



# Analisis Parameter Permesinan Untuk Bahan Benda Kerja Papan Kayu Berbahan MDF Dengan Tebal 6 mm pada Rancang Bangun Mesin CNC Laser Dengan Kontroler Arduino Uno

Ghifar Al Aslama<sup>a</sup>, Jansen Wijaya<sup>a</sup>, Guna Hotdaniel Sitinjak<sup>a</sup>, Fathirizki Majid Batubara<sup>a</sup>, Jandri Fan HT Saragi<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1 Kampus USU, Medan, 20155, Indonesia

## INFO ARTIKEL

### Riwayat Artikel:

Diterima 2 September 2024

Diterima setelah revisi 20 Desember 2024

Disetujui 21 Desember 2024

### Kata kunci:

CNC Laser

Parameter Permesinan

Papan MDF

**Abstract-** CNC machines are one proof of the rapid development of technology that can help produce quality products. The use of lasers on CNC machines can produce optimal engraving. The purpose of this final project is to design a laser CNC machine with an Aruduino Uno controller. CNC laser engraver machine is a machine that is controlled using a computer to perform movements that can be used to engrave certain patterns or images automatically. A limit switch module is added to prevent damage due to movement errors. The research method in this final project is an experimental method in the form of engraving testing on MDF boards with a thickness of 6 mm. Testing has been successfully with the conclusion that a feedrate of 500 mm/min and 40% laser power can be used as an ideal parameter standard on MDF board workpieces with a thickness of 6 mm. Based on the tests that have been carried out, the influence of parameters greatly affects the final result.

**Intisari-** Mesin CNC (Computer Numerical Control) adalah salah satu bukti dari pesatnya perkembangan teknologi yang dapat membantu menghasilkan produk berkualitas. Penggunaan laser pada mesin CNC dapat menghasilkan pengukiran yang optimal. Tujuan tugas akhir ini membuat Rancang bangun mesin CNC laser dengan kontroler Aruduino Uno. Mesin CNC laser engraver adalah mesin yang dikendalikan menggunakan komputer untuk melakukan pergerakan yang dapat digunakan untuk mengukir pola atau gambar tertentu secara otomatis. Modul limit switch ditambahkan untuk mencegah kerusakan akibat kesalahan pergerakan. Metode penelitian dalam tugas akhir ini adalah metode eksperimen berupa pengujian pengukiran pada papan MDF dengan ketebalan 6 mm. Pengujian telah berhasil dilakukan dengan kesimpulan feedrate 500 mm/min dan daya laser 40% dapat dijadikan standar parameter yang ideal pada benda kerja papan MDF dengan ketebalan 6 mm. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, pengaruh parameter sangat berpengaruh terhadap hasil akhir.

## 1. Pendahuluan

Berkembangnya zaman seiring dengan ilmu pengetahuan dan teknologi. Perkembangan teknologi ini dapat kita lihat jelas khususnya di perindustrian Indonesia. Pekerjaan yang pada awalnya menggunakan tenaga manusia, kini beralih menggunakan mesin dan pekerjaanya sebagai operator. Salah satu tujuannya adalah menciptakan produk berkualitas tinggi, mengurangi waktu bahkan biaya produksi. Maka

diperlukan mesin CNC yang bersifat otomatis sebagai peralatan yang mendukung kinerja di industri modern.

Inovasi pada mesin CNC (Computer Numerical Control) sangat berpengaruh dalam bidang manufaktur dan industri. CNC adalah suatu sistem yang dasarnya mengubah bahasa program G-code menjadi gerakan-gerakan sumbu pada mesin. Singkatnya, sistem pada mesin CNC terdapat komputer yang berfungsi mengubah G-code ke bahasa mesin yg kemudian diproses lalu dikirim kepada driver motor dalam bentuk sinyal, baik sinyal analog maupun digital. Dalam hal ini, aplikasi

\* Corresponding Author:

E-mail: [jandrisaragi@polmed.ac.id](mailto:jandrisaragi@polmed.ac.id) (Jandri Fan HT Saragi)

LaserGRBL digunakan karena kemampuannya dalam mengubah vector gambar ke dalam G-code dan mengirimnya ke Arduino Uno yang selanjutnya menerjemahkannya satu-persatu agar dapat mengontrol motor stepper dan laser. Untuk produksi massal, penggunaan mesin CNC lebih unggul dikarenakan hasil yang lebih tepat, lebih teliti dan lebih fleksibel dibandingkan dengan mesin konvensional. Mesin CNC memungkinkan pembuatan produk dengan presisi tinggi.

Mesin CNC mampu melakukan berbagai proses seperti pemotongan, pengeboran, dan pengukiran dengan akurasi yang sulit dicapai oleh metode manual. Salah satu jenis mesin CNC yang semakin populer adalah mesin CNC laser, yang menggunakan sinar laser untuk mengukir material non-logam. Mesin ini dikenal dengan mesin CNC engraver.

Rancang Bangun Mesin *Laser Engraving* 2-D Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno, cara kerja mesin CNC engraving sama dengan mesin CNC pada umumnya. Sebagai alat produksi dan menggunakan perintah G-code. Pengujiannya terbatas pada benda kerja kayu dan logam yang dilapisi cat anodize. Pada pengujiannya didapatkan hasil bahwa mesin dapat bekerja sebagaimana mestinya tanpa ada permasalahan, mesin dapat membuat gambar pada benda kerja sesuai dengan input yang diberikan pada antarmuka [1].

Penggunaan mesin CNC sudah banyak digunakan industri besar, namun pada lingkup UMKM masih melakukan produksi dengan cara manual. Disebutkan bahwa, souvenir yang menjadi ciri khas suatu daerah proses produksinya masih manual yaitu menggunakan teknik sablon. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan inovasi yang dapat digunakan dalam proses produksi khususnya pada pelaku usaha menengah kebawah. Mesin CNC laser engraver dapat menjadi solusi yang tepat dari segi biaya pembuatan yang terjangkau dan hasil yang lebih berkualitas [2][3].

Penggunaan mesin CNC sebagai media pembelajaran praktek di sekolah baik di tingkat SMK hingga perguruan tinggi. Pembelajaran praktik CNC dapat membantu keterampilan peserta didik secara langsung. Namun kenyataannya, mesin CNC masih jarang ditemui dalam dunia pendidikan dikarenakan harganya yang mahal dan membutuhkan maintenance yang lebih [4].

Dalam industri furnitur dan kreatif tradisional, penggunaan kayu solid menjadi pilihan dalam pengukiran karena ketahanan dan keindahan serat alaminya. Kayu solid memberikan tampilan yang khas serta ketahanan terhadap beban dan kerusakan. Namun papan MDF atau Medium Density Fiberboard yang memiliki permukaan halus tanpa serat kini lebih sering digunakan oleh pengrajin untuk pengukiran dikarenakan lebih mudah untuk diukir dengan detail yang rumit [5]. Papan MDF dapat digunakan di berbagai aplikasi termasuk pembuatan furnitur hingga sebagai souvenir. Papan MDF terbuat dari serat kayu yang dipadatkan dengan resin, menghasilkan permukaan yang halus dan konsisten. Papan MDF (Medium Density Fibreboard) memiliki sejumlah ciri khas, di antaranya: kepadatan Sedang: MDF memiliki tingkat kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan papan partikel, tetapi masih lebih rendah dibandingkan kayu solid. Struktur papan MDF memiliki tekstur yang konsisten dan halus, tanpa adanya serat kayu yang terlihat. MDF tidak mudah berubah bentuk akibat pengaruh suhu atau kelembapan, sehingga memiliki kestabilan dimensi yang baik .

Papan MDF sangat mudah untuk dipotong, dibentuk, atau dipoles sesuai kebutuhan, MDF ini cukup stabil dan memiliki daya tahan yang baik serta memiliki permukaan yang licin dan halus, sehingga sangat

cocok untuk pengecatan, pelapisan, atau penggunaan veneer dan kertas melamin.

Papan MDF banyak dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan, seperti pembuatan furnitur, pintu, panel dinding, proyek konstruksi, dan desain interior. Dari segi biaya, papan MDF lebih ekonomis dibandingkan kayu solid memungkinkan pengrajin menghemat anggaran tanpa mengorbankan kualitas hasil akhir. Dipasaran papan MDF tersedia di berbagai ukuran dan sangat mudah untuk didapatkan. Keunggulan ini menjadikan papan MDF pilihan favorit pengrajin yang fokus pada detail dan efisiensi dalam proses pengukiran.

Pengukiran pada papan MDF menggunakan mesin CNC laser memerlukan parameter permesinan yang tepat guna menghasilkan hasil yang optimal. Kombinasi parameter yang dimaksud meliputi feedrate dan daya laser. Kecepatan gerak laser atau feedrate berpengaruh terhadap kekasaran hasil. Sedangkan daya laser berpengaruh pada kemampuan pengukiran terhadap material. Penggunaan parameter yang tepat dapat memberikan hasil yang maksimal, akurat dan efisien [5][6].

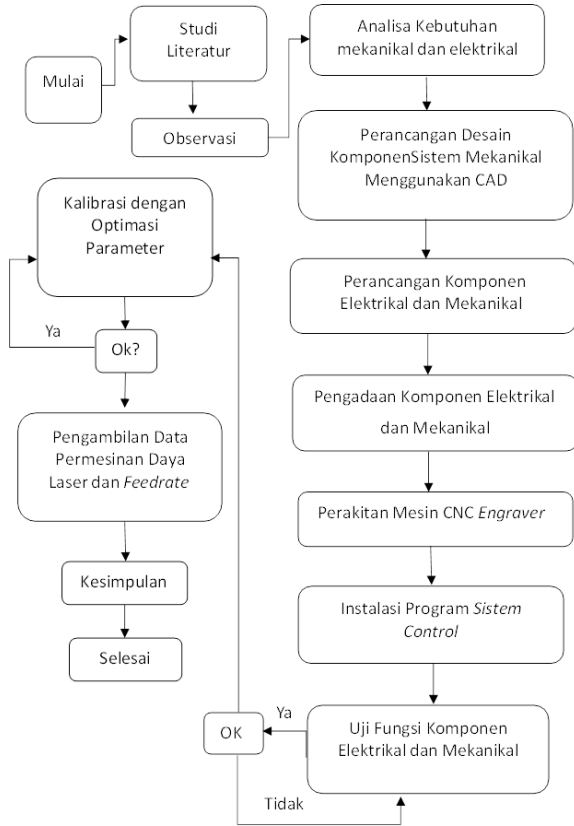
## 2. Metodologi

Alat yang berfungsi untuk mewujudkan barang sesuai desain melalui pemrograman dengan komputer menggunakan bahasa G-code dan diproses dalam sebuah mesin pemotong, pengukir, pengeboran dan lain-lain adalah mesin CNC. Mesin CNC memiliki keunggulan pada kepresisian dan keakuratan, penggunaan berbagai bahan material dasar, desain yang rumit dan waktu pengerjaan yang lebih efisien dibandingkan dengan proses secara manual [7].

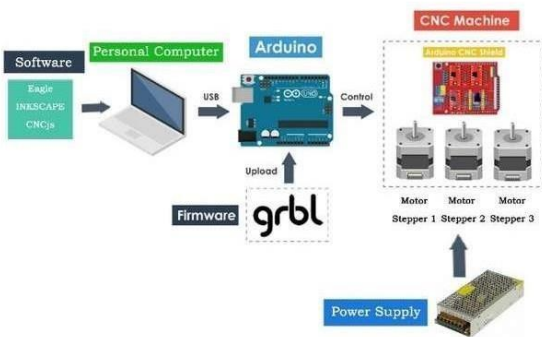
Mesin CNC dikembangkan pada tahun 1952 oleh Jhon Pearson dari Institut Teknologi Massachusetts yang awalnya diperuntukkan untuk membuat benda kerja khusus yang rumit. Mulai tahun 1975, produksi mesin CNC berkembang pesat dipacu oleh perkembangan mikroprosesor, sehingga volume unit menjadi lebih ringkas. Seiring dengan kemajuan teknologi di bidang komputer, maka dikembangkan sebuah software gambar Teknik dengan CAD, aplikasi tersebut dikenal dengan CAM (*Computer Aided Manufacturing*) [8][9]. Mesin CNC mengalami perkembangan menjadi mesin CNC Laser yang dapat mengukir bahkan memotong benda kerja. Prinsipnya hampir sama dengan mesin CNC pada umumnya, namun mesin CNC laser menggunakan cahaya laser untuk mengeksekusi benda kerja dan menggunakan komputer sebagai pengendali. Mesin CNC laser menggunakan motor stepper, pulley dan belt sebagai komponen penggerak yang terhubung dengan sistem kontrol melalui program perintah.

Langkah-langkah perancangan keseluruhan ditunjukkan pada Diagram Alir umum diatas. Pertama Studi literatur dan observasi dilakukan untuk mendapatkan informasi dan sebagai referensi tentang pembuatan dan pengujian mesin CNC *laser engraver*. Selanjutnya melakukan analisa terhadap kebutuhan sistem elektrikal dan mekanikal. Perancangan sistem mekanikal dan elektrikal dilakukan untuk mengetahui komponen yang diperlukan agar dapat dilakukan pengadaan komponen untuk rancang bangun mesin CNC *laser engraver*. Setelah pengadaan komponen terpenuhi, perakitan mesin CNC laser dapat dilakukan. Proses instalasi program sistem kontrol meliputi penginputan *firmware open source* ke dalam mikrokontroler sebagai pusat kendali untuk menjalankan perintah dari aplikasi Laser GRBL dengan

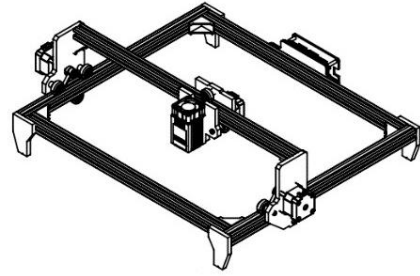
menghubungkan Arduino Uno ke PC melalui USB [10]. Uji komponen dilakukan untuk mengetahui apakah seluruh komponen dapat menerima data dan beroperasi sesuai perintah. Pengkalibrasian dilakukan untuk mengoptimalkan hasil yang tepat presisi dengan optimasi seperti daya laser, feedrate serta jarak fokus laser terhadap benda kerja. Pengambilan data dapat dilakukan dari hasil pengujian yang dilakukan.



Gambar 1. Diagram Alir umum Perancangan Mesin CNC Laser Engraver



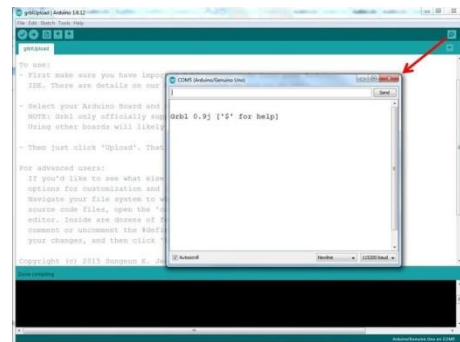
Gambar 2. Skematik Perancangan Sistem Kontrol [11]



Gambar 3. Komponen Mekanikal Mesin CNC Laser Engraver

Instalasi sistem kontrol merupakan tahapan menginstal atau menginput firmware GRBL ke dalam Arduino Uno. Pengunduhan dan penginstalan firmware GRBL harus dilakukan terlebih dahulu sebelum menggunakan CNC Shield dengan Arduino Uno. Berikut adalah tahapan yang dilakukan untuk menginstal GRBL pada Arduino.

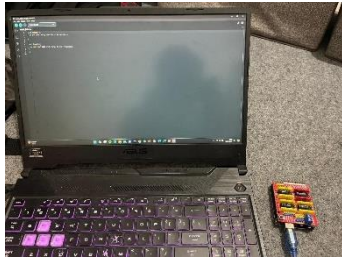
- a. Langkah pertama adalah mengunduh firmware GRBL dengan mengunjungi halaman Github GRBL <https://github.com/grbl/grbl>. Klik tombol “Code” dan pilih “Download ZIP” untuk mengunduh firmware.
- b. Instal aplikasi Arduino IDE.
- c. Selanjutnya input GRBL ke Arduino IDE dengan langkah Sketch > Include Library > Add .Zip Library. Masukkan file ZIP GRBL ke perpustakaan Arduino.
- d. Lalu unggah firmware GRBL ke Arduino dengan langkah
  1. Sambungkan terlebih dahulu Arduino Uno ke PC melalui USB.
  2. Buka Arduino Ide lalu klik File > Examples > grbl > grblUpload.
  3. Pilih papan Arduino dan port yang sesuai dibawah Tools > Board dan Tools > Port.
  4. Klik tombol Upload untuk mengunggah firmware GRBL ke Arduino.
- e. Verifikasi Instalasi :
  1. Setelah melakukan pengunggahan, buka Serial Monitor dari Arduino IDE pada Tools > Serial Monitor.
  2. Atur baud rate ke 115200.
  3. Pop up "Grbl x.xj ['\$' for help]" akan terlihat yang berarti GRBL sedang berjalan di Arduino.



Gambar 4. GRBL Sedang Berjalan Di Arduino

- f. Hubungkan CNC Shield ke Arduino
- g. Uji pengaturan

1. Gunakan pengirim G-code yang kompatibel dengan GRBL untuk menguji pengaturan. Beberapa opsi adalah GRBL Panel, Universal Gcode Sender dan lain-lain.
2. Muat file G-code sederhana dan kirim perintah untuk memastikan motor stepper merespon dengan benar.



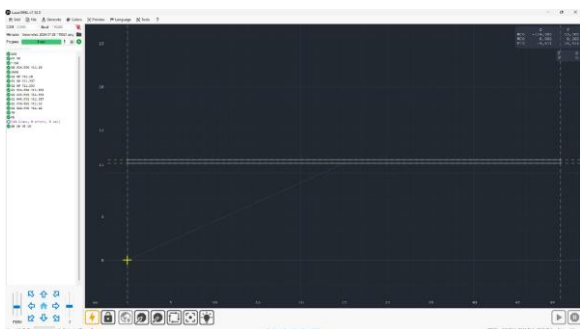
Gambar 5. Proses Menginput *Firmware* GRBL Kedalam Arduino Uno

Setelah tahapan perakitan komponen mekanikal dan elektrik selesai, tahapan berikutnya adalah melakukan pengujian performa dan fungsi alat. Hal ini dilakukan agar memastikan bahwa seluruh komponen hardware maupun software bekerja sesuai dengan perancangan. Tujuan dari uji performasi adalah untuk mengetahui hasil dari perancangan.

Pada pengujian fungsi, komponen hardware akan dioperasikan untuk mengetahui apakah motor stepper pada sumbu X dan Y dapat berotasi clockwise dan counter clockwise. Selanjutnya laser akan dioperasikan untuk mengetahui output laser sesuai dengan perancangan.

Setelah fungsi hardware diuji, selanjutnya melakukan pengujian pada software. Pengujian pada software meliputi bagaimana Laser GRBL, motor stepper dan Arduino Uno berkomunikasi dengan data input analog. Arduino uno akan berkomunikasi dengan driver motor berupa sinyal. Sinyal ini akan diubah menjadi pulsa-pulsa yang memungkinkan motor stepper bergerak secara diskrit. Berikut adalah beberapa hasil dari Uji Fungsi sebagai berikut:

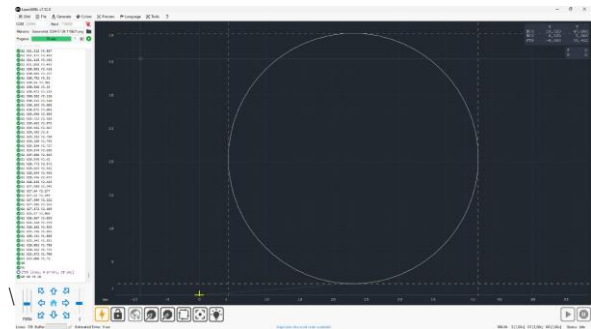
a. Pengujian Garis Lurus



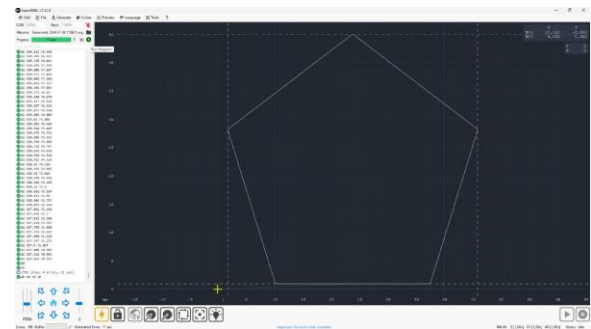
b. Pengujian Persegi



c. Pengujian Lingkaran

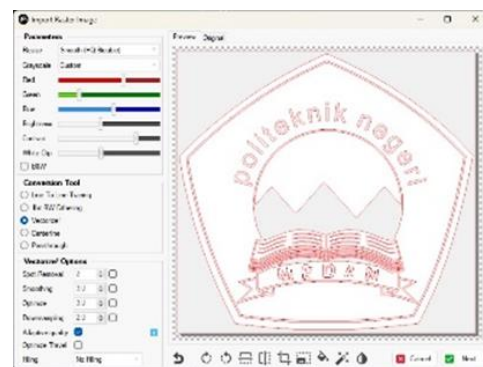


d. Pengujian Segi Lima






### 3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian kinerja mesin dilakukan dengan parameter feed rate dan daya laser terhadap papan MDF tebal 6 mm dengan menggunakan data atribut. Dalam pengujian ini, Penulis menggunakan logo “POLITEKNIK NEGERI MEDAN” yang telah dikonversikan menjadi gambar vektor. Untuk mengetahui nilai dari parameter yang digunakan pada proses grafir, maka dilakukan beberapa pengujian. Tampilan hasil gambar Vektor " Politeknik Negeri Medan " pada Software LASER GRBL sebagai berikut:






Gambar 6. Tampilan Vektor




**Tabel 1.** Pengujian Dengan Feedrate 250 mm/min

No	Feedrate (mm/min)	Daya laser (S-max)	Durasi (menit)	Hasil	Keterangan
1	250 mm/min	25%	11.44		Garis yang dihasilkan laser jelas, namun terlalu tebal pada gambar detail yg rumit
2	250 mm/min	40%	11.44		Garis yang dihasilkan tebal, untuk gambar yang detail tidak terlihat jelas
3	250 mm/min	55%	11.44		Garis yang dihasilkan sangat tebal sehingga kehilangan bagian gambar yang detail




**Tabel 2.** Pengujian dengan Feedrate 500 mm/min

No	Feedrate (mm/min)	Daya laser (S-max)	Durasi (menit)	Hasil	Keterangan
1	500 mm/min	25%	06.54		Garis yang dihasilkan jelas namun tidak terlalu tebal
2	500 mm/min	40%	06.54		Garis yang dihasilkan laser sangat jelas
3	500 mm/min	55%	06.54		Garis yang dihasilkan terlihat cukup tebal

**Tabel 3.** Pengujian dengan Feedrate 750 mm/min

No	Feedrate (mm/min)	Daya laser (S-max)	Durasi (menit)	Hasil	Keterangan
1	750 mm/min	25%	04.42		Garis yang dihasilkan tidak terlalu tebal
2	750 mm/min	40%	04.42		Garis yang dihasilkan jelas dan tebal
3	750 mm/min	55%	04.42		Garis yang dihasilkan laser terlalu tebal

**Tabel 4.** Pengujian dengan Feedrate 1000 mm/min

No	Feedrate (mm/min)	Daya laser (S-max)	Durasi (menit)	Hasil	Keterangan
1	1000 mm/min	25%	02.38		Garis yang dihasilkan tipis sehingga ada bagian yang tidak terukir
2	1000 mm/min	40%	02.38		Garis yang dihasilkan cukup jelas dan tebal
3	1000 mm/min	55%	02.38		Garis yang dihasilkan sangat jelas dan tebal

Berikut adalah analisis hasil pengujian pada mesin CNC laser engraver

1. Hasil grafir menunjukkan pengaruh feedrate yang begitu besar pada kontras serta tebal atau tipis nya pada hasil akhir pengukiran.
2. Kecepatan laju pergerakan laser mempengaruhi hasil gambar. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi feedrate, maka akan semakin berkurang tingkat ketelitian kontras pada garis. Pada analisa hasil pengujian diatas menggunakan visualisasi, feedrate yang melebihi 750 mm/min, maka garis yang dihasilkan dari hasil pembakaran sinar laser kurang jelas dan tidak kontras. Namun feedrate yang tinggi dapat dilaraskan dengan daya laser yang tinggi sehingga hasil pengukiran lebih jelas dan kontras.

3. Semakin tinggi feedrate, maka durasi waktu proses grafir juga semakin cepat.
4. Daya laser mempengaruhi hasil gambar. Semakin tinggi daya laser yang digunakan, maka semakin tinggi tingkat kontras garis dari hasil pembakaran laser. Pada analisa hasil pengujian diatas, daya laser yang melebihi S-max 40% akan menyebabkan hasil yang gosong diakibatkan daya laser yang terlalu tinggi.
5. Durasi proses grafir pada pengujian diatas beragam karena feedrate yang digunakan pada ketiga pengujian berbeda.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian pengukiran menggunakan Mesin CNC Laser Mesin CNC Laser Engraver telah berhasil dirancang dan berjalan dengan baik. Pengujian kalibrasi mesin CNC Laser Engraver melibatkan beberapa langkah penting. Diantaranya, dengan memastikan komponen perangkat terpasang dengan benar, melakukan input pada kontroler Arduino Uno menggunakan bahasa pemrograman yang sesuai, lakukan kalibrasi yang meliputi kecepatan gerak laser dan posisi awal. Setelah program dan komponen dipastikan sesuai maka lakukan uji operasi pada mesin. Kinerja mesin dan kalibrasi yang telah dilakukan membuktikan bahwa mesin dapat berjalan dengan baik, sehingga dapat menghasilkan data yang berdasar pada hasil eksperiman.

Dari hasil pengujian mesin CNC Laser Engraver, dapat disimpulkan bahwa material benda kerja dapat mempengaruhi kinerja mesin. Material yang lebih keras dan ketebalan yang lebih besar membutuhkan kecepatan pemotongan yang lebih lama dibandingkan dengan material yang bersifat lunak. Material yang menghasilkan kotoran atau debu dan serpihan dapat menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen mesin.

Berdasarkan pengujian grafir dengan metode feedrate dan daya laser dapat disimpulkan bahwa, pengaruh parameter pada hasil akhir dari kerja mesin CNC Laser Engraver sangat signifikan hasilnya terhadap hasil akhirnya. Pada hasil dari eksperimen yang dilakukan, daya sebesar 40% dan feedrate 500 mm/min menjadi standar parameter yang sesuai untuk pengerjaan pada media papan MDF dengan ketebalan 6 mm.

Waktu pengoperasian mesin CNC Laser Engraver berpengaruh pada tingkat kesulitan dan ketelitian dari gambar yang akan digrafir. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa, waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang maksimal adalah 6 menit 54 detik. .

#### Referensi

- [1] R. A. Putra, A. Rukmana, and A. F. Ikhsan, "Jurnal FUSE – Teknik Elektro Rancang Bangun Mesin Laser Engraving 2-D Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Design and Build an Arduino Uno Microcontroller based 2-D Laser Engraving Machine," vol. 2, no. 1, pp. 21–30, 2022.
- [2] T. U. Syamsuri and R. Sutjipto, "Perancangan dan Pembuatan Prototype Mesin CNC Laser Engraver Dengan Mikrokontroler sebagai Komunikasi Wireless," vol. 10, no. 1, pp. 60–65, 2023.
- [3] H. Seputro, D. T. Elektro, and F. T. Industri, "Mesin cnc," pp. 1–7.
- [4] M. Arduino, P. Studi, T. Mesin, F. Teknik, and U. Presiden, "Rancang Bangun Prototype Mesin Graver Laser Berbasis," vol. 3, no. 2, pp. 90–104, 2018.
- [5] M. Rosadi, N. F. Inna, and N. R. Wibowo, "Rancang Bangun Mesin CNC 2 Axis Sebagai Mesin Laser Engraving Menggunakan Laser Dioda Pada Media Kayu, akrilik dan tripleks Abstrak," pp. 13–20.
- [6] N. A. Sutisna and H. Fauzi, "Rancang Bangun Prototipe Mesin Graver Laser Berbasis," *J. Ind. Eng. Sci. J. Res. Appl. Ind. Syst.*, vol. 3, no. 2, pp. 90–104, 2018.
- [7] A. F. Rahman *et al.*, "PENGARUH DAYA LASER CO 2 TERHADAP

PERUBAHAN WARNA PERMUKAAN KAYU MERANTI ( *Shorea sp .* ) DAN PREFERENSI The Effect of CO 2 Laser Power on the Change of Meranti ( *Shorea sp .* ) Wood Surface Color and Consumer Preferences," vol. 2, no. November, pp. 60–68, 2022.

- [8] M. Rosadi *et al.*, "Rancang Bangun Mesin CNC 2 Axis Sebagai Mesin Laser Engraving Menggunakan Laser Dioda Pada Media Kayu, akrilik dan tripleks," *Mechatronics J. Prof. Entrep.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–20, 2019.
- [9] A. R. Widiyanto, "PROTOTYPE PEMBUATAN CNC DENGAN PEMANFAATAN."
- [10] Z. Zulfikar and Syafri, "Proses Produksi Prototipe Mesin CNC Router 3-axis," *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no. 2, pp. 1–6, 2017.
- [11] T. Akhir, "Desain Perangkat Lunak Pengirim GCode Pada Mesin Mini Computer Numerical Control Berbasis GRBL," 2021.