



MODIFIKASI STRUKTUR RANGKA DAN BAHAN *COMPUTER NUMERICALLY CONTROLLED (CNC) ROUTER MINI 3 AXIS*

Kadriadi^{a*}, Angga Bahri Pratama^b, Hendi Lilih Wijayanto^a, Kadex Widhy Wirakusuma^a, Amiruddin^a

^aProgram Studi Teknik Perawatan Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Industri Logam Morowali, Labota, Kec. Bahodopi, Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah 94974, Indonesia

^bProgram Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

*kadriadi@pilm.ac.id. Tel.: +62852-7403-3230

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 01 Juni 2023

Direvisi pada 08 Juli 2023

Disetujui pada 01 Agustus 2023

Tersedia daring pada 15 Agustus 2023

Kata kunci:

Modifikasi, CNC, Metal Cutting.

Keywords:

Modification, CNC, Metal Cutting.

ABSTRAK

Teknologi dalam dunia permesinan saat ini mengalami kemajuan yang dapat dilihat dalam dunia industri yaitu peralihan penggunaan mesin – mesin konvensional ke mesin – mesin otomatis yang dikendalikan dalam suatu program. Mesin tersebut dikendalikan secara penuh menggunakan komputer dengan bahasa pemrograman *numeric* yang disebut dengan *Computer Numerically Controlled (CNC)*. Dalam proses permesinan secara konvensional maupun CNC, output yang diharapkan adalah mampu melakukan proses permesinan secara tepat dan skala yang besar dan spesifikasi geometri. Adapun tujuan dalam penelitian ini, agar dapat meningkatkan fungsi kerja mesin CNC *mini router* yang pada awalnya alat tersebut hanya dapat menggrafir dan *marking* dan PCB, *acrylic*, dan kayu dengan kedalaman potong dan kecepatan *feeding*, sehingga penyusunan melakukan modifikasi struktur rangka dan bahan CNC *mini router 3 axis*. Modifikasi yang dilakukan terhadap *frame*, *endmill*, dan *collect* pada mesin CNC *mini router* agar dapat mendukung peningkatan fungsi alat. Setelah melakukan pengujian terhadap tujuan yang dicapai, maka, hasil pengujian didapatkan a. Kayu : *depth per pass* = 1 mm, *feed rate* = 100 mm/menit, *plunge angle* = 100 mm/menit, *spindle speed* = 100 rpm. *Acrylic* : *depth per pass* = 2 mm, *feed rate* = 200 mm/menit, *plunge angle* = 100 mm/menit, *spindle speed* = 100 rpm. *Aluminium* : *depth per pass* = 0.25 mm, *feed rate* = 100 mm/menit, *plunge angle* = 15 mm/menit, *spindle speed* = 100 rpm.

ABSTRACT

Technology in the world of machinery is currently experiencing progress which can be seen in the industrial world, namely the transition from the use of conventional machines to automatic machines that are controlled in a program. The machine is fully controlled using a computer with a numerical programming language called Computer Numerically Controlled (CNC). In conventional and CNC machining processes, the expected output is to be able to carry out machining processes precisely and on a large scale and geometric specifications. The purpose of this study is to improve the work function of the mini router CNC machine, which at first the tool could only engrave and mark PCB, acrylic, and wood with cutting depth and feeding speed, so that the preparation will modify the frame structure and material of the mini-CNC. 3 axis routers. Modifications to be made to the frame, endmill, and collect on the mini router CNC machine in order to support the increase in tool functions. After testing the goals to be achieved. So, the test results obtained a. Wood: depth per pass = 1 mm, feed rate = 100 mm/minute, plunge angle = 100 mm/minute, spindle speed = 100 rpm. Acrylic: depth per pass = 2 mm, feed rate = 200 mm/minute, plunge angle = 100 mm/minute, spindle speed = 100 rpm. Aluminum: depth per pass = 0.25 mm, feed rate = 100 mm/minute, plunge angle = 15 mm/minute, spindle speed = 100 rpm.

1. PENGANTAR

Kemajuan dalam bidang teknologi yang semakin berkembang merupakan aspek sebuah pengetahuan dan teknologi yang mengharuskan kalangan pendidikan tinggi untuk dapat meningkatkan kemampuan dalam penguasaan teknologi. Teknologi dalam dunia permesinan saat ini mengalami kemajuan yang dapat dilihat dalam dunia industri yaitu peralihan penggunaan mesin – mesin konvensional ke mesin – mesin otomatis yang dikendalikan dalam suatu program. Mesin tersebut dikendalikan secara penuh menggunakan komputer dengan bahasa pemrograman *numeric* yang disebut dengan *Computer Numerically Controlled (CNC)*. (Nur Aid, i A., & Mukhamad Khumaidi, U., 2018).

Dalam proses permesinan secara konvensional maupun CNC, *output* yang diharapkan adalah mampu melakukan proses permesinan secara tepat dan skala yang besar dan spesifikasi geometri yang diharapkan. Oleh karena itu, untuk memperoleh produk bermutu berupa tingkat kepresisian yang tinggi serta permukaan yang baik, perlu didukung oleh proses permesinan yang tepat. Karakteristik kekasaran permukaan dipengaruhi oleh beberapa pemotongan diantaranya yaitu kecepatan *spindle (spindle speed)*, kedalaman potong (*depth of cut*), alur pahat (*tool path*), dan material benda kerjanya. Adapun yang mempengaruhi hal tersebut keluar dari kepresisiannya yaitu modulus pada ketahanan rangka (Gunawan, 2014). Mesin *CNC Router Mini* memiliki prinsip kerja yang sama seperti dengan mesin CNC sebenarnya. Hanya saja *CNC Router Mini* ini berbentuk *prototype* karena dibangun dengan peralatan yang sederhana dan menggunakan komponen yang kecil, karena berbahan baku yang diolah adalah kayu, plastik dan *acrylic*.

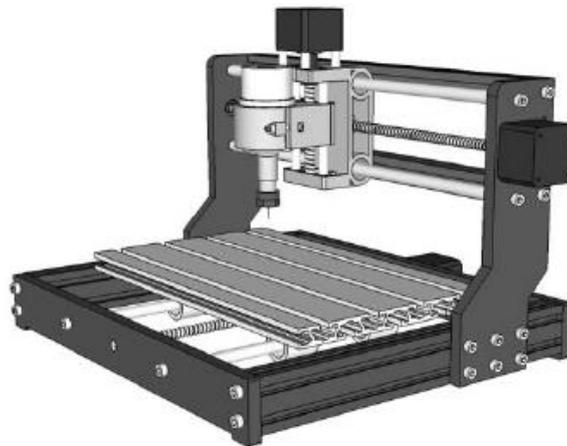
Mesin *CNC Router Mini* yang dibangun menggunakan 3 axis dalam pengoperasiannya dan bersifat *portable* yang bertujuan untuk mempermudah dalam penempatan. Mesin ini memiliki kapasitas yang terbatas dalam ukuran bahan baku yang digunakan. Alat ini memiliki motor utama yang digunakan untuk memutar *endmill* yaitu menggunakan mesin *router* atau profil alumunium, sedangkan untuk menggerakkan 3 axis alat ini menggunakan 3-unit *motor stepper* pada tiga sisi berbeda. *Motor stepper* dihubungkan pada *controller electronic* agar dapat menjalankan perintah dari *software* agar terhubung dengan poros ulir (Arifin, 2016).

Prinsip kerja dari mesin *CNC Router Mini* ini adalah data numerik dan kode perintah dimasukkan ke *controller* sebagai inputan data, kemudian data tersebut oleh *controller* diubah menjadi sinyal perintah komponen elektrik. Komponen elektrik sinyal perintah tersebut diterjemahkan berupa pemutus, penyambung, dan pengatur arus yang masuk ke komponen mekanik, sehingga komponen mekanik bisa bergerak sesuai perintah *controller* (Arifin, 2016). Berdasarkan prinsip kerja dari mesin *CNC Router Mini* dapat diketahui bahwa mesin ini memiliki 3 fungsi yang sama, yaitu memotong (*cutting*), menggrafir (*engraving*) dan memberi marka (*marking*). Dalam pengerjaan *Cutting – Engraving – Marking* bisa melakukan pergantian *endmill* sesuai dengan kebutuhan dan berbagai macam jenis *endmill* yang ada (Pramono et al.,).

1.1. CNC Router Mini

Mesin *CNC Router Mini* memiliki prinsip kerja yang sama seperti dengan mesin CNC sebenarnya. Hanya saja *CNC Router Mini* ini berbentuk *prototype* karena dibangun dengan peralatan yang sederhana dan menggunakan komponen yang kecil, karena berbahan baku yang diolah adalah kayu, plastik dan *acrylic*. Mesin *CNC Router Mini* yang dibangun menggunakan 3 axis dalam pengoperasiannya dan bersifat *portable* yang bertujuan untuk mempermudah dalam penempatan.

Mesin ini memiliki kapasitas yang terbatas dalam ukuran bahan baku yang digunakan. Alat ini memiliki motor utama yang digunakan untuk memutar *endmill* yaitu menggunakan mesin *router* atau profil alumunium, sedangkan untuk menggerakkan 3 axis alat ini menggunakan 3 unit *motor stepper* pada tiga sisi berbeda. *Motor stepper* dihubungkan pada *controller electronic* agar dapat menjalankan perintah dari *software* agar terhubung dengan poros ulir. Pada bagian dudukan poros ulir menggunakan *bearing* sebagai bantalannya yang diletakkan pada kerangka (Arifin, 2016).



Gambar 1: CNC Router

1.2. Prinsip Kerja Mesin CNC Router Mini

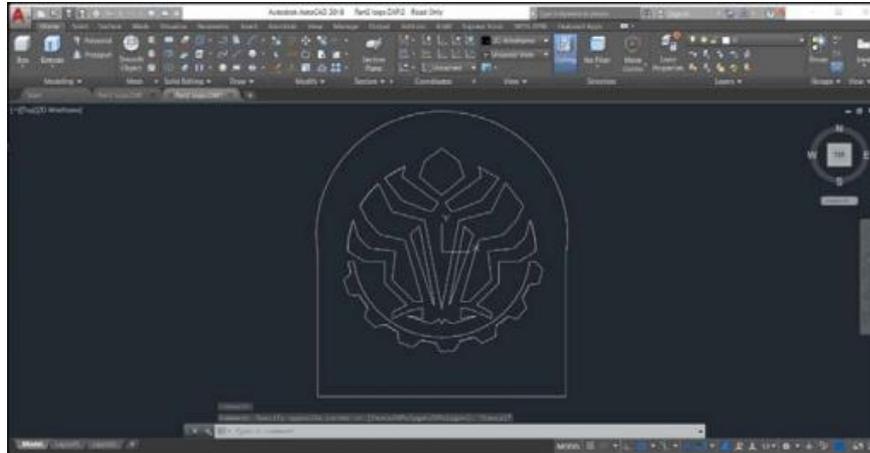
Prinsip kerja dari mesin *CNC Router Mini* ini adalah data numerik dan kode perintah dimasukkan ke *controller* sebagai inputan data, kemudian data tersebut oleh *controller* diubah menjadi sinyal perintah komponen elektrik, oleh komponenn elektrik sinyal perintah tersebut diterjemahkan berupa pemutus, penyambung dan pengatur arus yang masuk ke komponenn mekanik, sehingga komponenn mekanik bisa bergerak sesuai perintah *controller* (Arifin, 2016).

1.3. Sistem Penggunaan Perangkat Lunak

Sistem perangkat lunak digunakan agar dapat mendukung dapat mendukung tujuan alat ini dibuat. Adapun perangkat lunak yang digunakan yaitu:

a. CAD

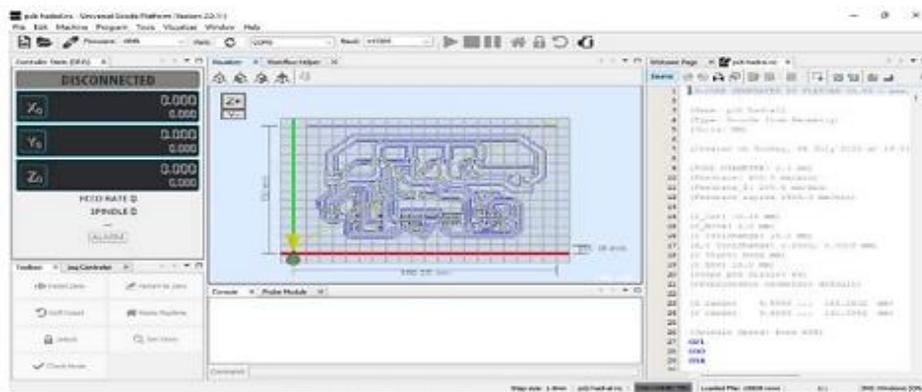
Perangkat lunak digunakan untuk membuat gambar baik gambar dua dimensi ataupun tiga dimensi serta dapat mensimulasikan pergerakan benda secara animasi. Pada penelitian ini CAD digunakan untuk menggambar semua bagian dari mesin CNC mini dan merakit. Namun, pada proses penelitian ini CAD digunakan sebagai alat desain penggambaran 2D yang dimasukkan ke aplikasi pembuatan *G-code* (Wijaya et al., 2020).



Gambar 2: CAD

b. GRBL

GRBL merupakan sebuah *Software* untuk mengontrol gerakan CNC yang dapat di unggah ke *library Arduino*. Pada dasarnya GRBL adalah sebuah *hex file* yang dapat di unggah ke *Arduino* agar *Arduino* dapat membaca perintah dalam *Gcode/ Nc. Code*. Untuk mengirimkan *Nc.Code* ke *Arduino* digunakan GRBL controller adalah sebuah *software* yang digunakan untuk mengirimkan *Nc.Code* ke sebuah mesin CNC, seperti *3D printer*. *Software* ini memudahkan pengguna dalam proses pemrograman sebuah mesin CNC. Pengguna bisa memberikan perintah secara langsung atau pengguna juga bisa mengunggah satu file dalam bentuk *notepad* yang berisi kode – kode *Nc.Code*. Tampilan *software* GRBL, seperti terlihat pada gambar 3 (Roswaldi, 2019).



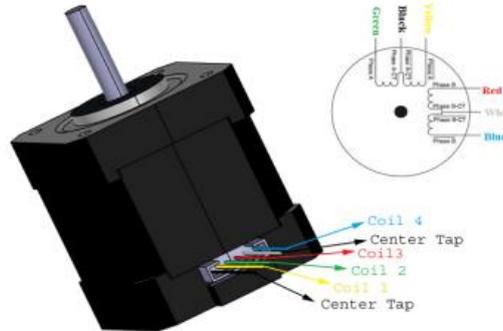
Gambar 4: Sheetcam

1.4. Sistem Penggerak

Sistem penggerak adalah suatu alat yang digunakan yang bertujuan sumber tenaga dari pergerakan proses produksi pada mesin CNC Router mini.

a. Motor Stepper NEMA 17

Mesin CNC bergerak karena menggunakan *motor stepper* sebagai penggerak pada sumbu X, Y, dan Z. Tipe yang digunakan adalah *NEMA17*. *Motor stepper* merupakan perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis.



Gambar 5: Stepper NEMA 17

Maka untuk menggerakkan *motor stepper* diperlukan pengendali *motor stepper* yang membangkitkan pulsa-pulsa *periodic* (components101.com). Gambar motor stepper dapat dilihat pada gambar 5 dan spesifikasinya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1: Spesifikasi NEMA 17

Spesifikasi	Unit
Tegangan Kerja	12 Vdc
Arus	Max 1A
Jumlah Step / 1 Putaran	200 step (1,8 / step)

b. Spindle

Spindle merupakan bagian dari mesin yang menjadi rumah *cutter*. *Spindle* inilah yang mengatur putaran dan pergerakan *cutter* pada sumbu Z. *Spindle* selanjutnya digerakkan oleh motor yang dilengkapi dengan sistem transmisi belt atau kopling. Pada penelitian ini *spindle* yang digunakan adalah motor DC 24 VDC yang dilengkapi pengatur kecepatan motor DC (Harrizal I.S.,2017). *Spindle* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 6.



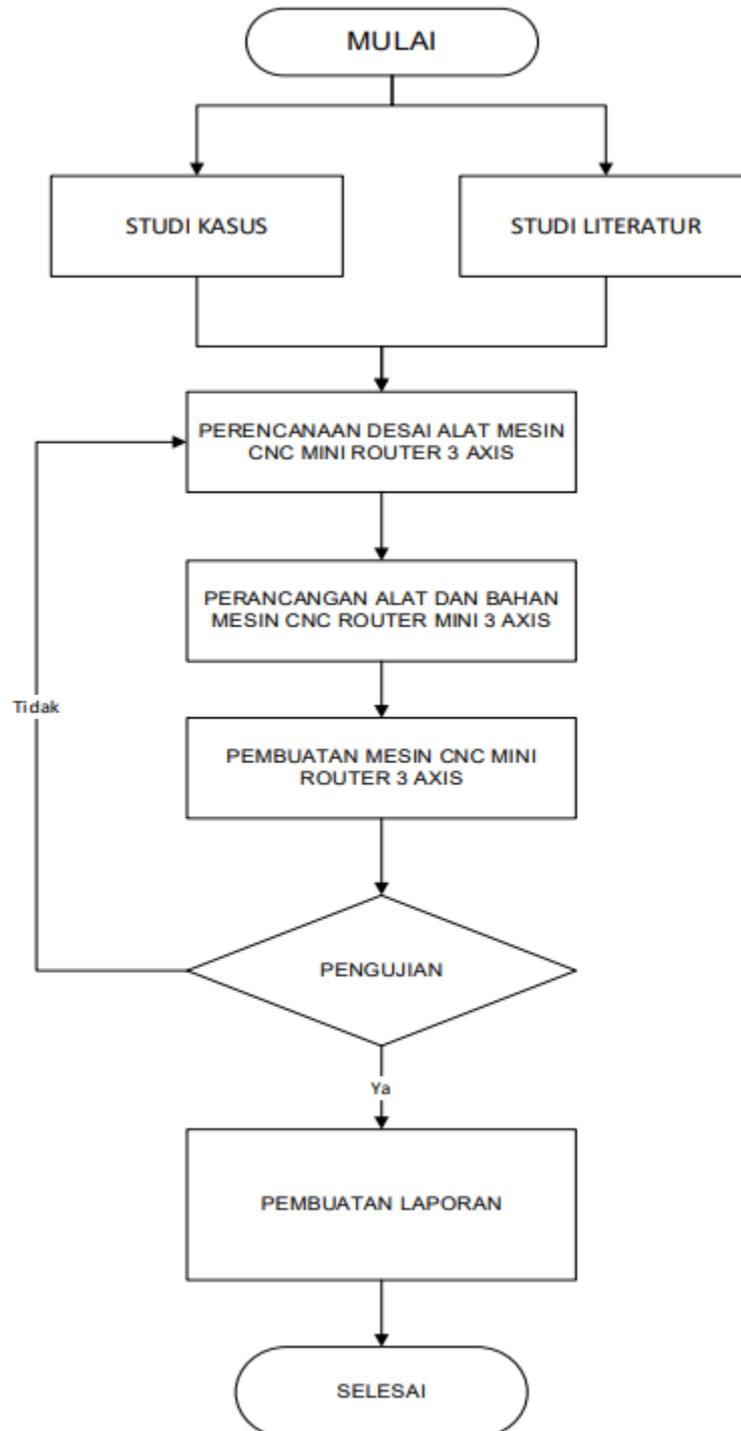
Gambar 6: Spindle

2. METODE

2.1. Diagram Alir Penelitian

Tahapan proses yang dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada gambar 7 sebagai berikut. Metodologi penelitian merupakan kerangka pemecahan masalah yang menggambarkan tahap-tahap penyelesaian masalah secara singkat beserta penjelasannya.

Secara umum metodologi penelitian disusun untuk mencapai tujuan penelitian yang telah ditetapkan, maka keseluruhan kegiatan penelitian dirancang untuk mengikuti diagram alir seperti tampak pada gambar 7.



Gambar 7: Diagram Alir Penelitian

Pada tahap perencanaan, ada beberapa proses yang perlu dikerjakan untuk memudahkan ke tahap selanjutnya, seperti desain alat, *software* yang digunakan untuk mendesain alat tersebut. Setelah proses perencanaan sudah sesuai, maka dilanjutkan ke tahap perancangan. Perancangan merupakan bentuk kegiatan yang sudah dikoordinasikan mencapai tujuan dalam waktu tertentu. Sebelum melakukan suatu

pengerjaan maka harus mempersiapkan hal-hal yang perlu dipersiapkan. Tahap selanjutnya adalah pembuatan. Pada proses ini, merealisasikan tahap-tahap perencanaan dan perancangan. Tahap ini pada umumnya adalah proses manufaktur. Tahap terakhir adalah pengujian. Pengujian sangat penting dilakukan untuk melihat performa dari mesin yang dibuat, Dalam proses pengujian ada beberapa tahapan-tahapan yang harus dilakukan seperti standar operasional prosedur (SOP), kesehatan dan keselamatan kerja (K3), dan pengambilan hasil data.

2.2. Alat dan Bahan

Alat

Adapun peralatan yang diperlukan pada CNC *Mini Router 3 Axis* adalah sebagai berikut:

- Gerinda tangan
- Sarung tangan
- Endmil*
- Mata bor 3
- Mata bor 5
- Penitik
- Penggores
- Jangka sorong
- Meter

Bahan

Bahan yang digunakan pada rancang bangun CNC *mini router 3 axis* dapat ditunjukkan di bawah ini:

- Stepper*
- Spindle*
- Aluminium Profil*
- Aluminium Plat*
- Endmill Carbide*

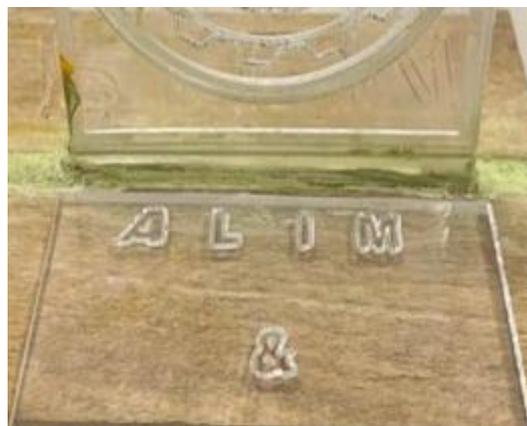
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah alat selesai dirancang dan dibuat, alat tersebut diuji menggunakan tiga variasi bahan, untuk melihat apakah performa alat tersebut sesuai SOP atau tidak. Adapun hasil dari proses pengujian yang dilakukan pada tiga variasi bahan adalah sebagai berikut:

3.1. Kayu

Pada pemakanan kayu didapatkan hasil maksimum pemotongan dalam 1 kali jalur pemakanan sebagai berikut:

- Depth per pass* = 1 mm
- Feed rate* = 100 mm/menit
- Plunge angle* = 100 mm/menit
- Spindle speed* = 100 rpm



Gambar 8: Hasil pada Kayu

3.2. Acrylic

Pada pemakanan *acrylic* didapatkan hasil maksimum pemotongan dalam 1 kali jalur pemakanan sebagai berikut:

- Depth per pass* = 2 mm
- Feed rate* = 200 mm/menit
- Plunge angle* = 100 mm/menit
- Spindle speed* = 100 rpm



Gambar 9: Hasil pada Acrylic

3.3. Aluminium

Pada pemakanan aluminium didapatkan hasil maksimum pemotongan dalam 1 kali jalur pemakanan sebagai berikut:

- Depth per pass* = 0,25 mm
- Feed rate* = 100 mm/menit
- Plunge angle* = 15 mm/menit
- Spindle speed* = 100 rpm



Gambar 10: Hasil pada Aluminium

Berdasarkan pengujian dari tiga bahan berbeda bahwasanya didapatkan *depth per pass* minimum 0,25 mm pada bahan aluminium dan maksimal terjadi pada bahan *acrylic* dengan hasil 2 mm. Menggerakan *motor stepper* sumbu X, Y, dan Z secara bertahap dikendalikan melalui salah satu aplikasi yaitu GRBL. Hal ini akan mengakibatkan hasil produksi menjadi lebih sempurna, karena sumbu X, Y, dan Z dikontrol menggunakan motor penggerak dan *software GRBL* tersebut, dan ini sesuai juga dengan penelitian (Wanggara, 2020).

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil pembahasan pada penelitian ini adalah modifikasi rangka dan bahan mesin CNC Router Mini 3 Axis dengan mengganti *frame*, *endmill*, dan *collect* agar dapat di gunakan pada proses *machining* maksimum pada bahan aluminium. Modifikasi yang dilakukan berhasil dan sesuai dengan rancangannya. Pada proses pemakanan terhadap 3 bahan tersebut (kayu, *acrylic*, dan *aluminium*) dihasilkan minimum pemakanan 0,25 mm dan maksimum pemakanan 2 mm dengan masing – masing bahan yang digunakan. Variasi bahan yang digunakan pada penelitian ini bertujuan untuk melihat kemampuan CNC Router Mini 3 Axis. CNC Router Mini 3 Axis ini bisa digunakan untuk keperluan pembelajaran dan penelitian skala laboratorium. Alat ini juga bisa digunakan untuk produksi berbagai aksesoris dengan skala kecil.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada pihak-pihak yang sudah terlibat pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, D. A. P. (2016). Rancang Bangun Bagian Dinamis Mesin CNC Router Milling. Universitas Jember Malang. <https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/76487> diakses pada tanggal 25 Mei 2023.

- Ginting, R., Hadiyoso, S & Aulia, S. (2017). Implementation 3-Axis CNC Router for Small Scale Industry. *International Journal of Applied Engineering Research* 12, 6553-6558.
- Gunawan, S. (2014) Kontribusi Hasil pelatihan CNC Advanced Terhadap Perkembangan Industri Kreatif Indonesia. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Malik, I., Azharuddin, & Dewi, C. K. (2019). Aplikasi Hasil Rancang Bangun Mesin CNC Router Terhadap Proses Permesinan (Cutting Speed, Feeding Cutting Dan Depth of Cut) Terhadap Waktu. *Jurnal Austeni* 11, 11–15.
- Nur Aid, I A. & Mukhamad Khumaidi, U. (2018). Pengaruh Variasi Kecepatan Feeding Pada CNC Router 3 Axis Dengan Material Alumunium dan Acrylik. *Nozzle: Journal Mechanical Engineering* 7, 10–27.
- Prasetyo, A., Malik, I. & Sriwijaya, P. N. (2020). Analisis Vibrasi Rangka CNC router 3 sumbu. *Jurnal Austenit* 12, 28–33.
- Roswaldi Sk., Julsam, Kartika, Fendri, A. & Mulyadi. (2019). Implementasi Mini CNC Router 3 Axis untuk Pembuatan Huruf dan Gambar Berbasis GRBL. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* 3, 95-102.
- Salam, A., Iswar, M, Rifaldi, M, Malik, S. & Putra, K. Rancang Bangun Mesin CNC Router Mini Untuk Pembelajaran Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi* 17, 150-155.
- Wanggara, A, Andree, Moris, Simatupang, P.G. & Azmi.F. (2020). Rancang Bangun Mesin CNC Engraving 3 Axis Berbasis Arduino Uno dengan GRBL Software. *JESCE (Journal of Electrical and System Control Engineering)* 4, 11 -1.
- Wijaya, D. K., Suprijono, H. & Nugroho, D. S. (2020). Optimasi Proses Cutting Mesin CNC Router G-Weike WK1212 dengan Metode Full Factorial Design dan Optimasi Plot Multi Respon. *Jurnal Pasti* 14, 1–14.