

# Rancang Bangun Sistem Kontrol Pada Mesin CNC Router 3 Axis

Bhisma Ajuni Sutarna<sup>1</sup>, Rizki Ramdani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Mekanik Industri dan Desain, Politeknik TEDC Bandung

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Mekanik Industri dan Desain, Politeknik TEDC Bandung

Email: kyuu69x@gmail.com , rizkiramdani@poltektedc.ac.id

## ABSTRAK

Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) router merupakan penggabungan teknologi CNC dan mesin router, CNC difungsikan untuk mengontrol pergerakan proses pemotongan dan gerakan motor spindle yang difungsikan sebagai pemutar alat potong, mesin ini memanfaatkan putaran mata potong yang berputar pada sumbunya untuk melakukan pekerjaan menggali (*milling*), mengukir (*engraving*) dan memotong (*cutting*). Penelitian ini bertujuan untuk membuat system kendali untuk mesin CNC Router 3 Axis. Metode yang digunakan mulai dari studi literatur, identifikasi kebutuhan, proses instalasi, kalibrasi dan Pengujian alat dengan menggunakan mode gerakan tiga axis X, Y, dan Z. Hasil yang diperoleh menunjukkan mesin CNC Router 3 Axis menggunakan komponen Arduino UNO, CNC Shield Expansion Board, A4988 stepper motor driver, GRBL Firmware dan aplikasi GRBL Controller, dapat berkerja dengan baik, kepresisian dari tiap sumbu X, Y, dan Z sesuai dengan nilai toleransi yang diinginkan yaitu masing-masing 0,01 mm dan kontur ukiran pada benda kerja tidak menunjukkan penyimpangan.

Kata kunci: Mesin CNC Router, Sistem Kontrol.

## ABSTRACT

*The CNC (Computer Numerical Control) router machine is a combination of CNC technology and a router machine, the CNC function is to control the movement of the cutting process and the movement of the spindle motor which functions as a cutting tool player, this machine utilizes a cutting edge rotating on its axis to do milling work (Milling), engrave (engraving) and cutting (cutting). This study aims to create a control system for a 3 Axis CNC Router machine. The method used starts from literature study, identification of needs, installation process, calibration and testing of tools using three axis X, Y, and Z movement modes. The results obtained show that the 3 Axis CNC Router machine uses Arduino UNO components, CNC Shield Expansion Board, A4988 stepper motor driver, GRBL Firmware and GRBL Controller application., can work properly, the precision of each X, Y, and Z axis corresponds to the desired tolerance value of 0.01 mm each and the contours of the engraving on the workpiece do not show deviation.*

*Keywords: CNC Router Machine, Control System*

## 1. PENDAHULUAN

Pada provinsi kepulauan riau ada banyak pengrajin membuat kerajinan atau souvenir dengan menggunakan cara konvensional. Hasil yang didapat dari metode konvensional tidak akan sama dan kecepatan produksi dibatasi oleh lelahnya sang pengrajin. Alasan tersebut memperkuat dibutuhkannya mesin perkakas CNC Router 3 axis karena dengan mesin perkakas tersebut hasil produk dan kecepatan produksi dapat konsisten.

Mesin CNC Router pada awalnya dibuat untuk memotong bentuk profil langsung pada kayu secara manual. Penggunaan pisau pengiris dapat diubah sesuai dengan bahan yang akan digunakan. mesin CNC Router selain membuat profil dan menghias benda kerja kayu, juga dapat digunakan untuk membentuk sisi tebal kayu, membuat alur dan berbagai karya lainnya dengan presisi.

Saat ini mesin perkakas CNC mini router dipasarkan dengan berbagai merk. harganya berkisar 30-70 juta per unit bahkan sampai miliaran rupiah yang tidak mungkin dapat dibeli oleh pengerajin menengah kebawah. Oleh karena itu perlu adanya langkah-langkah untuk mengatasi hal tersebut diantaranya dengan mendesain dan merancang bangun mesin perkakas CNC Router 3 axis yang lebih murah dan terjangkau bagi kalangan menengah kebawah. Hasil dari perancangan CNC Router 3 axis ini diharapkan dapat membantu para pengrajin dalam pengerjaan produknya, selain itu mesin juga dapat dijadikan sebagai media belajar.

## 2. KAJIAN TEORI

### 2.1 Mesin CNC



Gambar 1. Mesin CNC (Milling)

Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) adalah sebuah mesin yang digunakan dalam Industri Manufaktur untuk menghasilkan komponen untuk Sektor Teknik dalam jumlah besar dengan cepat. Seperti nama dari CNC sendiri, setiap pengerjaan dari CNC menggunakan sistem komputer yang telah terbentuk dengan baik hingga menghasilkan barang yang sesuai dengan presisi.

### 2.2 Mesin CNC Router

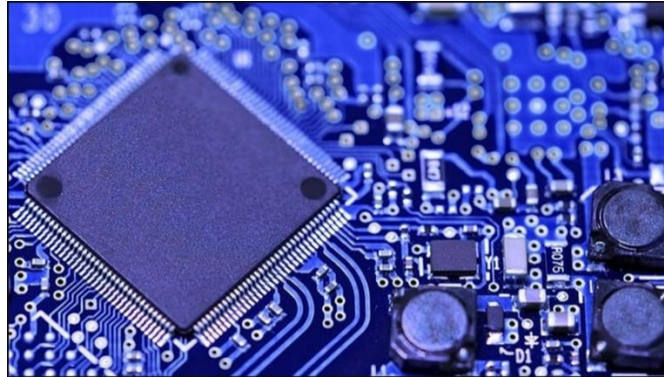


Gambar 2. CNC Router

Mesin CNC router merupakan alat yang fungsinya mirip dengan router genggam. Yang biasa untuk memotong berbagai material keras seperti kayu, akrilik, aluminium, dll. Hanya saja mesin ini jauh lebih modern karena menggunakan kontrol numerik komputer atau CNC (*Computer Numerical Control*),

bukan dengan tangan. Sehingga hasil pengerjaan lebih konsisten, berkualitas dan tingkat ketelitiannya sangat tinggi, serta mengurangi pemborosan waktu dan frekuensi kesalahan.

## 2.3 Microcontroller



Gambar 3. Mikrokontroller.

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil yang dikemas dalam bentuk chip IC (*Integrated Circuit*) dan dirancang untuk melakukan tugas atau operasi tertentu. Pada dasarnya, sebuah IC Mikrokontroler terdiri dari satu atau lebih Inti Prosesor (CPU), Memori (RAM dan ROM) serta perangkat INPUT dan OUTPUT yang dapat diprogram.

## 2.4 GRBL Firmware



Gambar 4. GRBL Logo

GRBL adalah alternatif perangkat berperforma tinggi, dan biaya rendah untuk kontrol gerakan berbasis port paralel pada CNC milling. GRBL dapat dijalankan pada Arduino biasa (Duemillanove/Uno) selama menggunakan Atmega 328. Kontroler ini ditulis dalam bahasa C yang sangat dioptimalkan dengan memanfaatkan setiap fitur cerdas dari chip AVR untuk mencapai waktu yang tepat dan operasi asinkron. Kontroler ini mampu mempertahankan pulsa kontrol yang stabil, bebas jitter, dengan kecepatan hingga 30kHz.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir

Proses diagram alir yang dikerjakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mulai
2. Studi Literatur

Melakukan studi pustaka melalui internet, buku/text book, diktat yang mengacu pada referensi, dan tugas akhir yang berkaitan. Proses perencanaan menggunakan data-data untuk mengetahui

prinsip mekanisme alat dengan permasalahan perencanaan, dengan tujuan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan mesin-mesin terdahulu sebagai bahan referensi perancangan mesin yang lebih baik dan mudah dioperasikan

3. Identifikasi Kebutuhan & Perencanaan

Dalam proses identifikasi kebutuhan & perencanaan penulis menentukan apa saja komponen yang akan digunakan seperti mikrokontroler apa yang di gunakan, firmware apa yang digunakan, dan sebagainya.

4. Proses Instalasi & Kalibrasi

Setelah melewati proses pembuatan, ditahap ini penulis memulai proses instalasi & kalibrasi guna memasang firmware GRBL pada Arduino UNO dan mengatur mesin CNC Router 3 axis hingga bisa digunakan dengan baik.

5. Pengujian CNC Router

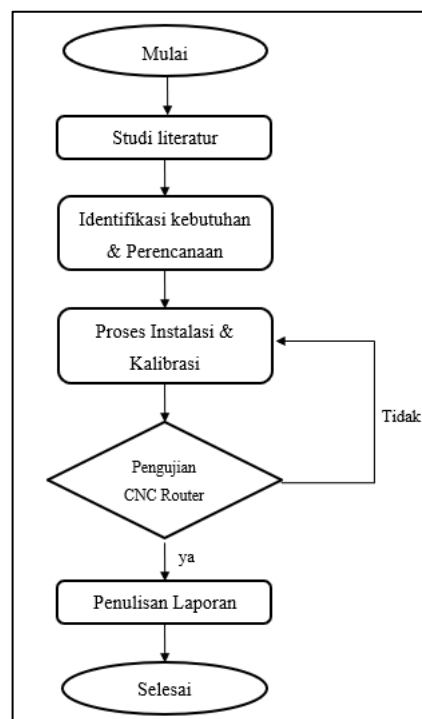
Pengujian bertujuan untuk memastikan bahwa mesin bekerja dengan baik, apabila mesin tidak bekerja dengan baik maka akan dilakukan kalibrasi kembali, pengujian pada mesin CNC Router 3 axis dilakukan dengan membuat sebuah produk sederhana dan selanjutnya di cek tingkat ketelitian produk. Apabila pembuatan mesin ini sesuai dengan landasan teori dan metodologi yang ada maka mesin yang dihasilkan akan berfungsi dengan baik.

6. Penulisan Laporan

Ditahap ini, penulis menyusun semua hasil penelitian kedalam sebuah laporan.

7. Selesai

Proses diatas dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Metode penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Identifikasi kebutuhan & perencanaan

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

1. Pemilihan firmware
2. Pemilihan Mikrokontroler

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 mikrokontroler yang berbasis ATmega328P. Ada dua tipe Arduino yang menggunakan CPU tersebut yaitu Arduino Uno & Arduino Pro, 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 ekstensinya adalah CNC Shield v3 yang sangat membantu penulis dalam membuat mesin CNC Router 3 axis.

### 4.2 Proses Instalasi & Kalibrasi

Proses Instalasi Firmware atau yang biasa disebut Flashing adalah langkah pertama dalam perancangan sistem kontrol CNC Router 3 axis. Flashing Firmware adalah kegiatan yang penting dalam pembuatan CNC Router 3 axis karena firmware tersebut akan menjadi perantara bagi mesin CNC Router 3 axis untuk membaca program G-code yang nantinya akan diupload ke mesin CNC Router 3 axis. Artinya mesin akan bisa memahami kode G-code yang diupload apabila mesin CNC Router 3 axis telah terpasang Firmware yang sesuai. Begitu juga sebaliknya, mesin tidak akan bisa membaca G-code apabila firmware tersebut belum terpasang pada mesin CNC Router 3 axis.

Firmware yang digunakan oleh penulis adalah sebuah firmware yang bersifat open source bernama GRBL seperti yang telah penulis jelaskan pada bab 2. Penulis menggunakan firmware ini karena GRBL firmware merupakan firmware yang dapat mengoptimalkan kinerja chip Atmega 328 pada Arduino Uno dalam mesin CNC Router 3 axis, selain itu GRBL Firmware ini juga bersifat open source berarti GRBL Firmware ini memiliki sistem yang terbuka untuk dipelajari, diubah, dikembangkan dan disebarluaskan untuk semua orang.

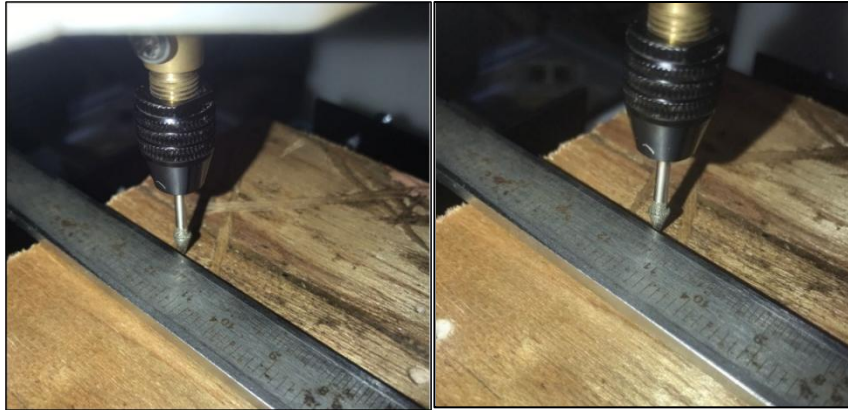
Setelah dilakukannya flashing firmware GRBL pada Arduino Uno penulis sudah bisa menggunakan Arduino Uno sebagai kontroler dalam Mesin CNC Router 3 axis, namun untuk menggunakan mesin CNC Router 3 axis penulis membutuhkan software yang dapat membantu penulis dalam berkomunikasi dengan mesin CNC Router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

Ada banyak aplikasi yang dapat membantu penulis dalam berkomunikasi dengan mesin CNC Router 3 axis melalui komputer salah satunya adalah aplikasi GRBL Controller Software atau yang dapat disebut dengan Universal G-Code Sender yang mana selain bersifat open source aplikasi tersebut juga sangat mudah untuk digunakan, dengan aplikasi GRBL Controller penulis dapat mengirimkan perintah ke CNC Router 3 axis baik itu untuk melakukan pengaturan mesin hingga mengirimkan G-code untuk dieksekusi oleh 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 dikalibrasi diantaranya adalah:

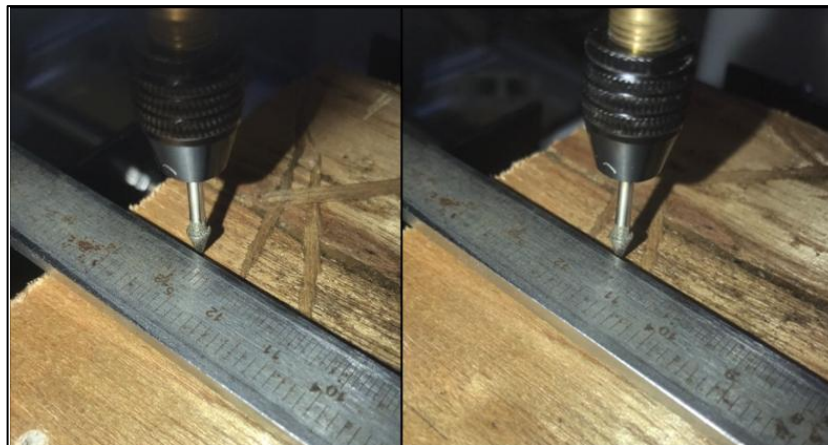
1. Pergerakan ke 3 axis (X, Y, Z).
2. *Soft stop & hard stop*

Pergerakan ini adalah seberapa jauh spindle melakukan travel atau pergerakan pada ke 3 axis tersebut dalam satu step stepper motor. Untuk melakukan kalibrasi pergerakan 3 Axis ini perlu dilakukan pengukuran pergerakannya terlebih dahulu agar kita mengetahui seberapa jauh mesin bergerak dengan menggunakan pengaturan bawaan GRBL, seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.8 dan 4.9.

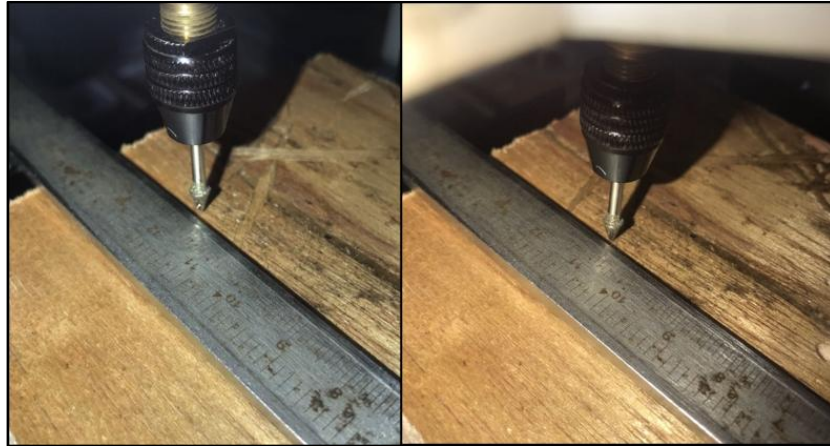


Gambar 6. Titik awal sumbu dan akhir sumbu x.

Gambar 6 adalah pergerakan sumbu X setelah diberikan perintah untuk bergerak sejauh 10mm, namun seperti yang bisa dilihat dengan pengaturan bawaan GBRL mesin hanya bergerak sejauh 5mm. Setelah penulis mengetahui seberapa jauh pergerakan mesin penulis dapat menyesuaikan dengan kebutuhan penulis sesuai dengan lead screw yang digunakan. Dengan memperhatikan pergerakan mesin penulis akan mengurangi atau menambahkan pengaturan step/mm pada axis tersebut dengan menggunakan perintah  $\$100(X\ axis) / \$101(Y\ axis) / \$102(Z\ Axis)$  di GRBL Controller hingga menemukan pengaturan yang sesuai seperti yang bisa dilihat pada gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Pergerakan sumbu X dengan pengaturan  $\$100=150$



Gambar 8. Pergerakan sumbu X dengan pengaturan \$100=100

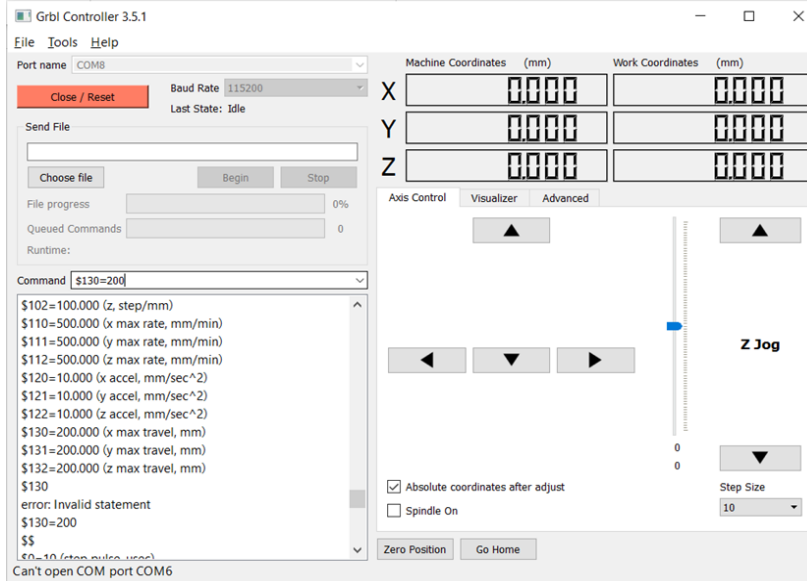
Dengan melakukan metode tersebut penulis berhasil mendapatkan pengaturan yang sesuai dengan mesin yaitu \$100=100. Setelah sumbu X berhasil di atur oleh penulis penulis menggunakan metode yang sama dengan sumbu Y dan sumbu Z.

Soft stop & hard stop adalah batas kerja mesin pada meja kerja, dengan memberikan batas kerja mesin dengan menambahkan limit pada GRBL Firmware (Soft Stop) atau dengan menambahkan physical limit (Hard Stop). Hal ini dilakukan untuk mencegah atau meminimalisir terjadinya kerusakan pada mesin. Untuk melakukan pengaturan Soft Stop pada mesin CNC Router penulis perlu mengetahui titik koordinat limit meja kerja dengan cara menggerakkan mesin secara manual dengan perintah menggunakan GRBL Controller. Seperti yang bisa dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Titik awal dan akhir sumbu X

Setelah penulis mengetahui titik koordinat limit mesin CNC Router 3 axis penulis bisa mengatur Soft Limit mesin CNC Router 3 axis dengan menggunakan perintah \$130 (X max travel), \$131 (Y max travel), & \$132 (Z max travel). Seperti yang bisa dilihat pada gambar 10.

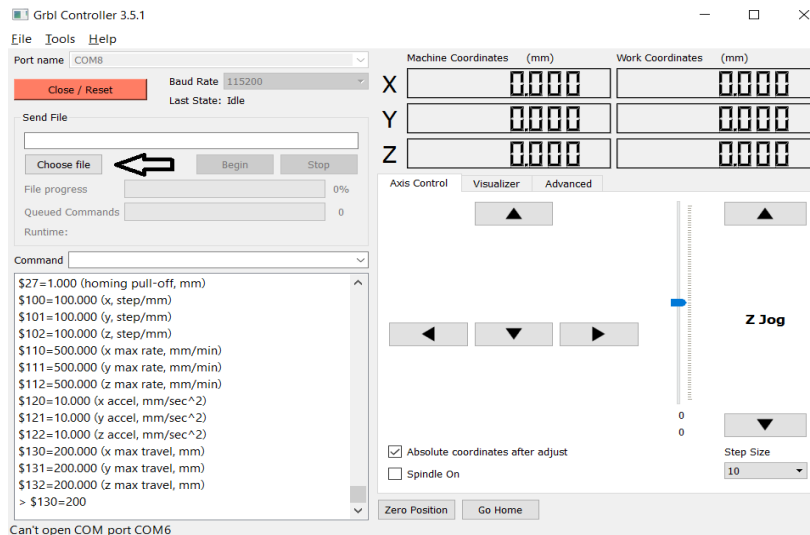


Gambar 10. Menggunakan perintah \$130 pada GRBL Controller

Setelah menggunakan perintah tersebut penulis berhasil memasang soft limit pada mesin CNC Router.

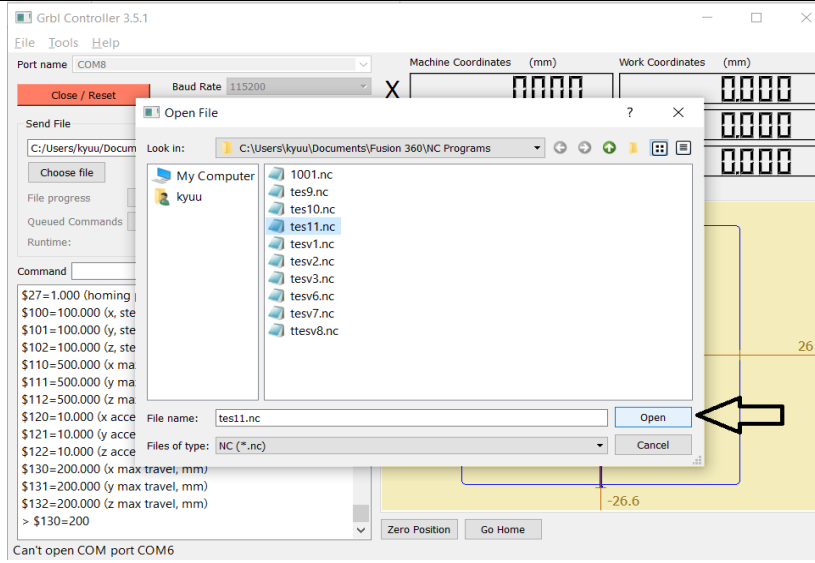
#### 4.3 Uji coba mesin CNC Router 3 Axis

Setelah melakukan kalibrasi pada mesin CNC Router 3 axis perlu dilakukannya 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.

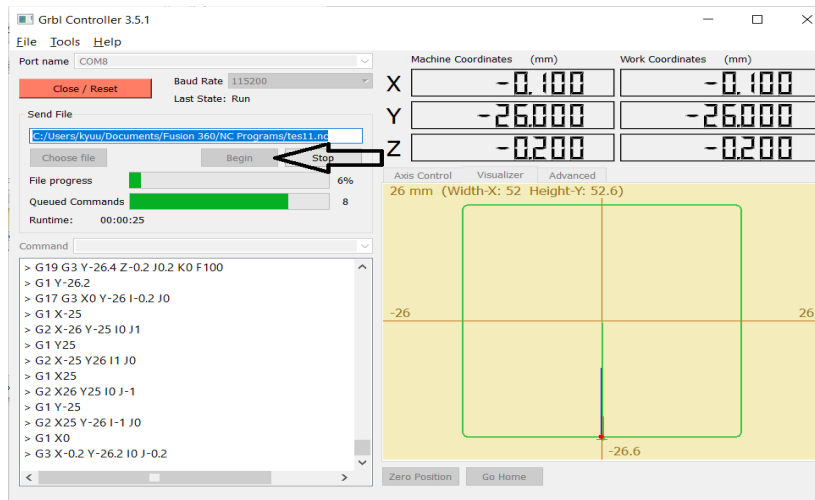


Gambar 11. Mengirimkan G-Code menuju CNC Router.

Pada Gambar 11. 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 12.

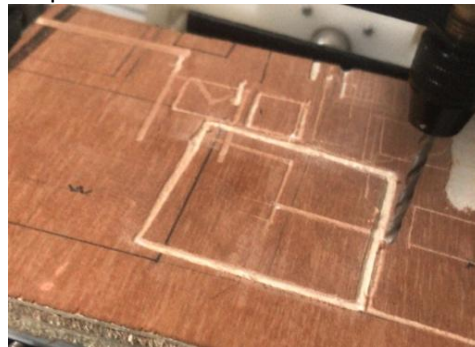


Gambar 12. Mengirimkan G-Code Menuju CNC Router.



Gambar 13. Mengirimkan G-Code Menuju CNC Router.

Setelah G-Code berhasil dipilih tekan tombol "BEGIN" untuk memulai menjalankan G-Code.



Gambar 14. Uji Coba Mesin CNC Router.

Pada Gambar 14 bisa dilihat hasil dari pengerjaan mesin CNC dengan G-Code yang telah penulis jalankan.



## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan proses perancangan, realisasi sistem dan pengujian alat secara keseluruhan diperoleh kesimpulan bahwa:

1. 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.
2. Dalam pengujian CNC Router 3 axis perlu diperhatikan beberapa factor diantaranya adalah:
  - a. Toleransi pergerakan 3 Axis (X, Y, Z) yang bisa di atur dengan perintah \$100, \$101, \$102 dengan ke telitian terbaik pada angka 23step/mm.
  - b. Dalam proses produksi tinggi layer terbaik pada 0,2 mm. Lebar layer terbaik pada 0,4 mm.
  - c. Hasil mesin CNC Routing memiliki akurasi 0,1 mm dengan kepresisian 0,018mm.

## DAFTAR PUSTAKA

- Fanshiming, "GRBL" (26 Agustus 2019), diakses pada 14 Juli 2023, <https://github.com/gnea/GRBL>.
- Gautama, Hardan, " JENIS-JENIS ARDUINO" (16 November 2022), diakses pada 14 Juli 2023, <https://fkt.almaata.ac.id/2022/11/16/jenis-jenis-arduino/>.
- Indotech group, "Tabel G Code pada Mesin CNC Milling" (20 April 2021), diakses pada 14 Juli 2023, <https://indotech-group.co.id/tabel-g-code-pada-mesin-cnc-milling/>.
- Kho Dickson, " mesin-cnc-router" (14 Oktober 2021), diakses pada 14 Juli 2023, <https://teknikelektronika.com/pengertian-mikrokontroler-microcontroller-struktur-mikrokontroler/>.
- Lintang, " Pengertian Mengenai Mesin CNC dan Kegunaan Mesin CNC dalam Dunia Industri,"(21 April 2020), diakses pada 11 Juli 2023, <https://soloabadi.com/pengertian-mengenai-mesin-cnc-dan-kegunaan-mesin-cnc-dalam-dunia-industri/>.
- Masahen, "Pengertian G-Code dan Contoh Program CNC" (12 Maret 2021), diakses pada 14 Juli 2023, <https://www.masahen.com/2021/03/pengertian-g-code-dan-contoh-program-cnc.html/>.
- Setiawan, Rony, "Apa itu Arduino? Pahami Lebih Mendalam" (8 Jan 2022), diakses pada 14 Juli 2023, <https://www.dicoding.com/blog/apa-itu-arduino>
- Siswanto, Hery. "APLIKASI MIKROKONTROLER PADA MESIN PLOTTER BATIK BERBASIS CNC" Skripsi, Universitas Muhammadiyah Malang, 2018.
- Tim Futake, " Pengertian Mikrokontroler (Microcontroller) dan Strukturnya" (14 Oktober 2020), diakses pada 11 Juli 2023, <https://indorouterlaser.id/artikel/mesin-cnc-router/>.
- Yusril, Muh. "RANCANG BANGUN MESIN CNC ROUTER" Jurnal, Politeknik Bosowa, Makassar, 2021.