

Perancangan dan Pembuatan *Prototype* Mesin CNC Laser *Engraver* Dengan Mikrokontroler sebagai Komunikasi *Wireless*

Tresna Umar Syamsuri^{*}), Epiwardi^{a)}, Rachmat Sutjipto^{a)}

(Artikel diterima: Januari 2023, direvisi: Februari 2023)

Abstract: To support the creative economy, creative ideas are needed which are then transformed into concrete reality. One of the concrete creative ideas is art craftsmen, for example, painting, sculpture, three-dimensional art, sculpture and many more. The promising craft today is the souvenir craft, which has various forms and functions. In this research, the authors specialize in the craft of engraved souvenirs where most of these craftsmen still work on their crafts using conventional media. The purpose of this research is to design and manufacture a prototype CNC Laser Engraver machine with a microcontroller with wireless data communication which is expected to help improve the quality of the production of souvenir craftsmen. The method used is an experimental method in the form of designing, manufacturing and testing the mechanical work of each linear axis of the CNC Laser Engraver machine. With this research it is hoped that a control system scheme for a prototype CNC Laser Engraver machine can be obtained, to be applied to a real CNC Laser Engraver machine. From the results of testing this machine prototype, some data was obtained, namely a machine with three axes of motion, a microcontroller for wireless communication, a laser module with a diode capacity of 1000 mW and a maximum work area of 38 mm x 38 mm x 20 mm, which can help small industries and businesses. small and medium enterprises in the production process of various forms of creative carvings for various materials.

Keywords: Craft Souvenirs, CNC Laser Engraver, Microcontroller, Wireless, CNC

1. Pendahuluan

Pada era perkembangan *industry* 4.0 saat ini, sering kali jumlah permintaan konsumen lebih banyak dari jumlah produksi. Hal ini tentunya sangat membanggakan sekaligus memprihatinkan. Salah satunya yaitu pada proses produksi kerajinan berupa *souvenir*. *Souvenir* tentunya sangat amat dicari bagi sebagian orang pengunjung maupun wisatawan dari berbagai macam daerah yang ingin mengabadikan perjalanannya dalam sebuah bentuk kenang-kenangan berupa oleh-oleh yang memiliki ciri khas tersendiri dari suatu daerah tersebut yang tidak dimiliki oleh daerah lain. Selain itu, *souvenir* juga bisa digunakan sebagai buah tangan dari acara penting lainnya, seperti perlombaan, pernikahan, dan masih banyak acara-acara penting lainnya.

Jika kita amati dari segi proses produksi *souvenir* di salah satu produsen *souvenir* di beberapa daerah di Indonesia, terdapat salah satu produsen kerajinan *souvenir* yang bertindak sebagai produsen sekaligus *supplier* berbagai macam jenis *souvenir*, mulai dari gantungan kunci hingga *souvenir* untuk acara pernikahan. Akan tetapi, proses produksi *souvenir* masih dilakukan dengan cara manual, yaitu menggunakan teknik sablon dalam setiap macam bentuk media *souvenir*.

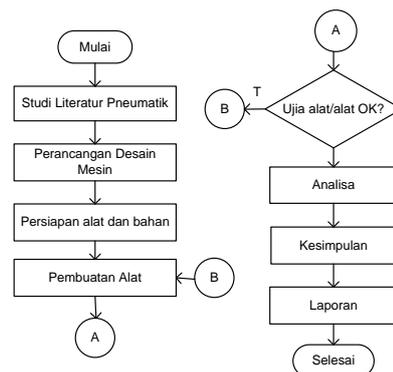
Melihat keadaan seperti ini perlunya adanya pengembangan inovasi teknologi yang nantinya dapat digunakan pada proses produksi *souvenir*. Sehingga proses produksi *souvenir* [1] bisa dilakukan secara cepat dan hasil grafis dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Maka dari itu, penulis merancang sebuah mesin CNC laser *engraver* dengan menggunakan mikrokontroler sebagai komunikasi secara *wireless* antara desain dan benda kerja yang dari segi biaya pembuatannya terjangkau bagi pemilik usaha *souvenir* di kalangan UMK. Dengan adanya mesin ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas pembuatan *souvenir* yang lebih banyak, lebih efisien dan semakin berkembang usaha produksi *souvenir* untuk masa depannya. Atas dasar tersebut, penulis

mengambil judul "Perancang Pembuatan *Prototype* Mesin CNC Laser *Engraver* dengan Mikrokontroler sebagai Komunikasi *Wireless*", untuk penunjang kerajinan *souvenir*.

Sudah banyak penelitian terkait yang menggunakan CNC Laser *Engraver* berbeda seperti "Desain Sistem Manufaktur Mesin CNC Laser *Engraver*"[2], "Rancang Bangun Mesin Laser *Engraver* and *Cutter*"[3], dan "Rancang Bangun Mesin CNC *Engraver* Mini"[4], hampir kesemuanya menggunakan CNC Laser *Engraver*.

2. Metode Penelitian

Adapun diagram alir untuk mempermudah pembuatan *prototype* mesin CNC laser *engraver* sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Mesin

Keterangan Gambar 1:

1. Studi literatur
Studi literatur dengan cara mencari referensi berupa buku, jurnal penelitian, dan artikel-artikel yang berkaitan dengan judul Penelitian.
2. Perencanaan desain dan alat.
Pembuatan desain ini bertujuan untuk mendapatkan desain dan mekanisme yang optimal dengan memperhatikan data-data yang diperoleh dari studi literatur. Pembuatan desain mesin CNC laser *engraver*

* Korespondensi: tresna.umar@polinema.ac.id

a) Prodi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141

menggunakan *software autocad* 2019.

3. Persiapan alat dan bahan

Persiapan komponen-komponen dan alat untuk membuat mesin CNC laser *engraver*, baik berupa komponen mekanik, mikrokontroler, dan alat penunjang lainnya untuk proses pembuatan mesin CNC laser *engraver*.
4. Pembuatan alat

Perakitan dan pembuatan mesin CNC laser *engraver*, mulai dari perakitan komponen mekanik penggerak, *wiring configuration* dari mikrokontroler, serta pemrograman *software* mesin CNC laser *engraver*.
5. Pengujian sistem mesin CNC

Pengujian kerja mesin berupa pengujian kepresisian hasil kerja mesin, pengujian sudut hasil kerja mesin, dan pengujian parameter-parameter energi mesin CNC laser *engraver* sesuai dengan metode operasi kecepatan yang diterapkan. Jika hasil pengujian tidak atau kurang sesuai dengan yang diharapkan maka mesin dan program diperbaiki ulang.
6. Analisa hasil kerja mesin CNC

Analisa hasil pengoperasian mesin CNC laser *engraver* apakah sesuai dengan *mode* operasi kecepatannya. Apakah sudah sesuai dengan desain gambar yang diinginkan.
7. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil analisa parameter-parameter operasi dari mesin CNC laser *engraver*.
8. Laporan

Untuk dokumentasi dari sebuah kegiatan maka dibutuhkan laporan yang ditulis dalam sebuah laporan atau jurnal.

2.1 Mesin CNC

Mesin *Computer Numerical Controlled* atau biasa disebut CNC adalah sebuah mesin perkakas otomatis yang dapat diprogram secara numerik dengan bantuan *computer* yang kemudian disimpan melalui sebuah media penyimpanan. Mesin CNC terdiri dari beberapa sumbu gerak yang dimana masing-masing sumbu digerakkan menggunakan motor *stepper*. Media alat kerja dari mesin CNC dapat disesuaikan dengan kebutuhan desain untuk media dua dimensi maupun tiga dimensi.

2.2 Arduino

Arduino adalah suatu modul elektronik yang diprogram bersifat *open source* yang memiliki komponen utama berupa *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Sedangkan mikrokontroler itu sendiri merupakan sebuah *chip* atau IC (*Integrated Circuit*) yang bisa kita program dengan bantuan *computer*. Alasan penanaman program pada mikrokontroler ialah agar rangkaian elektronik dapat digunakan untuk membaca sebuah *input*, memproses *input* tersebut, dan kemudian menginstruksi sebuah *output* untuk aktif sesuai dengan *channel output* yang telah diprogram. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tugas dari mikrokontroler yaitu sebagai otak pengendalian sistem suatu proses.



Gambar 2. Arduino Uno

2.3 Driver A4988

Untuk mendapatkan gerakan *stepping* motor *stepper* yang

halus, motor *stepper* membutuhkan sebuah *driver* untuk berputar. Salah satu jenis *driver* motor *stepper* yang paling populer dipasaran yaitu, *driver* A4988. *Driver* A4988 merupakan suatu *driver* motor *stepper* yang memiliki penerjemah bawaan sehingga dapat digunakan untuk mengoperasikan motor *stepper* bipolar dengan *mode full-step, half-step, quarter-step, eight-step, dan sixteenth-step*. Untuk penggunaan beberapa buah motor *stepper* dengan *driver* A4988 pada mikrokontroler, memerlukan sebuah modul *expansion* tambahan lagi berupa CNC *Shield* dalam penggunaannya.



Gambar 3. Driver A4988

2.4 Esp-01

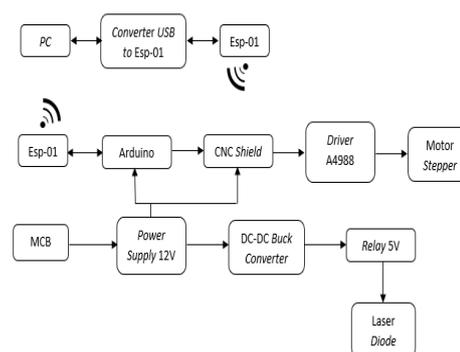
Esp-01 adalah suatu modul yang memungkinkan mengakses sebuah mikrokontroler melalui media *internet*. Modul Esp-01 tergolong *stand alone* atau SoC (*System on Chip*) yang tidak selalu bergantung pada mikrokontroler lainnya untuk mengontrol *input* dan *output*. Akan tetapi Esp-01 memiliki *input output* yang sangat sedikit dibandingkan kontroler lainnya. Atas pertimbangan *input output* tersebut, sehingga penggunaan modul *wifi* Esp-01 kebanyakan digunakan untuk penjembaran mikrokontroler lainnya untuk terhubung ke media *internet*.



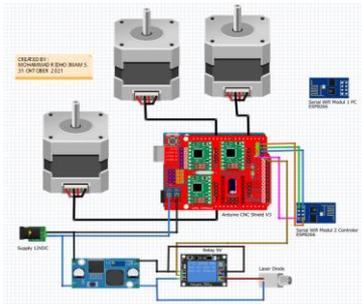
Gambar 4. Esp-01

3. Perancangan

Adapun perancangan skematik yang berisi konsep dasar pembuatan *prototype* mesin CNC pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



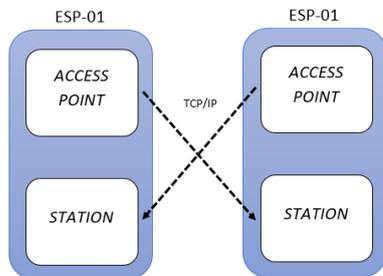
Gambar 5. Diagram Block Perencanaan Mesin CNC



Gambar 6. *Wiring Configuration* Mesin CNC

3.1. Konsep *Wireless Communication*

Untuk menambah fleksibilitas komunikasi pada mesin CNC laser *engraver*, maka dibuatlah sebuah media komunikasi secara *wireless* dengan perantara modul *wifi* Esp-01. Modul *wifi* Esp-01 di program untuk bisa beroperasi sebagai *wifi* dengan dua *mode*, yaitu *mode access point (server)* dan *mode station (client)*, di mana *access point* berfungsi sebagai pemancar atau pengirim sinyal data, sedangkan *station* berfungsi sebagai penerima atau pengakses data. Prinsip kerja dari *wireless communication* mesin CNC laser *engraver* yang dirancang yaitu, data dikirimkan ke modul Esp-01 arduino oleh modul Esp-01 *laptop* menggunakan komunikasi *wifi access point* dan diterima oleh *station* dari Esp-01 arduino. Setelah itu, arduino mengirimkan sebuah *feedback* data dengan perantara modul Esp-01 kepada modul Esp-01 yang berada pada *laptop*. *Access point* pada kedua modul Esp-01 diatur agar bisa dikoneksikan dengan *station* antar kedua modul Esp-01. Sehingga modul Esp-01 dari *laptop* dan modul Esp-01 arduino dapat berkomunikasi secara *full duplex* (komunikasi dua arah secara penuh) Adapun gambaran konsep dasar komunikasi *wireless* yang akan diterapkan dalam penelitian ini:



Gambar 7. *Wireless Communication* Mesin CNC

4. Hasil Penelitian

Pengujian dilakukan terhadap mesin CNC laser *engraver* adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1. Pengujian Kepresisian Mesin

No.	Media Gambar	Pengujian Kepresisian	
		Realisasi	Keterangan
1			s= 2cm Keliling= 8cm

2			p= 2cm l= 1,5cm Keliling=7cm
3			r= 1cm Keliling=6,28cm
4			s= 2cm Keliling= 6cm

Tabel 3.2. Pengujian Kepresisian Sudut Mesin

No.	Media Gambar	Pengujian Kepresisian Sudut	
		Realisasi	Keterangan
1			A=90° B=90° C=90° D=90° Total Sudut=360°
2			A=90° B=90° C=90° D=90° Total Sudut=360°
3			α=360° Total Sudut=360°
4			A=60° B=60° C=60° Total Sudut=180°

Tabel 3.3. Pengujian Tingkat Ketelitian Mesin

No	Jenis Pengukuran	Desain (Satuan)	Realisasi (Satuan)
1	□a	20,0 mm	20,0 mm
2	□b	20,0 mm	20,0 mm
3	□c	20,0 mm	20,0 mm
4	□d	20,0 mm	20,0 mm
5	□a	20,0 mm	20,0 mm
6	□b	15,0 mm	15,0 mm
7	□c	20,0 mm	20,0 mm
8	□d	15,0 mm	15,0 mm
9	△a	20,0 mm	20,0 mm
10	△b	20,0 mm	20,0 mm
11	△c	20,0 mm	20,0 mm
12	○a	20,0 mm	19,7 mm
13	○b	20,0 mm	20,0 mm

14	○c	20,0 mm	20,0 mm
15	○d	20,0 mm	19,8 mm
16	○e	20,0 mm	19,7 mm
17	○f	20,0 mm	19,8 mm
18	○g	20,0 mm	19,9 mm

Lanjutan Tabel 3.3. Pengujian Kepresisian Sudut Mesin

No.	Media Gambar	Pengujian Kepresisian Sudut	
		Realisasi	Keterangan
19	○h	20,0 mm	20,0 mm
20	○i	20,0 mm	19,8 mm

Dari tabel 3.3 di atas dapat hitung untuk besarnya nilai *error* ketelitian dari desain dan realisasi gambar mesin CNC laser *engravir* sebagai berikut:

Total penjumlahan dari desain = 390 mm

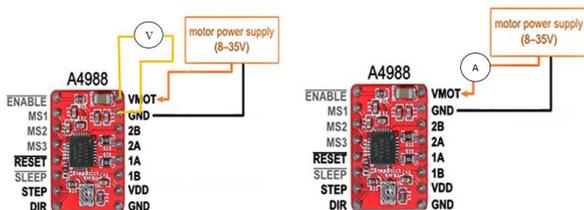
Total penjumlahan dari realisasi = 388,7 mm

$$\text{Nilai error ketelitian} = \frac{\Sigma \text{ desain} - \Sigma \text{ realisasi}}{\Sigma \text{ desain}}$$

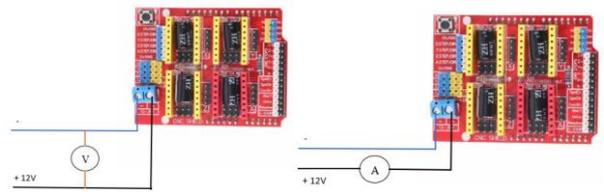
$$\text{Nilai error ketelitian} = \frac{390 \text{ mm} - 388,7 \text{ mm}}{390 \text{ mm}}$$

Nilai *error* ketelitian = 0,0033 mm

Pengujian yang selanjutnya yaitu, pengujian pengaruh variasi kecepatan pengoperasian terhadap besarnya tegangan, arus, dan daya motor *stepper*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah dengan pengaplikasian mesin dengan kecepatan *feedrate* yang berbeda beda tersebut, apakah akan mempengaruhi besarnya tegangan, arus, dan daya yang dibutuhkan motor *stepper* masing-masing sumbu geraknya. Pengujian ini dilakukan dengan dua cara. Pertama, melakukan pengukuran tegangan dan arus pada sisi masing-masing *driver* A4988. Dan yang kedua melakukan pengukuran tegangan dan arus pada sisi *input* CNC *Shield*. Adapun konsep pengujian pengaruh variasi kecepatan *feedrate* sebagai berikut:

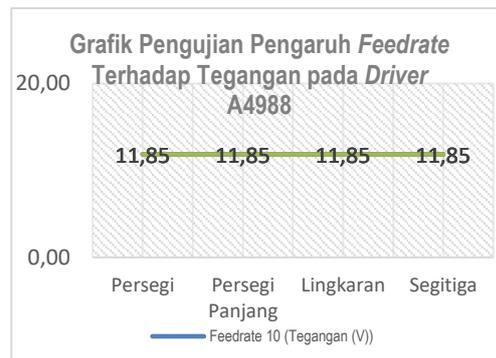


Gambar 8. Konsep Pengujian Pada *Driver* A4988

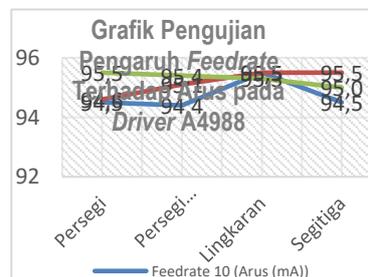


Gambar 9. Konsep Pengujian Pada CNC *Shield*

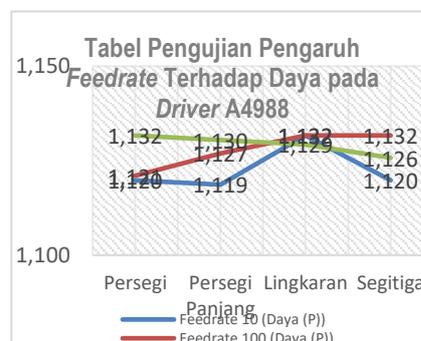
Adapun hasil dari pengujian pengaruh variasi kecepatan pengoperasian mesin CNC laser *engravir* sebagai berikut:



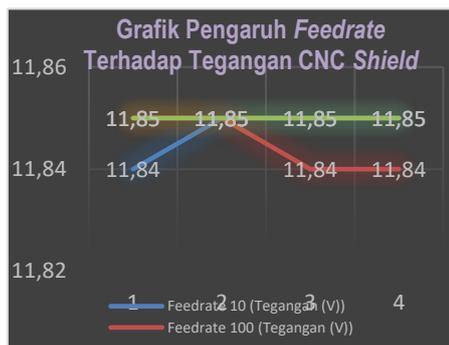
Grafik 4.1. Pengaruh *Feedrate* Pada Tegangan *Driver* A4988



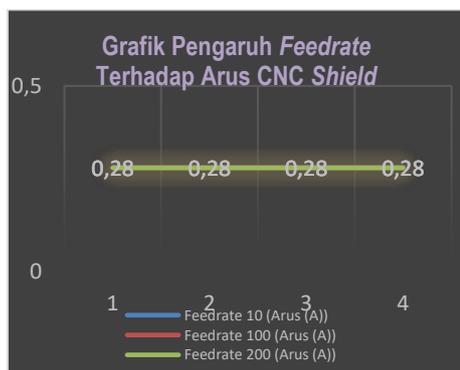
Grafik 4.2. Pengaruh *Feedrate* Pada Arus *Driver* A4988



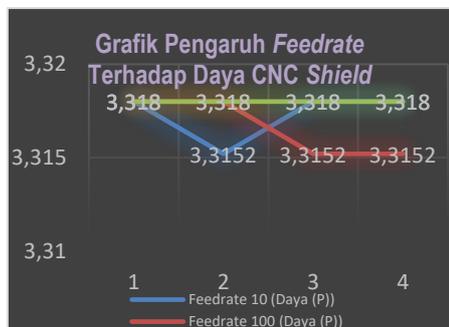
Grafik 4.3. Pengaruh *Feedrate* Pada Daya *Driver* A4988



Grafik 4.4. Pengaruh *Feedrate* Pada Tegangan CNC *Shield*



Grafik 4.5. Pengaruh *Feedrate* Pada Arus CNC *Shield*



Grafik 4.6. Pengaruh *Feedrate* Pada Daya CNC *Shield*

Pengujian pengaruh jarak tembak laser *diode* bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh kualitas hasil grafir dari mesin CNC laser *engraver* dengan jarak tembak laser *diode* dengan media objek yang bervariasi. Adapun hasil pengujian jarak tembak laser *diode* seperti terlihat dalam tabel 3.4 sebagai berikut:

Tabel 3.4. Pengujian Jarak Tembak Laser *Diode*

No.	Jarak Uji	Desain	Realisasi
1	11 cm		
2	12 cm		

3	13 cm		
4	14 cm		

Pengujian pengaruh jarak komunikasi bertujuan untuk mengetahui apakah dengan jarak komunikasi yang bervariasi akan mempengaruhi komunikasi data dua arah secara *wireless* pada mesin CNC laser *engraver*. Adapun hasil pengujian pengaruh jarak komunikasi *wireless* sebagai berikut:

Tabel 3.4. Pengujian Pengaruh Jarak Komunikasi

No.	Media Gambar	Pengujian Pengaruh Jarak Komunikasi		
		Jarak 3 M	Jarak 4 M	Jarak 5 M
1				
2				
3				
4				

4.2 Pembahasan

Dari penelitian perancangan dan pembuatan *prototype* mesin CNC laser *engraver* dengan komunikasi *wireless* dapat disimpulkan pembahasan dari pengujian adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil perancangan mesin CNC, didapatkan mesin CNC laser *engraver* dengan penggerak motor *stepper* pada masing-masing sumbu gerak X, Y, Z.
2. Pada pengujian kepresisian dan pengujian kepresisian sudut berhasil menghasilkan gambar persegi, persegi Panjang, lingkaran, dan segitiga yang sesuai dengan desain gambar.
3. Pada pengujian tingkat ketelitian mesin, didapatkan hasil tingkat ketelitian mesin sebesar 0,0033 mm.
4. Jarak tembak laser *diode* dengan media kerja mempengaruhi ketebalan gambar yang direalisasikan oleh mesin CNC laser *engraver*.
5. Pengoperasian kecepatan *feedrate* yang bervariasi tidak mempengaruhi besarnya tegangan, arus, dan daya motor *stepper*.
6. Pada pengujian pengaruh jarak komunikasi *wireless*, didapatkan hasil bahwa mesin CNC laser *engraver* dapat berkomunikasi dengan baik bahkan hingga jarak komunikasi 12 meter pada ruang terbuka.

5. Kesimpulan

Dari perancangan dan pembuatan *prototype* mesin CNC laser *engraver* dengan komunikasi *wireless* ini, dapat diambil kesimpulan, antara lain adalah:

1. Hasil desain dari penelitian ini menghasilkan sebuah *prototype* mesin CNC laser *engraver* 3-axis dengan dimensi bidang kerja 38 mm x 38 mm dengan media gravir sebuah laser *diode* dengan kapasitas 1000 mW.
2. Kecepatan *feedrate* tidak mempengaruhi besarnya tegangan, arus, dan daya yang dikonsumsi motor *stepper*, hal ini terjadi karena kecepatan motor *stepper* hanya dipengaruhi oleh kecepatan *trigger signal* pulsa yang diberikan oleh suatu *driver* motor *stepper*.
3. Modul *wifi* Esp-01 dapat mempermudah pengoperasian *prototype* mesin CNC laser *engraver*. Kedua modul *wifi* tersebut dapat berkomunikasi dengan jarak komunikasi hingga 12m pada ruang terbuka. Jarak komunikasi ini dapat berubah sesuai dengan kondisi gangguan yang terdapat pada sekitar ruangan berupa benda maupun lalu lintas jaringan data dari *smartphone*.

5.1 Saran

Berdasarkan hasil pengujian untuk *prototype* mesin CNC laser *engraver* dengan komunikasi *wireless* ini masih memiliki kelemahan dan kekurangan untuk menjadi perbaikan dikemudian hari yaitu:

1. Desain rancangan mekanik dan motor *stepper* dapat dibuat untuk skala yang lebih besar, sehingga dapat memperluas area bidang kerja.
2. Untuk penelitian lebih lanjut bisa menggunakan laser *diode* dengan daya yang lebih besar. Sehingga kekuatan daya bakarnya semakin kuat dan kecepatan *feedrate* bisa lebih ditingkatkan lagi.
3. Untuk alasan *safety*, dapat ditambahkan pelindung dengan bahan akrilik warna hijau transparan untuk meminimalisir dampak radiasi sinar *ultraviolet* yang dihasilkan dari laser *diode*.

Daftar Pustaka

- [1] Afdloil MY, Abdurrohman, Al-fath MZ, Mahrul, Sifa A, Badruzzaman, (2020) "Pengujian Performa Sliding X dan Y pada Mesin CNC Laser Cutting CO₂ Dua Axis Sistem Cartesian" Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung, 26-27 Agustus 2020, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu.
- [2] Anrinal, Putra IM, Viola RO, (2022). "Desain Sistem Manufaktur Mesin CNC Laser Engraver Manufacturing System Design of a CNC Laser Engraver". Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang, <https://jtm.itp.ac.id/index.php/jtm>, e-ISSN: 2598-8263, Vol. 12, No. 1, April 2022 p-ISSN: 2089-4880, hal 3.
- [3] Saputro AE, Darwis M, (2020), "Rancang Bangun Mesin Laser Engraver and Cutter Untuk Membuat Kemasan Modul Praktikum Berbahan Akrilik", Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan, 2 (1) 2020, 40-50, e-ISSN: 2654-251X, Copyright © 2020, JPLP, e ISSN 2654-251X, Available online at JPLP Website: <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jplp>
- [4] Malik I, Effendi S, Witjahjo S, (2019), "Rancang Bangun Mesin CNC Engraver Mini Sebagai Alat Bantu Pembelajaran", Teknika 13 (1): 69–74, Jurnal Teknika, ISSN: 0854-3143, e-ISSN: 2622-3481, Journal homepage: <http://jurnal.polsri.ac.id/index.php/teknika>, Journal Email: teknika@polsri.ac.id
- [5] Munadi, Aulia Syukri, Joga Dharma Setiawan, Mochammad Ariyanto. (2018). "Rancang Bangun Prototype Mesin CNC Laser Engraving Dua Sumbu Menggunakan Laser Diode". Jurnal Teknik Mesin Indonesia, vol. 13 no 1. Semarang: Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
- [6] Suharto, Putu Fahlevi R. D., Ariawan Wahyu Pratomo, Paryono. (2020). "Prototype Mesin CNC Diode Laser Cutting 5500 miliWatt Untuk Pembuatan Produk Kreatif Bahan Akrilik". Jurnal Politeknologi, vol. 19 no. 2. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang.
- [7] Andre, Andree, Moris, Patar G Simatupang, Fadhillah Azmi. (2020). "Rancang Bangun Mesin CNC Engraving 3 Axis Berbasis Arduino Uno Dengan GRBL Software". Journal of Electrical and System Control Engineering, vol. 4. Medan: Fakultas Teknologi dan Ilmu Komputer Universitas Prima Indonesia.
- [8] M. Risqi, Muhaimin, Supri Hardi, (2019). "Rancang Bangun Mesin CNC Milling 3-Axis Untuk Anggrave PCB Berbasis Arduino Uno". Jurnal Tektro, vol. 3 no. 1. Aceh: Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhoksuemawe.
- [9] Pratiwi, Rummi Sirait, (2018). "Perancangan dan Analisis System Komunikasi Data Antar Dua Robot Sepakbola Beroda Menggunakan Wifi". Jurnal Maestro, vol. 1 no. 2. Jakarta: Jurusan Teknik Listrik Universitas Budi Luhur.
- [10] Rosehayan, (2010). "Teknologi CNC, Computer Numerical Control". Jakarta: Diktat Universitas Tarumanegara.
- [11] Saputra MRI, (2022), "Rancang Bangun Prototype Mesin CNC Laser Engraver Berbasis Mikrokontroler Dengan Komunikasi Wireless", ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan, ISSN: 2407-232X, E-ISSN: 2407-2338