

Rancang Bangun Mesin *Cnc Router Mini 3 Axis*

Rizki Ramdani

Politeknik TEDC Bandung

Alamat: Jl. Politeknik Jl. Pesantren No.2, Cibabat, Cimahi

Korespondensi penulis: rizkiramdani@poltektedc.ac.id

Abstract. *This research aims to design a 3 axis mini CNC router machine. The problem formulation of this research is; what is the process of making a mini CNC machine and what is the process of testing a mini CNC machine. The design of this machine is divided into several stages including; design of frame parts, electrical parts, drive parts and control system parts. Frame design using Solidworks software. The materials used for the frame are aluminum and ABS. The results of static analysis on the x-axis have a maximum von misses stress of 6.547 N/mm² with a load of 30 N and on the y-axis with a maximum von misses stress of 11.805 N/mm² with a load of 50 N. The stepper motor used is a Nema 17 stepper motor. The power required for the x-axis stepper motor is 0.3297 watts, for the y-axis it is 0.471 watts and for the z-axis it is 0.0785 watts. The control system on the 3 Axis CNC Router machine uses Arduino UNO components, CNC Shield Expansion Board, A4988 stepper motor driver, GRBL Firmware and GRBL Controller application.*

Keywords: *CNC router, Solidworks, GRBL Firmware*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin router mini CNC 3 axis. Rumusan masalah penelitian ini adalah; bagaimana proses pembuatan mesin mini CNC dan bagaimana proses pengujian mesin mini CNC. Perancangan mesin ini dibagi menjadi beberapa tahap diantaranya; desain bagian rangka, bagian kelistrikan, bagian penggerak dan bagian sistem kendali. Desain bingkai menggunakan *software Solidworks*. Bahan rangka yang digunakan adalah alumunium dan ABS. Hasil analisa statik pada sumbu x mempunyai tegangan von misses maksimum sebesar 6,547 N/mm² dengan beban sebesar 30 N dan pada sumbu y dengan tegangan von misses maksimum sebesar 11,805 N/mm² dengan beban sebesar 50 N Motor stepper yang digunakan adalah motor stepper Nema 17. Daya yang dibutuhkan untuk motor stepper sumbu x sebesar 0,3297 watt, untuk sumbu y sebesar 0,471 watt dan untuk sumbu z sebesar 0,0785 watt. Sistem kendali pada mesin CNC Router 3 Axis ini menggunakan komponen Arduino UNO, CNC Shield Expansion Board, driver motor stepper A4988, Firmware GRBL dan aplikasi GRBL Controller.

Kata kunci: *CNC router, Solidworks, GRBL Firmware*

LATAR BELAKANG

Saat ini perkembangan teknologi khususnya di bidang industri pemesinan sudah semakin berkembang. *Computer Numerical Control (CNC)* merupakan mesin yang sudah dilengkapi dengan komputer untuk mempermudah proses kerja[1]. Kebutuhan akan mesin *CNC* ini pun semakin meningkat. Kebutuhan ini muncul untuk kebutuhan di bidang

Received: Mei 21, 2024; Accepted: Juni 24, 2024; Published: Juni 30, 2024

*Rizki Ramdani, rizkiramdani@poltektedc.ac.id

industri maupun kebutuhan di bidang pendidikan. Pada bidang pendidikan, mesin *CNC* ini berguna untuk kegiatan belajar mengajar yaitu kegiatan praktikum para peserta didik.

Mesin *CNC* dikontrol menggunakan komputer, dengan bahasa yang digunakan yaitu bahasa numerik (data perintah dengan kode angka, huruf dan simbol) yang sesuai dengan standar ISO[2]. Ada dua jenis mesin *CNC* yaitu mesin *CNC* dengan dua *axis* dan mesin *CNC* dengan tiga *axis*. Mesin *CNC* dua *axis* bergerak dalam arah vertikal dan horizontal yaitu bergerak dalam arah sumbu x dan sumbu y. Untuk mesin *CNC* dengan tiga *axis* bergerak dalam arah vertikal, horizontal dan melintang yaitu dalam arah sumbu x, sumbu y dan sumbu z[3].

Dalam penelitian yang berjudul *Build Your Own CNC Machine*, dibuatlah mesin *CNC* mini router 3 axis dengan bahan utama rangka terbuat *MDF fiberboard*. Dengan menggunakan bahan tersebut tingkat kekokohan dan keakuratannya masih rendah, sehingga pembuatannya masih diperuntukkan untuk simulasi saja[4].

Harga dari sebuah mesin *CNC* sangatlah mahal, sehingga tidak semua lembaga penyelenggara pendidikan mampu untuk membelinya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk rancang bangun sebuah mesin *CNC mini router 3 axis*. Mesin *CNC* ini nantinya akan digunakan untuk keperluan praktikum *CAD/CAM*.

KAJIAN TEORITIS

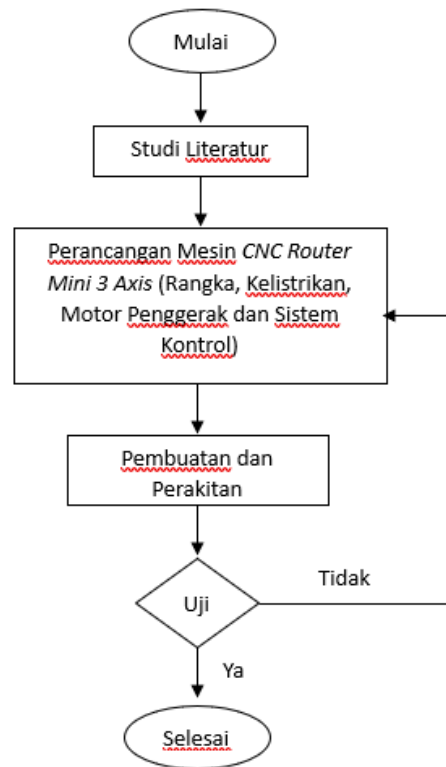
Mesin *CNC* mulai dikembangkan oleh John T. Parsons pada dekade tahun 1940-1950. Mesin dengan sistem kendali numerik ini dapat membuat suatu produk secara otomatis. Sistem kendali digunakan dalam pengendalian gerak pahat pemotong sesuai dengan gerakan pemotongan yang diinginkan. Pada tahun 1970 an mulai dikembangkan *NC* sistem pada mesin *CNC*, dimana mesin dilengkapi mini komputer yang terintegrasi dengan mesin. Tiap perintah gerakan mesin tersimpan pada unit *microcontroller* yang sebelumnya dibuat dalam bentuk *PLC (Programmable Logic Controller)*. Mesin *Computer Numerical Control (CNC)*.

Router adalah mesin cutting kayu yang dikontrol dengan menggunakan Computer untuk mendapatkan hasil/bentuk/2D/3D ukiran, pola *cutting*, *miling*, *grooving*, dan juga *bor/drilling*. Mesin *CNC* sangat populer untuk pembuatan kerajinan dari kayu, mainan

kayu, pembuatan rak/kabinet/lemari, pola/ ukuran pada pintu kayu, dan aplikasi lain yang sangat luas.

METODE PENELITIAN

Tahapan atau metode penelitian pada rancang bangun mesin *CNC mini router 3 axis* ini dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



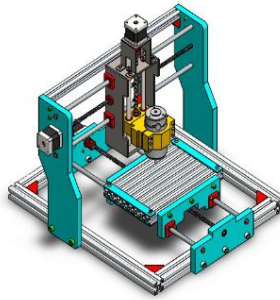
Gambar 1. Tahapan Rancang Bangun Mesin CNC Router Mini 3 Axis

Tahapan pertama yaitu tahap studi literatur, pada tahap ini dilakukan studi terhadap jurnal-jurnal dan buku-buku terkait rancang bangun mesin *CNC router 3 axis*. Tahap kedua yaitu tahap perancangan. Pada tahap ini perancangan dibagi menjadi beberapa komponen utama diantaranya; rangka, motor penggerak dan sistem kontrol. Tahap selanjutnya yaitu tahap pembuatan dan perakitan berdasarkan hasil rancangan. Tahap pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja dari mesin *CNC mini router 3 axis*. Ketika pengujian berhasil maka penelitian selesai, sedangkan ketika hasil pengujian tidak berhasil maka kembali lagi ketahap perancangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Mesin

Desain dari mesin *CNC router mini 3 axis* ini dapat dilihat pada Gambar 2.

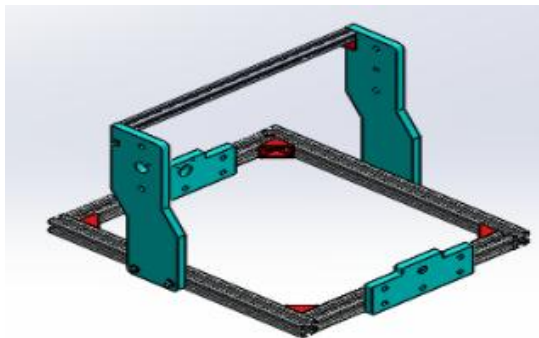


Gambar 2. Desain Mesin CNC Router Mini 3 Axis

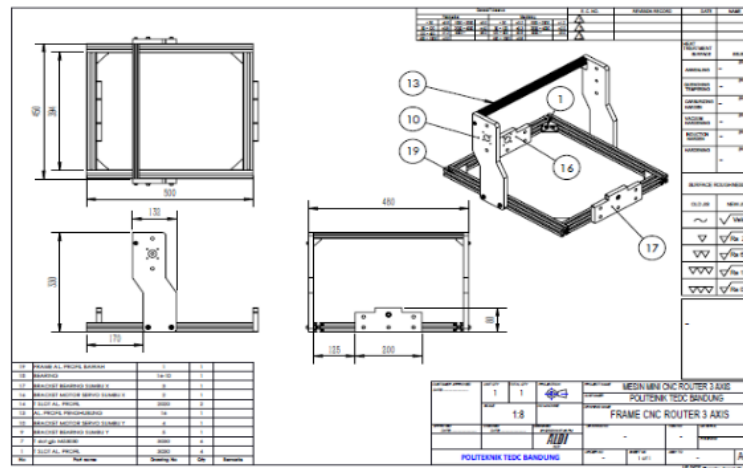
Secara garis besar ada 4 komponen utama pada mesin ini. Empat komponen tersebut diantaranya; bagian rangka, motor penggerak dan sistem kontrol.

Bagian Rangka

Desain rangka mesin *CNC mini CNC router 3 axis* ini berbahan dasar *Aluminium* dan *Crylonitrile Butadiene Styrene (ABS)*. Gambar rangka mesin *CNC router* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Rangka



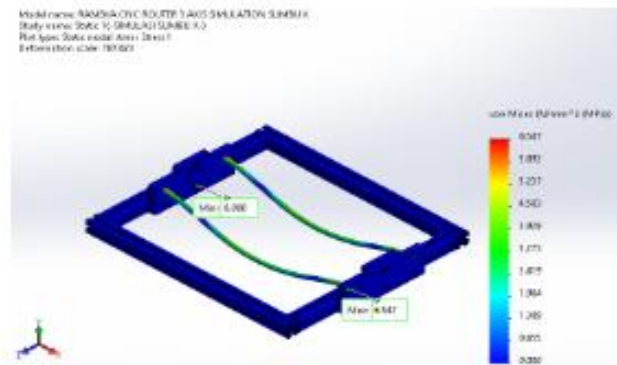
Gambar 4. Desain 2D Bagian Rangka

Rangka mesin mini *CNC router 3 axis* ini terbuat dari *Alumunium*, terdiri 4 batang *Alumunium* profil dengan ukuran 3030 dengan tegangan tarik maksimal (σ_t) = 5 kgf/mm². Sedangkan untuk *bracket* motor servo sumbu y dan *bracket bearing* sumbu y menggunakan *Plat Strip* material *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)* terdiri dari 2 batang dengan ukuran 15 mm x 100 mm x 330 mm dengan tegangan tarik maximal (σ_t) 1,08 kg/mm², digunakan sebagai kontruksi komponen sumbu y dan z dengan beban 3.852 kg. Beban ini diperoleh dari Tabel

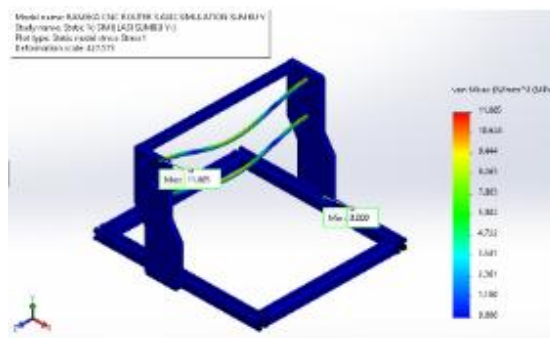
Tabel 1. Berat Mesin CNC Router

No	Nama Komponen	Berat (Kg)
1	Frame sumbu y dan z	1,5
2	Bracket motor z	0,136
3	Motor z	0,6
4	Shaft sumbu y	0,58
5	Shaft sumbu z	0,24
6	Linear ball bearing	0,256
7	Motor router	0,3
Total		3,852

Dari hasil rancangan yang telah dibuat, langkah selanjutnya yaitu proses simulasi pengujian kekuatan rangka menggunakan *Software Solidworks*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh beban yang membebani rangka terhadap kekuatan rangka tersebut. Pengujian dari rancangan rangka dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6 di bawah ini.



Gambar 5. Pengujian Sumbu X



Gambar 6. Pengujian Sumbu Y

Pada Gambar 5 merupakan hasil analisis statis. *Von mises* adalah resultan dari semua tegangan yang terjadi diturunkan dari *principal axes* dan berhubungan dengan *principal stress*. Besar tegangan *Von mises* terjadi pada sudut poros sumbu x ditandai dengan warna merah dengan besar nilai *von misses* yaitu 6,547 N/mm² (MPa). Maka dari itu pemilihan bahan material untuk struktur sumbu x aman digunakan.

Pada Gambar 6 di atas merupakan hasil analisis statis. *Von mises* adalah resultan dari semua tegangan yang terjadi diturunkan dari *principal axes* dan berhubungan dengan *principal stress*. Besar tegangan *Von mises* terjadi pada sumbu y ditandai dengan warna merah dengan besar nilai *von misses* yaitu 11,805 N/mm (Mpa). Maka dari itu pemilihan bahan material untuk struktur sumbu y aman digunakan.

Sistem Penggerak

Penggerak yang digunakan dalam rancang bangun mesin *CNC router* mini ini adalah menggunakan penggerak *motor stepper*. Hal ini dikarenakan *motor stepper* mudah

dalam proses pengontrolannya. Pemilihan *motor stepper* yang akan digunakan sangat berpengaruh terhadap hasil pembuatan mesin *cnc router mini 3 axis*. Pemilihan *motor stepper* berdasarkan hasil analisis dan perhitungan kebutuhan *motor stepper* mesin *CNC router mini 3 axis* yaitu *motor stepper nema 17*.

Motor stepper nema 17 memiliki dimensi 42 x 42 mm dan sering digunakan pada aplikasi *CNC* yang memerlukan torsi yang moderat, seperti *3D printer*, *small cnc router* dan *cnc engraver*. Berikut adalah beberapa spesifikasi umum dari NEMA 17:

1. Ukuran lempeng depan (*faceplate*): 1,7 inci atau sekitar 42,3 mm
2. Jumlah tahap (*step*): 200 tahap per putaran
3. Torsi (*torque*): berkisar antara 0,3 hingga 0,6 Nm
4. Arus nominal: berkisar antara 0,5 hingga 1,5 A
5. Tegangan nominal: berkisar antara 2 hingga 4 VDC
6. Tahanan: berkisar antara 1 hingga 5 ohm
7. Kecepatan rotasi: berkisar antara 500 hingga 3000 RPM (tergantung pada arus dan tegangan yang diberikan)



Gambar 7. Motor Stepper NEMA 17

Setelah melakukan analisis dan pemilihan motor stepper, langkah berikutnya adalah proses perakitan/*assembly*. Adapun tahapan pada proses perakitan komponen penggerak mekanik mesin adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan *nut* pada meja kerja sumbu X, Y dan Z

2. Pemasangan penahan pada meja kerja sumbu Z
3. Pemasangan penahan *spindle* pada sumbu Y
4. Memasang *lead screw* pada sumbu X
5. Pemasangan *lead screw* pada sumbu Y
6. Pemasangan *lead screw* pada sumbu Z
7. Pemasangan motor pada sumbu X
8. Pemasangan motor pada sumbu Y
9. Pemasangan motor pada sumbu Z

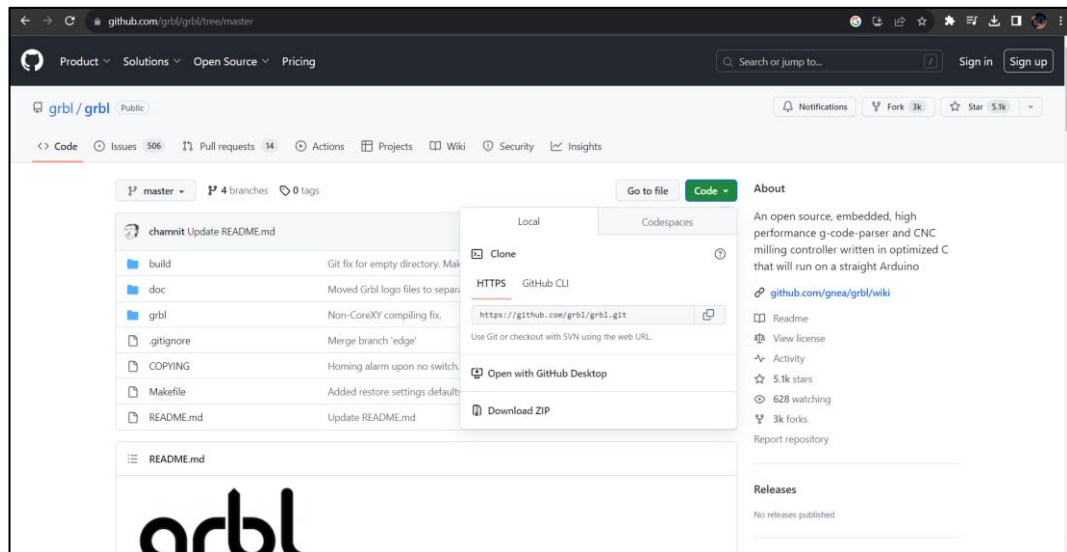
Sistem Kontrol

Dalam pembuatan mesin *CNC Router 3 axis* ada 2 faktor yang perlu diperhatikan yaitu:

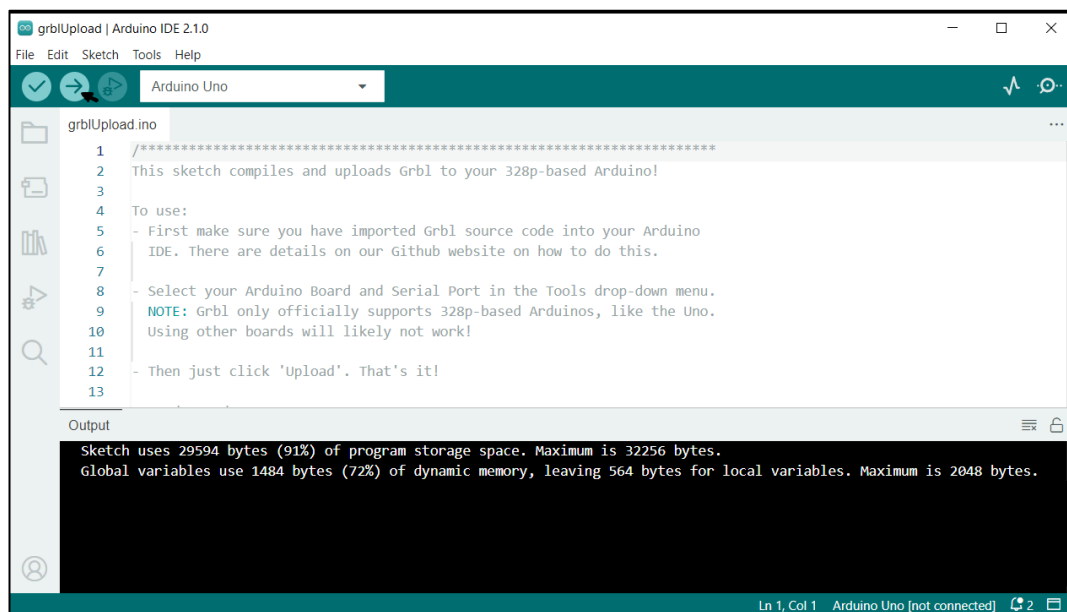
- Pemilihan *firmware*
- Pemilihan *Microkontroller*

Ada beberapa *firmware* yang dapat digunakan dalam mesin *CNC Router 3 axis* seperti *Marlin & GRBL*. Setiap *firmware* memiliki kriteria dan kekurangannya masing-masing, namun dalam pembuatan mesin *CNC Router 3 axis* penulis memilih menggunakan *GRBL Firmware*, karena *GRBL Firmware* dapat beroperasi pada arus yang lebih besar sehingga motor *spindle* dapat bekerja dengan lebih maksimal.

GRBL Firmware hanya bisa beroperasi pada *mikrokontroller* yang berbasis *ATmega328P*. ada dua tipe *Arduino* yang menggunakan *cpu* tersebut yaitu *Arduino uno & Arduino fio*, pada pembuatan mesin *CNC Router 3 axis* penulis memilih menggunakan *Arduino UNO*, karena *Arduino UNO* memiliki berbagai macam *ekstensi board* yang bisa memudahkan penulis dalam menggunakannya salah satu *ekstensi* nya adalah *CNC Shield v3* yang sangat membantu penulis dalam membuat mesin *CNC Router 3 axis*.



Gambar 8. GRBL



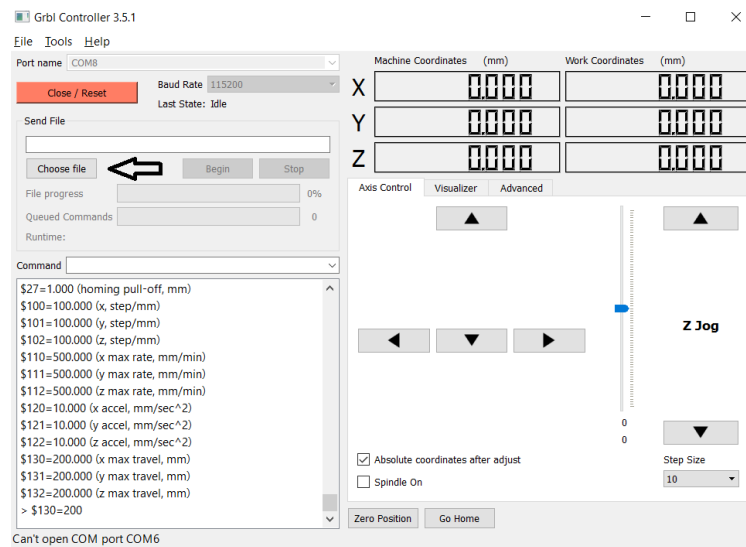
Gambar 9. Uploading GRBL Firmware

Setelah dilakukan nya *flashing firmware GRBL* pada *Arduino UNO* penulis sudah bisa menggunakan *Arduino UNO* sebagai kontroler dalam Mesin *CNC Router 3 axis*, namun untuk menggunakan mesin *CNC Router 3 axis* penulis membutuhkan software yang dapat membantu penulis dalam berkomunikasi dengan mesin *CNC Router 3 axis*.

Sebelum mesin *CNC Router 3 axis* bisa digunakan perlu dilakukan kalibrasi guna mendapatkan hasil benda yang presisi dan berkualitas. Ada beberapa hal yang wajib untuk di kalibrasi yaitu pergerakan ke 3 axis (X, Y dan Z).

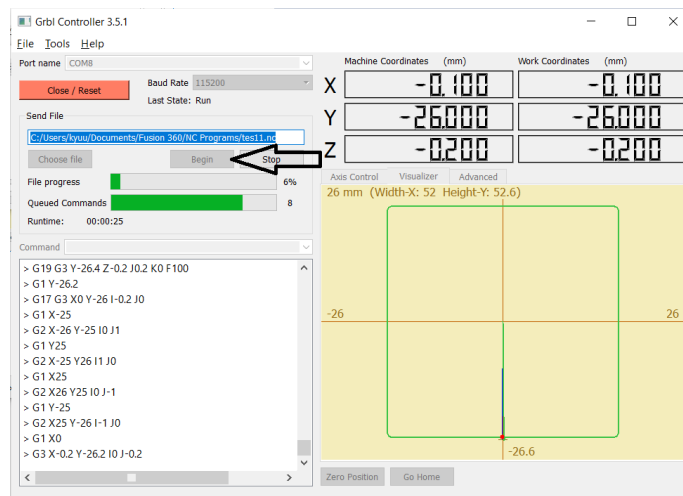
Uji Coba Mesin CNC Router 3 Axis

Setelah melakukan kalibrasi pada mesin *CNC Router 3 axis* perlu dilakukan nya uji coba mesin *CNC Router 3 axis* guna menguji apakah mesin dapat bekerja dengan baik atau tidak. Penulis akan mencoba membuat sebuah produk dengan mengirimkan rangkaian *G-Code* menuju *Mesin CNC Router 3 axis*. Cara mengirimkan *G-code* dapat dilihat pada gambar selanjutnya.



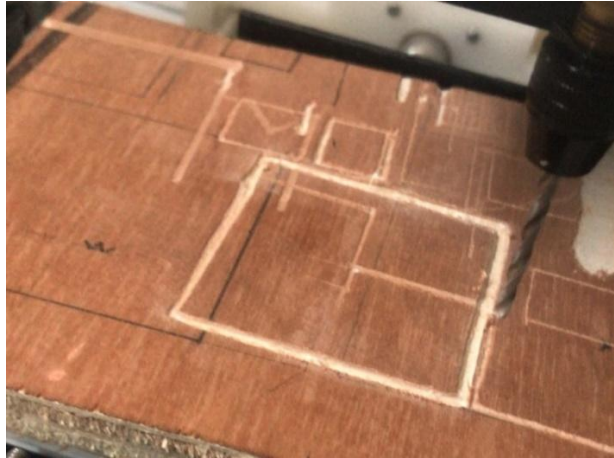
Gambar 10. Mengirim G-Code Menuju CNC Router

Pada Gambar 10 penulis akan memilih file yang berisikan rangkaian *G-Code* untuk *CNC Router*, *G-Code* tersebut telah penulis buat menggunakan aplikasi *Fusio 360*, file dapat dipilih selanjutnya seperti yang bisa di lihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Mengirim G-Code

Setelah *G-Code* berhasil dipilih tekan tombol “*BEGIN*” untuk memulai menjalankan *G-Code*.



Gambar 12. Contoh Hasil Uji Coba CNC Router Mini 3 Axis

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari proses rancang bangun mesin CNC Router Mini 3 Axis ini adalah sebagai berikut;

1. Perancangan desain Rangka Mesin Mini *CNC Router 3 Axis*, menggunakan Aplikasi *Solidworks*.
2. Bahan rangka yang digunakan untuk membuat rangka mesin *CNC Router 3 Axis* yaitu bahan Alumunim, dan ABS.
3. Pemilihan bahan material sangat berpengaruh terhadapap kekuatan rangka.
4. Hasil Analisis statik pada bagian Sumbu x dengan tegangan maksimum *von misses* yaitu $6,547 \text{ N/mm}^2$ (MPa), dengan beban 30 N.
5. Hasil Analisis statik pada bagian Sumbu y dengan tegangan maksimum *von misses* yaitu $11,805 \text{ N/mm}^2$ (Mpa), dengan beban 50 N.
6. Tipe motor *stepper* yang digunakan yaitu tipe motor *stepper nema 17*.
7. Sistem kontrol pada mesin *CNC Router 3 Axis* menggunakan komponen *Arduino UNO*, *CNC Shield Expansion Board*, *A4988 stepper motor driver*, *GRBL Firmware* dan aplikasi *GRBL Controller* dapat bekerja dengan baik.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Adelina fitra kusuma Kartini and J. Pramudijanto, “SISTEM PENGATURAN GERAKAN TOOL PADA PROTOTIPE MESIN CNC DENGAN KONTROLER DISTURBANCE OBSERVER,” *J. Tek. POMITS*, vol. 1, pp. 1–6, 2012.
- [2] Roni permana Saputra, A. Muqorrobin, A. Santoso, and teguh pudji Purwanto, “DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM KENDALI CNC ROUTER MENGGUNAKAN PC UNTUK FLAME CUTTING MACHINE,” *J. Mechatronics, Electr. Power, Veh. Technol.*, vol. 2, pp. 41–50, 2011.
- [3] G. Williams, *CNC Robotic-Built Your Own Workshop Bot*. 2003.
- [4] Hood daniel Patrick and james floyd Kelly, *Build Your Own CNC Machine*. 2009.