

## **RANCANG BANGUN CNC ROUTER 3 AXIS ANGGRAVE, KAYU DAN AKRILIK BERBASIS MIKROKONTROLER**

**Rizqy Perdana Nur Imanuddin<sup>1</sup>, Adianto<sup>2</sup>, Rini Indarti<sup>3</sup>**

<sup>123</sup>Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

E-mail : rizqy.p@gmail.com

### **Abstrak**

CNC (*computer numerical control*) adalah pembaruan mesin perkakas yang telah ada didunia industri mengikuti perkembangan teknologi karena dianggap mesin perkakas sebelum nya kurang efektif dari segi waktu dan biaya. CNC merupakan sistem otomatisasi mesin perkakas yang dioperasikan oleh perintah dan diprogram secara abstrak dan disimpan melalui media penyimpanan, hal ini berlawanan dengan kebiasaan mesin perkakas sebelumnya, dimana mesin perkakas biasanya dikontrol dengan putaran tangan atau otomatisasi sederhana. Pada penelitian tugas akhir ini, dirancang suatu alat CNC sederhana yang dapat digunakan *engraving* atau dengan istilah lain untuk menggambar suatu pola pada bidang tertentu secara otomatis. Saat menyalakan alat, kabel koneksi data antara komputer dan alat sudah tersambung, sumbu CNC router akan berjalan menuju *home* atau titik referensi. Setelah selesai menuju titik referensi selanjutnya operator atau pengguna membuka aplikasi pengontrol CNC router tersebut. Setelah terkoneksi lalu pengguna diharapkan untuk meng-load file gcode dari gambar yang sudah di ubah menjadi file tersebut untuk di eksekusi. Sebelum data dikirim ke mikrokontroler, data akan dikonversi terlebih dahulu kedalam bahasa pemrograman mikrokontroler. Setelah semua di tentukan titik nol 0 lalu mengirim file yang tadinya sudah di load untuk di eksekusi, durasi penggraviran bisa disimulasi pada aplikasi pembuat G-Code untuk mengetahui estimasi waktu pengerjaan. Setelah selesai semua sumbu akan bergerak ke posisi 0 dan motor pun mati. Diharapkan dengan adanya alat CNC Router ini akan mempermudah para penggemar hobi grafik dan pengusaha dalam membuat grafik.

**Kata Kunci :** CNC, G-Code, *Engraving*, Mikrokontroler

### **1. PENDAHULUAN**

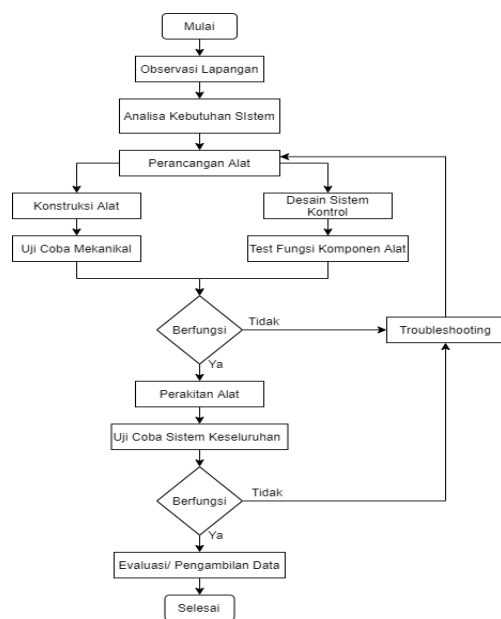
Kemajuan dalam bidang teknologi yang semakin berkembang merupakan aspek sebuah pengetahuan dan teknologi yang mengharuskan kalangan pendidikan tinggi untuk dapat meningkatkan kemampuan dalam penguasaan teknologi. Terutama pada teknologi tepat guna. Teknologi tepat guna merupakan teknologi yang tepat sasaran yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat umum. Pengembangan teknologi tepat guna harus lebih ditingkatkan sebagai penunjang pemanfaatan teknologi masyarakat Indonesia. Pemanfaatan teknologi pada masyarakat berdampak sangat luas. Dan berimbas pula pada industri-industri kecil dan menengah, khususnya yang masih menggunakan peralatan konvensional atau bahkan masih menggunakan peralatan tradisional dan manual. Pemahaman teknologi secara mendasar, rinci dan mendalam dilakukan melalui pelaksanaan program yang kongkrit untuk memproduksi

barang dan jasa. Perkembangan teknologi komputer saat ini telah mengalami kemajuan yang amat pesat. Dalam hal ini komputer telah diaplikasikan ke dalam alat-alat mesin perkakas diantaranya mesin bubut, mesin frais, mesin skrap, mesin bor. Hasil perpaduan teknologi komputer dan teknologi mekanik inilah yang selanjutnya dinamakan CNC (*Computer Numerically Controlled*). Sistem pengoperasian CNC menggunakan program yang dikontrol langsung oleh komputer. Secara umum konstruksi mesin perkakas CNC dan sistem kerjanya adalah sinkronisasi antara komputer dan mekaniknya. Jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional yang setaraf dan sejenis, mesin perkakas CNC lebih unggul baik dari segi ketelitian (*accurate*), ketepatan (*precision*), fleksibilitas, dan kapasitas produksi. Sehingga di era modern seperti saat ini banyak industri-industri mulai meninggalkan mesin-mesin perkakas konvensional dan beralih menggunakan mesin-mesin perkakas CNC. Dari pemaparan diatas,

di buatlah “Rancang Bangun CNC Router 3 Axis Anggrave Untuk Kayu dan Akrilik Berbasis Mikrokontroler”. Penelitian ini dilakukan penulis diharapkan membantu masyarakat yang mempunyai usaha Grafir khususnya Kayu dan Akrilik yang skala kecil.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Alur Pengerjaan



**Gambar 1.** Alur diagram metode pembuatan CNC Router 3-Axis

Metode yang digunakan oleh penulis dalam pengerjaan alat CNC Router 3-Axis ini ditunjukkan oleh **Gambar 1**. Pertama dari metode yang digunakan yaitu melakukan observasi lapangan terhadap mesin *milling* yang terdapat pada machine shop di komplek ruko di daerah tempat tinggal penulis. Kemudian melakukan analisis kebutuhan yang berkaitan dengan CNC Router 3-Axis yang akan dibuat dan perancangan alat yang meliputi studi literatur yang berhubungan dengan sistem kontrol dan konstruksi mekanikal. Pada langkah selanjutnya dilakukan secara paralel antara konstruksi mekanikal dengan desain kontrol sistem. Selanjutnya dilakukan test fungsi komponen alat pada kontrol sistem, dan uji mekanikal pada konstruksi alat. Jika uji tersebut responsif maka melanjutkan pada tahap perakitan alat. Setelah perakitan alat selesai dilakukan uji coba sistem secara keseluruhan, apabila hasil keseluruhan tersebut baik maka dilakukan evaluasi atau pengambilan data untuk mengetahui apakah alat bekerja sesuai tujuan

awal dan untuk mengetahui karakteristik dari alat tersebut.

### 2.2. Perintah

Mesin CNC pada masa kini digunakan dalam kebutuhan yang cukup luas terutama dalam sektor manufaktur dan dapat dikendalikan dengan beberapa bahasa program yang bertujuan untuk pekerjaan yang cukup luas dengan akurasi yang bagus. Mesin CNC dilengkapi dengan serangkaian instruksi yang dikirimkan ke pengontrol. Instruksi ini dalam bentuk kode yang merupakan bagian dari bahasa pemrograman kontrol numerik. Kode untuk pemrograman mesin CNC disebut G-code seperti yang disebutkan sebelumnya. G-code juga dikenal sebagai, kode geometris, atau MIT (RS-274) [6], adalah bahasa pemrograman CAD/CAM yang paling sering digunakan (desain dan manufaktur berbantuan komputer). Kode-G dimulai sebagai bahasa terbatas yang tidak memiliki konstruksi seperti loop, kondisi, dan sebagai pemrogram yang dideklarasikan dengan variabel kata alami. Program tidak dapat dikodekan secara logis [1]. Adapun macam macam perintah yang digunakan dalam pengontrolan mesin CNC Router 3-Axis tersebut yang biasa disebut G-Code, M-Code beserta fungsi lain lainnya. Adapun perintah lain lain yang dapat dilihat pada gambar dibawah.



**Gambar 2.** Variasi Perintah G-Code

N – Urutan angka perintah yang biasa terdapat pada awal kode blok

G – Fungsi persiapan pada mode spesifik mesin dimana axis akan bergerak

M – Fungsi lain yang diluar perintah untuk pergerakan axis

F – Kecepatan pemakan untuk memerintah kecepatan makan pada penggerak sumbu axis

S – Spindle tool atau pengatur kecepatan yang ditujukan untuk spindle motor / motor bor.

G-Code memberitahu mesin untuk melakukan fungsi yang spesifik. Dimana banyak perintah spesial seperti pergerakan cepat (*Rapid Movement*) untuk bergerak antara koordinat, manajemen kecepatan pemakan (*Feed Rate*). Untuk contoh pada perintah G0 (mode pergerakan cepat) untuk mengambil langkah pintas yang bergerak lurus dengan per unit sesuai dengan kecepatan pemakan.

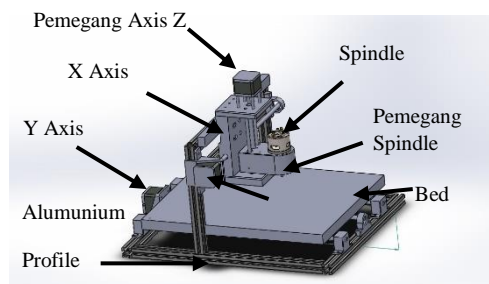
Secara umum G-Code dapat di tuliskan secara manual, tetapi itu sangat memudahkan pengguna jika memakai aplikasi berbasis CAD/CAM. Aplikasi tersebut memudahkan para pengguna untuk mendapatkan G-Code yang dihasilkan dari aplikasi tersebut tanpa harus mengetik secara manual.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa dan rancang bangun CNC Router 3-Axis berupa perhitungan desain konstruksi hingga sistem pengontrolan. Berikut ada proses analisa perancangannya.

#### 3.1. Konstruksi Mekanikal

Konstruksi mekanikal untuk alat CNC Router 3-Axis terdiri dari dua bagian, yaitu bagian konstruksi kerangka dan konstruksi sistem penggerak. Konstruksi rangka ditujukan untuk membentuk area kerja yang diinginkan dan sebagai penopang utama saat memasang komponen sistem. Konstruksi yang rigid dan kuat sangat diperlukan agar tidak ada bagian yang longgar saat melakukan pengujian dan menghindari adanya kerusakan komponen saat alat sedang beroperasi. pada area kerja yang dibuat berkisar 30cm x 40cm. Bahan rancangan utama pada konstruksi digunakan Aluminium Profile 20mm x 20mm sebagai basis kerangka CNC Router 3-Axis (dapat dilihat pada Gambar 3).



**Gambar 3.** Konstruksi CNC Router 3-Axis Engraver

Konstruksi sistem penggerak difokuskan untuk menghasilkan gerakan linier setiap sumbu. Sistem penggerak terdiri dari *stepper motor*, *bearing shaft*, *leadscrew*, *chrome rod shaft*, *end support bearing*, dan *leadscrew nut block* [2].

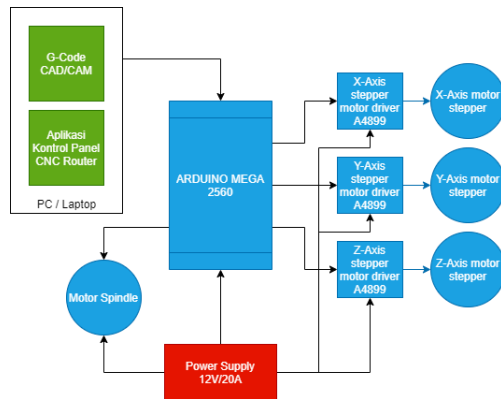
1. *Stepper motor* adalah perangkat elektromagnetik yang bekerja dengan memberikan tegangan pulsa pada koil menjadi gerak mekanis diskrit. Motor *stepper* bekerja berdasarkan pulsa yang diberikan kepada koil yang berada di motor.

2. *Bearing shaft* adalah alat yang berisi bantalan bola besi yang berfungsi untuk menggerakkan suatu penampang pada suatu gantungan tongkat logam, guna untuk mengurangi gesekan pada benda kerja dan mengurangi suara yang dihasilkan saat terjadi gesekan pada bantalan bola besi didalamnya.
3. *Leadscrew* merupakan batangan *chrome* yang sudah berbentuk ulir seperti sekrup untuk menggerakkan suatu sumbu yang tersambung pada motor penggerak.
4. *Chrome rod shaft* adalah batangan kromium yang berfungsi sebagai batangan sumbu penggerak yang nantinya terpasang *bearing shaft* yang akan bergerak pada batang tersebut.
5. *End support bearing* merupakan support yang dipasang pada akhiran suatu sumbu yang terpasang *leadscrew* guna mengurangi gesekan yang nantinya akan terjadi pada saat terjadi gerakan putaran pada *leadscrew*.
6. *Leadscrew nut block*, adalah komponen utama yang sebagai basis penghubung antara *leadscrew* dengan penopang suatu benda yang ingin di gerakkan secara linier.

#### 3.2. Perancangan Sistem Kontrol

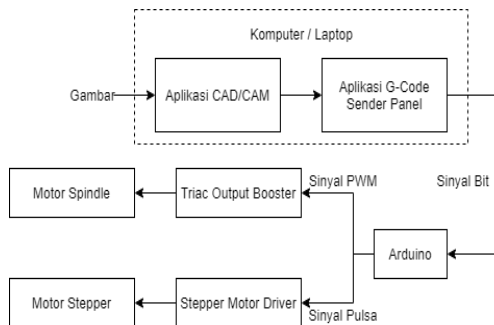
Sistem Kontrol pada alat CNC Router 3-Axis terdapat 2 macam, yaitu pengontrolan secara otomatis dan sistem pengontrolan melalui aplikasi panel yang dikendalikan pada komputer. Sistem kontrol otomatis ditujukan untuk menontrol pergerakan *motor stepper* sedangkan sistem kontrol *software* digunakan untuk memberi perintah pada tiap pergerakan setiap *Axis* hingga kecepatan putaran *motor spindle*.

Sistem kontrol CNC Router 3-Axis engraver ini menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai unit pemrosesan pusatnya. Arduino berfungsi mengubah sinyal *input* menjadi sinyal output berdasarkan *logic* tertentu yang telah deprogram pada Arduino. Sinyal *input* utama berasal dari perintah *input* G-Code yang diberikan pada komputer, sedangkan sinyal *output* tersebut berupa sebuah pulsa yang jadi masukan driver motor *stepper* yang nanti akan di kirim lagi ke motor *stepper* pada sumbu yang dituju. *Input* G-Code dapat dilakukan secara manual jika melakukan gambar sederhana seperti bentuk persegi, jika gambar atau profil yang diinginkan lebih rumit maka dapat dilakukan melalui aplikasi yang mempunyai fitur CAD atau CAM sebagai pengubah gambar menjadi perintah G-Code.

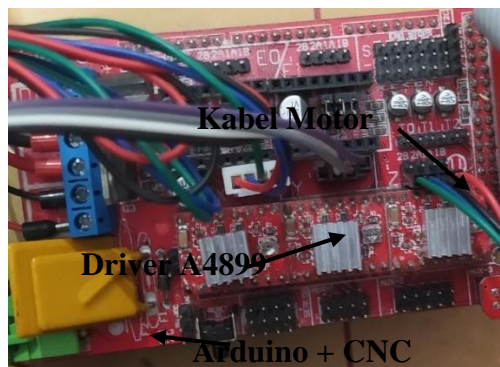


**Gambar 4.** *Plotter blok diagram*

Dari **Gambar 4** merupakan plotter blok diagram yang nanti akan terpasang pada sistem pengontrolan berserta *outputnya* yang berupa sinyal pulsa yang akan dikirim ke driver motor stepper lalu di sampaikan ke motor *stepper* pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** *Alur Sistem Kontrol*



**Gambar 6.** *Koneksi sirkuit CNC Router 3-Axis Engraver*

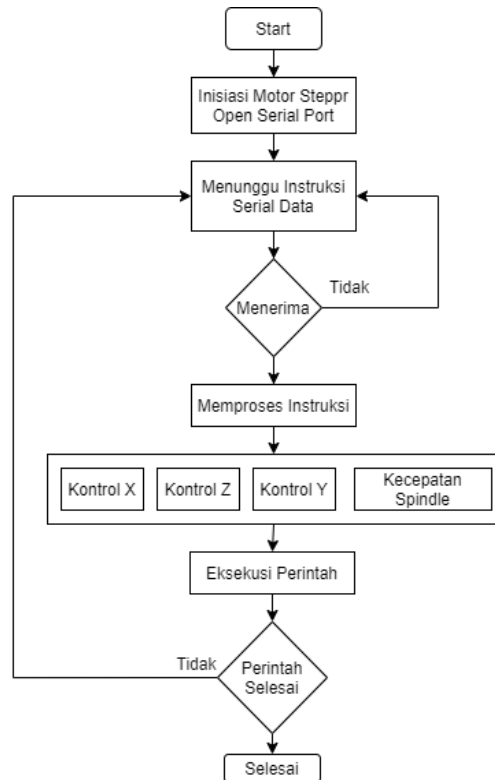
Pada Sirkuit ini dibutuhkan tegangan(V) dan arus operasi(A) kerja sebagai berikut  
Untuk satu motor *stepper* : 3,3V , 3A  
Yang dibutuhkan 12V *stepper* motor : 12V, 9A  
Arus yang dibutuhkan Driver A4899 : 1,5A  
Total beban arus Driver A4899 : 4,5A  
Beban arus motor *Spindle* : 8A

### 3.3. Perancangan Sistem Proteksi

Sistem proteksi digunakan untuk memastikan kondisi tetap aman apabila terjadi kegagalan ataupun suatu kejadian saat pengoperasian alat CNC Router 3-Axis. Maka terdapat 2 sistem proteksi kelistrikan untuk melindungi komponen elektronika dari kerusakan. Sistem proteksi kelistrikan yang terdiri dari *reset button*, dan *emergency stop button*.

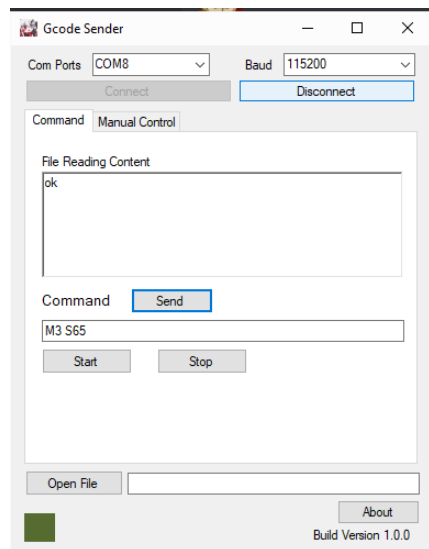
### 3.4. Aplikasi Program Pengontrolan

Aplikasi *G-Code Sender* dikembangkan sebagai aplikasi *front-end user* untuk memudahkan dalam pengiriman G-Code ke Arduino. Aplikasi tersebut sudah di tes pada sistem operasi Windows 7 dan Windows 10 secara sukses. *Software* ini dikembangkan menggunakan bahasa VB.Net yang dapat dilihat pada **Gambar 7**, dimana aplikasi tersebut menampilkan hasil G-Code yang berhasil di load yang telah dibuat pada aplikasi CAD/CAM. Dimana pengguna dapat mengendalikan alat CNC Router 3-Axis melalui GUI (*Graphical User Interface*). Jika File yang berisi perintah G-Code tersebut sudah di load, maka alat akan bergerak jika tombol *start* ditekan untuk memulai proses pengerjaan G-Code tersebut dengan mengirimkan baris data melalui USB. Tugas utama dari Aplikasi ini yaitu melakukan manual kontrol tiga axis yaitu x, y, z dengan mengirimkan perintah G-Code untuk setiap gerakan CNC.



**Gambar 7.** Utilitas *Software* yang ditawarkan ke Pengguna

Pertama hubungkan Arduino ke USB port pada komputer yang diinginkan, program yang sudah ditentukan pada kecepatan baud rate sebesar 115200, 8-bit, 1-bit stop.



**Gambar 8.** Tampilan Utama Aplikasi GUI

Struktur GUI tersebut yang terdapat pada kontrol bar diatas sebagai pencarian Port COM yang tersambung ke komputer (cek *device manager* untuk mengetahui angka COM Port

yang didapatkan). GUI ini juga terdapat menu pilihan lain yang dapat dilihat pada **Gambar 8**. Berikut fitur menu pilihan yang ada :

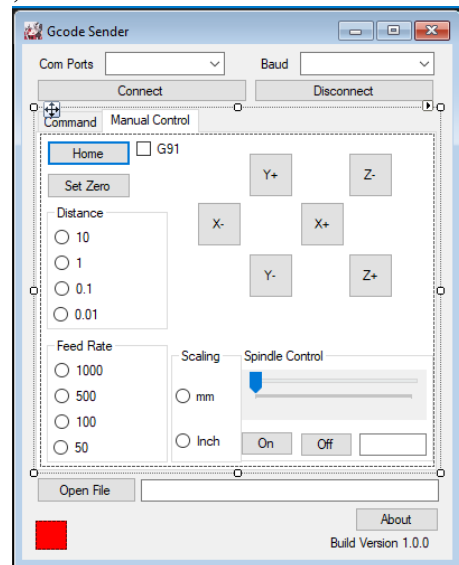
- Connect ---- untuk menyambungkan komunikasi antara Arduino dengan komputer
- Disconnect --- untuk memutuskan komunikasi antara Arduino dengan Komputer

Pada menu utama terdapat Dua Menu diantaranya :

#### (a) Command

Menu ini terdiri dari beberapa tombol fungsi secara spesifik. Tombol *open* berfungsi sebagai membuka prompt file yang akan di load untuk membaca perintah G-Code. Tombol *send* merupakan tombol untuk mengirim perintah secara manual yang telah diketik pada *textbox* dibawahnya. Dan *stop* untuk mengirim perintah *stop* aktivitas pada alat

#### (b) Manual Control



**Gambar 9.** Opsi Menu Manual Control

Terdapat 6 tombol yang berfungsi untuk menggerakkan axis x, y, z (X+, X-, Y+, Y-, Z+, Z-). Untuk pada pilihan *scaling* itu untuk menetapkan satuan ukuran yang nantinya dipakai untuk menggerakkan axis tersebut, sedangkan Untuk *distance* ditawarkan berbagai jarak tempuh yang nantinya *axis* bergerak satuan itu dipengaruhi oleh opsi *scaling* untuk menetapkan satuan ukuran. *Feed rate* yaitu opsi yang diberikan untuk menentukan kecepatan pemakan pada axis motor stepper yang nanti digerakkan. Dan pada opsi **Spindle Control** yang berfungsi sebagai pengendali

kecepatan pada Motor Spindle dan sebagai pengaman terdapat tombol **On** dan **Off** yang dapat menyala dan mematikan putaran motor spindle tersebut.

### 3.5. Pengujian Ketelitian Alat

Ketelitian alat CNC Router dinyatakan dalam satuan millimeter per

step. Hal tersebut bergantung pada pengaturan microstepping yang terdapat pada driver *motor stepper*. Tingkat ketelitian CNC Router perlu diuji dengan melakukan perhitungan persentase error pada setiap sumbu x, y, z. Pengujian ini diperlukan untuk memberikan gambaran singkat dalam kemampuan engraving dalam bentuk gambar pada alat ini.

**Tabel 1.** Pengujian Sistem Gerak sumbu X

No	Eksperimen	Jarak yang diinginkan (mm)	Jarak Sebenarnya	Backlash (mm)
1	Titik X- ke X+	10	9.9	0.1
2	Titik X+ ke X-	10	9.95	0.05
3	Titik X- ke X+	10	9.9	0.1
4	Titik X+ ke X-	10	9.95	0.05
Rata-rata Backlash	0.075			

**Tabel 2.** Pengujian Sistem Gerak Sumbu Y

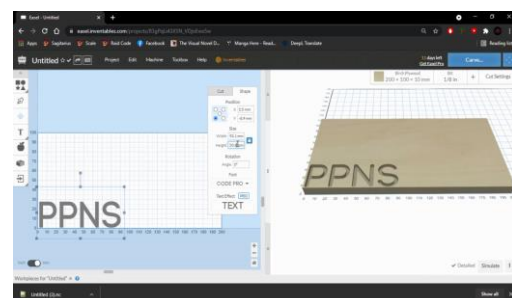
No	Eksperimen	Jarak yang diinginkan (mm)	Jarak Sebenarnya	Backlash (mm)
1	Titik Y- ke y+	10	9.88	0.12
2	Titik Y+ ke Y-	10	9.93	0.07
3	Titik Y- ke Y+	10	9.89	0.11
4	Titik Y+ ke Y-	10	9.94	0.06
Rata-rata Backlash				0.0875

**Tabel 3.** Pengujian Sistem Gerak Sumbu Z

No	Eksperimen	Jarak yang diinginkan (mm)	Jarak Sebenarnya	Backlash (mm)
1	Titik Z- ke Z+	10	9.9	0.11
2	Titik Z+ ke Z-	10	9.95	0.08
3	Titik Z- ke Z+	10	9.9	0.06
4	Titik Z+ ke Z-	10	9.95	0.14
Rata-rata Backlash				0.0975

### 3.6. Hasil Pengujian

Pengintergrasian *Software* dengan sistem *hardware* dapat dilihat pada **Gambar 10** (a) merupakan gambar yang diinginkan yang telah dibuat pada aplikasi CAD/CAM dan pada **Gambar 10** (b) merupakan hasil keluaran yang dihasilkan pada CNC Router 3-Axis Engraver.







**Gambar 10.** (a) Gambar pada CAD/CAM (b)  
Hasil Plot Output

#### 4. PENUTUP

##### 4.1 Kesimpulan

Dari hasil pembuatan alat tersebut hingga pengoperasiannya dari segi program maupun mekanikalnya dapat disimpulkan :

1. Dalam pengujian alat gambar yang telah dibuat pada perangkat lunak CAD berupa lingkaran yang berdiameter sebesar 30mm, setelah dikonversikan menjadi perintah Gcode dan di eksekusi perintahnya ke alat penulis. Didapatkan ukuran diameter pada lingkaran sebesar 34mm, dapat dilihat terdapat backlash sebesar 4mm dari ukuran yang seharusnya maka dari itu terdapat bagian yang tidak terkunci dengan rapat dengan baut sehingga terjadi kelonggaran pada saat pengerjaan perintah tersebut.
2. Alat yang telah dibuat memerlukan sebuah perintah gcode untuk bergerak dari sumbu satu ke lainnya. Maka dibutuhkan perangkat lunak yang dapat mengkonversikan gambar vektor yang diinginkan menjadi file yang berisikan baris perintah gcode untuk mencetak gambar yang tadi telah dikonversikan.
3. Untuk perintah pergerakan setiap sumbu axis, pertamakali harus mengetahui sumbu apa yang ingin digerakkan. Pada alat yang telah dibuat terdapat 3 sumbu axis yang dideklarasikan X, Y, Z. Adapun juga perintah yang perlu ditambahkan sebelum menggerakkan sumbu axis tersebut yaitu perintah G, perintah G disini merupakan perintah gerak garis baik itu radius, lurus ataupun jarak relatif. Seperti contoh, jika ingin menggerakkan sebuah sumbu axis Y sebesar 3cm dan Z sebesar 1cm, maka perintah yang harus diketik yaitu G1 Y30 Z10. Karena pada program yang sudah ditulis pada alat menggunakan besaran mm (milimeter) maka turunan cm ke mm dikalikan 10.

4. Untuk mendapatkan hasil yang rapid dari desain yang telah dibuat pada komputer, dibutuhkan inspeksi pada alat pada tiap penyambung sumbu axis untuk memastikan sambungan tersebut sudah benar-benar terkunci dengan rapat atau belum. Apabila pada saat pengerjaan perintah yang telah dikirim ke alat dari komputer sambungan tersebut longgar, akan terjadi backlash yang cukup besar sehingga pada hasil grafir yang telah dikerjakan tidak sesuai dengan yang telah didesain, adapun terjadi kerusakan komponen alat pada saat pengerjaan perintah jika sambungan pada tiap sumbu tidak terkunci rapat.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. M. Basheer and H. A. Abdulla, "CNC Software Control System Using Visual Basic," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 928, no. 3, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/928/3/032069.
- [2] S. M. Ali and H. Mohsin, "Design and Fabrication of 3-Axes Mini CNC Milling Machine," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1094, no. 1, p. 012005, 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1094/1/012005.
- [3] R. Ginting, S. Hadiyoso, and S. Aulia, "Implementation 3-Axis CNC Router for Small Scale Industry," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 12, no. 17, pp. 6553–6558, 2017, [Online]. Available: <http://www.ripublication.com>.
- [4] T. Y. Mon, S. H. Oo, and H. E. Phyu, "Design and Implementation of Microcontroller Based Stepper Motor Control System for 3-Axis Airfoil Maker CNC Machine," *Int. J. Sci. Res. Publ.*, vol. 8, no. 9, 2018, doi:10.29322/ijsrp.8.9.2018.p8114.
- [5] L. R. V. P., J. M. D. M., C. Leonardo, and G. Pinzón, "G-Code Interpreter Development Using Microsoft Visual Basic for Abl63 Control Systems," *Visión Electrónica algo más que un estado sólido*, vol. 8, no. 1, pp. 143–153, 2014, doi: 10.14483/22484728.7888.