

## PENGEMBANGAN DESAIN MESIN CNC *ROUTER* SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DI JURUSAN TEKNIK MESIN

Abdul Salam<sup>1)\*</sup>, Syaharuddin Rasyid<sup>2)</sup> dan Muhammad Nisam Sumule<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl. Perintis Kemerdekaan KM 10, Tamalanrea, Makassar 90245  
E-mail: abdsalam@poliupg.ac.id

### Abstract

The objectives to be achieved in this research on the design of the CNC Router machine are to support size precision in the manufacture of engraving/engraving products on acrylic, wood, and multi-triple workpieces and to know the estimated cost of manufacturing CNC Router machines. The stages of research carried out are making, designing, testing, and analyzing test data. The research method is carried out by selecting tools and materials, work procedures and steps, assembly stage, and testing process. The data collection method was carried out using different materials, namely acrylic and multiplex and measuring the level of precision in the manufacture of engraving/engraving products on acrylic plastic and multiplex wood workpieces. The conclusion of this research has been that a CNC Router machine has been designed according to the Arduino control system so that the machine can be operated according to its function. In this case, the CNC Router machine has been able to execute workpieces made of acrylic and multiplex with various patterns using the NC program command. with the test results it can be seen that the X, Y, and Z axes are in accordance with the actual movement of the X, Y, and Z axis machines.

**Keywords:** *CNC Router, Material, Product, X, Y, and Z Axes.*

### Abstrak

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian rancang bangun mesin CNC router ini yaitu untuk menunjang kepresisian ukuran dalam pembuatan produk ukiran/grafir pada benda kerja akrilik, kayu, dan multitriplek. dan untuk mengetahui estimasi biaya manufaktur mesin CNC Router. Tahapan penelitian yang dilakukan ialah pembuatan, perancangan, pengujian, dan analisa data hasil pengujian. Metode penelitian dilakukan dengan pemilihan alat dan bahan, prosedur dan langkah kerja, tahap perakitan, dan proses pengujian. Metode pengambilan data dilakukan dengan menggunakan material yang berbeda yaitu akrilik dan multitriplek dan mengukur tingkat kepresisian ukuran dalam pembuatan produk ukiran/grafir pada benda kerja plastik akrilik dan kayu multiplek. Kesimpulan dari penelitian ini telah dihasilkan mesin CNC Router yang telah di rancang sesuai dengan sistem kontrol arduino sehingga mesin dapat dioperasikan sesuai dengan fungsinya. Dalam hal ini mesin CNC Router telah dapat mengeksekusi benda kerja yang terbuat dari akrilik dan multiplek dengan berbagai pola dengan menggunakan perintah program NC dengan hasil pengujian dapat diketahui bahwa pada axis X, Y, dan Z sudah sesuai dengan gerakan aktual mesin axis X,Y, dan Z.

Kata Kunci: CNC Router, Material, Produk, Sumbu X, Y, dan Z.

## PENDAHULUAN

Diera komputerisasi ini mesin-mesin perkakas berbasis komputer mengalami kemajuan yang sangat pesat, penggunaan mesin *Computer Numerical Control* (CNC) bukan lagi sesuatu yang asing bagi dunia industri karena mesin tersebut merupakan aset vital perusahaan yang digunakan dalam proses produksi untuk menghasilkan produk massal atau pembuatan komponen lainnya yang memerlukan tingkat ketelitian (*accuracy*) dan kepresisian (*precision*) yang tinggi (Salam, 2014). Olehnya itu, industri manufaktur saat ini harus mengadopsi teknologi *Computer Numerical Control* (CNC) yang memiliki fleksibilitas tinggi sehingga

mampu menghasilkan varian produk yang banyak, sesuai dengan konsep teknologi masa depan Industri 4.0, yaitu *mass-customization*. Penggunaan dan kebutuhan mesin CNC *Training Unit* di Indonesia saat ini mengalami peningkatan khususnya untuk praktikum di sekolah-sekolah kejuruan dan perguruan tinggi teknik di Indonesia (Pramono, 2015). Dengan adanya mesin CNC, konsumen dapat memperoleh desain dekorasi interior maupun eksterior bahan perlengkapan rumah, ruko, gedung, dan bangunan lainnya sesuai dengan keinginannya dengan harga yang terjangkau (Rifaldi, 2019).

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menunjang kepresisian ukuran dimensi pembuatan produk ukiran/grafir pada benda kerja akrilik, kayu, dan multitriplek. Selain itu, untuk mengetahui cara kalibrasi pergerakan sumbu mesin CNC *Router* dan secara garis besar mengetahui estimasi biaya manufaktur pembuatan mesin CNC *Router* skala laboratorium.

## METODE PENELITIAN

Lokasi perancangan dan pembuatan mesin CNC *Router* dilaksanakan di Laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Waktu pembuatan dan pengujian dilaksanakan selama kurang lebih 6 bulan yaitu dari bulan Februari 2023- Juli 2023. Adapun bahan-bahan utama yang direncanakan untuk digunakan adalah *aluminium profile, trimmer, nema 23 motor stepper, arduino uno, dan powersupply*. Terdapat beberapa tahapan yang perlu dilakukan pada pengembangan desain mesin CNC *Router* antara lain:

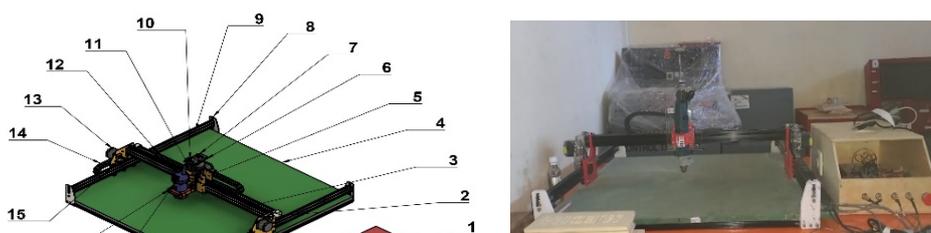
Pertama yaitu tahap perancangan konsep desain dengan membuat desain komponen-komponen yang akan dibuat dengan menggambar dikomputer dengan menggunakan *software Autodesk Fusion 360*, lalu pada tahap ini dilakukan perhitungan menggunakan rumus-rumus terkait untuk menghitung daya dan kapasitas mesin CNC *Router*.

Kedua yaitu tahapan produksi. Pada tahapan ini komponen-komponen yang telah didesain pada *software Autodesk Fusion 360* selanjutnya dirakit menjadi final desain. Perakitan komponen-komponen dirakit sesuai sub rakitan konsep desain yang telah dirancang. Dilanjutkan dengan uji coba, dimana mesin diuji untuk memeriksa apakah semua tombol dan *switch* pada mesin telah berfungsi sesuai dengan fungsinya dan pengujian ukuran mesin dilakukan untuk memeriksa apakah ukuran dan gerakan aktual pada mesin telah sesuai dengan apa yang telah diinput pada program.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Rancangan Konstruksi Mesin CNC *Router*

Adapun rancangan konstruksi mesin CNC *Router* adalah sebagai berikut:



### Gambar 1. Rancangan Desain dan Prototipe Mesin CNC Router

Berdasarkan gambar di atas mesin CNC Router memiliki beberapa komponen utama sebagai berikut: 1) *Box controler*; 2) *Gantry Y*; 3) *Aluminium profile Y*; 4) *Bed*; 5) *Gantry Z*; 6) *Pulley*; 7) *Breket Z*; 8) *Bottom Y*; 9) *Aluminium profile X*; 10) *Lead screw*; 11) *Aluminium profile Z*; 12) *Drag chain X*; 13) *Motor stepper*; 14) *Drag chain Y*; 15) *Bearing round pulley*; 16) *Spindel holder*; 17) *Spindle*.

### 3.2 Perhitungan Kekuatan Gaya Motor Stepper terhadap Berat Mesin

Untuk merancang mesin CNC Router ini perlu adanya perencanaan daya motor yang diperlukan agar sesuai dengan kebutuhan. Perencanaan yang diinginkan adalah dengan motor stepper 300 *pulse*/rotasi dan kecepatan *pulse* masuk 1000 *pulse*/detik, maka dapat direncanakan kecepatan putar motor (Choirony,2021).

$$n = 60 \frac{Pps}{Np} = 60 \frac{1000}{200}$$

Keterangan:  $n$  = Kecepatan putar motor (rpm);  $Pps$  = Kecepatan pulsa masuk (pulsa/detik);  $Np$  = Banyaknya pulsa satu kali putar (pulsa/rotasi). Dengan demikian didapatkan ketelitian motor yang direncanakan:

$$\sigma = \text{°/pulse}$$

$\sigma = 1,8\text{°/pulsa}$ , karena menggunakan poros ulir yang memiliki *pitch* 2 mm, maka pulsa/mm adalah:

$$X = (200/2) \text{ pulsa/rotasi} = 100 \text{ pulsa/rotasi.}$$

Daya motor sumbu Z

$$F = m \cdot g \\ = 2,3 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s} = 2,54 \text{ N}$$

Torsi yang digunakan sumbu Z

$$T = F \times r = 22,54 \times (1,35 - 0,8) = 22,54 \times 0,0055 \\ = 0,124 \text{ N.m}$$

Daya motor yang dibutuhkan pada *motor stepper*

Untuk mengetahui daya motor perlu diketahui berapa kecepatan sudutnya:

$$W = 2\pi \cdot n / 60 = (2 \cdot 3,14 \cdot 30) / 60 \\ = 31,4 \text{ rad/s}$$

Sehingga dapat di tentukan daya motor pada sumbu Z

$$P = T \times \omega = 0,124 \times 31,4$$

$$= 3,89 \text{ Watt}$$

Daya Motor Sumbu Y

$$F = m \times g = 4,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 44,1 \text{ N}$$

Torsi yang digunakan untuk menggerakkan sumbu Y

$$T = F \times r = 44,1 \times 0,008$$

$$= 0,35 \text{ N.m}$$

Daya motor yang dibutuhkan pada *motor stepper*

Untuk mengetahui daya motor perlu diketahui berapa kecepatan sudutnya:

$$\omega = 2\pi \cdot n / 60 = (2 \cdot 3,14 \cdot 30) / 60$$

$$= 31,4 \text{ rad/s}$$

Sehingga dapat ditentukan daya motor pada sumbu Y

$$P = T \times \omega = 0,35 \times 31,4$$

$$= 10,99 \text{ watt.}$$

Berdasarkan data daya motor yang dibutuhkan 10,99 *watt* maka motor yang digunakan dinyatakan aman.

Daya Motor Sumbu X

$$F = m \times g = 3,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 34,3 \text{ N}$$

Torsi yang digunakan untuk menggerakkan sumbu X

$$T = F \times r = 34,3 \times 0,008$$

$$= 0,27 \text{ N.m}$$

Untuk mengetahui daya motor perlu diketahui berapa kecepatan sudutnya:

$$\omega = 2\pi \cdot n / 60 = (2 \cdot 3,14 \cdot 30) / 60$$

$$= 31,4 \text{ rad/s}$$

Sehingga dapat ditentukan daya motor pada sumbu X

$$P = T \times \omega = 0,27 \times 31,4$$

$$= 8,478 \text{ Watt.}$$

Berdasarkan perhitungan daya motor 8,478 Watt maka motor yang digunakan dinyatakan aman.

### 3.3 Pengujian ketelitian alat

Ketelitian mesin CNC *Router* dinyatakan dalam satuan milimeter per-step. Hal tersebut bergantung pada pengaturan *microstepping* yang terdapat pada *driver motor stepper* (Imanuddin, 2021). Tingkat ketelitian CNC *Router* perlu diuji dengan melakukan perhitungan *presentase*

*error* pada setiap sumbu X, Y, Z. Menurut Zaynawi (2018), pengujian kalibrasi ini diperlukan untuk memberikan gambaran singkat dalam kemampuan *engraving* pada mesin yang telah dirancang bangun sejauh mana terjadi penyimpangan pada lintasan sumbu X, Y, dan Z.

**Tabel 1.**

Pengujian sistem gerak sumbu X

No	Eksperimen	Jarak yang diinginkan (mm sebenarnya)	Jarak	<i>Backlash</i>
1	Titik X- ke	20	19,98	0,02
2	Titik X+ ke	20	19,98	0,02
3	Titik X- ke	20	19,98	0,02
4	Titik X+ ke	20	19,98	0,02
Rata-rata <i>backlash</i>				0,02

**Tabel 2.**

Pengujian sistem gerak sumbu Y

No	Eksperimen	Jarak yang diinginkan (mm sebenarnya)	Jarak	<i>Backlash</i>
1	Titik Y- ke	20	19,95	0,05
2	Titik Y+ ke	20	19,95	0,05
3	Titik Y- ke	20	19,95	0,05
4	Titik Y+ ke	20	19,95	0,05
Rata-rata <i>backlash</i>				0,05

**Tabel 3.**

Pengujian sistem gerak sumbu Z

No	Eksperimen	Jarak yang diinginkan (mm sebenarnya)	Jarak	<i>Backlash</i>
1	Titik Z- ke Z+	20	19,97	0,03
2	Titik Z+ ke Z-	20	19,95	0,05
3	Titik Z- ke Z+	20	19,97	0,03
4	Titik Z+ ke Z-	20	19,95	0,05
Rata-rata <i>backlash</i>				0,04

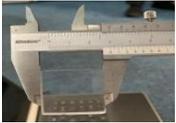
Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa pada semua sumbu (X, Y, dan Z) mengalami penyimpangan atau *backlash* dengan nilai tertentu. Hal tersebut membuktikan bahwa terjadi ketidakstabilan pada komponen mekanik mesin tersebut. Hal ini terjadi karena beberapa faktor seperti penggunaan material maupun cara perakitan komponen. Untuk mesin dengan penyimpangan sama dengan nol tentunya dibutuhkan komponen mekanik dengan kekuatan yang tinggi dan kualitas yang bagus.

### 3.4 Hasil Uji Coba

**Tabel 4.**

Hasil ukir bangun datar persegi

No	Gambar Hasil Ukir Persegi	Dimensi Desain (mm)	Dimensi Hasil (mm)	Penyimpangan (mm)	Waktu
1		30 x 30	30 x 30,6	0 x 0,6	1 menit 23 detik

2		30 x 30	30 x 30,8	0 x 0,8	1 menit 24 detik
3		30 x 30	30 x 30,6	0 x 0,6	1 menit 23 detik

Dari Tabel 4 diatas kemudain diperoleh persentase keberhasilan hasil pengukuran menggunakan rumus berikut:

$$\text{Persentase Keberhasilan} = (\text{Dimensi Desain})/(\text{Dimensi Hasil}) \times 100\%$$

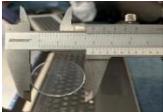
$$\text{Persentase Keberhasilan 1} = 30/30,6 \times 100\% = 98,04\%$$

$$\text{Persentase Keberhasilan 2} = 30/30,8 \times 100\% = 97,4\%$$

$$\text{Persentase Keberhasilan 3} = 30/30,6 \times 100\% = 98,04\%$$

Presentase keberhasilan diatas membuktikan bahwa hasil percobaan pengukuran yang telah dilakukan memiliki kesalahan yang sangat kecil. Kesalahan terjadi biasanya terjadi karena mata CNC yang kurang tegak lurus pada *collet motor spindle*. Selanjutnya dilakukan pengujian pemotongan bangun datar lingkaran dilakukan 3 kali percobaan dengan ukuran sisi yang sama. Pengujian menggunakan mata CNC *endmill* berukuran 4mm. Dalam percobaan tersebut berfungsi untuk menentukan kepresisian hasil ukiran dengan desain yang telah dibuat. Akrilik yang digunakan dalam pengujian memiliki ketebalan 5mm.

**Tabel 5.**  
Hasil ukir bangun datar Lingkaran

No	Gambar Hasil Ukir Lingkaran	Dimensi Desain (mm)	Dimensi Hasil (mm)	Penyimpangan (mm)	Waktu
1		29	29,2	0,2	1 menit 21 detik
2		29	29,2	0,2	1 menit 23 detik
3		29	29,6	0,6	1 menit 24 detik

Dari Tabel 5 diatas kemudian diperoleh persentase keberhasilan hasil pengukuran menggunakan rumus berikut:

Persentase Keberhasilan = (Dimensi Desain)/(Dimensi Hasil) x 100%

Persentase Keberhasilan 1 =  $29/29,2 \times 100\% = 99,3\%$

Persentase Keberhasilan 2 =  $29/29,2 \times 100\% = 99,3\%$

Persentase Keberhasilan 3 =  $29/29,6 \times 100\% = 98\%$

Selanjutnya dilakukan pengujian pemotongan bangun datar segi lima dilakukan 3 kali percobaan dengan ukuran sisi yang sama. Pengujian menggunakan mata CNC *endmill* berukuran 4mm.

Dalam percobaan tersebut berfungsi untuk menentukan kepresisian hasil ukiran dengan desain yang telah dibuat. Akrilik yang digunakan dalam pengujian memiliki ketebalan 5 mm.

**Tabel 6.**  
Hasil ukir bangun datar Segi lima

No	Gambar Hasil Ukir Persegi	Dimensi Desain (mm)	Dimensi Hasil (mm)	Penyimpangan (mm)	Waktu
1		19	19,3	0,2	1 menit 25 detik
2		19	19,3	0,2	1 menit 25 detik
3		19	19,6	0,6	1 menit 26 detik

Dari Tabel 4 diatas kemudain diperoleh persentase keberhasilan hasil pengukiran menggunakan rumus berikut:

Persentase Keberhasilan = (Dimensi Desain)/(Dimensi Hasil) x 100%

Persentase Keberhasilan 1 =  $19/19,3 \times 100\% = 98,4\%$

Persentase Keberhasilan 2 =  $19/19,6 \times 100\% = 97\%$

Persentase Keberhasilan 3 =  $19/19,6 \times 100\% = 97\%$

Presentase keberhasilan di atas membuktikan bahwa hasil percobaan pengukiran yang telah dilakukan memiliki kesalahan yang sangat kecil. Kesalahan yang terjadi biasanya terjadi karena mata CNC yang kurang tegak lurus pada *collet motor spindle*.

Pada pengujian ini, dilakukan percobaan mengukir huruf dan tulisan kaligrafi untuk dijadikan suatu produk papan nama. Benda kerja yang digunakan berukuran 15cm x 30cm. Dalam pembuatannya benda kerja yang digunakan yaitu akrilik berwarna putih solid dengan ketebalan 5 mm, sedangkan multipleks tebal 8 mm. Pada pengukiran tersebut menggunakan tool CNC *V-Bits* diameter 10 mm, sudut kemiringan pahat 90 derajat, dengan kecepatan *spindle* 16000 Rpm, kecepatan pemakanan 1000 mm/menit dan *plunge rate* 600mm/menit. Waktu yang diperlukan

dalam pengukiran tersebut yaitu 1 jam 17 ment 55 detik, dengan pengulangan 8 kali dengan kedalaman 0,25mm (mengikuti spesifikasi mata potong). Sedangkan untuk tulisan kaligrafi pada benda kerja multipleks waktu yang dibutuhkan 20 menit dengan pengulangan 8 kali dengan kedalaman 4 mm. Berikut ini gambar hasil ukir huruf dan kaligrafi pada benda kerja berbeda.



**Gambar 2.** Hasil ukir huruf



**Gambar 3.** Hasil ukir kaligrafi

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil pembuatan mesin CNC *Router* dapat disimpulkan bahwa:

1. Desain dan sistem mekanik mesin CNC *Router* telah dirancang sesuai dengan sistem kontrol *Arduino* sehingga mesin dapat dioperasikan sesuai dengan fungsinya. Dalam hal ini mesin CNC *Router* telah dapat mengeksekusi benda kerja yang terbuat dari akrilik, kayu, dan multiplek dengan berbagai pola dengan menggunakan perintah program NC.
2. Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa pada axis X, Y, dan Z sudah sesuai dengan gerakan aktual mesin axis X,Y, dan Z.
3. Adapun total biaya dalam pembuatan mesin CNC *Router* yaitu Rp.10.168.495

## DAFTAR PUSTAKA

- Choirony, Iklil Vurqon dkk. (2021). Rancang Bangun *Acrylic Engraver and Cutting Machine* Menggunakan CNC *Milling 3 Axis* Berbasis Mikrokontroler. Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro. Jawa Timur: Universitas Trunojoyo Madura.
- Imanuddin, Nur. Rizqy Perdana dkk. (2021). Rancang Bangun CNC *Router 3 Axis Anggrave*, Kayu, dan Akrilik Berbasis Mikrokontroler. Tugas Akhir Program Studi Teknik Otomasi. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Pramono, Gatot Eka dkk. (2015). Rancang Bangun CNC *Mini Router 3 Axis* untuk Keperluan Praktikum CAD/CAM. Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin. FT-UIK. Bogor: Universitas Ibn Khaldun
- Rifaldi, Muhammad dkk. (2019). Rancang Bangun Mesin CNC *Router*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Manufaktur. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Salam, Abdul. (2014). Pemrograman Dasar NC. Makassar: Deepublish (pp.1-2).
- Zaynawi, Bayu Wiro dan K, Fipka Bisono. (2018). Proses Kalibrasi Sumbu X, Y, dan Z pada Mesin CNC *Router Kayu 3 Axis*. Surabaya: Jurnal PPNS.