

Rancang Bangun Mesin CNC Router Mini Untuk Pembelajaran Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin

Abdul Salam^{1*}, Muhammad Iswar², Muhammad Rifaldi³, Sumantri Malik⁴, dan Kurniawan Putra³⁾

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
*abdsalam@poliupg.ac.id

Abstract: *The aims of this research are accelerate finishing time and improve the accuracy of manufacture of the engraved contour products on work pieces such as soft metals, acrylics, and wood. Methods of these researches were designed, manufacture, and experimented based on work of the machine. Components of the mini CNC router machine are designed by autodesk inventor software, its dimensions 60 x 60 cm. Furthermore, the calculation and selection of materials, manufacture of machine components, calibrated by mach3mill software and testing the performance of the engine in the three-axis movement mode; manual mode, MDI, and automatic third axis X, Y, and Z using the NC program. The results obtained show the accuracy and precision of the three X, Y and Z axis trajectories according to the permissible tolerance values, 0.01 mm, 0.01 mm and 0.05 mm respectively. The suitability of the program made and the machining results on the contour of the workpiece engraving do not show significant deviations, 0.1 mm for the X and Y axis, and 0.3 mm for the Z axis. Making engraving products on workpieces by using a CNC Router machine is faster and more efficient than manual manufacturing. Research output of this CNC router machine will be used in the practicum jobs for the NC basic programming practice course*

Keywords: *Mini CNC Router Machine, manufacture, engraved contour products, mach3mill software.*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mempercepat waktu penyelesaian dan meningkatkan akurasi pembuatan produk kontur terukir pada benda kerja seperti logam lunak, akrilik, dan kayu. Metode penelitian ini yaitu perancangan, manufaktur dan pengujian berdasarkan mesin hasil rancangan. Komponen-komponen mesin CNC router mini dirancang menggunakan *software autodesk*, dimensinya 60 x 60 cm. Selanjutnya, perhitungan dan pemilihan bahan, pembuatan komponen mesin, dikalibrasi oleh dengan *software mach3mill* dan pengujian kinerja mesin dalam mode pergerakan tiga sumbu; mode manual, MDI, dan mode otomatis tiga sumbu X, Y, dan Z menggunakan program NC. Hasil yang diperoleh menunjukkan akurasi dan ketepatan dari tiga lintasan sumbu X, Y dan Z sesuai dengan nilai toleransi yang diizinkan, masing-masing 0,01 mm, 0,01 mm dan 0,05 mm. Kesesuaian program yang dibuat dan hasil pemesinan pada kontur ukiran benda kerja tidak menunjukkan penyimpangan yang signifikan, 0,1 mm untuk sumbu X dan Y, dan 0,3 mm untuk sumbu Z. Membuat produk ukiran pada benda kerja dengan menggunakan mesin Router CNC lebih cepat dan lebih efisien daripada pembuatan manual. Hasil penelitian dari mesin router CNC ini akan digunakan dalam pekerjaan praktikum untuk kursus praktik pemrograman dasar NC

Kata kunci: Mesin Router Mini CNC, pembuatan, produk kontur terukir, perangkat lunak mach3mill.

I. PENDAHULUAN

Penggunaan dan kebutuhan mesin CNC Training Unit 3 Axis di Indonesia saat ini mengalami peningkatan khususnya untuk praktikum di sekolah-sekolah kejuruan dan perguruan tinggi teknik di Indonesia [1]. Meskipun kebutuhan mesin CNC meningkat, namun harga mesin CNC Training Unit di pasaran masih cukup tinggi yakni berkisar 100-500 jutaan dan hanya memiliki luas area kerja yang kecil (30 cm x 30 cm). Kisaran harga tersebut tentu saja cukup mahal sehingga tidak dapat dijangkau oleh sekolah-sekolah kejuruan dan lingkungan kampus. 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. [2]

Mesin CNC Router merupakan penggabungan teknologi CNC (Computer Numerical Control) dan router, cutter yang mampu memotong bentuk-bentuk lembaran kayu atau material lunak lainnya yang memiliki bentuk rumit dan membutuhkan ketelitian dalam pemakanan. 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. Pergerakan pemotongan dan lintasan cutter untuk sumbu X, Y, dan Z berasal dari program komputer berdasarkan gambar ataupun desain kontur lintasan yang telah dibuat.

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, termasuk mesin-mesin perkakas berbasis pengontrolan CNC seperti halnya mesin CNC Router, Mesin CNC Laser Cutting dan lain-lain.

Mesin-mesin CNC yang ada di Laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang sudah memasuki masa pakai yang lama (sekitar 25 tahun), sebagian besar sudah tidak berfungsi dan tidak optimal, memerlukan peremajaan atau penggantian. Keterbatasan dana anggaran mengharuskan adanya kreativitas dan usaha serius untuk “meretrovit” mesin-mesin CNC yang ada termasuk merancang bangun mesin CNC Router Mini dan Mesin CNC Laser Cutting Mini agar kompetensi mahasiswa tetap dapat dicapai sesuai tuntutan kurikulum KKNI. Keberadaan mesin hasil penelitian ini sangat membantu mahasiswa Jurusan Teknik Mesin dalam meningkatkan keterampilan mereka, khususnya pada praktikum pemrograman mesin CNC di Prodi D-4 Teknik Manufaktur, D-4 Teknik Mekatronika, dan Prodi D-3 Teknik Mesin.

Mesin CNC Router saat ini semakin luas penggunaannya, tidak terbatas pada industri manufaktur saja, tetapi juga untuk industri kerajinan pada usaha-usah kecil menengah seperti usaha mebel dan interior rumah. Sementara untuk merancang bangun mesin CNC Router untuk skala Lab. dan industri kecil saat ini relatif sudah lebih mudah dilakukan mengingat perkembangan teknologi dan kemudahan mendapatkan komponen-komponen standar dan komponen pendukung serta software pendukung yang dapat dibeli dengan lebih murah (free version) karena kapasitasnya yang dibatasi untuk penggunaan program 500 baris, sedangkan untuk software commercial version yang digunakan untuk industri penggunaan program bisa sampai 10.000.000 baris program [3]. Adanya pengembangan inovasi dibidang otomasi khususnya mesin CNC di dunia industri memberikan dampak yang sangat baik. Ini disebabkan karena peralatan pemesinan konvensional yang hanya dapat dilakukan secara manual, dapat dilakukan secara otomatis dengan adanya mesin CNC.

Pada umumnya dalam pengerjaan pemesinan, dibutuhkan pengerjaan yang lebih cepat, kualitas yang lebih baik namun dengan biaya pengerjaan yang lebih rendah. Hal ini menjadi daya tarik para konsumen industri untuk menggunakan mesin CNC dibandingkan dengan menggunakan mesin konvensional. Dengan adanya kelebihan dalam segi produktivitas akan menjadi daya saing tersendiri bagi industri yang menggunakan mesin CNC itu sendiri [2]. Perkembangan dari pemesinan secara manual menjadi pemesinan yang menggunakan sistem CNC (Computer Numerical Control) menjadi sebuah kelebihan dalam meningkatkan ketepatan dan pengaturan kecepatan sesuai yang diinginkan. Sebuah mesin dengan proses pemotongan dimaksudkan sebagai sebuah mesin yang melakukan pengurangan dimensi sampai menjadi produk yang diinginkan. Sebagai contoh mesin bubut, mesin gurdi, dan dan mesin sekrap. Mesin CNC sendiri dapat diartikan sebagai suatu mesin perkakas yang pengoperasiannya dikendalikan melalui program yang diakses dengan komputer [3,4].

Penelitian produk terapan unggulan perguruan tinggi ini sangat penting untuk dilaksanakan karena penelitian ini menghasilkan luaran produk inovasi dan pengembangan ipteks, yaitu mesin CNC Router Mini yang dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa untuk praktikum pemrograman permesinan CNC di Lab. CNC dan juga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat industri untuk meningkatkan produktivitas usaha kerajinan mebel atau interior rumah dan lain sebagainya.

Mesin CNC Router adalah mesin yang dilengkapi dengan DSP (*digital signal processing*) dalam memotong atau mengukir bahan [4-6]. Pengoperasian mesin dapat dilakukan secara otomatis dengan komputer dan manual dengan layar monitor portable. Mesin ini memiliki 3 macam fungsi, yaitu untuk memotong (*cutting*), menggrafir (*engraving*), dan memberi tanda/marka (*marking*). Menurut Jundurrahman [4], walaupun harga *controller mach3mill* berbanding cukup jauh dengan kinerja PLC

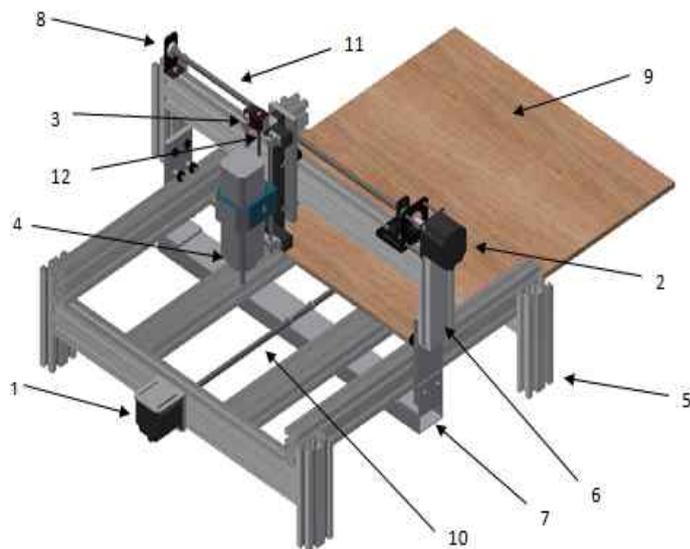
pada mesin-mesin pabrikan terkenal, namun keakuratan dan ketepatan mesin CNC Router Mini 3 axis ini dapat bersaing sehingga dapat menunjang proses praktikum pemrograman Mesin CNC yang ada di sekolah-sekolah kejuruan dan di perguruan tinggi teknik. [7,8]

II. METODE PENELITIAN

Penelitian rancang bangun mesin CNC router mini ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu perancangan, manufaktur dan pengujian.

A. Perancangan

Bahan-bahan yang digunakan antara lain besi profil L, profil U, besi plat, besi plat stainless, besi as, baut dan mur, elektroda las, puli dan sabuk, pelat gerigi, bantalan, motor penggerak, motor spindle (stepper), *linear rail*, *ballscrew*, *breakout board*, module mesin, *software march3 mill*, kabel control switch, baut-mur, cat dan kelengkapannya. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah mesin bubut, mesin potong, mesin gerinda, mesin bor, alat-alat ukur, penyiku, dan kunci pas. Rancangan dapat dilihat pada **Gambar 1**



Keterangan:

- 1) Motor sumbu X
- 2) Motor sumbu Y
- 3) Motor sumbu Z
- 4) Router
- 5) Rangka Bawah
- 6) Gantry
- 7) Penghubung gantry dan sumbu Y
- 8) Dudukan Bearing
- 9) Meja kerja
- 10) Poros ulir sumbu Y
- 11) Poros ulir sumbu X
- 12) Poros ulir sumbu Z

Gambar 1. Konstruksi Mesin CNC Router dan Dudukannya

B. Proses Manufaktur

Komponen yang dikerjakan yaitu: Meja mesin router, braket motor spindle, dan braket motor axis. Braket motor axis adalah bagian dari komponen mekanik mesin CNC router yang berfungsi sebagaiudukan motor axis. Komponen ini dibuat dari aluminium balok lalu di proses permesinan menggunakan mesin milling sesuai dengan rancangan. Setelah komponen-komponen tersebut dibuat, dilanjutkan dengan kegiatan perakitan sehingga diperoleh sebuah alat mesin CNC router seperti pada **Gambar 2**



Gambar 2. Mesin CNC Router Mini

C. Proses Pengujian

Beberapa pengujian yang dilakukan yaitu : pengujian ukuran dan kalibrasi mesin yang dilakukan dengan menggunakan *software Mach3Mill*, pengujian pergerakan pada mode MDI (*Manual data input*), dan pengujian pergerakan pada mode otomatis dengan program NC.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

3.1 Perancangan Mesin CNC Router

Perancangan mesin CNC Router yang paling utama adalah perencanaan daya motor yang diperlukan agar sesuai dengan kebutuhan. Menggunakan motor stepper 200 pulse/rotasi dengan kecepatan pulse masuk 1000 pulsa/detik, maka kecepatan putar motor: $n = 60 \frac{p}{N}$, diperoleh $n = 300$ rpm. Untuk menghitung pulse/mm harus diketahui pitch poros ulir, yaitu 1,5 mm, maka pulse/rotasi $x = \frac{2 \cdot p \cdot /r \cdot 1m}{1.5m} = 133,3 p \cdot /r$. Berdasarkan perhitungan daya motor, berturut-turut diperoleh daya untuk sumbu Y, $P_Y = T_{xw} = 0.09212 \times 31,4 = 2,89$ watt, untuk sumbu X, $P_X = 6,615$ watt, dan sumbu Z, $P_Z = 14,77$ watt. Karena daya motor stepper yang digunakan 72 Watt, maka kebutuhan daya penggerak mesin aman.

3.2 Pengujian Ukuran dan Kalibrasi mesin

a. Kalibrasi dengan *Software Mach3Mill*

Software Mach3mill memiliki pengaturan khusus untuk memastikan perintah jarak yang dimasukkan telah sesuai dengan jarak aktual pada mesin. Hasil pembacaan proses kalibrasi dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Gambar 3. Hasil pembacaan *axis X, Y, dan Z* proses kalibrasi

Kalibrasi dilakukan dengan menggerakkan axis X, Y dan Z sejauh 1 mm. Penyimpangan pada pergerakan axis X= 0.10 mm, Y= 0.18 mm, dan Z= -0.54 mm. Setelah mesin CNC Router dikalibrasi tidak terdapat penyimpangan pada axis atau penyimpangan sama dengan 0. **Tabel 1** menunjukkan data hasil kalibrasi

Tabel.1. Data Hasil kalibrasi dengan *software Mach3mill*

Axis		Pembacaan (mm)	Penyimpangan (mm)
X	Sebelum dikalibrasi	1.10	+0.10
	Setelah dikalibrasi	1	0
Y	Sebelum dikalibrasi	1.18	+0.18
	Setelah dikalibrasi	1	0
Z	Sebelum dikalibrasi	0.46	-0.54
	Setelah dikalibrasi	1	0

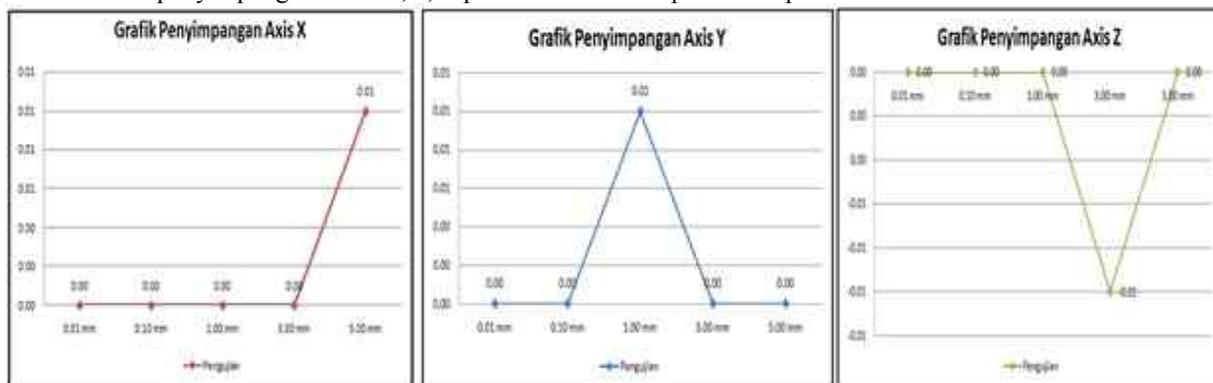
b. Pengujian Pergerakan pada Mode MDI (Manual Data Input)

Mode MDI dilakukan untuk menggerakkan axis dengan memasukkan program pada *software Mach3mill* secara manual. Pengujian dengan mode MDI dilakukan sebanyak lima kali yaitu axis digerakkan sejauh 0.01 mm, 0.10 mm, 1.00 mm, 3.00 mm, dan 5.00 mm. Data hasil pengujian pergerakan axis pada mode MDI dapat dilihat pada **Tabel 2**

Tabel 2. Data hasil pengujian pergerakan axis pada *mode MDI*

Axis		Pengujian				
		1	2	3	4	5
X	Input program	0.01	0.10	1.00	3.00	5.00
	Nilai pergerakan axis	0.01	0.10	1.00	3.00	5.01
	Penyimpangan	0.00	0.00	0.00	0.00	+0.01
Y	Input program	0.01	0.10	1.00	3.00	5.00
	Nilai pergerakan axis	0.01	0.00	1.01	3.00	5.00
	Penyimpangan	0.00	0.00	+0.01	0.00	0.00
Z	Input program	0.01	0.10	1.00	3.00	5.00
	Nilai pergerakan axis	0.01	0.10	1.00	2.99	5.00
	Penyimpangan	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00

Grafik penyimpangan axis X,Y, Z pada mode MDI dapat dilihat pada **Gambar 4**



Gambar 4. Grafik penyimpangan axis X, Y, dan Z pada mode MDI

Berdasarkan dari ketiga grafik di atas dapat diketahui bahwa penyimpangan terbesar pada axis X adalah 0.01 mm, pada axis Y penyimpangan terbesar yaitu 0.01 mm, dan pada axis Z penyimpangan terbesar yaitu sebesar 0.01 mm.

c. Pengujian Pergerakan pada Mode Otomatis Dengan Program NC

Setelah dilakukan kalibrasi dan pengujian pergerakan serta ukuran dengan menggunakan *Software mach3mill* dan mode MDI maka selanjutnya dilakukan pengujian pergerakan pada mode otomatis dengan membuat program pada software Aspire untuk mengeksekusi benda kerja. Adapun material benda kerja yang digunakan adalah MDF (*Medium-Density Fibreboard*) $\varnothing 190 \times 8 \text{ mm}$ dan *cutter* yang digunakan yaitu *cutter* $\varnothing 3 \text{ mm}$, alat ukur yang digunakan dalam pengujian ini adalah jangka sorong. Hasil pengujian benda kerja hasil program Aspire dapat dilihat pada **Gambar 5**



Gambar 5. Hasil Pengujian Benda Kerja hasil program Aspire

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil rancang bangun mesin CNC Router Mini untuk pembelajaran mahasiswa Jurusan Teknik Mesin dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Desain sistem mekanik dan elektronika yang terpasang pada mesin CNC Router telah diuji coba pada benda kerja akrilik dan telah sesuai dengan kerja sistem kontrol Arduino pada sistem pemrograman mesin.
2. Tingkat keakuratan pemakanan tool pada benda kerja cukup baik, penyimpangan yang terjadi untuk ketiga sumbu X, Y, dan Z cukup kecil, yaitu masing-masing berturut 0,1 mm; 0,1 mm; dan 0,3 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pramono, dkk. *Rancang Bangun CNC Mini Router 3 Axis untuk Keperluan Praktikum CAD/CAM*. Tugas Akhir, Teknik Mesin. FT-UIK. Bogor: Universitas Ibnu Khaldun. 2015.
- [2] Amala, dkk. *Pengembangan Perangkat Lunak Sistem Operasi Mesin Milling CNC Trainer*. Jurnal Teknik Mesin S-1, 2014, Vol.2 No. 3.
- [3] Salam, Abdul. *Pemrograman Dasar NC*. Makassar: Deepublish. 2014.
- [4] Jundurrahman. *Teknologi Tepat Guna mesin CNC Milling 3 Axis Berbasis Mach-3 Controller*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Mekatronika. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang. 2018.
- [5] Sonawan, Hery. *Perancangan Elemen Mesin*. Bandung: Alfabeta. 2013.
- [6] Zaynawi, Bayu Wiro. K, Fipka Bisono. *Proses Kalibrasi Sumbu X, Y, Dan Z Pada Mesin CNC Router Kayu 3 Axis Menggunakan Alat Bantu Dial Indicator dan Block Gauge*. Surabaya : Jurnal PPNS. 2018.
- [7] Salam, Abdul. *Jobsheet Praktik Produksi Pemrograman Numerical Control (PNC)-1*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang. 2015.
- [8] Harrizal, Ikhlah Syukran, Syafri dan Prayitno. *Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin CNC Milling 3 Axis Menggunakan Close Loop System*. JOM FK TEKNIK. Pekanbaru: Universitas Riau. 2017, Vol. 4