

**RANCANG BANGUN MESIN *CNC LASER ENGRAVER MODEL
PORTABLE***

SKRIPSI

RAMLI
20190110024



PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN

SUKABUMI

2024

RANCANG BANGUN MESIN CNC LASER ENGRAVER MODEL PORTABLE

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menempuh
Gelar Sarjana Teknik Mesin*

RAMLI
20190110024



PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN

SUKABUMI

2024

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : RANCANG BANGUN MESIN *CNC LASER ENGRAVER*
MODEL PORTABLE

NAMA : RAMLI

NIM : 20190110024

“Saya menyatakan dan bertanggung jawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti- bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Sarjana beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”.

Sukabumi. 31 Januari 2024


RAMLI
Penulis

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : RANCANG BANGUN MESIN *CNC LASER ENGRAVER*
MODEL PORTABLE

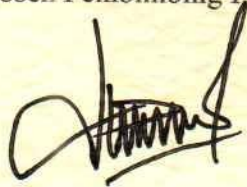
NAMA : RAMLI

NIM : 20190110024

Skripsi ini telah diujikan dan dipertahankan di depan Dewan Penguji pada Sidang Skripsi tanggal 31 Januari 2024, Menurut pandangan kami Skripsi ini memadai dari segi kualitas untuk tujuan penganugerahan gelar Sarjana Teknik Mesin.

Sukabumi, 31 Januari 2024

Dosen Pembimbing I



Dani Mardiyana, S.pd, M.T
NIDN 0415039402

Dosen Pembimbing II



Ir. Fabrobi Faziur Ridha, B.Eng, M.T.
NIDN 0406029002

Ketua Penguji



Zaid Sulaiman, M.T
NIDN. 0410109701

Ketua Prodi Teknik Mesin



Lazuardi Akmal Islami, S.Si, M.Si
NIDN 0415039402

PLH. Dekan Fakultas Teknik, Komputer Dan desain

Ir. Paikun, S.T., M.T., ASEAN.Eng
NIDN. 0402037410

ABSTRACT

CNC laser engraver machines are used to automatically carve materials, creating precise details. The advantage of this machine lies in its ability to receive data directly from the computer, enabling efficient automation processes. This machine is part of the CNC machine group which converts the program language (G-Code) into axis movements on the machine. However, today's CNC laser engraving machines tend to be expensive, prompting a desire to design more affordable, lightweight, and portable versions. With a focus on reducing weight, ease of use, and affordable prices, this research aims to design and build a portable CNC laser engraver machine. It is hoped that this innovation can increase machine mobility, enable use in various locations, and respond more effectively to the needs of modern industry. Research on the design of a portable laser engraver machine was carried out to produce a laser engraver frame that is portable or can be carried anywhere easily, at a low price in the range of Rp. 2,369,310,-and the machine is light at 6.8 kilograms, and has good accuracy. The method used is design, where the laser engraver machine is designed and built, then its performance is tested. The design of the portable laser engraver machine has dimensions of 250 mm x 155 mm with a working area of 25 cm x 15.5 cm. The frame is made using Autodesk Inventor 2020 software. The laser engraver machine is controlled using an Arduino Uno 2560 for operation. The laser engraver performance test results were successful with product accuracy on the X axis of 98.33% and the Y axis of 98.33%. Tested using the ISO/R286 standard method.

Keyword : laser engraver, arduino uno, standart ISO

ABSTRAK

Mesin *CNC laser engraver* digunakan untuk mengukir material secara otomatis, menciptakan detail yang presisi. Keunggulan mesin ini terletak pada kemampuannya menerima data langsung dari komputer, memungkinkan proses otomatisasi yang efisien. Mesin ini merupakan bagian dari kelompok mesin *CNC* yang mengubah bahasa program (*G-Code*) menjadi gerakan-gerakan axis pada mesin. Namun, mesin *CNC laser engraver* saat ini cenderung mahal, mendorong keinginan untuk merancang versi yang lebih terjangkau, ringan, dan portabel. Dengan fokus pada pengurangan bobot, kemudahan penggunaan, dan harga yang terjangkau, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun mesin *CNC laser engraver* dengan model *portable*. Diharapkan bahwa inovasi ini dapat meningkatkan mobilitas mesin, memungkinkan penggunaan di berbagai lokasi, dan merespon kebutuhan industri modern dengan lebih efektif. Penelitian rancang bangun mesin *laser engraver* model *portable* ini dilaksanakan untuk menghasilkan rangka *laser engraver* yang *portable* atau bisa dibawa kemana saja dengan mudah, harga yang murah dengan kisaran Rp. 2.369.310,- dan berat mesin yang ringan dengan berat 6,8 kilogram, serta mendapatkan akurasi yang baik. Metode yang digunakan adalah rancang bangun, dimana mesin *laser engraver* dirancang dan dibuat, kemudian diuji performanya. Desain mesin *laser engraver* model *portable* memiliki dimensi 250 mm x 155 mm dengan area kerja 25 cm x 15,5 cm Rangka yang dibuat dengan *software Autodesk inventor 2020*. Kontrol mesin *laser engraver* menggunakan *Arduino Uno 2560* untuk pengoperasiannya. Hasil pengujian performa *laser engraver* telah berhasil dengan akurasi produk sumbu X sebesar 98,33% dan sumbu Y 98,33%. Di uji dengan metode standar ISO/R286.

Kata Kunci :*laser engraver*, *Arduino Uno*, Standar ISO.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan hidayah Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Laporan pra-riset yang berjudul “Rancang bangun Mesin *CNC laser engraver* model *portable*” dengan lancar.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, penelitian dan penulisan Laporan pra-riset ini tidak akan terwujud. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini diperkenankan penulis mengucapkan terimakasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Dr. Kurniawan ST.,M.Si.,MM selaku Rektor Universitas Nusa Putra Sukabumi
2. Bapak Anggi Pradiftha Junifithrana S.Pd.,M.T selaku wakil rektor 1 bidang akademik
3. Bapak Lazuardi Akmal Islami,M,Si selaku Ketua program studi teknik mesin
4. Bapak Dani Mardiyana,S.Pd.M.T selaku Dosen pembimbing 1 yang telah memberikan pengarahan, dan bimbingan dalam penyelesaian Laporan pra-riset ini.
5. Bapak Fabrobi Fazrul Ridha, M.T selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, masukan untuk penelitian yang dilakukan.
6. Bapak Zaid Sulaiman, M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan arahan, masukan, dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Terimakasih saya ucapkan kepada ibu saya yang telah memberikan dukungan baik secara materi serta dukungan emosional.
8. Terimakasih kepada Irva Oktaviani sebagai support system.
9. Ichsan adik tingkat yang membantu proses pendesain dalam proses riset ini.
10. Teman- Teman angkatan 19 yang selalu memberi support dalam proses pengerjaan laporan pra-riset ini

Semoga Allah SWT membalas amal kebaikan mereka yang telah memberikan bantuan kepada peneliti. Penulis menyadari bahwa dalam Laporan pra-riset ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan lebih lanjut.

Sukabumi, 31 Januari 2024

Penulis



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik UNIVERSITAS NUSA PUTRA, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ramli
Nim : 20190110024
Program Studi : Teknik Mesin
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nusa Putra **Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

RANCANG BANGUN MESIN CNC LASER ENGRAVER MODEL PORTABLE

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Nusa Putra berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (data Base), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Sukabumi

Pada tanggal: 31 Januari 2024


(Ramli)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENULIS	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
PENGESAHAN SKRIPSI	iv
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Mesin <i>CNC</i>	5
2.2.1 Jenis-Jenis Mesin <i>CNC laser engraver</i>	5
2.3 Cara Kerja Mesin <i>CNC laser Engraver</i>	8
2.4 <i>Laser Diode</i>	8
2.4.1 <i>Spesifikasi Laser Diode 5500mW</i>	9
2.5 Skema Rangkaian Mesin <i>CNC laser Engraver Model Portebel</i>	10
2.6 <i>Mikrokontroller</i>	10
2.7 <i>Arduino Uno</i>	11
2.7.1 <i>Spesifikasi Arduino Uno</i>	11
2.7.2 <i>Komponen Arduino Uno</i>	12
2.8 <i>CNC Shield V3</i>	14
2.8.1 <i>Tabel Pengaturan Mikro Stepper</i>	14
2.8.2 <i>Driver Motor A4988</i>	15

2.9 Motor <i>Stepper</i>	15
2.9.1 Motor <i>Stepper</i> Nema 17	15
2.9.2 Prinsip Kerja <i>Stepper Motors</i>	16
2.10 <i>Power Supply</i>	16
2.11 <i>V-slot Alumunium</i>	17
2.13 Tingkat Ketelitian <i>Laser Diode</i>	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Diagram Alur Penelitian	19
3.2 Desain dan <i>Kalkulasi komponen</i>	20
3.2.1 Tahap – Tahap Desain dan Komponen.....	20
3.3 Perancangan Sistem Mekanik.....	21
3.4 Perancangan Sistem Elektrik	21
3.5 <i>Checking</i> Komponen Elektrik.....	21
3.6 <i>Assembly</i> Komponen	22
3.7 Program.....	22
3.8 <i>Testing</i> dan <i>Kalibrasi</i>	22
3.9 Pengujian Mesin <i>CNC Laser Engraver</i>	22
3.9.1 Toleransi Hasil Pengujian.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Desain dan <i>Kalkulasi</i> Komponen	25
4.1.1 Desain Mekanik	25
4.2 Harga Mesin <i>CNC Laser Engraver Model Portable</i>	29
4.3 Berat Mesin <i>CNC Laser Engraver Model Portable</i>	30
4.4 Perancangan Elektrikal	30
4.5 <i>Assembly</i> <i>Laser Engraver</i>	32
4.6 Program.....	35
4.6.1 <i>Programing</i>	36
4.7 Kalibrasi.....	38
4.7.1 <i>Kalibrasi</i> sumbu X dan Y	38
4.7.2 Hasil Setelah di Kalibtrasi	39
4.8 Pengujian Mesin <i>Laser Engraver</i>	39

4.9 Standar Keamanan	40
4.10 Hasil Pengujian Dan Keakuratan Laser Engraver	40
4.11 Analisis Hasil Pengujian.....	42
BAB V PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Mesin CNC laser engraving model standby	2
Gambar 2. 1laser engaver model CO2	6
Gambar 2. 2 Mesin CNC laser engaver model fiber	6
Gambar 2. 3 Mesin CNC laser engraving cutting	7
Gambar 2. 4 Cara kerja mesin laser engraver.....	8
Gambar 2. 5 Laser Diode 5500mW.....	9
Gambar 2. 6 Rangkaian Kelistrikan.....	10
Gambar 2. 7 Arduino Uno.....	11
Gambar 2. 8 Komponen Arduino uno	12
Gambar 2. 9 CNC Shield V3.....	14
Gambar 2. 10 Driver Motor a4988.....	15
Gambar 2. 11 Motor Stepper nema 17	16
Gambar 2. 12 Power Supply.....	17
Gambar 2. 13 V-slot Alumunium.....	17
Gambar 3. 1 Desain gambar mesin CNC laser engraver model portable.....	20
Gambar 3. 2 Diagram blok tahapan desain mesin.....	20
Gambar 4.1 Desain dan Kalkulasi Komponen.....	25
Gambar 4.2 Dimensi laser engraver model portable.	26
Gambar 4 3 Bagian-bagian rangka di laser engraver.	27
Gambar 4. 4 Rancangan elektrikal	30
Gambar 4. 5 Skema rangkaian mesin laser engraver model portable.	31
Gambar 4. 6 Diagram alir perancangan elektrikal.....	31
Gambar 4. 7 Perakitan frame dan bracket menjadi satu.....	32
Gambar 4. 8 Pemasangan motor stepper pada bracket.....	33
Gambar 4. 9 Pemasangan pully dan belt pada motor stepper.....	33
Gambar 4. 10 Perakitan bed/lintasan besi, laher dan bracket laser.	34
Gambar 4. 11 Pemasangan laser diode ke bracket laser.....	34
Gambar 4. 12 Perakitan electronoc.....	34

Gambar 4. 13 Finishing laser engraver model portable	35
Gambar 4. 14 Program arduino	36
Gambar 4. 15 Program motor stepper.	37
Gambar 4. 16 Program laser diode.....	37
Gambar 4.17 Tampilan menu dari software laser GRBL.....	38
Gambar 4.18 Hasil uji laser engraver dengan ukuran dan kepresisian.....	41



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi laser diode 5500mw	9
Tabel 2. 2 Spesifikasi mikrokontroller uno	11
Tabel 2. 3 Pengaturan mikro stepper	14
Tabel 3. 1 Toleransi Umum ISO/R286.....	23
Tabel 4. 1 Bagian-bagian rangka laser engraver.	27
Tabel 4. 2 Spesifikasi Mesin laser engraver model portable.....	28
Tabel 4. 3 Bahan mekanik dan elektrik.	29
Tabel 4. 4 Harga mesin CNC laser engraver model portable.....	29
Tabel 4. 5 Hasil setelah dikalibrasi ukuran mengikuti standar.....	39
Tabel 4. 6 Nilai ke akurasi sumbu X.....	41
Tabel 4. 7 Nilai ke akurasion sumbu Y.....	42



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Revolusi industri 4.0 telah memberikan dampak perubahan hidup dan cara kerja manusia secara fundamental, sehingga menjadikan skala/ruang lingkup dan kompleksitas yang lebih luas. Kombinasi perkembangan teknologi baru pada revolusi industri 4.0 yaitu *computer* dan *robot*, *big data*, *internet of things* (IOT), *cloud computing*, dan *machine learning* [1].

Masyarakat di zaman ini menginginkan hal yang mudah, cepat dan praktis, tentunya dengan kualitas yang bagus dalam menghasilkan suatu produk, maka diperlukanlah dukungan dan ketersediaan peralatan pendukung untuk kinerja di industry modern, diantaranya seperti mesin *computer numerical control* (CNC) [2].

Salah satu mesin *CNC* yang dapat membantu pekerjaan manusia adalah mesin *CNC laser engraver*. Pemanfaatan dari *CNC laser engraver* digunakan untuk membuat produk dengan cara menggores/ mengukir sebuah material. Proses pembuatan mesin *laser engraving* secara otomatis untuk bertujuan hasil dari proses pengerjaan sebuah benda kerja menjadi lebih detail. Adapun keunggulan dari pembuatan mesin *CNC laser engraver* ini dibandingkan dari teknologi manufaktur lainnya yaitu mudah menerima data secara langsung dari *computer*, sehingga dari proses otomatisasi penggoresanya berjalan dengan sangat baik [2].

Proses mengukir atau yang sering disebut *engraving* dan peralatannya saat ini berkembang sangat pesat dunia industri, mesin-mesin *engraver* telah berupa mesin *CNC*. Mesin *CNC* (*Computer Numerical Control*) adalah suatu sistem yang pada dasarnya mengubah bahasa program (*G-Code*) menjadi gerakan-gerakan axis pada mesin. Pada rangkaian sistem *CNC* terdapat komputer yang berfungsi mengubah karakter *G-Code* ke bahasa mesin yang kemudian diproses dan dikirim kepada masing-masing *driver* motor dalam bentuk sinyal, baik sinyal analog maupun digital [3].

Pada dasarnya mesin *CNC laser engraver* ini bisa dibilang masih sangat mahal, rata-rata harga mesin *laser engraver* dijual dengan harga 4.000.000 – 10.000.000 di *e-commerce* itu membuat masyarakat berfikir untuk membeli mesin *CNC laser engraver model portable*. [4]

Bobot dari mesin *CNC laser engraver* pun sangat berpengaruh ketika membuat suatu mesin *laser engraver model portable*. Dimana mesin tersebut harus mempunyai berat yang ringan agar mesin bisa untuk dibawa kemana saja, tapi dari sekian banyaknya produksi *laser engraver* rata-rata bobot berat mesin kisaran 8 kilogram – 22 kilogram [5]

Penelitian mesin *CNC laser engraver* sebelumnya sudah dibuat oleh peneliti dari Makassar, adapun hasil dari mesin *CNC laser engraver* yang dibuat merupakan mesin dengan *karakteristik standby* seperti ditunjukkan pada gambar 1.1, sehingga *mobilitas* mesin tersebut terbatas, hanya bisa mengerjakan pekerjaan di tempat tersebut saja, yang memiliki bobot berat sampai 43 kilogram dan tidak *portable* [6].



Gambar 1. 1 Mesin CNC laser engraving model standby [4].

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirancang bangun mesin *CNC laser engraver* dengan *model portable* yang memiliki harga yang tergolong murah, mempunyai berat yang ringan dan *portable*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang mesin *CNC laser engraver* model portable yang memiliki harga murah
2. Bagaimana merancang mesin *CNC laser engraver* model portable yang mempunyai berat ringan
3. Bagaimana merancang mesin *CNC laser engraver* model portable sesuai *standar* di pasaran.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian rancang bangun mesin *CNC laser engraver* model *portable* ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat merancang mesin *CNC laser engraver* model portable yang murah
2. Dapat merancang mesin *CNC laser engraver* model portable yang mempunyai berat ringan
3. Dapat merancang mesin *CNC laser engraver* model yang memiliki hasil sesuai *standart ISO*



1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak meluas maka batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:.

1. Mesin *CNC engraver* model *portable* dengan ukuran print area X 25 cm dan Y 15,5 cm.
2. Proses kerja dari *microkontroller Arduino uno* dan *motor stepper nema 17* terhadap mesin *CNC laser engraver* model *portable*
3. Proses pengujian mesin *CNC laser engraver* model *portable* pada material kayu

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diperoleh dari pembahasan rancang bangun mesin CNC laser *engraver portable* adalah sebagai berikut :

1. Hasil perancangan mesin *CNC laser engraver* ini dapat menjadi referensi untuk dalam membuat mesin yang serupa.
2. Mesin *CNC laser engraver* yang telah dirancang dapat dimanfaatkan untuk industri kreatif.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan desain dan analisis Mesin *Laser Engraver* model *Portable* Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dari hasil proses perancangan, pengujian sampai pembuatan yang sudah dilakukan. Terdapat beberapa hasil analisis hasil pengujian *laser engraver* baik dalam perancangan maupun dalam pengujian yang sudah dilakukan sebagai berikut:

1. Perancangan mesin *CNC laser engraver model portable* ini mendapatkan harga yang murah dengan harga Rp,2.369.310,-
2. Perancangan mesin *CNC laser engraver model portable* mendapatkan berat yang ringan dengan berat 6,8 kilogram.
3. Perancangan mesin *CNC laser engraver model portable* memiliki hasil sesuai standar ISO dengan rata rata 98,33% akurat.

5.2 Saran

1. Kalibrasi program *stepper* unit kurang akurat sehingga pada saat proses *graver* tidak 100% akurat, maka dari itu harus menggunakan alat ukur yang dimana tingkat ketelitian nya tinggi pada saat proses kalibrasi antara program dengan mesin *laser engraver*.
2. Kemudian tempat penyimpanan *mikrokontroller arduino uno* kurang kuat sehingga membutuhkan tempat pada *V- Slot* agar penyimpanan lebih signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. D. Nugroho and K. T. Wahyuni, “Agglomerasi Dan Dinamika Industri Manufaktur Pada Era Revolusi Industri 4 . 0 Di Koridor Ekonomi Jawa (Agglomeration and the Dynamics of Manufacturing Industry on the,” *Semin. Nas. Off. Stat.* 2019, pp. 1–13, 2019.
- [2] D. M. Sobirin and J. Utama, “Perancangan Sistem Multi Computer Numerical Control (CNC) untuk Plotter dan Laser Engraving,” *Komputika J. Sist. Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 51–58, 2020, doi: 10.34010/komputika.v9i1.2652.
- [3] I. M. Putra and R. O. Viola, “Desain Sistem Manufaktur Mesin CNC Laser Engraver Manufacturing System Design of a CNC Laser Engraver,” vol. 12, no. 1, 2022.
- [4] “Harga mesin laser engraver model portable - Penelusuran Google
- [5] “Product_Portable-Laser-Engraver-2030-Desktop-50W-Laser-Engraving-Machine_ysryrusig.”
- [6] 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.
- [7] A. Wiranata and M. Muazzam, “Rancang Bangun Mesin CNC Pemotong Pelat Logam Dengan Lebar Pemotongan Maksimum 1250mm dan Tebal 5mm Abstrak,” pp. 27–32.
- [8] F. F. Yasmin, “ANALISA KECEPATAN MOTOR STEPPER PADA MESIN CNC MINI PLOTTER 2 AXIS LASER,” 2019.
- [9] E. Andha Elvaris Manalu, “Perancangan Mesin CNC Acrylic Cutting 3 Axis Dengan Menggunakan,” vol. 16, no. 1, pp. 63–71, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jtm>
- [10] “Jual Mesin Laser Cutting Untuk Pemotongan Logam - LFC”

- [11] A. Nugroho and A. S. Utama, "Metode Taguchi -PCR Topsis Untuk Optimasi Energi Dan Kecepatan Grafir Mesin Laser," *Politeknosains*, vol. 18, no. 1, pp. 6–11, 2019.
- [12] 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.
- [13] J. Patel, B. Gondaliya, N. Patel, and A. M. Patel, "a Novel Integration of Laser Engraver and 3D Printer," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, pp. 2826–2831, 2019, [Online]. Available: www.irjet.net
- [14] R. A. Wicaksono, E. Kurniawan, M. K. Syafrianto, R. F. Suratman, and M. R. Sofyandi, "Rancang Bangun dan Simulasi 3D Printer Model Cartesian Berbasis Fused Deposition Modelling," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 5, no. 2, p. 53, 2021, doi: 10.30588/jeemm.v5i2.895.
- [15] A. A. Nugroho *et al.*, "Mesin Gambar berbasis Arduino Uno R3 pada desain grafis," *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro*, vol. 5, pp. 42–43, 2020.
- [16] I. A. Rozaq and Y. N. D. Setyaningsih, "Karakterisasi dan kalibrasi sensor ph menggunakan arduino uno 12," *Prosiding SENDI_U*, pp. 244–247, 2018.
- [17] G. Parmitasari, "Kendali Alat Pelontar Bola Tennis Lapangan Berbasis Mikrokontroler," vol. 1, no. 2, pp. 187–192, 2020.
- [18] M. Jufrizaldy, "RANCANG BANGUN MESIN CNC MILLING MENGGUNAKAN," vol. 4, no. 1, 2020.
- [19] A. Muchlis, W. Ridwan, and I. Z. Nasibu, "Rancang Bangun Mesin CNC (Computer Numerical Control) Laser dengan Metode Design for Assembly," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 23–27, 2021, doi: 10.37905/jjee.v3i1.9228.

- [20] D. Andriyansyah, Sriyanto, and A. Jamaldi, “Perancangan Dan Pembuatan Mesin 3D Printer Tipe Cantilever,” *Abdi Masya*, vol. 1, no. 2, pp. 108–114, 2021, doi: 10.52561/abma.v1i2.139.
- [21] A. N. Trisetiyanto, “Rancang Bangun Alat Penyemprot Disinfektan Otomatis Untuk Mencegah Penyebaran Virus Corona,” *Joined J. (Journal Informatics Educ.*, vol. 3, no. 1, pp. 45–51, 2020.
- [22] PENGUKURAN THRUST DAN RPM PROPELLER MOTOR BRUSHLESS PADA UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV)
Ahmad
- [23] R. K. Ula, D. Hanto, and B. Widiyatmoko, “Analisis Perbandingan Penggunaan LASER dan LED sebagai Sumber Cahaya pada Sensor Berat Berbasis Optik,” *Pros. Semin. Nas. Fis. 2015*, no. January 2017, pp. 323–326, 2015.
- [24] B. B. Tekstil, J. Jenderal, A. Yani, and N. Bandung, “AN ENGINEERING OF A PORTABLE MACHINE PROTOTYPE BASED ON,” pp. 65–74, 2018.
- [25] N. Nafi’iyah, “Perbandingan Modus , Median , K _ Standar Deviasi , Iterative , Mean Dan Otsu Dalam Thresholding,” vol. 8, no. 2, pp. 31–36, 2016.

