

## Rekayasa Mesin Cutting Sticker Berbasis CNC untuk Meningkatkan Kualitas Hasil Produksi

Abdul Syukur Alfauzi<sup>1\*</sup>, Adhy Purnomo<sup>2</sup>, Bambang Tjahjono<sup>2</sup>, Wahyu Isti Nugroho<sup>1</sup>, Agung N<sup>2</sup>, Ahmad Cholish<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang

<sup>2</sup>Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. H. Soedarto, S.H., Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275

\*E-mail: [abdlsyukura@gmail.com](mailto:abdlsyukura@gmail.com)

Diterima: 16-10-2022; Direvisi: 24-03-2023; Dipublikasi: 20-04-2023

### Abstrak

*Cutting sticker* adalah *sticker* yang diciptakan menggunakan perangkat mesin yang terhubung dengan komputer sebagai media desain, yang dilengkapi pisau untuk memotong. Pola yang dapat diciptakan oleh mesin ini beraneka ragam sesuai dengan desain yang dimasukkan dalam software. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat Mesin Cutting Sticker CNC yang berguna bagi UMKM serta menguji kesesuaian hasil pemotongan sticker menggunakan Mesin Cutting Sticker CNC. Metode yang digunakan adalah perancangan, pembuatan, pengujian serta melakukan perbaikan sesuai hasil terbaik dari setiap perlakuan. Mesin Cutting Sticker CNC yang kami rancang memiliki kelebihan pada pemotongan yang lebih kompleks dapat menggabungkan berbagai macam desain sesuai warna. Hasil rancangan dan pembuatan mesin Cutting Sticker CNC dengan sumber input daya 12 volt, motor stepper nema 17, Artsoft Mach3 sebagai microcontroller, sistem pergerakan sumbu X dan Y menggunakan belt – pulley sedangkan sumbu Z menggunakan leadscrew. Dimensi mesin 900 x 640 x 320 (mm), work area 600 x 450 x 30 (mm). Dapat dijalankan dengan PC/laptop melalui software Mach3 dan Vetric Aspire sebagai CAD/ CAM.

**Kata kunci:** Mesin CNC, Cutting Sticker, Microcontroller.

### Abstract

*Cutting sticker* is a *sticker* created using a machine connected to a computer as a design medium, which is equipped with a knife for cutting. The patterns that can be created by this machine vary according to the designs entered in the software. The purpose of this research is to design and manufacture a CNC Sticker Cutting Machine that is useful for UMKM and to test the suitability of the sticker cutting results using a CNC Sticker Cutting Machine. The method used is design, manufacture, test and make improvements according to the best results from each treatment. The CNC Sticker Cutting Machine that we designed has the advantage of more complex cuts that can combine various designs according to color. The results of the design and manufacture of a CNC Cutting Sticker machine with a 12 volt power input source, a Nema 17 stepper motor, Artsoft Mach3 as a microcontroller, the X and Y axis movement system uses a belt - pulley while the Z axis uses a lead screw. Machine dimensions 900 x 640 x 320 (mm), work area 600 x 450 x 30 (mm). Can be run with PC/laptop via Mach3 and Vetric Aspire software as CAD/CAM.

**Keywords:** CNC Machine, Sticker Cutting, Microcontroller.

## 1. Pendahuluan

Penggunaan dan kebutuhan mesin CNC di Indonesia saat ini mengalami peningkatan pada bidang industri khususnya pada UMKM. Meskipun kebutuhan mesin CNC meningkat, namun harga mesin CNC Training Unit dipasaran masih cukup tinggi yakni berkisar 100-500 jutaan dan hanya memiliki luas area kerja yang kecil (30 cm x 30 cm) [1][2]. Kisaran harga tersebut tentu saja cukup mahal sehingga tidak dapat dijangkau oleh UMKM. Oleh karena itu, perlu adanya solusi untuk mengatasi hal tersebut diantaranya dengan melakukan pembuatan mesin CNC yang lebih ekonomis dengan fungsi dan ketelitian yang sama [3]. Mesin CNC Router merupakan penggabungan teknologi CNC (Computer Numerical Control) dan router, cutter yang mampu memotong bentuk-bentuk lembaran atau material lunak lainnya yang memiliki bentuk rumit dan membutuhkan ketelitian dalam Pemotongan [3][4]. Gabungan ini membentuk sebuah mesin pemotong yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan mesin router untuk memotong berbagai bahan seperti kayu, komposit, aluminium, baja lunak, plastik, kaca akrilik, dan busa dengan mengadopsi teknologi CNC [5][6]. Pergerakan pemotongan dan lintasan cutter untuk sumbu X, Y, dan Z berasal dari program komputer berdasarkan gambar ataupun desain kontur lintasan yang telah dibuat [7]. Pembelajaran mata kuliah teori dan praktik Pemrograman CNC merupakan

mata kuliah kompetensi di Jurusan Teknik Mesin. Oleh karena itu, mahasiswa harus menguasai dan terampil menggunakan mesin CNC sesuai dengan kebutuhan industri dan mengadopsi dengan cepat perkembangan penggunaan mesin-mesin CNC secara luas [8].

Penerapan Teknologi CNC sebagai mesin produksi tidak hanya untuk proses pemotongan logam dengan metode milling saja. Proses pemotongan kain untuk industri tekstil hampir semua menggunakan CNC [6]. Pemotongan pola pada plat baja untuk pagar rumah lebih cepat dan kualitas lebih stabil jika menggunakan metode laser cutting [9][10]. Selain itu, teknologi laser digunakan untuk mengukir atau membuat tulisan atau lukisan dikenal sebagai proses engrave [11].

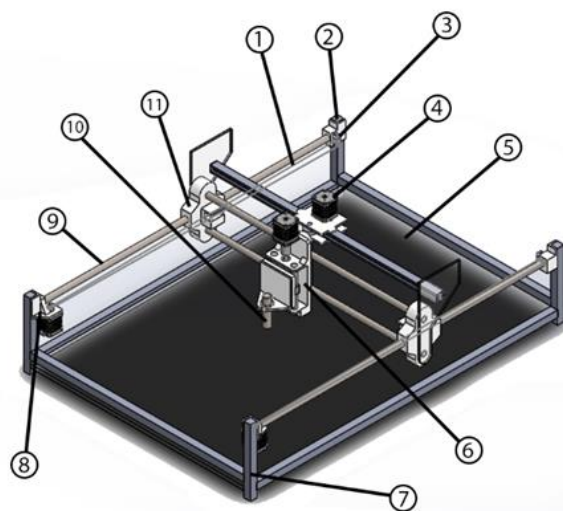
Kualitas hasil pemotongan tidak ditentukan dari penerapan CNC saja, tetapi faktor pemilihan parameter yang tepat. Setiap operator harus memiliki pengalaman dalam mengatur parameter pemotongan termasuk pemilihan jenis tools [12]. Penerapan teknologi CNC tentu memudahkan penggunaan sehingga seseorang akan fokus terhadap optimasi proses pemotongannya seperti pemilihan jenis cutter dan kecepatannya, laju pemakanan, ketebalan pemakanan [13]. Faktor penentuan variasi kecepatan feeding harus dipertimbangkan berdasarkan bahan yang akan diproses karena berpengaruh terhadap kekasaran permukaan [14]. Waktu proses dan kualitas hasil suatu produk pertama kali ditentukan oleh kualitas alat yang digunakan, kemudian strategi atau metode dalam pembuatannya [15].

Mesin CNC Router yang dibuat memiliki dimensi mesin 900 x 640 x 300 mm, dengan area kerja 600 x 400 x 30 mm dengan total berat keseluruhan mesin yaitu 4.6 Kg. Kelebihan mesin yang dibuat dibandingkan dengan mesin cutting sticker lain yaitu dapat melakukan proses cutting dengan pergerakan kombinasi antar sumbu x,y, maupun z , sedangkan cutting biasa hanya dapat memotong sesuai sumbu secara melintang vertikal dan horizontal. Perlu dilakukan penelitian terkait rancang bangun mesin CNC Router untuk diuji akurasi dimensi, parameter feedrate terhadap kualitas maupun waktu proses pemotongan. Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari pembuatan rancang bangun mesin Mesin Cutting Sticker berbasis CNC dapat memotong sesuai pola sticker, menguji hasil kualitas dimensi dan bentuk sticker, menguji parameter feedrate dan stepover terhadap waktu pemotongan.

## 2. Material dan metodologi

### 2.1. Perancangan dan Material Mesin CNC Router

Desain mesin CNC Router ini terdiri tiga axis dilengkapi landasan dari akriliki. Desain ini mempertimbangkan aspek penggunaan yang tidak memerlukan tenaga yang besar, tetapi memiliki desain sederhana karena kebutuhan memotong sticker dari bahan plastik dan kertas. Desain Mesin CNC Router seperti Gambar 1.



**Gambar 1.** Desain Mesin CNC Router 3Axis

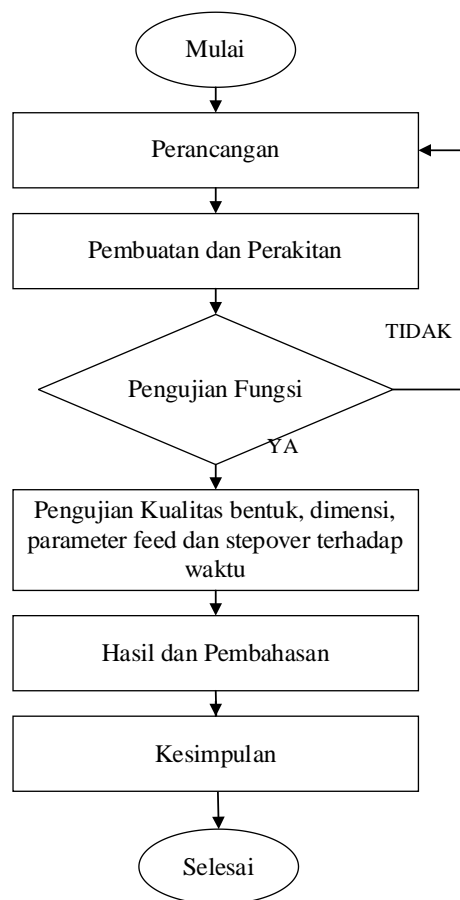
Bahan pembuatan CNC Router terdiri dari 1) Belt y axis; 2) Holder rod; 3) Roller; 4) Motor stepper X axis; 5) Meja akrilik; 6) Head Carrier and stepper z axis; 7) Frame Hollow; 8) Rod 15mm; 9) Frame Y axis; 10) Cutter Spindle; 11) Motor Stepper Y axis.

Mesin CNC *cutting sticker* ini mempunyai spesifikasi

<b>Frame</b>	<i>Alumunium, acrylic, abs</i>
<b>Machine Dimension</b>	900 x 640 x 320 mm
<b>Working Area/Travel</b>	600 x 400 x 150 mm
<b>Weight</b>	4.6 kg
<b>Resolution</b>	0.01 mm
<b>Daya Input</b>	240 Watt
<b>Tool Holder</b>	<i>Wood Collet, max tool diameter 10 mm</i>
<b>Komputer</b>	<i>Intel core 2 duo, 2GB RAM, 14" Monitor</i>
<b>Software</b>	<i>Mach3 CNC control</i>

## 2.2. Metodologi Penelitian

Metodologi Penelitian ini dimulai dari proses perancangan bentuk dan material mesin CNC Router, proses pembuatan dan perakitan komponen, Pengujian fungsi control dan pergerakan mesin, pengujian kualitas bentuk, dimensi hasil pemotongan, parameter feed dan stepover terhadap waktu proses pemotongan., hasil pengujian dilakukan analisa untuk mengetahui penyimpangan pergerakan sumbu, dan kesimpulan seperti disajikan pada Gambar 2.

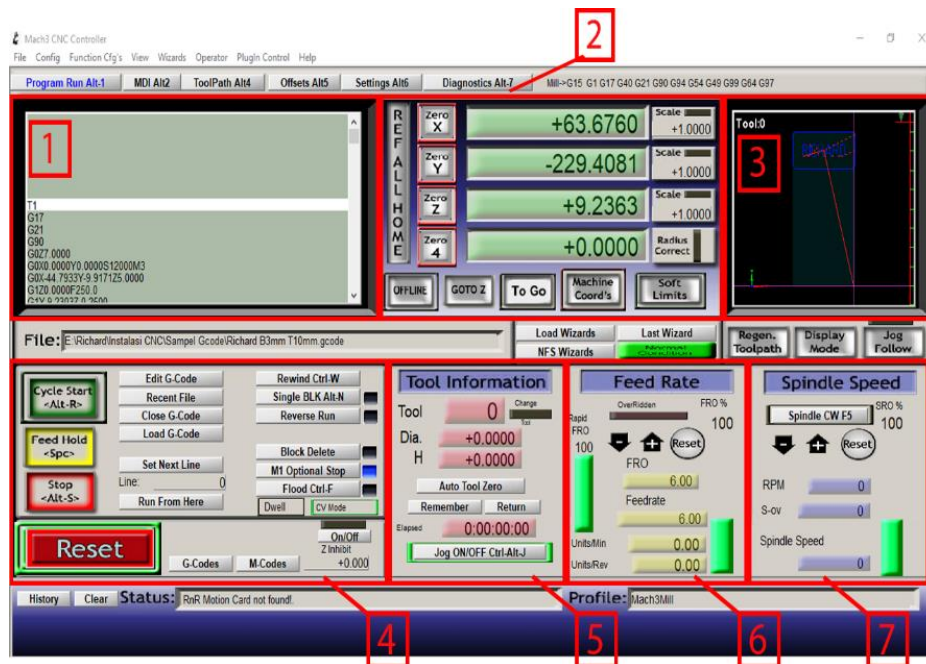


**Gambar 2. Diagram Alir penelitian**

### 2.3. Pengoperasian Mesin

Pengoperasian merupakan tata cara dalam mengoperasikan alat dari awal sampai didapatkan produk akhir yang sesuai. Langkah - langkah pengoperasian mesin *Cutting Sticker* berbasis CNC sebagai berikut:

1. Posisikan mesin CNC *router* dekat dengan sumber listrik.
2. Nyalakan mesin CNC *router* dengan menekan saklar *on* pada *toolbox*.
3. Sambungkan mesin dengan perangkat komputer bersamaan dengan instalasi program Mach3 sebagai *controller*.
4. Buka Aplikasi Mach3.
5. *Input G-Code* yang sudah dibuat di aplikasi *vec tric*.
6. Tentukan titik nol pada sumbu X, Y dan Z.



Gambar 3. Tampilan Layar Aplikasi Mach3

Keterangan :

- No.1 = Tampilan *G-Code* yang dibuat
- No.2 = Setting X, Y dan Z
- No.3 = Tampilan bidang kerja berdasarkan *G-Code*
- No.4 = Tombol *Controller*
- No.5 = Sebagai *setting* sensor tambahan
- No.6 = Setting kedalaman pemakanan
- No.7 = Setting kecepatan putaran *spindle*
7. Jalankan program *NC file* dengan cara klik tombol “*Cycle Start*”.
8. Saat proses permesinan, apabila terjadi pergerakan yang tidak sesuai mesin dapat diberhentikan dengan menekan tombol “*Feed Hold*” untuk menjeda atau tombol “*Stop*” untuk menghentikan gerakan.
9. Jika langkah pengerjaan program *NC file* semuanya telah selesai, secara otomatis mesin CNC akan berhenti.
10. Lepas benda kerja, lalu pastikan hasil pengerjaan sesuai dengan gambar yang dibuat.

### 3. Hasil dan pembahasan

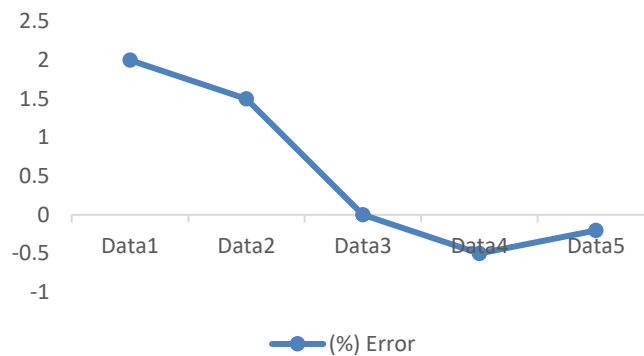
#### 3.1. Pengujian Pergerakan Sumbu X, Y dan Z

Pengujian pada sumbu mesin ini adalah sebuah uji coba untuk mengetahui fungsi dari motor *stepper* dalam menggerakkan sumbu X, Y dan Z pada mesin. Tujuannya untuk melihat apakah mesin bergerak sesuai dengan perintah atau adakah terjadi penyimpangan sumbu pada mesin.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapat bahwa prosentase *error* terbesar ada pada sumbu X dengan hasil rata-rata 1.25%, dan prosentase *error* terkecil dimiliki oleh sumbu Z dengan hasil rata-rata 0.27%. Hasil pengujian menunjukkan penyimpangan terbesar hingga 0.04 mm sudah melampaui batas nilai toleransi mesin yaitu 0.01 mm, sehingga diperlukan kalibrasi penyimpangan gerakan sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z agar mesin dapat bekerja dengan optimal.



**Gambar 4.** Grafik hasil pengukuran penyimpangan pergerakan sumbu X



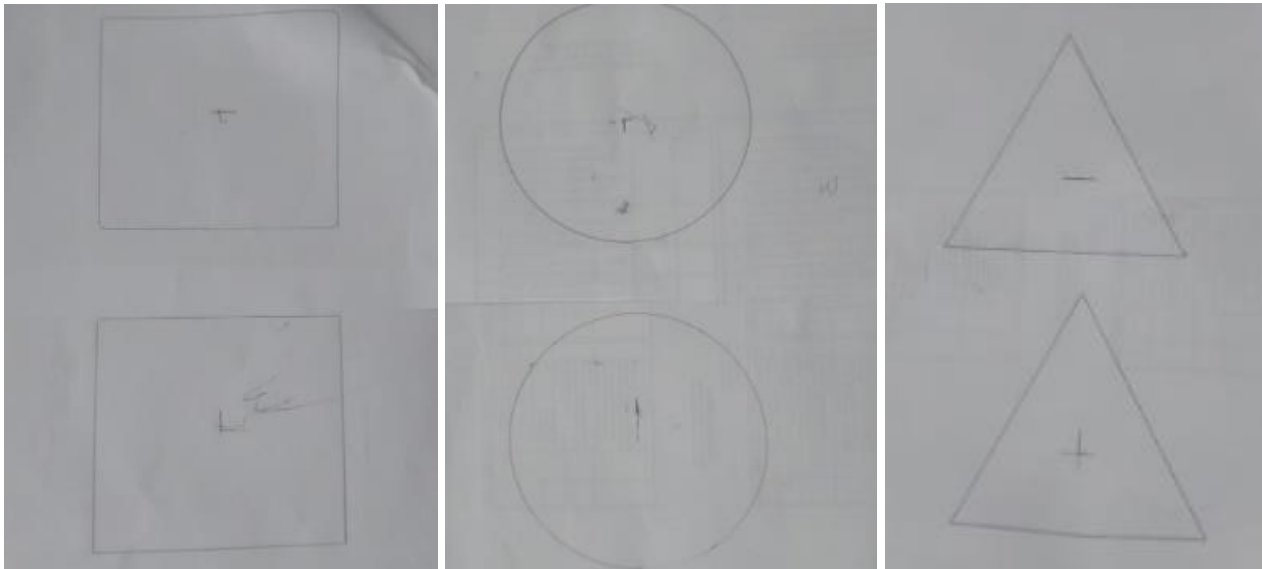
**Gambar 5.** Grafik hasil pengukuran penyimpangan pergerakan sumbu Y



**Gambar 6.** Grafik hasil pengukuran penyimpangan pergerakan sumbu Z

### 3.2. Pengujian Kesesuaian Bentuk Produk

Pengujian ini memiliki tujuan mengetahui kesesuaian dimensi produk yang dihasilkan dari mesin CNC *cutting sticker* sesuai dengan dimensi pada program. Program yang diujikan sebanyak 3 kali pengujian setiap bentuknya. Bentuk yang diuji yaitu: lingkaran, persegi dan segitiga. Proses pengujian dilakukan dengan mengukur hasil akhir produk menggunakan alat ukur yaitu jangka sorong dan dengan membandingkan bentuk hasil pada setiap percobaannya. Berdasarkan hasil pengujian kesesuaian dimensi produk didapatkan data error sebesar 0 mm. Dimensi produk yang dihasilkan tidak ditemukan penyimpangan dibandingkan dimensi yang diinginkan pada disain program.



**Gambar 7.** Hasil Pengujian Dimensi

### 3.3. Pengujian *Feedrate* Terhadap Waktu

Proses pengujian ini merupakan uji coba untuk mengetahui pengaruh *feedrate* terhadap waktu dan kehalusan produk.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian *Feedrate* Terhadap Waktu

No	Feedrate (mm/s)	Waktu Program	Waktu Real
1	50	8"	10"
2	100	7"	8"
3	150	5"	6"

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapati bahwa semakin kecil nilai dari *feedrate* yang diinput pada program maka waktu pengerjaan akan semakin lama dengan hasil produk lebih detail dan pemotongannya halus. Namun, jika nilai *feedrate* yang diinput pada program semakin besar maka waktu pengerjaan akan semakin cepat dan hasil pemotongan produk sedikit kasar.

### 3.4. Pengujian *Step Over* Terhadap Waktu

Pengujian *step over* merupakan uji coba untuk mengetahui pengaruh *Step over* terhadap waktu dan hasil produk. Hasil pengujian yang sudah dilakukan didapat kesimpulan bahwa semakin kecil nilai *step over* yang diinput pada program maka waktu pengerjaannya akan semakin lama dengan hasil produk lebih detail. Namun, jika nilai *step over* yang diinput pada program semakin besar maka waktu pengerjaan akan lebih cepat.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian *Step Over* Terhadap Waktu

No	Step Over (mm)	Waktu Program	Waktu Real
1	0.1	6"	8"
2	0.3	4"	5"
3	0.5	3"	4"

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari semua proses pembuatan mulai dari perancangan sampai pengujian rancang bangun mesin *Cutting Sticker* berbasis CNC adalah hasil penelitian menunjukkan terdapat penyimpangan pergerakan sumbu dengan toleransi 0.04-0.01 mm. Semakin tinggi feedrate maka semakin cepat waktu pemotongan tetapi kualitas pemotongan lebih kasar. Semakin kecil nilai stepover maka semakin detail hasil pemotongan tetapi semakin lama waktu pemotongan yang diperlukan.

#### Daftar Pustaka

- [1] Yusril, Muh., Rancang Bangun Mesin CNC Router. Jurnal Teknologi, Manufaktur dan Industri. 2021.
- [2] Zulfikar, Usmardi, Hanafi. 2018. Rancang Bangun Milling dan Drilling Sederhana dan Murah. Lhokseumawe: Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- [3] Emiawan, Puguh., dkk. Akurasi Mesin CNC Router Low Budget Berbasis Mach 3. Rotor. 2022 November : Vol 15. No 2. P 70.
- [4] Setiawan, Bambang., Rasma., Djunaedi, Thomas. Rancang Bangun Mesin CNC Router Portable Dengan Dimensi 1219x609 mm Untuk Skala laboratorium. INFOMATEK. 2020 Juni: Vol 22, No 1. Pp.15-22.
- [5] H, Budhi Andre., Qurahman, M Taufiq., H, Rasyid Abdurrahman. Desain Mesin CNC Router 3 Axis Berbantu Perangkat Lunak Autodesk Inventor. Nozzle: Journal Mechanical Engineering. 2021 Januari: Vol 10, No.1.
- [6] Widiyaningsih, 2021. Proses Pengoperasian Mesin Running Saw Menggunakan Computer Numerical Control (CNC) (Studi Kasus di PT. Sejin Lestari Furniture). Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering, Vol. 3 (1) pp. 75-87.
- [7] Zulfikar, Zoro dan Syafri. 2017. Proses Produksi Prototipe Mesin CNC Router 3-axis. Riau: Teknik Mesin Universitas Riau.
- [8] Fajar, Ilham, dkk. 2019. Pengembangan Mesin CNC Router 4-Axis Guna Mendukung Produksi Industri Kreatif. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang.
- [9] Nugroho, Adi., Sujadi. Pengaruh Penggunaan Mesin CNC Router Terhadap Waktu Standar Pengerjaan Ornamen Desain Interior. Jurnal Rekayasa Sistem Industri. 2019 Mei: Vol 4. No.2. P 86.
- [10] Munadi, M., Syukri, A., Setiawan, J. D., and Ariyanto, M., 2018. Rancang-bangun prototipe mesin CNC laser engraving dua sumbu menggunakan diode laser. Jurnal Teknik Mesin Indonesia, Vol. 13 (1) pp. 32-37.
- [11] Putra, I. M., and Viola, R. O., 2022. Manufacturing System Design of a CNC Laser Engraver. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 12 (1) pp. 32-38.
- [12] Soundrapandian, E., 2021. Experimental Investigation on Bead Geometry Parameter and Mechanical Property of Part Fabricated by Wire Arc Additive Manufacturing. Journal of Engineering Research, (ICMMM Special Issue) pp. 1-15.

- [13] Wijaya, Kusuma Dewa., Suprijono, Herwin., Nugroho, Satriyo Dony. Optimasi Proses Cutting Mesin CNC Router G-Weike WK1212 dengan Metode Full Factorial Design dan Optimasi Plot Multi Respon. Jurnal Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri. 2020 April: Vol 16. No.1. pp.1-14.
- [14] Yusuf, M., and Carles, H., Analisa Kekasaran Permukaan terhadap Kekerasan Material pada Proses Milling dengan Variasi Kecepatan Feeding. Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana.2019: Vol 8 (2),pp 57-63.
- [15] Cross, Nigel. 2008. Engineering Design Methods: Strategies for Product Design 4th Edition. New York: John Wiley & Sons, Ltd.