

Pengembangan Sistem Kontrol Mesin CNC Training Unit 3 Axis

Abdul Salam¹, Syaharuddin Rasyid^{2*}, Ahmad Alim³, A. Uswat Hasan⁴, Khalid⁵

^{1,2,4,5}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

*E-mail korespondensi: syaharuddinrasyid@poliupg.ac.id

Abstract: This research aims to upgrade the TU-3A CNC machine control system using the Mach3 microcontroller so that it can improve the feeding shape that is able to support CAD CAM technology, Measure and analyze the precision of the machine axis movement, Calculate and analyze the cost of developing a 3 Axis CNC Training Unit machine control system. This research was conducted through several stages of literature study, design, overhaul, manufacture, assembly, testing and data analysis. The research method carried out is upgrading the control system by changing the control system using a Mach3 microcontroller, measuring and analyzing and analyzing the precision of the machine axis movement with a dial indicator measuring instrument and a 0.05 accuracy caliper. The material used for testing is soft material such as Teflon, aluminum and acrylics, with the results showing that the TU-3A CNC machine can produce products with the expected precision. The conclusion of this research has resulted in the development of a 3 Axis CNC Training Unit machine using a Mach3 microcontroller so that it can improve the shape of the feed that is able to support CAD CAM technology and produce products from acrylic and aluminum materials. Measurement and analysis of data testing the precision of the machine axis movement, it is known that the deviation in the X, Y, and Z axes on the TU-3A Mach3 CNC machine is smaller than the deviation on the TU-3A EMCO CNC machine.

Keywords: CNC TU-3A, microcontroller Mach3, X, Y and Z Axis

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengupgrade sistem kontrol mesin CNC TU-3A menggunakan mikrokontroler Mach3 sehingga dapat meningkatkan bentuk pemakanan yang mampu mendukung teknologi CAD CAM, Mengukur dan menganalisa kepresisian gerakan sumbu mesin, menghitung dan menganalisa biaya pengembangan sistem kontrol mesin CNC Training Unit 3 Axis. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan studi literatur, perancangan, overhaul, pembuatan, perakitan, pengujian dan analisa data. Metode penilitan yang dilakukan yaitu mengupgrade sistem kontrol dengan mengubah sistem kontrolnya menggunakan mikrokontroler Mach3, Mengukur dan menganalisa dan menganalisa kepresisian gerakan sumbu mesin dengan alat ukur dial indikator dan jangka sorong ketelitian 0.05. Material yang digunakan pengujian ialah material berbahan lunak seperti teflon, aluminium dan akrilik, dengan hasil menunjukkan bahwa mesin CNC TU-3A dapat menghasilkan produk dengan presisi yang diharapkan. Kesimpulan penilitian ini telah dihasilkan Pengembangan mesin CNC Training Unit 3 Axis menggunakan microcontroller Mach3 sehingga dapat meningkatkan bentuk pemakanan yang mampu mendukung mendukung teknologi CAD CAM dan menghasilkan produk dari bahan akrilik dan aluminium. Pengukuran dan analisa data pengujian kepresisian gerakan sumbu mesin, diketahui bahwa penyimpangan pada sumbu X, Y, dan Z di mesin CNC TU-3A Mach3 lebih kecil dibandingkan dengan penyimpangan pada mesin CNC TU-3A EMCO.

Kata kunci: CNC TU-3A, Mikrokontroler Mach3, Sumbu X, Y dan Z.

I. PENDAHULUAN

Mesin *Computer Numerically Controlled* (CNC) telah lama dikenal dan digunakan pada berbagai sektor industri seperti industri pesawat terbang, perkapalan, otomotif, cetakan dan lain-lain. Berbagai jenis mesin CNC yang ada seperti CNC *turning*, CNC *milling*, CNC *shaping*, CNC *welding*, CNC *laser cutting* dan lain-lain telah umum digunakan diberbagai industri manufaktur . Mesin CNC berdasarkan fungsinya secara umum dapat dikategorikan menjadi dua jenis yaitu mesin CNC untuk unit produksi (*production unit*) dan mesin CNC unit latihan (*training unit*) [1-3].

Sebuah mesin CNC mengambil kode dari komputer dan mengkonversi kode menggunakan *software* menjadi sinyal listrik Sinyal-sinyal dari komputer kemudian digunakan untuk mengendalikan motor [4-6]. 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[7-9].

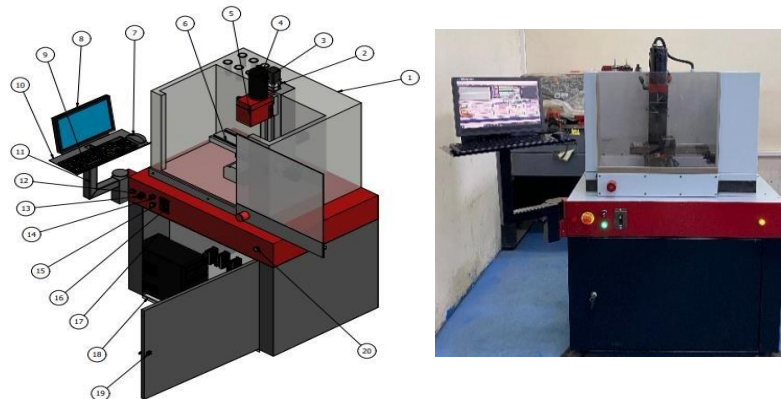
Mach3 board merupakan Board yang berfungsi untuk menghubungkan sinyal dari komputer dengan peripheral input maupun output. Breakoutboard merupakan komponen utama dalam pembuatan mesin CNC yang berfungsi menghubungkan sinyal data dari komputer ke driver[10-12]. Mesin CNC Training Units 3 Axis (CNC TU-3A) adalah salah satu jenis mesin cnc yang berada di Lab Produksi CNC, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Mesin ini terdiri dari enam unit dan hanya satu unit yang masih berfungsi dengan baik, sehingga dapat menghambat proses pembelajaran praktikum. Hal ini disebabkan karena sistem kontrol yang sudah tua dan suku cadang sudah habis atau tidak diproduksi lagi. namun harga mesin CNC Training Unit yang ada dipasaran masih cukup tinggi berkisar 100-500 jutaan dan hanya memiliki luas area kerja yang kecil (300 mm x 300 mm). Kisaran harga tersebut tentu saja cukup mahal sehingga tidak dapat dijangkau oleh sekolah-sekolah kejuruan dan lingkungan kampus[13-15].

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium CNC dan Bengkel Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Bahan-bahan utama yang digunakan adalah poros aluminium, besi pelat, besi hollow 5x5, motor stepper nema 23, driver tb6600, speed control, power supply PC atau komputer. Tahapan penelitian yang dilakukan pada pengembangan sistem kontrol mesin CNC Training Unit 3 Axis ini yaitu: 1). Analisa kerusakan mesin sebelumnya, 2). Melakukan pembongkaran mesin dan memeriksa kondisi komponen mekanik dan elektronik, 3). Mengganti komponen mekanik dan elektronik yang sudah rusak, 4). Membuat rancangan komponen mekanik dan elektronik, 5). Membuat komponen mekanik dan elektronik, 6). Perakitan komponen mekanik dan elektronik, 7). Uji coba mesin, 8). Uji kalibrasi eretan mesin dan pembuatan produk, dan 8). Analisis data pengujian dan menghitung biaya pembuatan mesin.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Rancangan konstruksi pengembangan Mesin CNC Training Unit 3 Axis



Gambar 3.1 Rancangan Pengembangan Mesin CNC TU 3 Axis

Berdasarkan gambar di atas mesin CNC TU-3A memiliki beberapa komponen sebagai berikut: 1) Body atau frame; 2) Bracket; 3) Motor stepper; 4) Motor spindle; 5) Head mesin; 6) Meja mesin; 7) Mouse; 8) Montor; 9) Keybord; 10) Dudukan monitor; 11) Support dudukan monitor; 12) Lampu emergency; 13) Tombol emergency; 14) Selector ON OF; 15) Lampu selector; 16) speed control; 17) PC/CPU komputer; 18) Box panel; 19) Kunci cam lock; 20) Lampu selector.

Spesifikasi dari mesin CNC TU-3A dengan sistem kontrol Mach3 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi mesin CNC TU-3A dengan sistem kontrol Mach3.

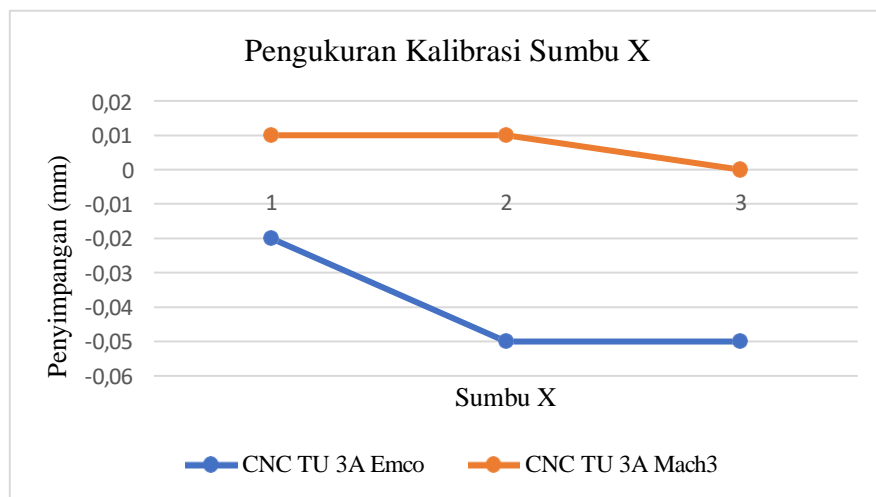
No	Deskripsi	Spesifikasi
1	Dimensi Alat	50 × 50 × 50
2	Dimensi Area Kerja	180 × 95 mm
3	Motor Axis	Stepper Nema 23 T2.0Nm
4	Motor Spindel	4000rpm 180V 440Watt
5	Controller	Mach3

B. Pengujian Kalibrasi Pergerakan Sumbu

Pengujian Kalibrasi pergerakan sumbu X,Y dan Z dilakukan dengan input program *G-code* yang sama pada masing-masing mesin CNC TU-3A Emco dan mesin CNC TU-3A Mach3 menggunakan dial indicator, Kalibrasi ini dilakukan sebanyak 3 kali untuk memastikan ukuran yang di input ke program telah sesuai dengan ukuran aktual pergerakan mesin CNC.

Tabel 2. Data Perbandingan Hasil Pengujian Sumbu X

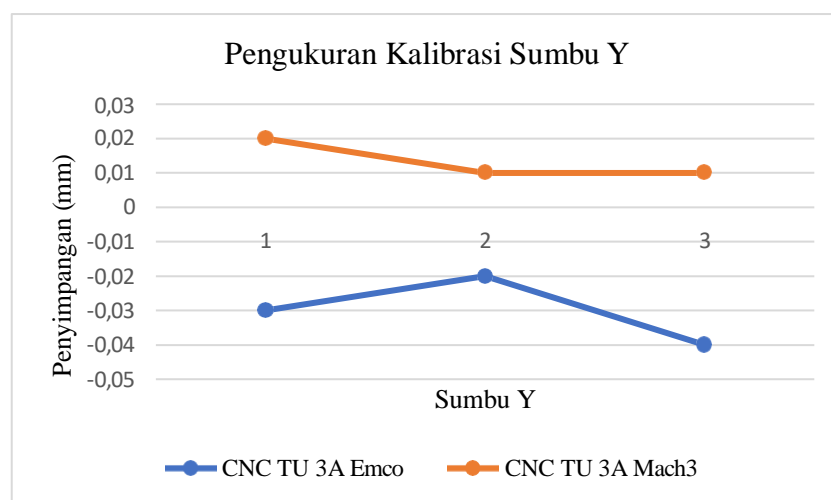
Perbandingan Pengujian	Pengujian Sumbu X (mm)			
	Percobaan	Program Pergerakan	Hasil Pergerakan	Penyimpangan
CNC TU-3A Emco	1	2,00	1,98	+0,02
	2	2,00	1,95	+0,05
	3	2,00	1,95	+0,05
Rata-Rata Penyimpangan				+0,04
CNC TU-3A Mach3	1	2,00	2,01	0,01
	2	2,00	2,01	0,01
	3	2,00	2,00	0,00
Rata-Rata Penyimpangan				0,007



Gambar 1. Grafik Pengukuran Kalibrasi Sumbu X

Table 3. Data Perbandingan Hasil Pengujian Sumbu Y

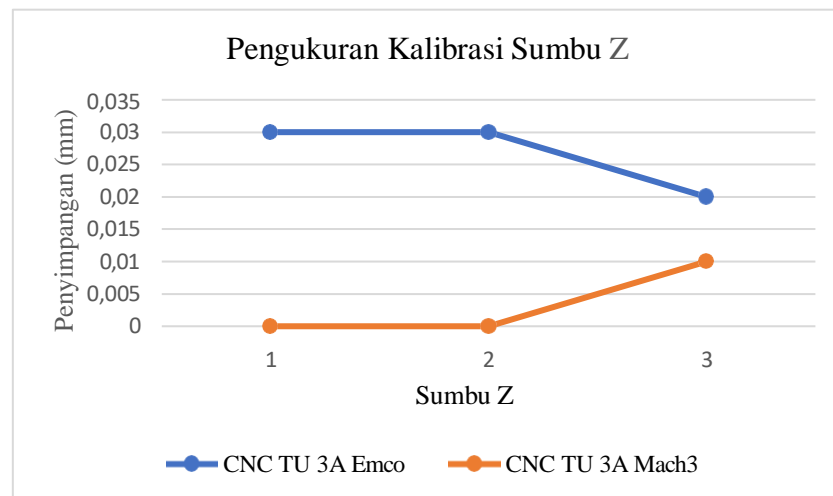
Perbandingan Pengujian	Pengujian Sumbu Y (mm)			
	Percobaan	Program Pergerakan	Hasil Pergerakan	Penyimpangan
CNC TU-3A Emco	1	2,00	1,97	+0,03
	2	2,00	1,98	+0,02
	3	2,00	1,96	+0,04
Rata-Rata Penyimpangan				+0,03
CNC TU-3A Mach3	1	2,00	2,02	0,02
	2	2,00	2,01	0,01
	3	2,00	2,01	0,01
Rata-Rata Penyimpangan				0,013



Gambar 2. Grafik Pengukuran Kalibrasi Sumbu Y

Table 4. Data Perbandingan Hasil Pengujian Sumbu Z

Pebandingan Pengujian	Pengujian Sumbu Z (mm)			
	Percobaan	Program Pergerakan	Hasil Pergerakan	Penyimpangan
CNC TU-3A Emco	1	2,00	2,03	0,03
	2	2,00	2,03	0,03
	3	2,00	2,02	0,02
Rata-Rata Penyimpangan				0,027
CNC TU-3A Mach3	1	2,00	2,00	0,00
	2	2,00	2,00	0,00
	3	2,00	2,01	0,01
Rata-Rata Penyimpangan				0,003



Gambar 3. Grafik Pengukuran Kalibrasi Sumbu Z

Dari data dan grafik di atas dapat diketahui bahwa dalam pengujian sumbu X, Y, dan Z sebanyak 3 kali percobaan, mesin CNC TU-3A Emco memiliki nilai rata-rata penyimpangan sumbu X $\pm 0,04$ mm sumbu Y $\pm 0,03$ mm dan sumbu Z $\pm 0,027$ mm. Sedangkan mesin CNC TU-3A Mach3 memiliki nilai rata-rata penyimpangan sumbu X $\pm 0,007$ mm, sumbu Y $\pm 0,013$ mm, sumbu Z $\pm 0,003$ mm. Penyimpangan pada pengujian ini kemungkinan disebabkan oleh faktor mekanis dan alat ukur yang digunakan tidak lagi berfungsi dengan optimal.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata penyimpangan yang ada pada mesin CNC TU-3A Emco lebih besar dibandingkan dengan nilai rata-rata penyimpangan yang ada pada mesin CNC TU-3A Mach3 sehingga dapat dikatakan berhasil pada perbandingan pengujian sumbu ini.

C. Pengujian akurasi dan kepresisian di mesin CNC TU-3A Emco dan CNC TU-3A Mach3

Pengujian akurasi dan kepresisian program dilakukan pada material akrilik dengan menggunakan program NC yang diinput ke dalam sistem Mach3. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan ukuran hasil kerja mesin sudah akurat dan presisi sesuai dengan program yang telah diinput.

Table 5. Data Kepresisian dan Akurasi Mesin CNC TU-3A Emco

Data Kepresisian dan Akurasi Mesin CNC TU-3A Emco									
Sumbu	Ukuran Aktual	Pengujian			Rata-Rata	Stdev	RSD	Akurasi	%
		Hasil I	Hasil II	Hasil III					
X	41,00	41,15	41,15	41,25	41,18	0,06	0,1%	0,18	0,45%
Y	41,00	41,50	41,5	41,50	41,50	0,00	0,00	0,50	1,22%
Z	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00%

Table 6. Data Kepresisian dan Akurasi Mesin CNC TU-3A Mach3

Data Kepresisian dan Akurasi Mesin CNC TU-3A Emco									
Sumbu	Ukuran Aktual	Pengujian			Rata-Rata	Stdev	RSD	Akurasi	%
		Hasil I	Hasil II	Hasil III					
X	41,00	41,00	41,00	41,00	41,00	0,00	0,0%	0,00	0,00%
Y	41,00	41,10	41,10	41,10	41,10	0,00	0,00	0,10	0,24%
Z	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00%





Dari tabel di atas (Tabel 5 dan 6) dapat diketahui data kepresisian dan keakuratan setiap sumbu mesin CNC TU-3A Emco dan CNC TU-3A Mach3. Untuk kepresisian mesin CNC TU-3A Emco diketahui untuk sumbu X berada diangka 0,06 untuk nilai standar deviasinya dan 0,1% untuk nilai RSD nya, sumbu Y dan Z memiliki nilai 0 untuk standar deviasi dan RSD nya. Untuk keakuratan mesin sebelum pengembangan memiliki nilai penyimpangan 0,45% untuk sumbu X, 1,22% untuk sumbu Y, dan 0% untuk sumbu Z.

Sedangkan untuk mesin CNC TU-3A Mach3 memiliki tingkat kepresisian yang lebih tinggi, dimana untuk nilai standar deviasi dan RSD nya berada di angka 0 untuk ketiga sumbunya. Begitupun dengan tingkat keakuratannya, mesin CNC TU-3A Emco memiliki keakuratan yang lebih tinggi yaitu, presentase penyimpangan untuk sumbu X 0%, sumbu Y 0,24%, dan sumbu Z 0%.

D. Pengujian mesin dengan software CAD CAM

Adapun hasil pengujian mesin dengan software CAD CAM dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Data Hasil Pengujian Software CAD CAM

No	Dokumentasi Pengukuran	Ukuran Desain (mm)	Ukuran Aktual (mm)	Hasil Pengukuran (mm)	Penyimpangan (mm)
1		30,00	30,00	30,00	0,00
2		46,00	46,00	46,00	0,00
3		8,00	8,00	8,00	0,00
4		5,00	5,00	5,00	0,00

Dari Tabel 6. di atas dapat diketahui bahwa dari hasil pengujian mesin menggunakan software CAD CAM sudah sesuai dengan desain dan program yang diambil dari software CAD CAM dengan penyimpangan 0. Untuk mengetahui presentasi keberhasilan, dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Presentasi Keberhasilan} = \frac{\text{Dimensi Hasil}}{\text{Dimensi Desain}} \times 100\% \\ = 100\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, dapat diketahui bahwa pengujian mesin menggunakan software CAD CAM telah berhasil dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian adalah: 1). Pengembangan mesin CNC Training Unit 3 Axis berbasis mikro controller telah berhasil dilakukan. Mesin ini menggunakan software Mach3Mill sebagai pengontrol utama, serta dilengkapi dengan software CAD/CAM, yaitu Mastercam X5 dan Fusion 360, untuk mendesain dan pembuatan G-code telah mampu memproses benda bahan lunak seperti akrilik dan aluminium, 2). Pengujian kalibrasi sumbu pada mesin menunjukkan nilai rata-rata penyimpangan yang lebih rendah yaitu pada sumbu X $\pm 0,007\text{mm}$, sumbu Y $\pm 0,013\text{mm}$, sumbu Z $\pm 0,003\text{mm}$. Sedangkan pengujian pemakanan pada benda kerja menunjukkan tingkat presisi dan akurasi yang tinggi dengan standar deviasi dan RSD sebesar 0 pada ketiga sumbunya. Dibandingkan mesin CNC TU-3A Emco sebelumnya mesin ini memiliki tingkat akurasi lebih baik dengan persentase penyimpangan sebesar 0% pada sumbu X, 0,24% pada sumbu Y, dan 0% pada sumbu Z.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahmatullah, R., Umurani, K., & Siregar, M. A. (2021). Pengembangan Lintasan Pahat Pada Pengefraisan “Umsu” Menggunakan Cnc Tu-3a. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(1), 8-15
- [2] Luthfi, M. N. (2024). Desain Produk Kreatif Aksesoris Cover Radiator Yamaha Aerox 155 VVA menggunakan Software Autodesk Fusion 360 Student Version dan Manufaktur menggunakan Mesin CNC Supermill (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- [3] Soesilo, R., Valentin, A. D., & Ramadhani, A. (2024). Proses Manufaktur Modern: Memahami Proses dan Metode Produksi. MEGA PRESS NUSANTARA.
- [4] Desphande, Srirangga V. 2018. Design and Fabrication Of 3-Axis CNC Milling Machine. *Jurnal. Engineering Research and General Science* Volume 6, Issue 4, July-August, 2018. ISSN 2091-2730.
- [5] Yuliardi, A. (2020). Rancang Bangun Mesin CNC Mini Plotter Dua Sisi Tinta Dan Laser Diode Berbasis Microcontroller (Doctoral dissertation, Universitas Pasncasakti Tegal).
- [6] Fitriani, F. (2021). Pengaruh variasi kecepatan pemotongan dan ketebalan plat pada sumbu x, y, z terhadap akurasi hasil cnc plasma cutting (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- [7] Sobirin, D. M., & Utama, J. (2020). Perancangan Sistem Multi Computer Numerical Control (CNC) Untuk Plotter Dan Laser Engraving. *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, 9(1), 51-58
- [8] Widiyaningsih, S. T. (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 (AJIEE)*, 3(1), 75-87.
- [9] Yanto, A., & Putra, I. M. (2021). Design and Structure Analysis of a CNC Laser Engraver Machine. *Jurnal Teknik Mesin*, 11(2), 107-116.
- [10] Ridwan, F., & Widodo, W. S. (2023). Rancang Bangun Mesin Potong Logam Plasma CNC 3 Axis. *Jurnal Teknik Mesin dan Mekatronika (Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics)*, 8(1), 16-25
- [11] Zain, K. (2023). Electrical Design and Construction of 3 Axis CNC Plasma Metal Cutting Machine. *Jurnal Teknik Mesin dan Mekatronika (Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics)*, 8(2), 121-134.
- [12] Julian, M. D., Pranomo, G. E., & Yuliaji, D. (2023). Retrofit Sistem Kontrol Penggerak Sumbu X, Y, dan Z Pada Mesin CNC Milling DMTG XD-40A. *ALMIKANIK*, 5(3), 114-124.
- [13] Salam, A., Iswar, M., Rifaldi, M., Malik, S., & Putra, K. (2019, December). Rancang Bangun Mesin CNC Router Mini Untuk Pembelajaran Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin. In *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)* (Vol. 4, No. 1, pp. 84-90).
- [14] Abdul, S., Syaharuddin, R., Fadly, F., Resa, F., & Muhajirin, M. (2020). Rancang Bangun Mesin CNC Laser Cutting Untuk Pembelajaran Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin. *Sinergi*, 18(1).
- [15] Alfauzy, A. S., Purnomo, A., Tjahjono, B., Nugroho, W. I., Agung, N., & Cholis, A. (2023). Rekayasa Mesin Cutting Sticker Berbasis CNC untuk Meningkatkan Kualitas Hasil Produksi.

Jurnal Rekayasa *Mesin*, 18(1), 75-82.