

RANCANG RANGUN MESIN *MILLING* CNC SEDERHANA

Abbi Azan¹, Sapta Marga^{1*}, Angga Sateria¹, Somawardi¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

Corresponding Author: margasapta34@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan industri manufaktur di era 4.0 mendorong kebutuhan akan mesin CNC yang fungsional. Proyek akhir ini bertujuan untuk merancang dan membangun mesin milling CNC sederhana namun tetap presisi dan dapat digunakan untuk proses pemotongan. Komponen utama meliputi rangka berbahan alumunium profil, spindle, motor stepper, driver TB6560, dan mikrokontroler. Perakitan dilakukan secara bertahap, dimulai dari sistem mekanik hingga sistem kontrol mesin. Mesin diuji melalui uji fungsi dan uji kepresisian, mencakup pengukuran kesejajaran, ketegaklurusan, serta presisi pergerakan sumbu X, Y, dan Z. Pengujian kepresisian dilakukan menggunakan dial indikator dengan ketelitian 0,01 mm. hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin mampu menghasilkan pergerakan sumbu X, Y dan Z. Pada pengujian fungsi menunjukkan bahwa semua komponen utama seperti motor stepper, spindel, dan sistem kontrol dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya dan dilakukan perawatan preventif pada komponen komponen utama seperti linear guide rail, kopling dan lead screw untuk menjaga peforma jangka panjang mesin.

Kata kunci: mesin frais cnc sederhana, perancangan, uji fungsi, uji kepresisian, perawatan

ABSTRACT

The development of the manufacturing industry in the 4.0 era drives the need for functional CNC machines. This final project aims to design and build a simple yet precise CNC milling machine that can be used for cutting processes. The main components include a frame made of aluminum profiles, spindles, stepper motors, TB6560 drivers, and microcontrollers. Assembly is carried out in stages, starting from the mechanical system to the machine control system. The machine is tested through function tests and precision tests, including measuring parallelism, perpendicularity, and precision of the X, Y, and Z axes. Precision testing is carried out using a dial indicator with an accuracy of 0.01 mm. The test results show that the machine is capable of producing X, Y, and Z axis movements. Functional testing shows that all main components such as stepper motors, spindles, and control systems can operate according to their functions and preventive maintenance is carried out on main components such as linear guide rails, couplings, and lead screws to maintain the long-term performance of the machine.

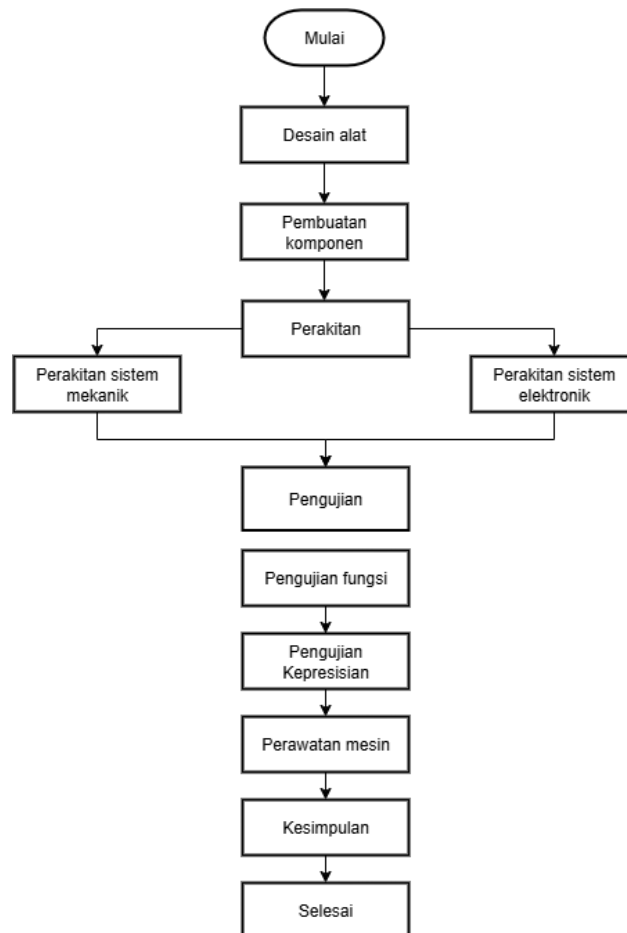
Keywords: simple CNC milling machine, design, function test, precision test, maintenance

1. PENDAHULUAN

Dalam era industri 4.0, teknologi manufaktur berkembang pesat, khususnya dalam bidang permesinan presisi. Salah satu teknologi utama adalah Computer Numerical Control (CNC), yang memungkinkan proses pemesinan berjalan otomatis dengan akurasi tinggi. Proyek ini bertujuan merancang dan membangun mesin *milling* CNC sederhana yang terdiri dari rangka, motor penggerak, *spindle*, *lead screw*, sumbu X-Y-Z, panel kontrol, alumunium profil, *linear guide rail*, dan *power supply*. Mesin ini dirancang sebagai solusi media belajar, menggunakan komponen yang mudah diperoleh serta sistem kontrol berbasis mikrokontroler, pemrograman G-code, serta teknik permesinan modern secara langsung. CNC merupakan pengembangan dari mesin manual dengan keunggulan pada presisi, efisiensi, dan konsistensi hasil. Melalui pemrograman numerik seperti G-code dan M-code, dapat mengontrol pergerakan alat potong kecepatan dan arah pemotongan secara akurat. Dengan demikian, mesin *milling* CNC sederhana ini diharapkan menjadi sarana media belajar dalam mendukung transformasi digital di bidang pendidikan.

2. METODE

Diagram alir dapat dilihat pada Gambar 1.

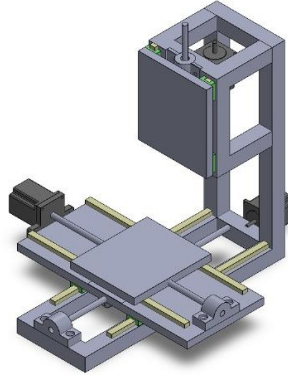


Gambar 1. Diagram alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain alat.

Setelah melakukan pengumpulan data, penulis melakukan desain rancang bangun mesin *milling* CNC sederhana. Pada perancangan/desain alat, penulis menggunakan *software* desain. Hasil dari rancangan mesin *milling* CNC sederhana yaitu ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain alat

3.2 Pembuatan komponen

Proses pembuatan komponen pada rangka mesin *milling* CNC dilakukan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Peralatan yang digunakan yaitu, mesin *frais felhman*, mesin gergaji potong, alat ukur seperti meteran, jangka sorong, dan kunci L.

3.3 Perakitan sistem mekanik

Pada tahap perakitan mekanik mesin setelah pembuatan komponen selesai, dilakukan pemasangan bagian-bagian mekanik seperti *lead screw*, kopling, *linear guide rail*, alumunium profil, dan *bearing*. *Bearing* dipasang pada dudukannya, kopling disambungkan ke motor stepper dan *lead screw*, *linear guide rail* dipasang pada alumunium profil, kemudian seluruh bagian dirakit menjadi satu kerangka dengan sistem mekanik yang lengkap. Gambar perakitan sistem mekanik dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perakitan Sistem Mekanik

3.4 Perakitan sistem kontrol elektronik

Pada tahap perakitan sistem elektronik mesin setelah perakitan mekanik selesai, perakitan sistem elektronik dimulai dengan menyiapkan komponen utama seperti *ardunio mega* 2560, *ramps* 1.4, *driver* motor *stepper* TB6560, motor *stepper*, *power supply*, serta kabel dan konektor pendukung. *Ramps* 1.4 dipasangkan langsung ke atas *ardunio mega* 2560 dengan menyelaraskan semua pin *header*. *Driver* motor *stepper* kemudian dipasangkan ke slot yang tersedia di *ramps* 1.4 untuk sumbu X, Y dan Z. Motor *stepper* disambungkan *driver* motor *stepper*, lalu disambungkan *ramps* 1.4 sesuai dengan masing-masing sumbu, dengan memperhatikan urutan kabel *coil*. *Power supply* DC 24V kemudian dikoneksikan ke terminal *ramps*, dengan memastikan kabel terpasang dengan kuat. *Limit switch* (*endstop*) dipasangkan pada sumbu X, Y dan Z. setelah seluruh komponen terhubung, *ardunio mega* dihubungkan dengan modul *display* LCD, yang berfungsi sebagai antar muka untuk mengakses dan mengontrol pergerakan mesin secara manual. Melalui *display* ini dapat menavigasi menu, mengatur posisi sumbu, dan memulai operasi dasar tanpa memerlukan koneksi komputer.

3.5 Pengujian fungsi

Pengujian fungsi adalah proses memastikan bahwa setiap komponen atau bagian dari suatu sistem atau mesin dapat bekerja sesuai dengan fungsinya yang telah dirakit. Tabel pengujian fungsi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Fungsi

No	Komponen yang diuji	Fungsi yang diuji	Hasil
1	Motor <i>stepper</i> sumbu x	Gerakan sumbu x	Berfungsi
2	Motor <i>stepper</i> sumbu y	Gerakan sumbu y	Berfungsi
3	Motor <i>stepper</i> sumbu z	Gerakan sumbu z	Berfungsi
4	<i>Spindle</i>	Putaran <i>spindle</i>	Berfungsi
5	<i>Limit switch</i>	Gerakan ke arah <i>endstop</i>	Berfungsi
6	Sistem kontrol (<i>mikrokontroler</i>)	Kirim beberapa instruksi G-code sederhana	Berfungsi

3.6 Pengujian kepresisian

Pengujian pergerakan sumbu X, Y dan Z, dilakukan menggunakan *dial indicator* dengan ketelitian 0,01 mm, untuk melihat deviasi atau penyimpangan pergerakan pada tiap sumbu secara presisi. Tabel pengujian fungsi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Pergerakan Sumbu X, Y dan Z.

Uji coba ke 1			
Pergerakan	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z
0,1 mm	0,03 mm	0,02 mm	0,02 mm
0,5 mm	0,06 mm	0,07 mm	0,07 mm
1 mm	1,02 mm	1,03 mm	1,01 mm
5 mm	5,02 mm	5,01 mm	4,99 mm

Uji coba ke 2

Pergerakan	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z
0,1 mm	0,02mm	0,03 mm	0,02mm
0,5 mm	0,05 mm	0,07 mm	0,07 mm
1 mm	1,01 mm	1,02 mm	0,99 mm
5 mm	5,02 mm	5,02 mm	5,01mm

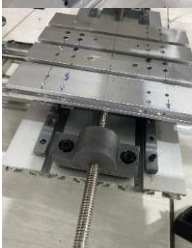
Uji coba ke 3

Pergerakan	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z
0,1 mm	0,3 mm	0,02 mm	0,03 mm
0,5 mm	0,06 mm	0,06 mm	0,07 mm
1 mm	1,01 mm	1,02 mm	0,98 mm
5 mm	5,03 mm	5,02 mm	5,02 mm

3.7 Perawatan mesin

Pada tahap ini kami membuat tabel pemeliharaan preventif CNC sederhana ini. Perawatan preventif adalah jenis perawatan yang dilakukan secara rutin dan terjadwal dengan tujuan mencegah kerusakan, gangguan, atau penurunan kinerja pada suatu perawatan mesin atau sistem sebelum terjadi kerusakan parah. Menyajikan sebuah tabel yang memuat jadwal perawatan mesin, yang berfungsi sebagai acuan waktu untuk melakukan perbaikan atau pemeliharaan rutin pada setiap komponen mesin. Rincian jadwal tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perawatan mesin

No	Gambar	Nama komponen	Metode perawatan	Alat yang digunakan
1		<i>Linear guide rail</i>	Dengan metode pelumasan, jika kotor dibersihkan	Oli/grease dan majun
2		<i>Block kopling</i>	Keretakan diperiksa dengan metode inspeksi visual	Visual
3		Alumunium profil	Dibersihkan jika kotor	Majun atau kain

4		<i>Lead screw</i>	Dengan cara dilumasi dan jika kotor dibersihkan	Oli/grease dan majun
5		<i>Bearing</i>	Dengan cara dilumasi dan diganti jika aus	Oli/grease dan majun

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian fungsi yang telah dilakukan, bahwa seluruh komponen utama mesin *milling* CNC sederhana telah berfungsi dengan baik. Pengujian mencakup gerakan motor X, Y dan Z, *spindle*, serta respon sistem kontrol terhadap perintah Gcode. Selain itu, sistem *endstop* seperti *limit switch* juga berfungsi dengan baik. Perawatan preventif juga terdapat 4 komponen utama (*Linear guide rail*, blok kopling, alumunium profil, *lead screw*) yang dilakukan pemeliharaan rutin dengan metode inspeksi visual dan pelumasan, menggunakan majun/kain, oli, atau *grease*.

Berdasarkan hasil yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengujian kepresisian sumbu X, Y, dan Z terhadap perintah pergerakan sebesar 0,1 mm, 0,5 mm, 1 mm, dan 5 mm, diperoleh bahwa sistem gerak pada mesin *milling* CNC sederhana secara umum mampu merespons perintah dengan akurasi yang cukup baik. Pada sumbu X memiliki rata-rata deviasi sebesar $\pm 0,02-0,03$ mm untuk pergerakan $\geq 0,5$ mm, namun menunjukkan deviasi cukup besar (hingga 0,2 mm) pada pergerakan 0,1 mm. lalu, sumbu Y menunjukkan akurasi yang konsisten dengan deviasi rata-rata $< \pm 0,03$ mm di seluruh skala pergerakan. Selanjutnya sumbu Z juga menunjukkan akurasi tinggi dengan deviasi maksimum $\pm 0,02$ mm, dan sangat mendekati nilai target hingga pergerakan 5 mm.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh teknisi laboratorium, serta pihak Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah memberikan fasilitas penuh selama pelaksanaan proyek akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrisa, H. H. (2019). AN OVERVIEW OF PROSES CNC MACHINING. *Journal of Mechanical Science and Engineering*, 6(2), 19-23.
- Ayala-Chauvin, M., Saá, F., Rodríguez, R., Domènech-Mestres, C., & Riba-Sanmartí, G. (2020, December). Design and Construction of a Low Cost CNC Milling Machine for Woodworking. In *International Conference on Applied Technologies* (pp. 379-390). Cham: Springer International Publishing.

- Boral, P. (2019). The design of the CNC milling machine. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 254, p. 01003). EDP Sciences.
- Fatriyana, M. (2020). CNC program and programming of CNC machine. *Journal of Mechanical Science and Engineering*, 7(2), 19-23.
- Imran, A., Bagenda, F., Suhartono, Y., Wibowo, N. R., & Ishak, I. (2019). Rancang Bangun Mesin CNC Milling 3 Axis Berbasis Mikrokontroler. *Mechatronics Journal in Professional and Entrepreneur.*, 1(1), 21-26.
- Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A., & Perona, M. (2021). The applications of Industry 4.0 technologies in manufacturing context: a systematic literature review. *International journal of production research*, 59(6), 1922-1954.