

Pengaruh Variabel Proses Laser Dioda Terhadap Kualitas Engraving Pada Produk Kayu di Industri MRHS Wodeenmerch Jember

Abdullah Robeid Soleh¹, Nely Ana Mufarida^{2*}, Muhtar³

¹ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember 1; email : abdullahrobeid@gmail.com

² Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember 2; email : nelyana@unmuhjember.ac.id

³ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember 3; email : muhtar@unmuhjember.ac.id

* Penulis Korespondensi : Nely Ana Mufarida Email : nelyana@unmuhjember.ac.id

Abstract: The Indonesian woodcraft industry continues to grow; however, many producers still rely on manual carving methods that lack precision and efficiency. Diode laser technology has emerged as an alternative to improve the quality and consistency of engraving on wood products. This study aims to analyze the effects of laser power, scanning speed, and focal distance on engraving depth in mahogany wood (*Swietenia mahagoni*). A quantitative experimental method was employed by varying laser power at 5 W, 10 W, and 15 W; scanning speeds of 1000, 1500, and 2000 mm/min; and focal distances of 10 mm and 15 mm. Engraving depth was measured using a depth gauge. The results indicate that increasing laser power significantly enhances engraving depth, while higher scanning speeds reduce engraving depth due to decreased laser–material interaction time. In addition, a focal distance of 15 mm produced greater engraving depth than 10 mm. The optimal parameter combination was achieved at a laser power of 10 W, a scanning speed of 2000 mm/min, and a focal distance of 15 mm, providing adequate engraving depth with improved process efficiency and minimal thermal residue. These findings may serve as a reference for optimizing diode laser process parameters to enhance production quality in the woodcraft industry.

Keywords: diode laser, mahogany wood, engraving, laser power, scanning speed, focal distance.

Abstrak: Industri kerajinan kayu di Indonesia terus berkembang, namun sebagian pelaku usaha masih menggunakan metode ukir manual yang kurang presisi dan efisien. Teknologi laser dioda menjadi alternatif untuk meningkatkan kualitas dan konsistensi hasil engraving pada produk kayu. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh daya laser, kecepatan pemindaian, dan jarak fokus terhadap kedalaman gravir pada kayu mahoni (*Swietenia mahagoni*). Metode yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan variasi daya laser 5 W, 10 W, dan 15 W; kecepatan pemindaian 1000, 1500, dan 2000 mm/menit; serta jarak fokus 10 mm dan 15 mm. Kedalaman gravir diukur menggunakan depth gauge. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan daya laser secara signifikan meningkatkan kedalaman gravir, sedangkan peningkatan kecepatan pemindaian menyebabkan kedalaman gravir menurun akibat berkurangnya waktu interaksi energi laser dengan material. Selain itu, jarak fokus 15 mm menghasilkan kedalaman gravir yang lebih besar dibandingkan jarak fokus 10 mm. Kombinasi parameter daya 10 W, kecepatan 2000 mm/menit, dan jarak fokus 15 mm diperoleh sebagai kondisi optimal karena menghasilkan kedalaman gravir yang memadai dengan waktu proses yang lebih efisien dan residu pembakaran minimal. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam pengaturan parameter proses laser dioda untuk meningkatkan kualitas produksi pada industri kerajinan kayu.

Kata kunci: laser dioda, kayu mahoni, engraving, daya laser, kecepatan, jarak fokus.

1. Pendahuluan

Industri kerajinan kayu di Indonesia mengalami pertumbuhan pesat, mencakup berbagai skala usaha dari industri besar hingga UMKM yang mulai memanfaatkan teknologi dalam produksinya. Berdasarkan data Pusdatin Kemenperin (2024), nilai ekspor produk kerajinan dalam negeri mencapai US\$ 679,02 juta dan ditargetkan akan terus meningkat disetiap tahunnya, dengan sekitar 4,52 juta unit IKM tersebar di seluruh Indonesia. Namun, sebagian pengrajin masih menggunakan metode manual yang kurang presisi dan memerlukan waktu lama [1]. Oleh karena itu, diperlukan inovasi seperti mesin gravir otomatis berbasis laser dioda yang diperlukan untuk meningkatkan efisiensi, kualitas, dan daya saing produk kerajinan kayu lokal [2].

Diterima: Oktober 20, 2025
Direvisi: Oktober 28, 2025
Diterima: Oktober 29, 2025
Diterbitkan: November 24, 2025
Versi sekarang: Januari 5, 2026



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan
publikasi akses terbuka
berdasarkan syarat dan ketentuan
lisensi Creative Commons
Attribution (CC BY SA) (
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

Mesin laser untuk memotong dan mengukir (engraving) kini telah menjadi elemen penting dalam industri manufaktur saat ini, khususnya untuk mengolah bahan non-logam seperti kayu [3]. 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 [4].

Teknologi laser kini telah dimanfaatkan secara luas di berbagai bidang. Aplikasi pemrosesan laser meliputi beberapa jenis penggunaan, seperti pengukiran (laser engraving), penandaan (laser marking), dan pemotongan (laser cutting). Teknik gravir laser lebih unggul dibandingkan metode ukir tradisional karena prosesnya lebih presisi dan menghasilkan presisi pengerjaan yang lebih baik, semuanya berkat pengendalian otomatis melalui sistem Computer Numerical Control (CNC) [5].

Dengan teknik gravir laser pada kayu, kita bisa menghasilkan pola-pola rumit secara akurat, yang sering dipakai di bidang furnitur, seni kerajinan, dan barang hiasan. Kayu mahoni (*Swietenia mahagoni*), yang termasuk kayu keras berharga, kerap dipilih karena kekuatannya, daya tahan yang baik, serta pola tekstur yang menarik, menjadikannya ideal untuk ukiran artistik seperti hiasan atau penyesuaian produk kayu [6].

Pengukiran menggunakan laser gravir pada kayu masih sering menemui kendala yang berdampak pada mutu akhir. Kendala terbesar mencakup ketidakseragaman kualitas ukiran karena pengaturan parameter proses yang kurang tepat, termasuk kekuatan laser, laju pemindai, jarak fokus, dan waktu paparan. Akibatnya, hasil gravir sering kali tidak merata, seperti kedalaman yang bervariasi, permukaan kasar atau berdebu (akibat pembakaran berlebih), perubahan warna yang tak diharapkan, atau bahkan kerusakan pada struktur kayu itu sendiri [7].

Berbagai penelitian mengenai teknologi mesin ukir dan pemotongan laser telah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi serta kualitas hasil produksi. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Saragi et al. (2025). Penelitian ini membahas analisis parameter pemesinan mesin CNC laser berbasis Arduino Uno pada akrilik 3 mm. Hasil penelitian menunjukkan parameter optimal pada feedrate 750 mm/menit dan daya laser 40%, dengan waktu pengerjaan 4 menit 42 detik.

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Suri et al. (2025). Penelitian ini membahas pengaruh variasi daya laser CO₂ terhadap perubahan warna dan preferensi konsumen pada kayu cempaka. Hasilnya menunjukkan bahwa daya 7,5 watt menghasilkan warna ukiran paling gelap dan kontras, sehingga lebih disukai secara estetika.

Selain itu, terdapat penelitian yang dilakukan oleh Rusydi and Listiana (2025). Penelitian tersebut membahas perancangan mesin ukir otomatis berbasis mikrokontroler dengan dua motor stepper dan laser 3000 mW, serta menemukan bahwa daya laser menurun seiring waktu, yang memengaruhi efisiensi dan presisi pemotongan.

Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Saputra, Darmein, and Zulkifli (2024). Penelitian ini membahas pengembangan mesin CNC engraving dengan laser 3000 mW yang dikendalikan melalui perangkat lunak open source. Mesin tersebut bekerja optimal pada material akrilik dengan daya 150 dan kecepatan 1000 mm/menit, menghasilkan gravir yang lebih efisien dan presisi.

Secara keseluruhan, penelitian-penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa pengaturan parameter daya dan kecepatan laser sangat berpengaruh terhadap kualitas, efisiensi, serta estetika hasil engraving material, sehingga penentuan kombinasi parameter yang optimal menjadi faktor penting dalam desain dan pengoperasian mesin laser berbasis mikrokontroler.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, maka penulis mengambil judul tugas akhir yaitu "Pengaruh Variabel Proses Laser Dioda terhadap Kualitas Engraving pada Produk Kayu di Industri MRHS Woodenmerch Jember" dengan fokus pada pengaruh variabel proses mesin laser dioda terhadap kualitas gravir. Melalui pendekatan eksperimental, diharapkan dapat mengembangkan rekomendasi optimalisasi proses yang mendukung pertumbuhan berkelanjutan sektor kerajinan kayu lokal.

2. Tinjauan Literatur

2.1. Laser Dioda

Dalam industri manufaktur, dioda laser merupakan jenis laser yang paling sering digunakan berkat efisiensi energinya yang luar biasa dan biaya pengoperasianya yang relatif

rendah. Pada dasarnya, dioda laser adalah salah satu jenis perangkat semikonduktor yang menghasilkan sinar laser, seperti radiasi koheren yang dapat dilihat oleh mata atau berupa spektrum infra merah (inframerah/IR) saat dialiri arus listrik [12].

Radiasi koheren berarti gelombang yang berasal dari sumber tunggal dan memiliki frekuensi serta fasa yang sama. Kata LASER merupakan singkatan dari Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, yang artinya mekanisme untuk memperkuat dan memancarkan radiasi elektromagnetik melalui proses terstimulasi. Radiasi ini bisa terlihat oleh mata normal atau tidak terlihat, tergantung panjang gelombangnya [13].

Dioda laser pertama kali diperkenalkan oleh Nick Holonyak Jr, seorang ilmuwan di General Electric, pada tahun 1962. Selain dioda laser, ada jenis teknologi lain yang dapat menghasilkan sinar laser, termasuk solid-state laser, laser gas, laser excimer, dan dye laser. Berdasarkan teori manipulasi optik (Saleh & Teich, 2019), dioda laser mampu memancarkan cahaya yang terfokus dan dapat disesuaikan untuk kegunaan presisi, seperti proses engraving.

Dalam penelitian ini, elemen seperti kekuatan laser berpengaruh pada kekuatan cahaya, yang secara langsung mempengaruhi kedalaman serta kualitas hasil gravir [15]. Selain itu, faktor-faktor seperti kecepatan pemindaian dan jarak fokus juga berhubungan dengan teori tersebut, karena keduanya mempengaruhi cara energi laser yang tersebar di permukaan bahan [4].

2.2 Kayu Mahoni

Kayu mahoni (*Swietenia mahagoni*) merupakan bahan kayu keras yang sering dipilih untuk kerajinan berkaitan dengan kekuatan, daya tahannya, dan pola tekstur yang indah [16]. Kayu mahoni memiliki tekstur yang halus serta stabilitas dimensi yang baik, sehingga tidak mudah melengkung atau retak ketika mengalami perubahan suhu dan kelembapan [17]. Pohon Mahoni dapat tumbuh baik di lingkungan air payau yang dekat dengan pantai dan terkena sinar matahari sepanjang tahun. Uniknya, pohon mahoni ini dapat tumbuh meski tidak disiram selama berbulan-bulan. Tinggi pohon mahoni bisa mencapai 40 meter dengan diameter batangnya 1,2 meter [18].

Biasanya pohon mahoni dapat dipergunakan jika sudah menginjak usia 15 hingga 25 tahun. Semakin tua umur kayu mahoni, semakin bagus kualitasnya. Bahkan diameternya bisa mencapai 1,5 meter [19]. Kayu mahoni sendiri memiliki karakteristik yang tergolong cukup unik, yang dimana serat kayu alaminya sangat lurus dan padat hampir menyerupai kayu jati perhutani. Dalam industri kerajinan, kayu mahoni sangat disukai karena mudah dipotong, dibentuk, dan diukir [6]. Seratnya yang halus membuatnya cocok untuk proses engraving menggunakan mesin laser, termasuk laser diode. Dengan karakteristik tersebut, kayu mahoni menjadi salah satu bahan yang ideal untuk produk seni, souvenir, furnitur interior [20].

3. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen (experimental research) dengan pendekatan kuantitatif. Metode ini dipilih karena penelitian berfokus pada pengujian pengaruh variabel proses mesin laser dioda terhadap kualitas hasil gravir pada kayu mahoni. Pendekatan eksperimen memungkinkan peneliti melakukan pengendalian terhadap variabel bebas dan mengamati perubahan pada variabel terikat secara terukur dan sistematis.

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di Home Industry MRHS Woodenmerch Jember dan Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember pada bulan Oktober sampai dengan Desember 2025.

3.2. Alat dan Bahan

Pada penelitian ini, dibutuhkan bahan pengujian agar mendapatkan data yang diperlukan. Bahan yang dibutuhkan pada pengujian sebagai berikut.

1. Kayu Mahoni dengan ukuran 10 cm x 5 cm dan ketebalan 1,5 cm sebanyak 18 pcs.

Alat penelitian merupakan komponen penting yang digunakan untuk melakukan proses pengujian, pengambilan data, serta pengolahan hasil eksperimen. Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, dan alat bantu pengujian pendukung.

1. Perangkat Keras

- Laptop/komputer
- Laser dioda

- Kipas pendingin
- 2. Perangkat Lunak
 - Windows
 - Engraver master
 - CorelDraw x7
- 3. Gergaji Tangan
- 4. Gerinda dan Mata Gerinda Amplas
- 5. Penggaris
- 6. Spidol
- 7. Kuas
- 8. Jangka Sorong
- 9. Depth Gauge

3.3. Prosedur Pengujian Bahan

Prosedur pengujian bahan pada penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

1. Persiapan alat dan bahan.
 - Menyiapkan mesin laser dioda 30 W beserta sistem pendinginnya.
 - Memastikan koneksi antara komputer, perangkat lunak Engraver Master, dan mikrokontroler Arduino berfungsi dengan baik.
 - Menyiapkan 18 sampel kayu mahoni berukuran $10\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ dan ketebalan 1,5 cm yang telah dipotong, diampelas, dan dibersihkan dengan kuas.
 - Menentukan area kerja serta jarak fokus awal antara kepala laser dan permukaan kayu menggunakan jangka sorong.
2. Pembuatan desain ukiran.
 - Membuat desain pola ukiran yang sudah ditentukan menggunakan CorelDRAW X7.
 - Desain kemudian diekspor dalam format G-code agar dapat dibaca oleh perangkat lunak Engraver Master.
 - G-code diunggah ke sistem kontrol mesin melalui Engraver Master untuk proses pengujian.
3. Penentuan variabel dan desain percobaan.

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan tiga variabel bebas utama, yaitu:

 - Daya laser, 5 W, 10 W, 15 W.
 - Kecepatan laser, 1000 mm/menit, 1500 mm/menit, 2000 mm/menit.
 - Jarak fokus, 10 mm, 15 mm.
 - Kombinasi dari ketiga variabel tersebut menghasilkan 18 percobaan yang diterapkan pada setiap sampel kayu mahoni.
4. Pengujian engraving menggunakan parameter daya laser, kecepatan laser, jarak fokus laser dapat di setting pada aplikasi engraver master.

Tabel 1. Pengambilan Data Penelitian

No	Jarak Fokus Laser (mm)	Daya Laser (W)	Kecepatan Laser (mm/menit)	Input
1.	10	5	1000	Gambar
			1500	Gambar
			2000	Gambar
2.	10	10	1000	Gambar
			1500	Gambar
			2000	Gambar

3.	10	15	1000	Gambar
			1500	Gambar
			2000	Gambar
4.	15	5	1000	Gambar
			1500	Gambar
			2000	Gambar
5.	15	10	1000	Gambar
			1500	Gambar
			2000	Gambar
6.	15	15	1000	Gambar
			1500	Gambar
			2000	Gambar

5. Menganalisa data dari berbagai pengujian tersebut.
6. Menentukan parameter standar pengoprasian mesin laser gravir pada media kayu mahoni.
7. Kesimpulan dan saran.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengujian Daya Laser, Kecepatan Laser, Jarak Fokus Laser.

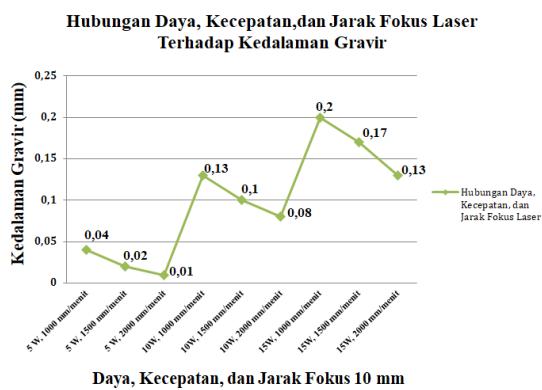
Pada pengujian ini dilakukan pengaturan pada aplikasi Engraver Master dengan mengubah setting menu, kemudian pada parameter daya diatur mulai 5 W, 10 W, 15 W. Untuk kecepatan laser diatur mulai dari 1000 mm/menit, 1500 mm/menit, 2000 mm/menit. Dan untuk jarak fokus dari kepala laser ke permukaan kayu diukur menggunakan jangka sorong dengan jarak 10 mm dan 15 mm.

Hasil pengukuran gravir menggunakan alat Depth Gauge menunjukkan bahwa kedalaman ukiran bervariasi pada setiap kombinasi parameter proses. Data lengkap hasil pengujian dan pengukuran dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Pengujian Daya Laser 5, 10, 15 W, Kecepatan Laser 1000, 1500, 2000 mm/menit, Jarak Fokus Laser 10 mm.

N O	Jarak Fokus Laser (mm)	Daya Laser (W)	Kecepatan Laser (mm/menit)	Input	Hasil	Hasil Pengukuran Kedalaman Gravir (mm)
1	10	5	1000	1000	1000	1000
2	10	5	1500	1500	1500	1500
3	10	5	2000	2000	2000	2000
4	15	5	1000	1000	1000	1000
5	15	5	1500	1500	1500	1500
6	15	5	2000	2000	2000	2000
7	10	10	1000	1000	1000	1000
8	10	10	1500	1500	1500	1500
9	10	10	2000	2000	2000	2000
10	15	10	1000	1000	1000	1000
11	15	10	1500	1500	1500	1500
12	15	10	2000	2000	2000	2000
13	15	15	1000	1000	1000	1000
14	15	15	1500	1500	1500	1500
15	15	15	2000	2000	2000	2000

1.	10	5	1000			0,04
			1500			0,02
			2000			0,01
2.	10	10	1000			0,13
			1500			0,10
			2000			0,08
3.	10	15	1000			0,20
			1500			0,17
			2000			0,13



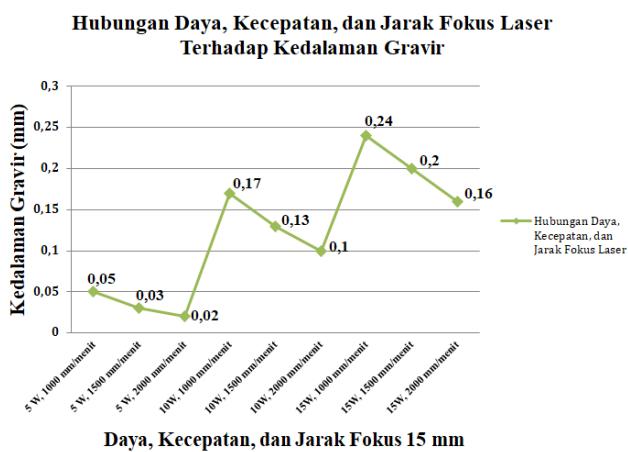
Gambar 1. Grafik Hubungan Daya, Kecepatan, dan Jarak Fokus Laser 10 mm
Terhadap Kedalaman Gravir

Pada gambar 1 di atas menggambarkan hubungan antara kecepatan laser, daya laser, dan jarak fokus laser terhadap kedalaman gravir. Pengujian pada jarak fokus 10 mm menunjukkan bahwa kedalaman gravir meningkat seiring bertambahnya daya laser dan menurun seiring meningkatnya kecepatan pemotongan. Pada daya 5 W, kedalaman gravir yang diperoleh masing-masing sebesar 0,04 mm pada kecepatan 1000 mm/menit; 0,02 mm pada kecepatan 1500 mm/menit; dan 0,01 mm pada kecepatan 2000 mm/menit. Pada daya 10 W, nilai kedalaman gravir meningkat signifikan dengan nilai 0,13 mm; 0,10 mm; dan 0,08 mm. Sementara pada daya tertinggi, yaitu 15 W, kedalaman gravir mencapai 0,20 mm; 0,17 mm; dan 0,13 mm. Hasil ini menunjukkan hubungan positif antara daya laser dan kedalaman gravir, serta hubungan negatif antara kecepatan pemotongan dan kedalaman gravir.

Tabel 2 Pengujian Daya Laser 5, 10, 15 W, Kecepatan Laser 1000, 1500, 2000 mm/menit,
Jarak Fokus Laser 15 mm.

N O	Jarak Fokus Laser (mm)	Daya Laser (W)	Kecepatan Laser (mm/menit)	Input	Hasil	Hasil Pengukuran Kedalaman Gravir (mm)
4.	15	5	1000	 UMJ	 UMJ	0,05
			1500		 UMJ	0,03
			2000		 UMJ	0,02
5.	15	10	1000	 UMJ	 UMJ	0,17
			1500		 UMJ	0,13
			2000		 UMJ	0,10
6.	15	15	1000	 UMJ	 UMJ	0,24
			1500		 UMJ	0,20

			2000			0,16
--	--	--	------	--	---	------



Gambar 2 Grafik Hubungan Daya, Kecepatan, dan Jarak Fokus Laser 10 mm Terhadap Kedalaman Gravir

Pada gambar 2 di atas menggambarkan hubungan antara kecepatan laser, daya laser, dan jarak fokus laser terhadap kedalaman gravir . Pada jarak fokus 15 mm, perubahan nilai kedalaman gravir menunjukkan pola yang sama seperti pengujian pada jarak fokus 10 mm. Pada daya 5 W, kedalaman gravir tercatat sebesar 0,05 mm; 0,03 mm; dan 0,02 mm. Pada daya 10 W, kedalaman meningkat menjadi 0,17 mm; 0,13 mm; dan 0,10 mm. Selanjutnya, pada daya 15 W, kedalaman gravir mencapai nilai tertinggi yaitu 0,24 mm; 0,20 mm; dan 0,16 mm. Secara umum, nilai kedalaman gravir pada jarak fokus 15 mm cenderung lebih tinggi dibandingkan jarak fokus 10 mm.

4.2. Pengaruh Daya Laser terhadap Kedalaman Gravir

Daya laser terbukti menjadi parameter yang memberikan pengaruh paling signifikan terhadap kedalaman gravir. Peningkatan daya laser dari 5 W menjadi 15 W menghasilkan peningkatan kedalaman gravir yang cukup besar pada seluruh kombinasi kecepatan dan jarak fokus. Hal tersebut disebabkan oleh meningkatnya energi panas yang diserap material, sehingga laju aborsi termal semakin tinggi. Semakin besar daya laser, semakin besar energi yang ditransfer ke permukaan material, yang kemudian mempercepat proses penguapan dan pelehan material.

4.3. Pengaruh Kecepatan Laser terhadap Kedalaman Gravir

Kecepatan laser menunjukkan hubungan berbanding terbalik dengan kedalaman gravir. Peningkatan kecepatan laser menyebabkan waktu interaksi antara sinar laser dan permukaan material menjadi lebih singkat. Kondisi ini mengurangi jumlah energi yang diserap material, sehingga kedalaman gravir menurun secara konsisten pada seluruh variasi daya laser. Dengan demikian, kecepatan laser berperan sebagai pengatur waktu pemanasan yang mempengaruhi jumlah energi efektif yang diterima material.

4.4. Pengaruh Jarak Fokus Laser terhadap Kedalaman Gravir

Jarak fokus juga memberikan pengaruh terhadap kedalaman gravir. Berdasarkan data yang diperoleh, jarak fokus 15 mm menghasilkan kedalaman gravir yang lebih besar dibandingkan jarak fokus 10 mm. Fenomena ini dapat dipengaruhi oleh perubahan distribusi energi pada permukaan material. Pada jarak fokus tertentu, sebaran titik fokus laser (spot size) dapat mempengaruhi intensitas energi yang diterima. Jarak fokus 15 mm dalam penelitian ini tampaknya menghasilkan distribusi energi yang lebih sesuai untuk meningkatkan aborsi

material, sehingga memperbesar kedalaman gravir. Namun, perlu dicatat bahwa peningkatan kedalaman pada fokus yang lebih besar dapat terkait dengan karakteristik optik peralatan laser yang digunakan. Dengan demikian, jarak fokus optimal dapat berbeda pada tiap jenis laser tergantung spesifikasi lensa dan sumber laser.

5. Perbandingan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa daya laser, kecepatan pemindaian, dan jarak fokus berpengaruh signifikan terhadap kedalaman gravir kayu mahoni. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pengaturan parameter laser merupakan faktor utama dalam menentukan kualitas dan efisiensi proses engraving. Penelitian Saragi et al. (2025) dan Saputra et al. (2024) menunjukkan bahwa peningkatan daya dan pengaturan kecepatan optimal menghasilkan proses pemesinan yang lebih presisi pada material akrilik. Meskipun berbeda material, pola pengaruh daya dan kecepatan yang ditemukan pada penelitian ini menunjukkan kesesuaian prinsip interaksi energi laser terhadap material. Suri et al. (2025) menekankan pengaruh daya laser terhadap kualitas visual ukiran kayu, sedangkan penelitian ini memperluas temuan tersebut dengan membuktikan bahwa peningkatan daya laser secara kuantitatif meningkatkan kedalaman gravir pada kayu mahoni. Selain itu, temuan jarak fokus 15 mm menghasilkan kedalaman lebih besar dibandingkan 10 mm memberikan kontribusi baru, karena variabel fokus belum banyak dibahas pada penelitian terdahulu. Dengan demikian, penelitian ini melengkapi state-of-the-art dengan analisis eksperimental yang lebih komprehensif pada material kayu mahoni menggunakan laser dioda, serta memberikan acuan praktis penentuan parameter optimal bagi industri kerajinan kayu.

6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variabel proses laser dioda terhadap kedalaman gravir pada material kayu, dapat disimpulkan beberapa hal penting sebagai berikut:

1. Daya laser merupakan faktor yang memberikan pengaruh paling besar terhadap kedalaman gravir. Peningkatan daya dari 5 W menjadi 15 W secara konsisten meningkatkan kedalaman gravir pada seluruh variasi kecepatan dan jarak fokus. Hal ini terjadi karena energi panas yang diterima material bertambah sehingga proses ablasi termal berlangsung lebih intens dan mampu mengangkat material dalam volume lebih besar.
2. Kecepatan laser berbanding terbalik dengan kedalaman gravir. Semakin tinggi kecepatan laser, semakin dangkal kedalaman gravir yang dihasilkan. Waktu interaksi laser yang lebih singkat mengurangi jumlah energi yang dapat diserap permukaan material, sehingga proses pelelehan dan penguapan menjadi kurang optimal.
3. Jarak fokus memengaruhi distribusi energi dan turut menentukan besarnya kedalaman gravir. Jarak fokus 15 mm menghasilkan kedalaman gravir yang lebih besar dibandingkan jarak fokus 10 mm. Hal ini menunjukkan bahwa jarak 15 mm mendekati titik fokus optimal pada konfigurasi optik laser yang digunakan, sehingga intensitas energi yang diterima material lebih terkonsentrasi.
4. Kombinasi parameter daya (10 W), kecepatan (2000 mm/menit), dan jarak fokus 15 mm menghasilkan kedalaman gravir 0,10 mm, dianggap sebagai parameter paling optimal untuk proses engraving pada kayu mahoni karena waktu pengerjaannya paling cepat dan debu sisa pembakarannya sedikit.

Kontribusi Penulis: Penulis berkontribusi secara utama dalam merancang dan melaksanakan keseluruhan penelitian. Kontribusi meliputi: (1) perancangan eksperimen untuk menguji pengaruh daya laser, kecepatan pemindaian, dan jarak fokus terhadap kedalaman gravir kayu mahoni pada kondisi terkontrol; (2) persiapan material uji kayu mahoni dan perancangan desain engraving; (3) pelaksanaan proses engraving menggunakan mesin laser dioda dengan variasi parameter yang ditetapkan; (4) pengambilan serta analisis data kuantitatif kedalaman gravir menggunakan depth gauge; dan (5) interpretasi hasil untuk menentukan pengaruh masing-masing parameter proses serta merumuskan rekomendasi pengaturan optimal bagi aplikasi industri kerajinan kayu.

Pendanaan: Penelitian ini dilaksanakan secara mandiri (self-funded) oleh penulis tanpa adanya sumber pendanaan eksternal dari lembaga pemberi hibah, institusi, atau organisasi

komersial manapun. Seluruh biaya yang terkait dengan pengadaan bahan, penggunaan alat laboratorium, dan operasional penelitian ditanggung secara pribadi oleh peneliti.

Pernyataan Ketersediaan Data: Data yang mendukung hasil penelitian ini tersedia dari penulis yang bersangkutan atas permintaan yang wajar. Data tersebut mencakup catatan eksperimen, data pengukuran mentah (raw data) kedalaman gravir hasil pengujian laser dioda, serta data pendukung lainnya yang digunakan dalam analisis dan pembahasan penelitian.

Ucapan Terima Kasih: Penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang tulus kepada Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember atas fasilitas laboratorium dan dukungan teknis yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Terimakasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, masukan, serta dorongan secara langsung maupun tidak langsung sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan finansial maupun non-finansial apapun yang dapat mempengaruhi hasil atau interpretasi dari penelitian yang dilaporkan dalam karya ilmiah ini.

Referensi

- [1] Z. Faudzana, N. A. Mufarida, and M. H. Bahri, “Pengaruh Variasi Sudut Pahat Terhadap Kekasaran Permukaan Material Baja St-42,” *J. Smart Teknol.*, vol. 4, no. 1, pp. 72–76, 2022.
- [2] A. R. Gunawan, N. A. Mufarida, and A. Finali, “Pengaruh Variasi Temperatur Pemanas Dan Media Pendingin Terhadap Tingkat Kekerasan Baja ST 42,” *J. Smart Teknol.*, vol. 2, no. 1, 2019.
- [3] & K. Romadhoni, A. B., Mufarida, N. A., “PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA ST 41,” 2019.
- [4] K. Kurniawan, Rosehan, and S. Lubis, “Pengaruh Kecepatan, Intensitas, Jarak Fokus Laser Grafir terhadap Kekasaran Permukaan pada Tumbler Stainless Steel 304,” *Poros*, vol. 18, no. 2, pp. 77–86, 2023, doi: 10.24912/poros.v18i2.19190.
- [5] D. Prayogo and N. A. Mufarida, “PENGARUH KECEPATAN DAN DAYA MESIN LASER GRAVIR PORTABLE BERBASIS MICRO-CONTROLLER ARDUINO TERHADAP HASIL GRAVIR BAHAN KULIT SAPI PADA INDUSTRI KERAJINAN KULIT MA’WA LEATHER CRAFT JEMBER,” 2020.
- [6] Wijayanto, “DIAPLIKASIKAN PADA KAYU MAHONI (The Quality Sticking Strength , Glossy Grade , Flexibility and Hardness of Several Finishing Materials Applied into Mahagony Wood),” vol. 9, no. 2, pp. 169–177, 2023.
- [7] A. Nugraha, I. W. Pradana, Y. Nugroho, and A. Nugroho, “Analisis Proses Laser Cutting dengan Variasi Cutting Speed, Jarak Focusline, dan Gas Pressure Terhadap Kekerasan dan Kekasaran Material MS SPHC,” *JMPM (Jurnal Mater. dan Proses Manufaktur)*, vol. 7, no. 2, pp. 160–169, 2023, doi: 10.18196/jmpm.v7i2.19459.
- [8] J. F. H. Saragi, E. P. D. Boangmanala, A. B. Pratama, and Sahat, “Program Studi Teknik Mesin , Jurusan Teknik Mesin , Politeknik Negeri Medan Program Studi Teknik Konversi Energi , Jurusan Teknik Mesin , Politeknik Negeri Medan 30 Saragi , Jandri Fan HT ; Analisis parameter pemesinan mesin CNC laser dengan controller ar,” vol. 11, no. 1, pp. 30–35, 2025.
- [9] I. F. Suri, M. D. Nugraha, F. Al Qorny, I. G. Febryano, and W. Hidayat, “PENGARUH VARIASI DAYA LASER CO₂ TERHADAP PERUBAHAN WARNA PERMUKAAN DAN PREFERENSI KONSUMEN PADA KAYU CEMPAKA (*Michelia champaca*),” *J. Nusa SyIva*, vol. 25, no. 1, pp. 23–32, 2025, doi: 10.31938/jns.v25i1.849.
- [10] B. Rusydi and R. Listiana, “Pengaruh Waktu Terhadap Kekuatan Laser Tree LT-40W-AA Pada Rancangan Bangunan Mesin CNC 3 Axis Berbasis Arduino Uno,” vol. 01, no. 3, pp. 207–213, 2025.
- [11] M. A. Saputra, D. Darmain, and Z. Zulkifli, “Pembuatan Mesin CNC Engraving Acrylic Dengan Daya Laser 3000 MW,” *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 8, no. 1, p. 57, 2024, doi: 10.30811/jmst.v8i1.5079.

- [12] M. Minarni, S. Saktiono, and G. L. Lestari, “Pengukuran Panjang Gelombang Cahaya Laser Dioda Menggunakan Kisi Difraksi Refleksi dan Transmisi,” 2013. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:190550156>
- [13] \vSandor Taka\vc and S. T. Stojanović, “[Characteristics of laser light].,” *Med. Pregl.*, vol. 52 1–2, pp. 29–34, 1999, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:22474236>
- [14] B. E. A. Saleh and M. C. Teich, *Fundamentals of photonics, 2 volume set.* john Wiley & sons, 2019.
- [15] A. H. Cahyono, N. A. Mufarida, and A. Finali, “Pengaruh Variasi Kecepatan Spindel dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Stainless Steel AISI 304 Pada Proses Frais Konvensional Dengan Metode Taguchi,” *J-Proteksjon J. Kaji. Ilm. dan Teknol. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 7–12, 2017.
- [16] I. I. Nurdianto, N. A. Mufarida, and N. Halim, “PENGARUH VARIASI SUHU TEMPERING TERHADAP KEKERASAN BAJA PEGAS JIS SUP 9 THE EFFECT OF TEMPERING TEMPERATURE VARIATION ON VIOLENCE OF SPRING STEEL JIS SUP 9”.
- [17] K. D. Lekat, N. Kilap, and F. Dan, “DIAPLIKASIKAN PADA KAYU MAHONI (The Quality Sticking Strength , Glossy Grade , Flexibility and Hardness of Several Finishing Materials Applied into Mahagony Wood),” vol. 9, no. 2, pp. 169–177, 2023.
- [18] S. Slamet and B. Santoso, “Karakterisasi Sifat Fisis , Mekanis dan Redaman Akustik Kayu Lokal Sebagai Bahan Alat Musik,” vol. 5, no. 163, pp. 101–107, 2023.
- [19] K. Alami, J. Kayu, J. Tectona, S. Paraserianthes, L. P. U. Tahun, and C. Candiana, “MAHONI (Swietenia macrophylla King) DAN,” vol. 13, no. 1, 2019.
- [20] A. Hasan Noval, M., Mufarida, N. A., & Finali, “PENGARUH VARIASI KECEPATAN MOTOR PADA MESIN PENGHALUS PERMUKAAN TIPE DISC DAN BELT TERHADAP TINGKAT KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA,” vol. 2, no. 2, pp. 29–36, 2018.