ANALISIS PARAMETER PEMESINAN MESIN CNC LASER DENGAN CONTROLLER ARDUINO UNO PADA BENDA KERJA AKRILIK DENGAN TEBAL 3 MM

Jandri Fan HT Saragi[1], Eka Putra Dairi Boangmanaalu[2*], Angga Bahri Pratama[3], Sahat[1]

[1] Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan

[2] Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan

[3] Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan

Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, Medan 20115, Indonesia

jandrisaragi@polmed.ac.id [1]

ABSTRAK

Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) telah merevolusi proses manufaktur dan teknik mesin dengan menggantikan metode manual yang mengandalkan tenaga kerja manusia. Inovasi penting dalam teknologi CNC adalah penggunaan laser, yang sangat bermanfaat dalam industri pengukiran (*engraving*). Mesin CNC Laser digunakan untuk mengikis material seperti papan MDF setebal 3 mm mengikuti pola desain yang telah ditentukan. Tingkat presisi, laju pelepasan, dan kualitas pengukiran bergantung pada sifat material, karakteristik sumber laser, dan parameter laser. Tujuan dari penelitian ini adalah menemukan parameter permesinan yang tepat untuk media benda kerja papan MDF dengan ketebalan 3 mm dan mengetahui waktu pengerjaan yang optimal dalam pengukiran pada media benda kerja papan MDF dengan ketebalan 3 mm. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Hasil dari penelitian ini adalah *feedrate* yang digunakan adalah 750 mm/min dan daya laser sebesar 40% dengan waktu pengerjaan 4 menit 42 detik untuk menyelesaikan pengukuriran pada Logo pada papan MDF dengan ketebalan 3 mm.

Kata kunci :CNC laser, papan MDF, daya laser, kecepatan pengukiran.

Abstract

CNC (Computer Numerical Control) machines have revolutionized manufacturing processes and mechanical engineering by replacing manual methods that rely on human labor. A significant innovation in CNC technology is the use of lasers, which are highly beneficial in the engraving industry. CNC Laser machines are used to etch materials like 3 mm thick MDF boards according to predetermined design patterns. The precision level, removal rate, and engraving quality depend on the material properties, laser source characteristics, and laser parameters. The objective of this research is to determine the appropriate machining parameters for 3 mm thick MDF boards and to identify the optimal working time for engraving on this material. The method used in this study is the experimental method. The results of this research show that the feedrate used is 750 mm/min and the laser power is set at 40%, with a processing time of 4 minutes and 42 seconds to complete the engraving of a logo on a 3 mm thick MDF board.

Keywords **:** *CNC laser, MDF board, laser power, engraving speed.*

PENDAHULUAN

Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) merupakan inovasi penting dalam bidang manufaktur dan teknik mesin, yang telah mengubah cara produksi dilakukan. Pada awalnya, proses manufaktur dilakukan secara manual dengan alat-alat mekanik yang dioperasikan oleh tenaga kerja manusia [1]. Metode ini memiliki keterbatasan dalam hal kecepatan, ketepatan, dan konsistensi, serta rentan terhadap kesalahan manusia. Salah satu perkembangan yang sangat signifikan dalam teknologi CNC adalah penggunaan Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) sebagai alat utamanya [2], [3]. Mesin CNC Laser memungkinkan pemrosesan material dengan tingkat akurasi dan detail yang tinggi, cocok untuk aplikasi seperti pembuatan prototipe, seni, hiasan, dan komponen industri lainnya. Mesin CNC Laser merupakan teknologi yang digunakan untuk

menggores, mengukir, hingga memotong bahan-bahan tertentu seperti logam, kayu, kulit, dan akrilik [4], [5]. Teknologi Laser ini telah banyak digunakan dalam berbagai bidang industri manufaktur, usaha kecil, dan juga dibidang pendidikan [6], [7].

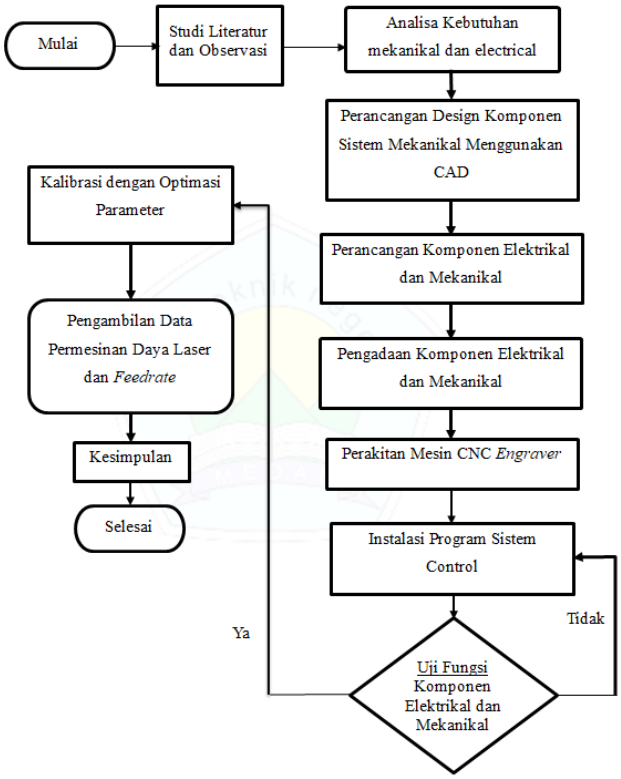
Potensi mesin CNC Laser dibutuhkan bagi industri manufaktur yang berkaitan dalam bidang pengukiran (*engraving*). Teknologi ini juga digunakan dalam bidang seni atau keterampilan yang tertuju pada kerajinan berbahan papan kayu, kulit, dan juga akrilik. Dalam hal ini laser digunakan untuk mengikis sebagian besar benda kerja mengikuti pola yang telah didesain. Tingkat presisi bentuk, laju pelepasan, dan kualitas hasil pengukiran sangat bergantung pada sifat material, karakteristik sumber laser, dan parameter laser [8][9].

Papan serat berperekatan sedang atau papan MDF (*Medium Density Fiberboard*) adalah salah satu produk panel kayu yang terbuat dari berbagai jenis serat kayu atau limbah berbahan lignoselulosa yang dalam pembentukannya perlu menambahkan bahan perekat untuk menyatukan antara ikatan serat. Penggunaan papan MDF sebagai benda uji berdasar pada kelebihan yang dimiliki oleh papan MDF, yaitu papan MDF merupakan papan yang memiliki permukaan halus, memiliki fungsi serbaguna, serta merupakan salah satu bahan yang mudah untuk ditemukan dan juga harga yang relatif lebih murah [10].

Dalam penelitian ini kombinasi dari beberapa parameter permesinan sangat berpengaruh untuk memperoleh hasil yang maksimal, akurat, efisien, dan meminimalisir kesalahan. Mesin ini diharapkan mampu bersaing dengan produk mesin CNC lain yang beredar dipasaran, namun dengan harga yang terjangkau serta pengoperasian yang lebih mudah.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah dimulai dengan studi literatur, observasi, perancangan alat, perakitan, pengujian, dan pengambilan data.



Gambar 1 Diagram penelitian

Berikut alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini.

Alat

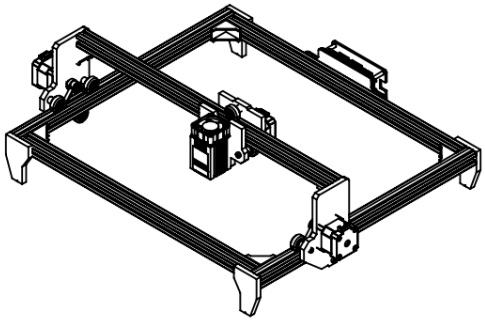
1. Mesin CNC CO2
2. Tap
3. Kunci L M5 M3 dan Obeng

Bahan

1. Rangka Aluminium
2. *Arduino Board*
3. *CNC shield*
4. *Stepper Motor Driver*
5. *Motor Stepper*
6. Adaptor ACDC
7. Laser
8. *Timing pulley*
9. Timing belt
10. V-Wheel
11. Kabel jumper
12. Limit Switch

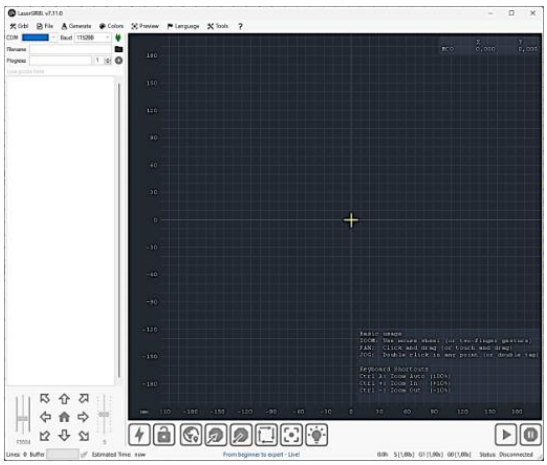
Perancangan sistem mekanikal menjadi dasar pembuatan pada mesin CNC laser dengan cara merancang menggunakan *software CAD* agar pola rancangan tersusun dengan baik. *Computer-Aided Design (CAD)* adalah teknologi yang digunakan untuk membantu proses perancangan dengan bantuan komputer. Perancangan sistem elektrikal dilakukan menyesuaikan dengan komponen mekanikal untuk mengetahui komponen-komponen

yang digunakan serta alur perakitan komponen elektrikal.



Gambar 2 Disain Komponen Mekanikal Mesin *CNC Laser Engraver* Menggunakan CAD

Uji keseluruhan dari komponen dari rangkaian mesin CNC. Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui bahwa komponen elektrikal dapat menerima data dan beroperasi sesuai dengan perintah yang ada di *software laser GRBL*. Aplikasi Laser GRBL digunakan untuk mengontrol komponen dan menguji kinerja pada mesin CNC Laser. Aplikasi Laser GRBL merupakan aplikasi yang dapat mengirimkan *file G-code* ke Arduino, yang memungkinkan Arduino untuk membaca perintah dalam bentuk *G-code* [11] [12].



Gambar 3 *Software laser GRBL*

Dalam penggunaan aplikasi Laser GRBL, komputer harus memberikan perintah untuk mengatur pergerakan *Motor Stepper* terhadap sumbu X dan sumbu Y. Aplikasi Laser GRBL memudahkan pemograman mesin CNC Laser pada sistem mikrokontroler pengguna. Aplikasi Laser GRBL juga dapat digunakan untuk melakukan kalibrasi pada mesin CNC Laser seperti arah sumbu, jarak sumbu, kecepatan pergerakan sumbu, dan lainnya.

Untuk mendapatkan gerakan motor yang presisi serta fungsi komponen, maka dilakukan pengujian pada komponen pada Mesin *CNC Laser Engraver*.

Tabel 1. Pengujian Fungsi Mesin

No	Pengujian	Tujuan
1	*Motor stepper*	*Motor stepper* dapat berotasi searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam.
2	Laser	Laser dapat membakar dan melakukan grafir pada permukaan material.
3	Mesin CNC *Engraver*	Untuk mengetahui bahwa semua komponen *hardware* dan *software* berjalan dengan baik.

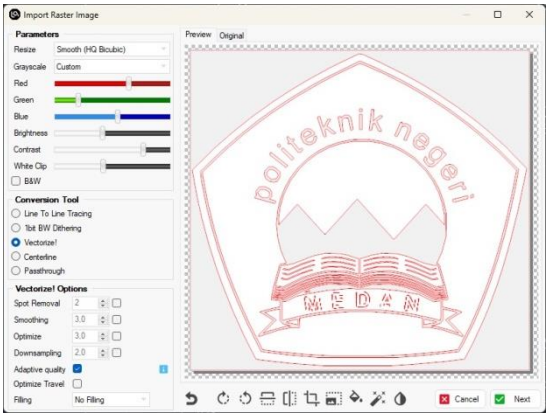
Pada hasil pengujian *motor stepper*, gerak sumbu x dan y beroperasi dengan baik. Motor dapat berotasi searah maupun berlawanan jarum jam. Pada laser setelah di uji, dapat membuat titik bakaran pada permukaan material, sedangkan pada keseluruhan mesin *CNC Engraver* baik *hardware* maupun *software* berjalan dengan baik.

Setelah seluruh komponen dipastikan bekerja dengan baik, lakukan kalibrasi komponen yang bertujuan untuk mengoptimalkan hasil yang presisi dengan optimasi pengujian terhadap mesin yang dipengaruhi beberapa faktor seperti *feedrate*, daya dan jarak fokus laser terhadap benda kerja. Lakukan pengambilan data yang diperoleh berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian

Pengujian kinerja mesin dilakukan dengan parameter *feedrate* dan daya laser terhadap papan MDF dengan ketebalan 3 mm dengan menggunakan data atribut. Dalam pengujian ini, penulis menggunakan logo "Politeknik Negeri Medan" yang telah dikonversikan menjadi gambar vektor.



Gambar 4 Tampilan hasil gambar Vektor " Politeknik Negeri Medan " pada *Software LASER GRBL*.

Untuk mengetahui nilai dari parameter yang digunakan pada proses grafir, maka dilakukan beberapa pengujian. Pengujian dengan metode optimasi parameter *feedrate* dan daya laser Untuk mengatahui durasi proses dan hasil grafir, pengujian Mesin CNC *Laser Engraver* dilakukan menggunakan kombinasi parameter kecepatan gerak laser 250 mm/min, 500 mm/min, 750 mm/min dan 1000 mm/min. Daya laser yang digunakan sebesar 25%, 40% dan 55%.

Tabel 2. Pengujian dengan metode parameter *feedrate* 250 mm/min

No	*Feedrate* (mm/min)	Daya laser	Hasil
1	250 mm/min	25%	
2	250 mm/min	40%	
3	250 mm/min	55%	

Pada Tabel 2, diketahui percobaan pertama dengan *feedrate* 250 mm/min dan daya laser 25% dihasilkan garis tebal namun kurang terlihat jelas pada bagian detail logo. Pada percobaan kedua dengan *feedrate* 250 mm/min dan daya laser 40% dihasilkan garis yang tebal tetapi pada bagian yang detail sudah tidak terlihat. Sedangkan pada percobaan yang ketiga dengan *feedrate* 250 mm/min dan daya laser 55% dihasilkan garis yang sangat tebal sehingga bagian detail tidak dapat dicapai.

Tabel 3. Pengujian dengan metode parameter *feedrate* 500 mm/min

No	*Feedrate* (mm/min)	Daya laser	Hasil
1	500 mm/min	25%	
2	500 mm/min	40%	
3	500 mm/min	55%	

Pada Tabel 3, diketahui percobaan pertama dengan *feedrate* 500 mm/min dan daya laser 25% dihasilkan garis cukup tebal tetapi dan pada bagian detail terlihat baik. Pada percobaan kedua dengan *feedrate* 500 mm/min dan daya laser 40% dihasilkan garis lebih jelas namun bagian detail masih kurang terlihat. Sedangkan pada percobaan yang ketiga dengan *feedrate* 500 mm/min dan daya laser 55% dihasilkan garis terlalu tebal sehingga bagian detail tidak terlihat.

Tabel 4. Pengujian dengan metode parameter *feedrate* 750 mm/min

No	*Feedrate* (mm/min)	Daya laser	Hasil
1	750 mm/min	25%	

2	750 mm/min	40%	
3	750 mm/min	55%	

Pada Tabel 4, diketahui percobaan pertama dengan *feedrate* 750 mm/min dan daya laser 25% dihasilkan garis yang kurang kontras. Pada percobaan kedua dengan *feedrate* 750 mm/min dan daya laser 40% dihasilkan garis cukup tebal dan bagian detail juga terlihat baik. Sedangkan pada percobaan yang ketiga dengan *feedrate* 750 mm/min dan daya laser 55% dihasilkan garis yang jelas namun pada bagian detail tampak kurang jelas.

Tabel 5. Pengujian dengan metode parameter *feedrate* 1000 mm/min

No	*Feedrate* (mm/min)	Daya laser	Hasil
1	1000 mm/min	25%	
2	1000 mm/min	40%	
3	1000 mm/min	55%	

Pada Tabel 5, diketahui percobaan pertama dengan *feedrate* 1000 mm/min dan daya laser 25% dihasilkan garis yang kurang kontras. Pada percobaan kedua dengan *feedrate* 1000 mm/min dan daya laser 40% dihasilkan garis cukup kontras namun ketebalan garis masih kurang baik. Sedangkan pada percobaan yang ketiga dengan *feedrate* 1000 mm/min dan daya laser 55% dihasilkan garis cukup baik namun pada bagian detail kurang terlihat jelas.

Hasil grafir pada tabel-tabel diatas menunjukan pengaruh *feedrate* dan daya yang begitu besar pada kontras serta tebal ataupun tipisnya pada hasil akhir penggrafiran. *Feedrate* mempengaruhi hasil gambar. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi *feedrate*, maka akan semakin berkurang tingkat ketelitian kontraks pada garis. Pada analisis hasil pengujian pada tabel-tabel diatas, *feedrate* yang melebihi 750 mm/min, maka garis yang dihasilkan dari hasil pembakaran sinar laser kurang jelas dan tidak kontraks. Begitu juga sebaliknya, semakin rendah *feedrate* yang digunakan maka semakin tebal dan dalam pembakaran laser pada benda uji. Hal ini dikarenakan, pada *feedrate* yang rendah proses pembakaran pada media papan MDF terlalu lama sehingga menyebabkan hasil pengukiran yang gosong. *Feedrate* yang tinggi menghasilkan hasil pembakaran yang lebih tipis, hal ini dikarenakan pembakaran yang dilakukan pada media papan MDF lebih cepat. Semakin tinggi *feedrate*, maka durasi hasil waktu proses grafir juga semakin cepat.

Daya laser memengaruhi 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. Durasi proses grafir pada pengujian di atas beragam karena *feedrate* yang digunakan pada ketiga pengujian berbeda.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian mesin *CNC Laser Engraver*, dapat disimpulkan bahwa material benda kerja dapat mempengaruhi kinerja mesin. Material yang lebih keras seperti baja lunak dan *Stainless Steel* serta ketebalan yang lebih besar membutuhkan kecepatan pemotongan yang lebih lama antara 10 – 60 mm/menit dibandingkan dengan material yang bersifat lunak seperti kayu, MDF dan plastik yang memiliki kecepatan pemotongan antara 80 – 300 mm/menit. Material yang dapat menghasilkan kotoran atau debu dan serpihan dapat menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen mesin bila dibiarkan tanpa adanya dilakukan tindakan perawatan. 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* 750 mm/min menjadi standart parameter yang sesuai untuk pengerjaan pada media papan MDF dengan ketebalan 3 mm. Waktu pengoperasian mesin *CNC Laser Engraver* berpengaruh pada tingkat kesulitan dan ketilitian dari gambar yang akan digrafir. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa, waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang maksimal adalah 4 menit 42 detik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] T. U. Syamsuri and R. Sutjipto, "Perancangan dan Pembuatan Prototype Mesin CNC Laser Engravir Dengan Mikrokontroler sebagai Komunikasi Wireless," vol. 10, no. 1, pp. 60–65, 2023.

[2] A. R. Widiyanto, "PROTOTYPE PEMBUATAN CNC DENGAN PEMANFAATAN MOTOR STEPPER BERBASIS ARDUINO UNO Alfin," *J. Tektro*, pp. 1–10, 2020.

[3] A. Gumelar, "Rancang Bangun Cnc (Computer Numerically Controlled) PCB Layout Berbasis Mikrokontroler P- ISSN : 2302-3295," vol. 8, no. 3, 2020.

[4] V. Octowinandi, "Pengukuran Hasil Dari Mesin Laser Engraving Pada Material Akrilik Dan Pvc," *J. Appl. Sci. Electr. Eng. Comput. Technol.*, vol. 3, no. 01, pp. 34–48, 2022, doi: 10.30871/aseect.v3i01.4399.

[5] 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.

[6] S. Sragen, "KESIAPAN PELAKSANAAN PEMBELAJARAN PRAKTIK MESIN CNC DI SMK," pp. 277–286, 2001.

[7] M. D. Purwanto and A. Basuki, "Pemanfaatan teknologi open source untuk meningkatkan mutu produk industri kerajinan," *Pros. Semin. Nas. Ind. Kerajinan dan Batik Membangun Ind. Kerajinan dan Batik yang Tangguh di Masa Pandemi*, pp. 1–16, 2020.

[8] D. Sugiyanto, A. S. Uyun, and D. M. Jihad, "Pengaruh Jarak Dan Panas Sinar Laser Terhadap Hasil Engraving Pada Material Kayu Menggunakan Mesin Cnc Laser Diode," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 1, pp. 39–47, 2023, doi: 10.21776/jrm.v14i1.1036.

[9] P. M. Scm *et al.*, "Ketua Peneliti 45 Pratama , Arianda , dkk .; Variasi Sudut Potong dan Kecepatan Potong Terhadap Laju Pemakanan Material SCM 440 46 Pratama , Arianda , dkk .; Variasi Sudut Potong dan Kecepatan Potong Terhadap Laju Pemakanan Material SCM 440," vol. 9, no. 2, pp. 45–50, 2023.

[10] R. Amany, "Pengaruh Daya Laser CO2 Terhadap Perubahan Warna dan Kekasaran Permukaan Papan Partikel dan MDF," *Fak. Pertan.*, pp. 1–58, 2022.

[11] G. Al, J. Wijaya, G. Hotdaniel, F. Majid, and J. Fan, "Jurnal Inovator 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," vol. 7, no. 2, pp. 78–83, 2024.

[12] J. T. Mesin *et al.*, "15 Efendi , Rustam , dkk ; Rancang Bangun Data Logger Termokopel Berbasis Arduino Mega 2560 Skala Laboratorium 16 Efendi , Rustam , dkk ; Rancang Bangun Data Logger Termokopel Berbasis Arduino Mega 2560 Skala Laboratorium," vol. 9, no. 2, pp. 15–19, 2023.