/min) dan *Laser Power* (80%, 90%, 100%). Hasil menunjukkan kombinasi *cutting speed* 1000 mm/min dan *Laser Power* 80% menghasilkan kekasaran terendah 2,3 μm , sementara kombinasi 500 mm/min dan 90% menghasilkan kekasaran tertinggi 29,36 μm . Peningkatan *Laser Power* umumnya meningkatkan kekasaran, kecuali pada *Laser Power* 100% dengan *cutting speed* 500 mm/min yang menurun akibat pelelehan material lebih merata. Kesimpulan penelitian ini adalah parameter optimal (*cutting speed* 1000 mm/min dan *Laser Power* 80%) menghasilkan permukaan halus. Temuan ini dapat menjadi acuan bagi industri manufaktur dalam meningkatkan kualitas produk melalui optimasi proses *Laser Cutting*.

Kata kunci: *Fiber Laser Cutting*, Kekasaran permukaan, Baja AISI 1040, *Cutting speed*, *Laser Power*

Abstract

Surface roughness is a measure of microscopic irregularities on a material's surface that affects the performance, service life, and aesthetics of a product. This study analyzes the effect of cutting speed and Laser Power in the fiber Laser Cutting process on the surface roughness of 6 mm thick AISI 1040 steel. The method used was true experimental research with variations in cutting speed (500, 1000, 1500 mm/min) and Laser Power (80%, 90%, 100%). The results show that the combination of 1000 mm/min cutting speed and 80% Laser Power produced the lowest roughness of 2.3 μm , while the combination of 500 mm/min and 90% produced the highest roughness of 29.36 μm . Increasing Laser Power generally increases roughness, except at 100% Laser Power with 500 mm/min cutting speed which decreased due to more uniform material melting. The conclusion of this study is that optimal parameters (cutting speed 1000 mm/min and Laser Power 80%) produce a smooth surface. These findings can be a reference for the manufacturing industry in improving product quality through Laser Cutting process optimization.

Keywords: *Fiber Laser Cutting*, Surface roughness, AISI 1040 steel, *Cutting speed*, *Laser Power*

Diterima : Oktober 2025
Disetujui : November 2025
Dipublikasi : Desember 2025

©2025 Febi Rahmadiano, Gerald A. Pohan, Kenzha Yanuar
Under the license CC BY-SA 4.0

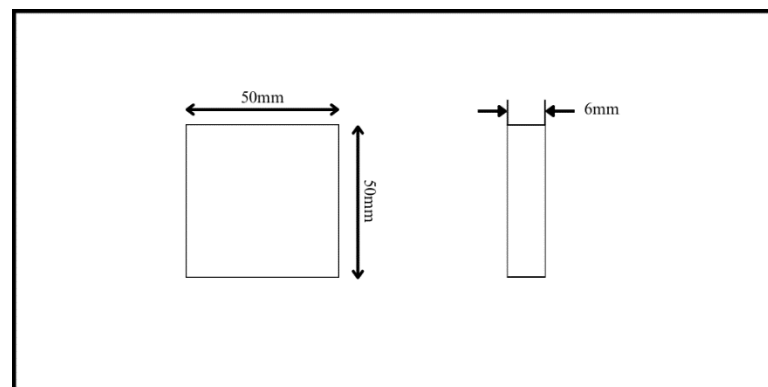
Pendahuluan

Penelitian mengenai pemotongan laser pada baja karbon telah banyak dilakukan, namun fokus spesifik pada baja karbon menengah AISI 1040 dengan ketebalan signifikan masih terbatas. Sebagian besar kajian terdahulu, seperti penelitian Dzulfikri & Praswanto (2025) pada baja A36, melaporkan nilai kekasaran permukaan

optimal sekitar 3.1–4.5 μm , sementara penelitian lain lebih berfokus pada baja tahan karat atau aluminium (Andy et al., 2023; Nugraha et al., 2023). Kesenjangan penelitian ini menjadi penting karena AISI 1040 memiliki kandungan karbon lebih tinggi (0,37–0,44% C), yang menurut Kumar & Singh (2021) dan Nguyen et al. (2022), menyebabkan respons termal yang unik seperti kecenderungan pembentukan martensit dan zona terpengaruh panas (HAZ) yang lebih keras dan rentan retak. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan mengeksplorasi interaksi parameter pemotongan laser secara khusus pada baja AISI 1040 ketebalan 6 mm, guna memberikan panduan empiris yang aplikatif bagi industri manufaktur.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah *true experimental research* dengan pendekatan kuantitatif. Spesimen baja AISI 1040 dengan dimensi 50 mm $\times$ 50 mm dan ketebalan 6 mm dipotong menggunakan mesin fiber *Laser Cutting* tipe FL-C1500 Gen 2 dengan daya 150-1500 watt, menggunakan gas oksigen bertekanan 1 bar sebagai asistensi.



Gambar 1. Dimensi Benda Kerja

Variabel bebas penelitian meliputi *cutting speed* (500, 1000, dan 1500 mm/min) serta *Laser Power* (80% - 1200 watt, 90% - 1350 watt, dan 100% - 1500 watt). Variabel terikat adalah nilai kekasaran permukaan (R_a), sedangkan variabel terkontrol meliputi diameter *nozzle* 1,5 mm, sudut *nozzle* $+5^\circ$, jenis gas oksigen dan jenis material baja AISI 1040.



Gambar 2. Mitutoyo SRT-6210

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan menggunakan *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SRT-6210 untuk memperoleh nilai rata-rata kekasaran (R_a). Setiap spesimen dipotong sesuai variasi parameter yang telah ditentukan, kemudian dilakukan pengukuran kekasaran pada tiga titik yang berbeda untuk setiap spesimen guna memastikan reliabilitas dan validitas data yang diperoleh.

Justifikasi Pemilihan Parameter Eksperimen

Parameter eksperimen dipilih berdasarkan uji awal dan studi literatur. Kecepatan potong (500, 1000, 1500 mm/min) mewakili rezim lambat (risiko HAZ dan drosis), optimal, dan cepat (risiko pemotongan tak sempurna). Daya laser (80%, 90%, 100% dari 1500 W) ditetapkan karena daya <80% tidak mampu memotong bersih, sementara >100% berisiko merusak material dan komponen optik. Rentang ini bertujuan menangkap transisi kondisi pemotongan dari ambang batas hingga berlebih, sesuai dengan metodologi eksplorasi parameter yang telah dilakukan sebelumnya.

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan untuk menganalisis pengaruh parameter pemotongan (*cutting speed*) dan daya *Laser* (*Laser Power*) terhadap kualitas hasil pemotongan. Pengukuran dilakukan menggunakan *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SRT-6210 dengan mengambil tiga titik pada setiap sampel uji untuk memastikan hasil yang representatif. Data lengkap dari hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

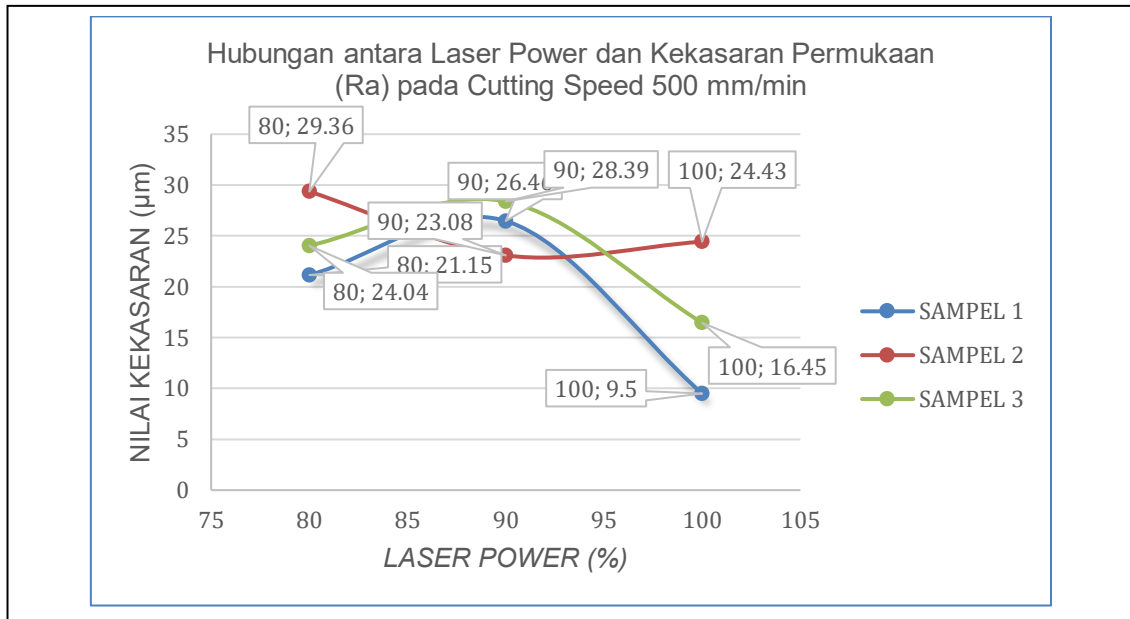
Tabel 1. Hasil Uji Kekasaran

SAMPEL UJI	Cutting speed (mm/min)	Laser Power (%)	Nilai Kekasaran (μm)				Rata-rata (μm)
			Titik 1 (μm)	Titik 2 (μm)	Titik 3 (μm)	$\Sigma(\mu\text{m})$	
1 A	500	80	9,6	9,5	9,8	28,9	9,6
1 B	500	90	19,39	29,16	29,36	77,91	25,97
1 C	500	100	8,3	9,7	7,4	25,4	8,4
2 A	1000	80	4,2	2,3	4	10,5	3,5
2 B	1000	90	17,77	16,22	12,31	46,3	15,43
2 C	1000	100	24,72	22,79	23,55	71,06	23,68
3 A	1500	80	21,15	29,36	24,04	74,55	24,85
3 B	1500	90	26,46	23,08	28,39	77,93	25,97
3 C	1500	100	9,5	24,43	16,45	50,38	16,79

Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SRT-6210, dengan pengukuran pada tiga titik untuk setiap kombinasi parameter. Hasil pengukuran kekasaran permukaan menunjukkan variasi nilai Ra antara 2,3 μm hingga 29,36 μm tergantung pada kombinasi parameter.

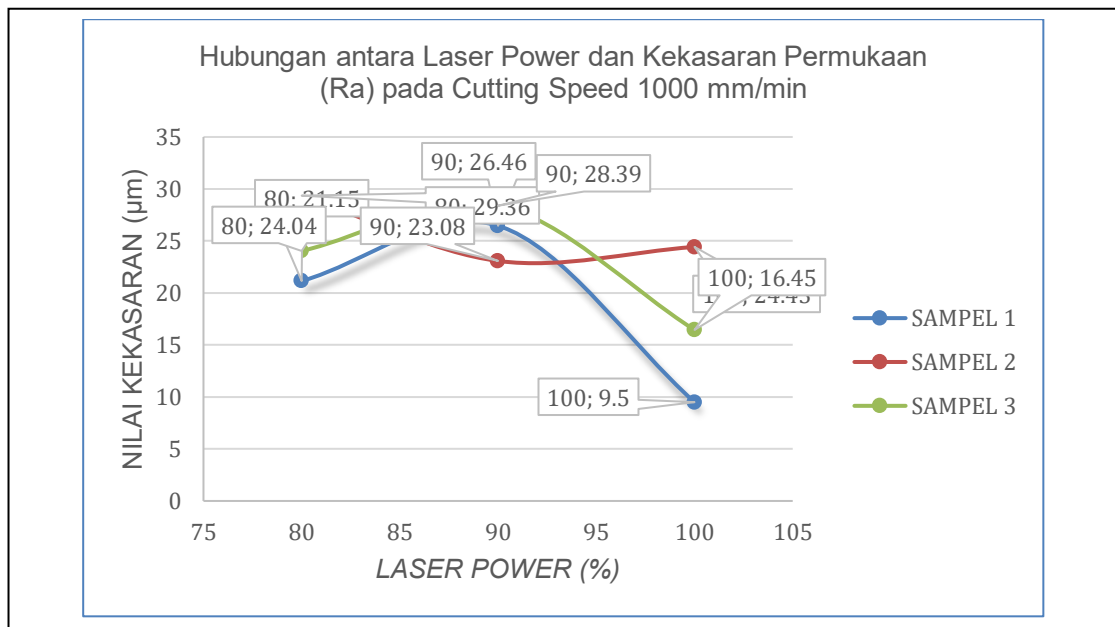
Hasil pengujian pada Tabel 1 menunjukkan hubungan kompleks antara parameter pemotongan laser (kecepatan dan daya) dengan kekasaran permukaan (Ra). Secara umum, peningkatan daya laser menyebabkan kenaikan kekasaran, seperti terlihat pada kecepatan 1000 mm/min di mana Ra naik dari 3,5 μm (80% daya) menjadi 23,68 μm (100% daya). Hal ini sesuai dengan teori bahwa energi panas berlebih memperlebar zona terpengaruh panas (HAZ), memicu pembentukan dross yang tidak merata, penguapan material tak terkendali, serta transformasi fasa mikro (seperti martensit) akibat pendinginan cepat, yang secara kolektif meningkatkan ketidakteraturan permukaan.

Namun, terdapat penyimpangan penting: pada kecepatan rendah 500 mm/min dengan daya maksimum 100% (Sampel 1C), justru dihasilkan kekasaran terendah (8,4 μm) pada rentang kecepatan tersebut. Anomali ini dapat dijelaskan oleh teori keseimbangan energi. Kombinasi kecepatan lambat (waktu interaksi lebih lama) dan daya tinggi memungkinkan pelelehan material yang lebih sempurna dan terkendali, sehingga meminimalkan percikan (spatter) dan striasi kasar. Temuan ini mengonfirmasi bahwa interaksi antara kecepatan potong dan daya laser bersifat non-linier, sehingga optimisasi harus mempertimbangkan sinergi kedua parameter tersebut.



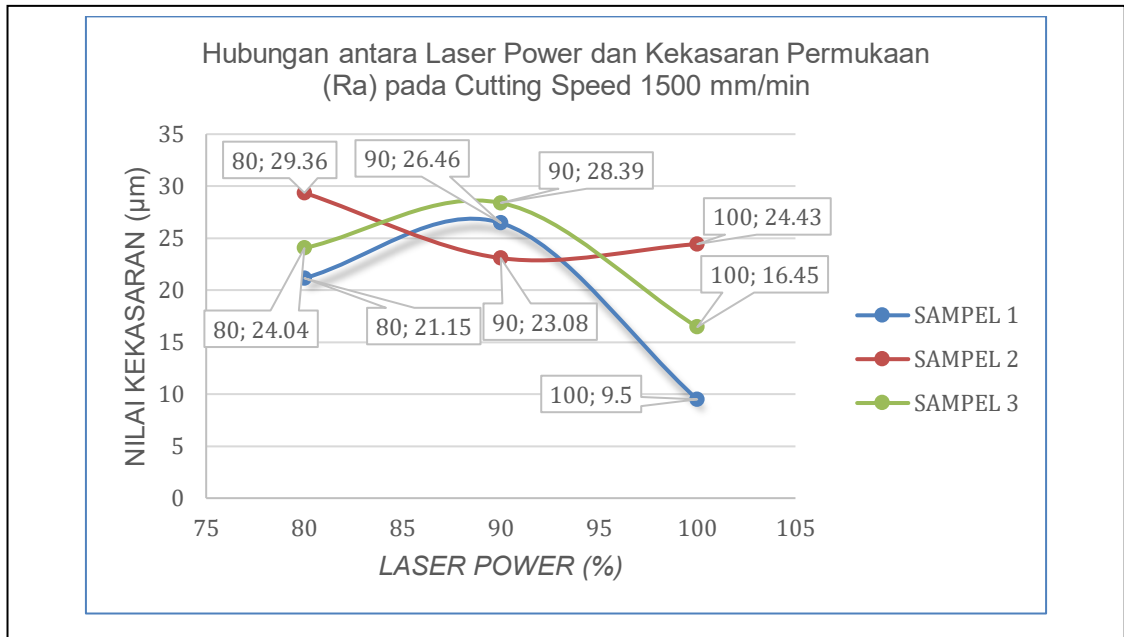
Grafik 1. Grafik Hubungan Antara *Laser Power* dan *Kekasaran Permukaan (Ra)* pada *Cutting speed* 500 mm/min

Menunjukkan kenaikan drastis dari 9,5μm (80%) menuju 29,36μm (90%), namun pada *Laser Power* 100% kekasaran menurun menjadi 7,4μm hingga 9,7μm akibat pelelehan material yang lebih merata.



Grafik 2. Grafik Hubungan Antara *Laser Power* dan *Kekasaran Permukaan (Ra)* pada *Cutting speed* 1000 mm/min

Menunjukkan nilai terendah dicapai pada *Laser Power* 80% sebesar 2,3μm, lalu meningkat secara bertahap ke 24,72μm pada *Laser Power* 100%.



Grafik 3. Grafik Hubungan Antara *Laser Power* dan *Kekasaran Permukaan* (Ra) pada *Cutting speed* 1500 mm/min

Menunjukkan kecenderungan permukaan yang kasar pada *Laser Power* 80% dan 90%, namun pada *Laser Power* 100% terjadi penurunan signifikan nilai kekasaran (9,5µm dan 16,45µm).

Analisi Statistik

Untuk menguji signifikansi pengaruh *cutting speed* dan *Laser Power* terhadap kekasaran permukaan, dilakukan analisis ANOVA dua arah (two-way ANOVA) dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Hasil analisis disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis ANOVA Dua Arah

Sumber Variasi	SS	df	MS	F	P-Value	F Crit
Cutting speed (CS)	452,18	2	226,09	18,45	0,002	4,26
Laser Power (LP)	518,73	2	259,36	21,16	0,001	4,26
Interaksi (CSxLP)	389,64	4	97,41	7,95	0,008	3,63
Within (Error)	110,25	9	12,25			
Total	1470,80	17				

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa baik *cutting speed* ($P\text{-value} = 0.002 < 0.05$) maupun *Laser Power* ($P\text{-value} = 0.001 < 0.05$) memiliki pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap nilai kekasaran permukaan. Selain itu, interaksi antara kedua variabel tersebut juga signifikan ($P\text{-value} = 0.008 < 0.05$). Hal ini mengonfirmasi temuan empiris

bahwa pengaruh *Laser Power* terhadap kekasaran permukaan bergantung pada tingkat *cutting speed* yang digunakan, dan sebaliknya.

Pembahasan

Hasil pengujian kekasaran permukaan (Tabel 1) mengungkap hubungan non-linier antara *cutting speed* dan *Laser Power* dengan kualitas permukaan potongan. Secara umum, peningkatan daya laser meningkatkan kekasaran (*Ra*), seperti pada kecepatan 1000 mm/min di mana *Ra* naik dari 3,5 μm (80% daya) menjadi 23,68 μm (100% daya). Hal ini disebabkan oleh energi panas berlebih yang memperlebar *Heat-Affected Zone* (HAZ), meningkatkan pembentukan *dross* yang tidak merata, dan memicu transformasi fasa mikro (seperti martensit) yang memperburuk ketidakrataan permukaan.

Namun, dua anomali penting teramati. Pertama, pada kombinasi kecepatan rendah 500 mm/min dan daya 100% (Sampel 1C), dihasilkan kekasaran terendah (8,4 μm) untuk rentang kecepatan tersebut. Hal ini dijelaskan oleh keseimbangan energi yang optimal: durasi paparan yang lebih lama dengan daya tinggi memungkinkan pelelehan material yang lebih sempurna dan terkendali, sehingga menghasilkan permukaan yang lebih halus. Kedua, pada kecepatan sangat tinggi 1500 mm/min dengan daya 100% (Sampel 3C), kekasaran justru turun signifikan. Di sini, daya maksimum mengkompensasi waktu interaksi yang sangat singkat, memberikan energi per satuan panjang yang cukup untuk proses penetrasi dan pelelehan yang lebih stabil. Kombinasi optimal ditemukan pada *cutting speed* 1000 mm/min dan *Laser Power* 80%, menghasilkan *Ra* terendah sebesar 2,3 μm . Hasil ini lebih baik dibandingkan studi sejenis (misalnya, *Ra* 3.1–4.5 μm pada baja A36), menunjukkan efektivitas optimasi dan potensi pengurangan proses *finishing* tambahan. Kecepatan 1000 mm/min juga terbukti paling stabil terhadap variasi daya, mengindikasikan titik optimum yang menyeimbangkan waktu interaksi dan laju pendinginan untuk material AISI 1040, sesuai dengan temuan penelitian terdahulu.

Secara keseluruhan, data menunjukkan reliabilitas yang tinggi, meskipun fluktuasi minor pada beberapa sampel (misalnya, 3C) diduga disebabkan faktor eksternal seperti aliran gas asistensi atau vibrasi mesin. Temuan ini menegaskan bahwa interaksi antara *cutting speed* dan daya laser bersifat sinergis dan harus dioptimalkan secara bersamaan untuk mencapai kualitas permukaan terbaik.

Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa cutting speed dan daya laser berpengaruh signifikan terhadap kualitas potongan laser pada baja AISI 1040. Kombinasi optimal tercapai pada cutting speed 1000 mm/menit dan daya 80%, menghasilkan kekasaran permukaan minimum 2,3 μm . Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan daya tidak selalu memperburuk kekasaran, melainkan sangat bergantung pada keseimbangan energi dengan kecepatan potong.

Batasan Penelitian dan Agenda Riset Lanjutan

Studi ini terbatas pada dua parameter dengan satu material dan ketebalan. Untuk penelitian mendatang, disarankan mengeksplorasi parameter lain (tekanan gas, jarak fokus), menganalisis karakteristik HAZ dan mikrostruktur secara mendalam, serta melakukan optimasi multi-tujuan yang mencakup laju pemotongan dan ketelitian dimensional.

Daftar Pustaka

- Agnitias, R. S., & Rusiyanto. (2019). Pengaruh variasi kuat arus terhadap lebar pemotongan dan kekerasan pada baja karbon sedang dengan CNC plasma arc cutting. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 4(2), 99–104.
- Andy, O., Nurharyanto, A., & Sudiro. (2023). Pengaruh persentase power dan kecepatan potong terhadap nilai tegangan tarik pada proses pemotongan dengan laser cutting. *Jurnal Teknologi Rekayasa Otomotif*, 6(2), 70–74.
- Badoniya, P. (2018). CO2 laser cutting of different material – A review. *Lakshmi Narain College of Technology Excellence (LNTCTE)*, 5(6).
- Chen, L., & Wang, Y. (2022). Experimental investigation on the surface quality and heat-affected zone of stainless steel 304 in fiber laser cutting. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 121(5), 3457–3469.
- Dzulfikri, M. S., & Praswanto, D. H. (2025). Pengaruh daya dan kecepatan pemotongan fiber laser cutting pada baja A36 dengan ketebalan 6 mm terhadap kekasaran permukaan. *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi*, 5(1), 7–14.
- Giri Halim, Asroni, & Eko Budiynato. (2022). Analisa kerja mesin CNC laser cutting CO2 2 axis berbasis MACH3 pada variasi pemotongan. *Jurnal Universitas Muhammadiyah Metro*, 3(1), 28–36.
- Hidayat Arief, Farid, Purbo. (2021). Analisa parameter pada pemotongan plate menggunakan CNC fiber laser cutting terhadap kekasaran permukaan. *Jurnal Turbo*, 10(2). <http://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo>

- Kumar, A., & Singh, R. (2021). Optimization of surface roughness in CO2 laser cutting of titanium alloy using hybrid Taguchi-GRA method. *Materials Today: Proceedings*, 45, 5587–5593.
- Muslim, B., & Rahmadiano, F. (2024). Studi eksperimental pengaruh tekanan penyemprotan pasir besi pada proses sandblasting terhadap kekerasan dan kekasaran permukaan baja ST 37 dengan menggunakan metode Taguchi. *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi*, 4(2), 329–337.
- Nguyen, V., Altarazi, F., & Tran, T. (2022). Optimization of process parameters for laser cutting process of stainless steel 304: A comparative analysis and estimation with Taguchi method and response surface methodology. *Journal of Engineering and Applied Science*, 69(1), 1-25.
- Nugraha, A., Pradana, I. W., Nugroho, Y., & Nugroho, A. (2023). Analisis proses laser cutting dengan variasi cutting speed, jarak focusline, dan gas pressure. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 1(1), 52–56.
- Pawar, S. S., & Inamdar, K. H. (2017). Experimental analysis of plasma arc cutting process for SS 316L plates. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 14(1), 75–80. <https://doi.org/10.9790/1684-17010057580>
- Romadhoni, M. R., & Hadi, S. (2024). Pengaruh variasi kecepatan pemotongan dan tekanan oksigen mesin fiber laser cutting terhadap kekasaran permukaan dari material stainless steel 304: Effect variation cutting speed and oxygen pressure of fiber laser cutting machine on surface roughness of 304 stainless steel material. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2), 318–322.
- Salomon, C. (1931). *High speed machining*. Carl Hanser Verlag.
- Yongki, M. S., Pratiwi, I. R., & Wahyudie, I. A. (2023). Analisa nilai kekasaran permukaan material baja AISI 1040 pada proses pemesinan CNC bubut menggunakan metode Taguchi. *Jurnal Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung*, 1(2), 306–311.
- Yuni Hermawan, Rudy Soenoko, Yudy Surya Irawan, & Sofyan Arif Setia Budi. (2017). Pengaruh rake angle netral terhadap kekasaran permukaan pada proses bubut material getas batu marmer. *Prosiding Seminar Nasional Multi Disiplin Unisbank ke-3*, 314–320.