

RANCANG BANGUN MESIN CNC ROUTER 3-SUMBU BERBASIS MIKRO-KONTROLER MACH 3

Khairul Rahmi¹, Surya Dharma², Idham Kamil³

Teknik Konversi Energi^{1,2,3}, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan

khairulrahmi@polmed.ac.id¹, suryadharm@polmed.ac.id², idhamkamil@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang-bangun mesin CNC router 3-sumbu yang mampu melakukan gerakan pemotongan 3 dimensi. Mesin CNC router 3-sumbu ini berbasis mikro-kontroler Mach 3 dan dioperasikan dengan menggunakan laptop atau PC yang dihubungkan oleh kabel USB. Mesin ini dirancang-bangun untuk tujuan pendidikan dan untuk memenuhi kebutuhan akan mesin CNC router dengan biaya relatif murah, tetapi mampu memotong bahan logam lunak dan bahan non-logam. Mesin ini dirancang bangun dengan bidang kerja berukuran 1300 mm x 650 mm; motor stepper nema 23; driver TB6600; SBR linear guide diameter 12 mm pada sumbu X dan Z, dan diameter 16 mm pada sumbu Y; ball screw SFU 1204 pada sumbu X dan Z, dan SFU 1605 pada sumbu Y; serta motor spindle AC berdaya 1,5 KW 7A ER11 AW25, putaran maksimum 24.000 rpm dengan pendingin udara.

Kata Kunci : CNC router, rancang-bangun, Mach 3

PENDAHULUAN

Mesin CNC Router yang dirancang-bangun dalam penelitian ini adalah mesin CNC berbiaya relatif murah tetapi mampu memotong berbagai jenis material benda kerja non-logam dan logam lunak dengan daerah kerja relatif luas, yaitu 1300 mm x 650 mm. Untuk ketelitian dan kepresisian hasil permesinan, gerakan pada setiap sumbu pada mesin CNC ini dipandu oleh SBR linear guide diameter 12 mm pada sumbu X dan Z, dan diameter 16 mm pada sumbu Y; ball screw SFU 1204 pada sumbu X dan Z, dan SFU 1605 pada sumbu Y; driver TB6600; serta stepper motor nema 23 sebagai penggerak setiap ball screw. Motor spindle AC berdaya 1,5 KW 7A ER11 AW25, putaran maksimum 24.000 rpm dengan pendingin udara digunakan untuk menggerakkan pahat potong. Dengan motor AC yang berdaya relatif besar, maka mesin CNC ini dapat digunakan memotong logam-logam lunak, semisal aluminium dan kuningan.

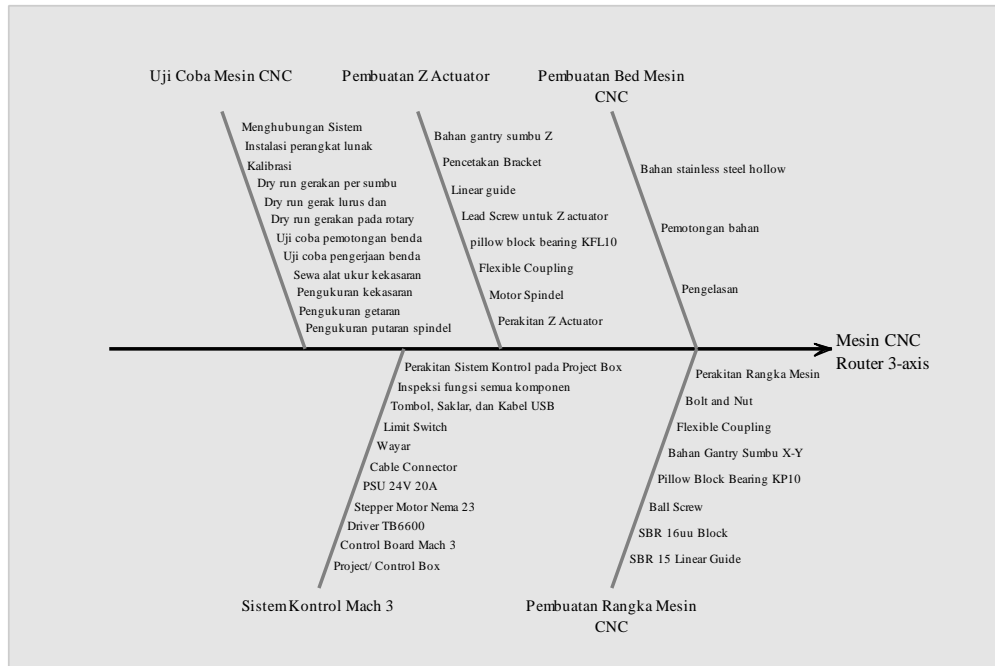
Mesin CNC router 3-sumbu yang dirancang-bangun dalam penelitian ini menggunakan mikro-kontroler Mach 3 yang relatif lebih cepat dan akurat dibandingkan dengan mikro-kontroler Arduino. Penggunaan mikro-kontroler Mach 3 ini juga akan memudahkan untuk pengembangan lebih lanjut.

TINJAUAN PUSTAKA

Mesin CNC adalah bagian penting dari teknologi pemesinan modern” (Industry Today, 2020). Peralatan mesin konvensional yang menggantungkan hasil produk permesinan pada operator yang terampil, akan ditinggalkan di masa yang akan datang, karena variasi dimensi dalam pembuatan produk dengan menggunakan mesin konvensional sulit dikendalikan. Dengan mesin CNC variasi dimensi dapat diperkecil atau dihapus, sehingga produk cacat dapat dieliminasi. Sistem produksi tanpa cacat (*zero defect*) hanya bisa diimplementasikan jika semua fungsi mesin dapat dikendalikan secara teliti (*accurate*) dan tepat (*precise*), dan ini hanya dimungkinkan jika sistem permesinan dikendalikan melalui komputer, seperti pada mesin-mesin CNC.

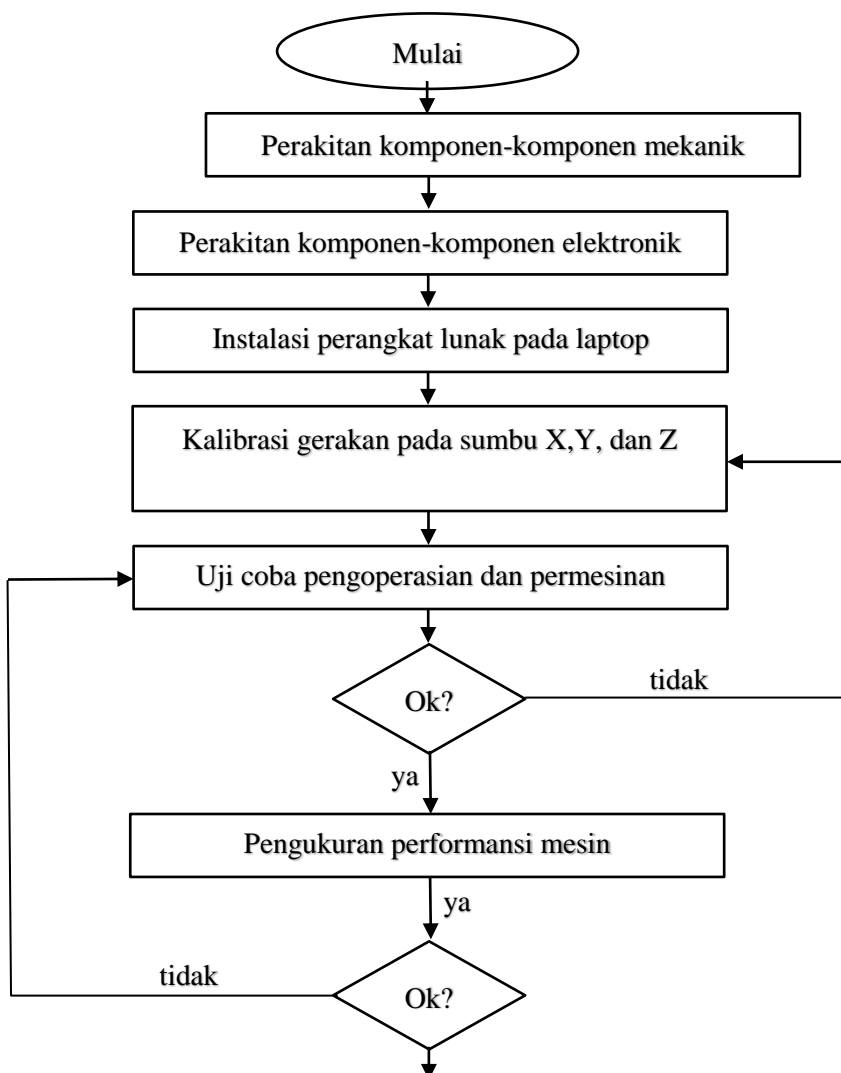
METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan cara merancang bangun mesin CNC router 3-sumbu dengan komponen utama terdiri dari: komponen-komponen mekanik, komponen-komponen elektronik, dan sistem komputer. Adapun keluaran (output) penelitian ini adalah mesin CNC router 3-sumbu (3-axis) dan komponen-komponen yang dipakai serta uji coba performansi mesin digambarkan dengan *fish-bone diagram* pada gambar 1.



Gambar 1. Fish Bone Diagram Output Penelitian

Diagram alir proses rancang-bangun mesin CNC router 3-sumbu ini ditunjukkan pada gambar 2.

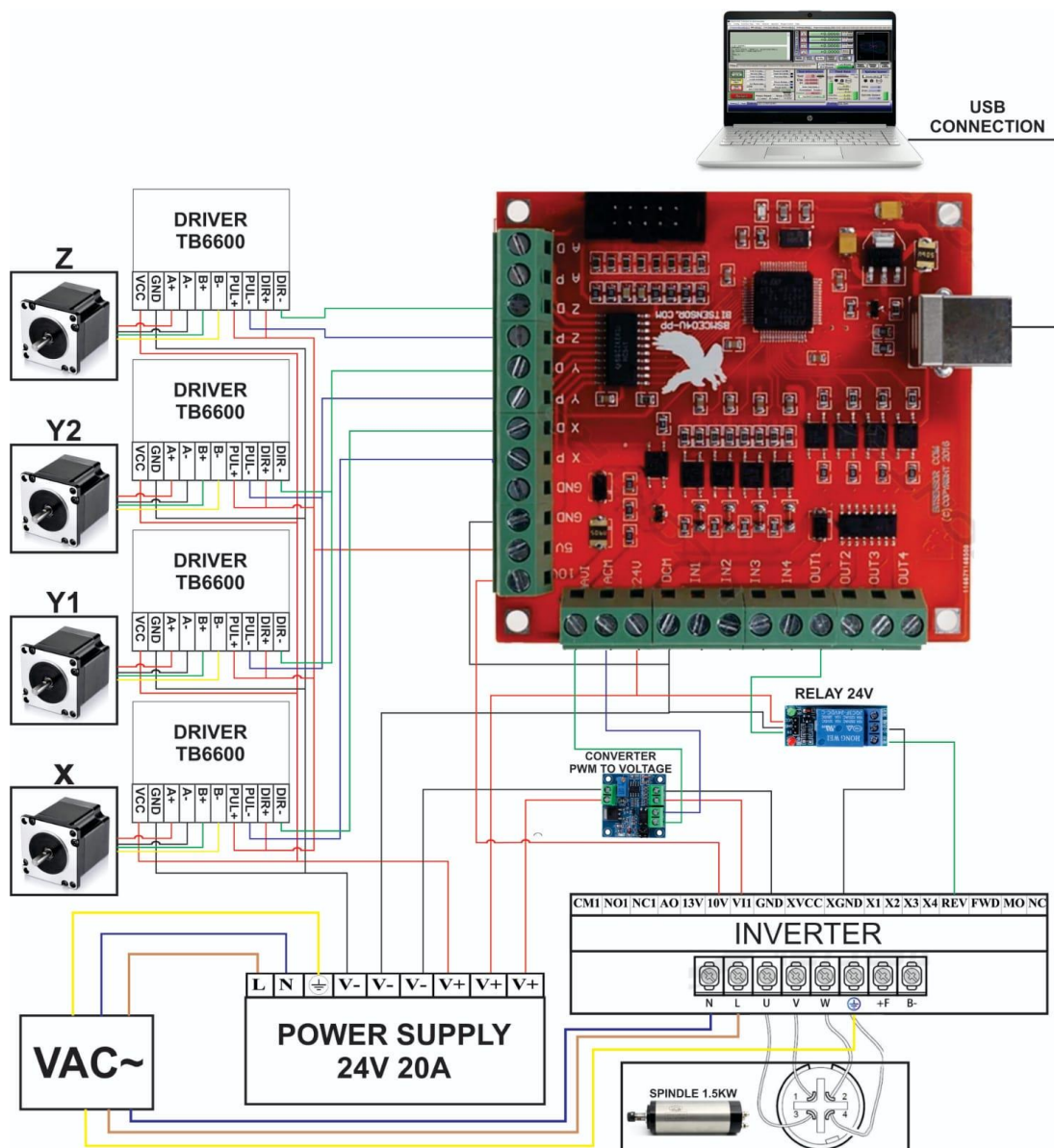


Selesai

Gambar 2. Diagram Alir Proses Rancang-Bangun Mesin CNC Router 3-Sumbu

Rangkaian elektronik Mesin CNC router 3-sumbu ditunjukkan pada gambar 3 dengan prinsip kerja sebagai berikut :

1. Kode G (*Geometric Code*) yang dibuat oleh operator dengan pengetikan langsung atau dengan menggunakan perangkat lunak pemrograman CNC dikirimkan ke mikro-kontroler (*Mach 3*) melalui kabel Universal Serial Bus (USB);
2. *Firmware Mach 3* yang di-install pada mikro-kontroler Mach 3 menggunakan kode G sebagai sinyal masukan dan keluaran melalui pin-pin yang ada pada mikro-kontroler untuk mengatur gerakan stepper motor, melalui driver stepper motor (TB6600);
3. Stepper motor (nema 23) yang dihubungkan dengan komponen transmisi *ball screw*, kemudian menggerakkan meja kerja (sumbu X dan Y) dan pahat (sumbu Z) untuk memotong dan membentuk benda kerja yang diinginkan, sesuai dengan part-program (*G code*) yang dimasukkan.



Gambar 3. Rangkaian Komponen Elektronik Mesin CNC Router 3-Sumbu

Konstruksi Mesin dan Sistem Kontrol



Konstruksi



Sistem Kontrol

Gambar 4. Konstruksi Mesin dan Sistem Kontrol

Spesifikasi Mesin

Tabel 1. Spesifikasi Mesin CNC Router 3-Sumbu

Dimensi (mm)	1500 x 1000 x 900
Daerah kerja, XY (mm)	1300 x 650
Panjang langkah sumbu Z (mm)	300
Ukuran stepper motor	Nema 23
Driver motor	TB6600
Motor spindle	1,5 kw, AC motor, 24000 rpm
Feedrate (mm/ min)	50 - 3000
Mikro-kontroler	Mach 3
Transmisi	SBR linear guide 12 mm pada sumbu X dan Z; SBR linear guide 16 mm pada sumbu Y; Ball screw SFU 1204 pada sumbu X dan Z; Ball screw SFU 1605 pada sumbu Y
Perangkat lunak	Mach 3
Chuck	ER11

Contoh Hasil Permesinan



Gambar 5. Contoh Hasil Permesinan

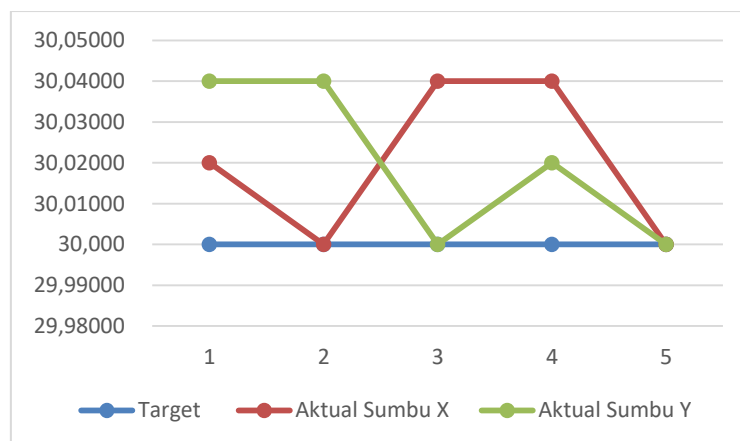
HASIL DAN PEMBAHASAN Ketelitian dan Keterulangan

Pengujian akurasi dan keterulangan (repeatability) dilakukan dengan melakukan permesinan berupa alur sepanjang 30 milimeter. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Akurasi dan Keterulangan

Pengujian	Sumbu X (30 mm)	Sumbu Y (30 mm)
1	30.02	30.04

2	30.00	30.04
3	30.04	30.00
4	30.04	30.02
5	30.00	30.00
Rata-Rata =	30.02	30.02



Gambar 6. Grafik Pengujian Akurasi dan Keterulangan

Data Hasil Permesinan

Pengujian performansi mesin CNC router 3-sumbu hasil rancang-bangun dilakukan dengan melakukan pemotongan pada bahan Medium Density Fibreboard (MDF), Plywood, Aluminium Composite Panel (ACP), Akrilik, dan Aluminium alloy. Waktu permesinan untuk masing-masing material benda kerja diukur dan hasilnya ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Uji Performansi Mesin CNC Router 3-Sumbu

Bahan Benda Kerja	MDF	Plywood	ACP	Acrylic	Aluminium Alloy
	Carbida/ End mill/ 3 mm	Carbida/ End mill/ 3 mm	Carbida/ End mill/ 3 mm	Carbida/ End mill/ 3 mm	Carbida/ End mill/ 3 mm
Bahan/ Jenis/ Diameter Pahat					
Putaran Spindel (rpm)	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Number of Cutting Flute	4	4	4	4	4
Chip Load (mm/flute)	0.0375	0.1638	0.1287	0.0655	0.0100
Feedrate (mm/min)	3,000	13,104	10,296	5,240	800
Kedalaman Potong (mm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Panjang alur pemotongan (mm)	100	100	100	100	100
Machining Time (detik)	6.7	6.91	7.65	9.76	12.19

SIMPULAN

Biaya rancang-bangun mesin CNC router 3-sumbu relative rendah. Mesin berfungsi dengan baik dengan ketelitian dan keterulangan tinggi. Kecepatan pemotongan relatif tinggi dan terbukti bahwa mesin mampu memotong berbagai bahan non-logam dan logam lunak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Redyantanu, B. P. (2017). "CNC Technology Implementation in Architectural Design." *Jurnal Kopertis* 7 14(2): 51-56.
- Adam, E. L., Rast, E. D., and Bennet, N. D. (1995). *CNC Router Evaluation Procedures*. USDA Forest Service.
- Business-Newsupdate. 2021. *CNC Routers for Engraving Market Development Growth, Trends, Demand, Share, Analysis, and Forecast 2026*. <https://www.business-newsupdate.com/cnc-routers-for-engraving-market-12448>.
- Hood, P. & Kelly, J. F. D. (2009). *Build Your Own CNC Machine*. Apress.
- Industrytoday. 2020. *Advantages of CNC Machining Over Traditional Machining*.
<https://industrytoday.com/advantages-of-cnc-machining-over-traditional-machining/>.
- Setiawan, B. Rasma, dan Djunaedi, T.(2020). *Rancang Bangun Mesin CNC Router Portable dengan Dimensi 1219×609 mm Untuk Skala Laboratorium*. Infomatek.
- UKEssay. 2017. *The History of CNC Machines*. <https://www.ukessays.com/essays/information-technology/examining-the-history-of-cnc-machines-information-technology-essay.php>.