

PERANCANGAN *PROTOTYPE* MESIN CNC (*COMPUTER NUMERICALLY CONTROLLED*) PLOTTER 3 AXIS 2D MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO

Yuni Fitriani¹, Roida Pakpahan², Ahcmad Anwar Asyirri³

Sistem Informasi¹, Sistem Informasi², Teknologi Komputer³

Fakultas Teknologi Informasi¹, Fakultas Teknologi Informasi², Fakultas Teknologi Informasi³

Universitas Bina Sarana Informatika¹, Universitas Bina Sarana Informatika², Universitas Bina Sarana Informatika³

myarfaathar@gmail.com¹, ida.pacpah4an@yahoo.com², asyirri@gmail.com³

Abstrak

CNC adalah pembaruan mesin perkakas yang ada di dunia industri mengikuti perkembangan teknologi karena dianggap mesin perkakas sebelumnya kurang efektif dari segi waktu dan biaya. Sebelumnya mesin perkakas dikontrol dengan putaran tangan atau otomatisasi sederhana. CNC adalah sistem otomatisasi mesin perkakas yang dioperasikan oleh perintah dan diprogram secara abstrak dan disimpan melalui media penyimpanan. Penelitian ini, merancang suatu alat Prototipe CNC sederhana yang dapat digunakan *plotter* untuk menggambar suatu pola pada bidang tertentu secara otomatis. Desain yang digambar melalui komputer akan dikonversi atau diubah dalam bentuk G-Code. Sebelum data dikirim ke mikrokontroler, data akan dikonversi terlebih dahulu ke bahasa pemrograman mikrokontroler. Kemudian mikrokontroler akan menerima masukan data digital dari komputer melalui komunikasi berurutan. Mikrokontroler akan membaca data yang telah ditransferkan oleh personal komputer, data yang dibaca untuk menaikkan atau menurunkan pena dan memberi logika pada *driver* motor *stepper*. Dari data yang diterima oleh *driver* motor *stepper*, data digunakan untuk penggerak motor *stepper*, dan terbentuk pola di bidang sesuai desain. Diharapkan dengan adanya Prototipe CNC sederhana ini menjawab permasalahan yang ada di dunia industri dari segi waktu dan biaya yang dikeluarkan. Mesin CNC membuat pola pada bidang secara cepat, serta modern dan lebih baik dibandingkan mesin perkakas sebelumnya.

Kata Kunci: CNC , Plotter , G-Code, Mikrokontroler, Arduino Nano

I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi komputer saat ini telah mengalami kemajuan yang begitu pesat, terutama dalam dunia industri, dimana komputer telah diaplikasikan ke dalam alat-alat mesin perkakas. Hasil penggabungan teknologi komputer dan teknologi mekanik inilah yang selanjutnya dinamakan CNC (*Computer Numerically Controlled*). Pengontrolan sistem pengoperasian CNC menggunakan program langsung oleh komputer. Secara umum konstruksi mesin perkakas CNC dan sistem kerjanya adalah mengsinkronisasikan antara komputer dan mekanikanya. 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 beralih menggunakan mesin-mesin otomatis berupa CNC.

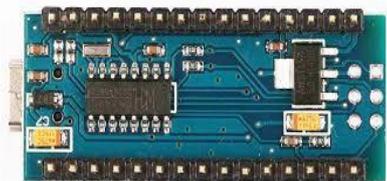
Menurut Jane dalam (Widiyanto, 2018) Mesin CNC merupakan suatu mesin yang dikontrol melalui komputer dengan menggunakan bahasa numerik atau perintah data dengan kode angka, huruf, dan simbol. Sistem kerja sistem CNC ini menggunakan sinkronisasi atau penyerentakan antara komputer dan mekanikanya, sehingga jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional, maka mesin perkakas CNC akan lebih teliti, lebih presisi, lebih cepat, dan biasanya untuk produksi massal. Dengan menggunakan mesin perkakas CNC dapat menunjang produksi yang membutuhkan tingkat kerumitan yang tinggi dan dapat mengurangi campur tangan manusia atau operator selama mesin beroperasi. Dari permasalahan diatas maka penulis membuat sebuah Prototipe Mesin CNC dengan pemanfaatan kerangka DVD ROM bekas, dengan mengganti beberapa komponen sehingga lebih efisien dengan hasil yang beragam.

II. LITERATUR DAN METODE

A. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah komputer yang berukuran mikro dalam satu chip IC (*integrated circuit*) yang terdiri dari *processor*, memory, dan antarmuka yang bisa diprogram. Jadi disebut komputer mikro karena dalam IC atau chip mikrokontroler terdiri dari CPU, memory, dan I/O yang bisa dikontrol dengan memprogramnya. I/O juga sering disebut dengan GPIO (*General Purpose Input Output Pins*) yang berarti pin yang bisa kita program sebagai input atau output sesuai kebutuhan (Santoso, 2015). Sedangkan menurut Atmel, co dalam (Sutisna, Fauzi, 2018) Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan dapat menyimpan program di dalamnya. Pemilihan Arduino nano sebagai mikrokontroler pada rancang bangun pototipe mesin CNC, karena Arduino nano sudah dilengkapi dengan beberapa fasilitas yang dapat digunakan berkomunikasi dengan komputer atau dengan board mikrokontroler lainnya.

Arduino Nano mudah diprogram dengan menggunakan perangkat lunak Arduino IDE yang dilengkapi dengan serial monitor sehingga memungkinkan programmer untuk menampilkan data serial sederhana yang dapat dikirim atau diterima dari board Arduino Nano. Arduino merupakan alat elektronik dengan *built-in* dan *open source* serta ekspansi *hardware* yang dikenal sebagai Arduino *shield*. *Shield* ini dapat dengan mudah di *joining* untuk meningkatkan fungsionalitas serta dapat di hubungkan dengan berbagai fitur seperti dukungan dari *Voice Recognition*, Konektivitas Internet dan lain-lain (Javed, dkk, 2015). Adapun fungsi dari Arduino Nano adalah sebagai pengendali dari komponen penggerak dari sistem kontrol dan juga mempermudah dalam pembuatan sistem kontrol baik bersifat otomatis maupun instrumentasi.



Gambar 1. Arduino Nano

B. Mesin CNC (*Computer Numerical Control*)

Menurut Groover, dkk dalam (Ariyono, Syafitri, 2019) Mesin CNC adalah mesin yang proses pengoperasiannya dikendalikan oleh sistem kontrol numerik yaitu proses pengontrolan yang dilakukan dengan komputer yang menggunakan kode-kode berupa huruf dan angka. Mesin CNC terdiri dari tiga bagian utama yaitu, komputer sebagai pemberi perintah, sistem kontrol sebagai pemroses perintah dan aktuator sebagai pengeksekusi perintah dalam bentuk gerak pahat. Dibandingkan dengan mesin konvensional, mesin CNC memiliki kelebihan seperti mampu bekerja secara otomatis, memiliki ketelitian yang tinggi serta kepresisian yang sangat baik.

C. Motor Stepper

Motor Stepper adalah seperangkat alat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis. Pemilihan motor stepper sebagai aktuator atau penggerak dilakukan karena motor tersebut dapat dikendalikan dengan cukup mudah dan memiliki ketelitian yang tinggi (Abra-Electronics, 2018).



Gambar 2. Motor Stepper

D. Motor Servo

Motor servo merupakan sebuah motor DC yang dilengkapi dengan rangkaian kendali dengan sistem *closed feedback* yang terintegrasi dalam motor tersebut. Pada motor servo posisi putaran sumbu (*axis*) dari suatu motor akan diinformasikan kembali ke suatu rangkaian kontrol yang berada di dalam motor servo. Motor servo tersusun dari sebuah motor DC, *gearbox*, variabel resistor atau potensiometer dan suatu rangkaian kontrol. Potensiometer mempunyai fungsi untuk menentukan suatu batas maksimum putaran sumbu (*axis*) motor servo. Sedangkan sudut dari suatu sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa pada pin kontrol motor servo. Motor servo merupakan motor yang dapat bekerja dua arah yaitu CW dan CCW dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat

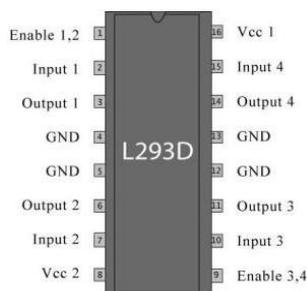
dikendalikan dengan memberikan variasi lebar pulsa (*duty cycle*) sinyal PWM pada bagian pin kontrol (<https://elektronika-dasar.web.id/motor-servo/>).



Gambar 3. Motor Servo

E. IC Motor L293D

IC L293D merupakan IC yang dirancang atau didesain khusus sebagai *driver* motor dan dapat dikendalikan dengan rangkaian TTL maupun mikrokontroler. Motor yang dapat dikontrol dengan *driver* IC L293D dapat dihubungkan ke *ground* dan ke sumber tegangan positif karena di dalam *driver* L293D sistem *driver* yang digunakan adalah *totem pool*. Dalam 1 unit chip IC L293D terdiri dari 4 buah *driver* motor yang berdiri sendiri dengan kemampuan mengalirkan arus 1 Ampere tiap *drivernya*. Sehingga dapat digunakan untuk membuat *driver H-bridge* untuk 2 buah motor (<https://elektronika-dasar.web.id/driver-motor-dc-l293d/>).



Gambar 4. Pin L293D

F. Arduino IDE

Dalam memprogram *board* Arduino, kita butuh aplikasi IDE (*Integrated Development Environment*) bawaan dari Arduino. Aplikasi Arduino IDE ini berguna untuk membuat, membuka, dan mengedit *source code* Arduino yang mana para programmer menyebut *source code* arduino dengan sebutan *sketches*. *Sketch* merupakan *source code* yang berisi suatu logika

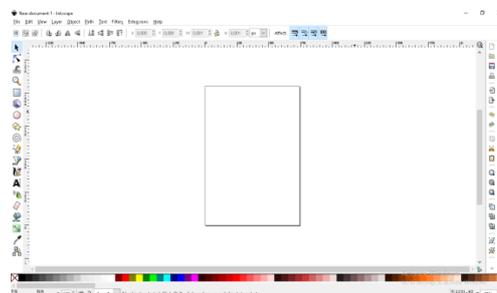
dan algoritma yang akan diupload ke dalam IC mikrokontroler (Arduino). (Santoso, 2015).



Gambar 5. Software Arduino

G. Software Inkscape

Inkscape merupakan software atau perangkat lunak editor gambar vektor yang bersifat bebas terbuka dibawah lisensi GNU GPL. Tujuan utama dari Inkscape adalah untuk membuat perangkat grafik mutakhir yang memenuhi standar XML, SVG, dan CSS. Inkscape juga tersedia untuk sistem operasi Windows, Macintosh, dan Linux. Program dan kode sumber (*source code*) *Software Inkscape* dapat digunakan untuk membuat suatu gambar vektor untuk berbagai kebutuhan, seperti membuat gambar ilustrasi pada web, ikon untuk smartphone, gambar kartun atau animasi, membuat garis sederhana, kaligrafi, logo, brosur, dan masih banyak lagi. Aplikasi ini digunakan untuk pengkonversi file *.gcode*. (Sokibi,2014).



Gambar 6. Tampilan Antar Muka Inkscape

H. Software Printron

Printron adalah *toolchain* atau perangkat lunak yang digunakan untuk membaca/modifikasi file STL, dan mengubahnya menjadi *G-Code* yang dihasilkan, dan mengirimkan *G-Code* ke mesin cetak. Aplikasi

Printrun ini mempunyai 3tools yang berbeda beda sesuai fungsinya seperti:

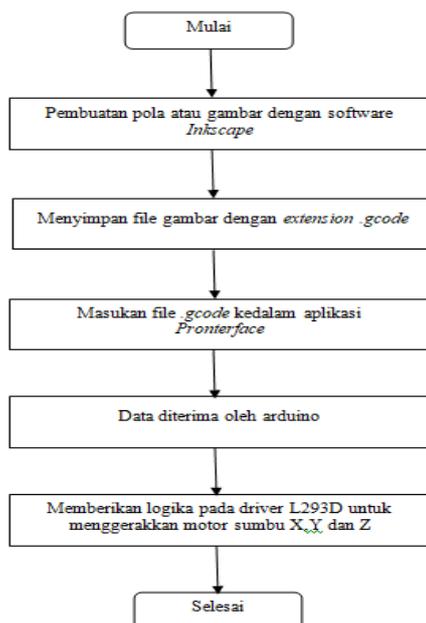
- Pronterface* adalah *host GUI* yang mengelola perangkat printer serta menyiapkan, memotong, dan mencetak file STL Anda.
- Pronsole* adalah antarmuka baris perintah dengan kemampuan yang sama dengan *Pronterface*.
- Printcore* adalah *host g-code* tanpa input pengguna.



Gambar 7. Tampilan Antar Muka Printrun (Pronterface)

III. METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan uji coba dan rancang bangun mesin menggunakan modul CNC dan arduino untuk sistem kendalinya.



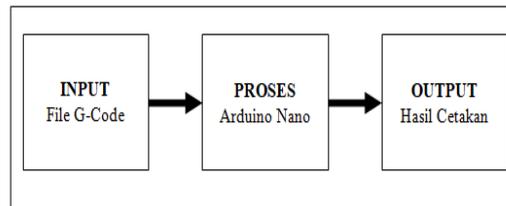
Gambar 8 Diagram Alur Proses

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tinjauan Umum Alat

Prototipe mesin plotter CNC ini menggunakan DVD ROM bekas sebagai kerangka utama alat dengan memanfaatkan *motor stepper* yang ada di kerangka tersebut. Fungsi dari alat ini untuk mencetak suatu tulisan atau gambar vektor yang membutuhkan ketelitian dan presisi yang tinggi. Alat ini menerapkan 3-axis 2 dimensi yaitu X untuk gerakan horizontal (kiri dan kanan), Y untuk gerakan vertikal (atas dan bawah), dan Z untuk gerakan naik turun dari alat tulis. Motor stepper yang ada didalam alat ini digerakan menggunakan IC L293D untuk menggerakkan sumbu X dan Y sedangkan untuk penggerak alat tulis sumbu Z menggunakan motor servo. Alat ini berbasis Arduino Nano dengan mikrokontroler Atmega128 yang berfungsi sebagai pusat kontrol dari alat ini dan penerjemah bahasa pemrograman menjadi bahasa numerik.

B. Blok Diagram Alat



Gambar 9. Blok Diagram Alat

Cara kerjanya sebagai berikut:

1. Input

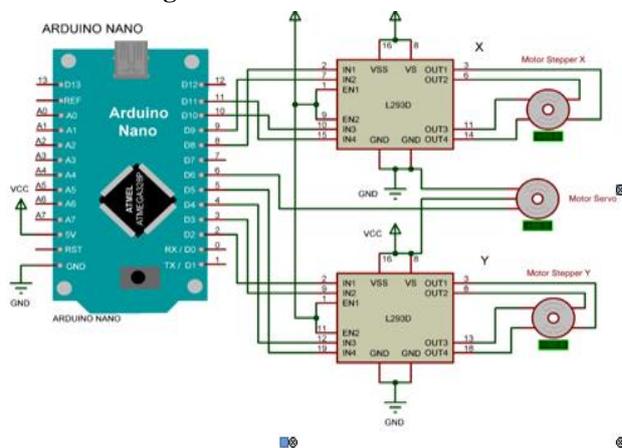
Komponen *input* untuk alat ini merupakan komponen yang akan dimasukan kemudian diproses. Komponen Input terdiri dari:

- PC/Laptop.
- File berekstensi *.gcode* berisi perintah bahasa numerik yang akan di proses.
- Inkscape aplikasi pembuat gambar dan juga untuk mengkonversikan tulisan atau gambar yang akan digunakan menjadi sebuah file *.gcode*.
- Pronterface* aplikasi pembaca file berekstensi *.gcode* yang kemudian akan dikirimkan ke Arduino nano melalui serial USB.

2. Proses
Proses merupakan komponen utama yang berfungsi sebagai pengolah data yang diterima dari hasil masukan yaitu berupa file berekstensi *.gcode* berisi bahasa numerik yang akan digunakan untuk menggerakkan motor stepper dan motor servo yang kemudian akan menghasilkan output berupa hasil cetakan. Dalam proses ini menggunakan Arduino Nano.

3. Output
Output merupakan keluaran dari semua proses yang telah dijalankan atau dilaksanakan. Output yang dihasilkan yaitu berupa hasil cetakan gambar atau tulisan dari gerakan motor stepper dan motor servo.

C. Skema Rangkaian Alat



Gambar 10. Skema Rangkaian Alat

Cara kerja dari masing-masing komponen pada rangkaian diatas sebagai berikut :

1. Arduino Nano
Pada rangkaian alat ini Arduino Nano merupakan komponen yang berfungsi sebagai pengontrol penuh dari semua komponen yang ada. Pin yang digunakan pada rangkaian ini tidak menggunakan pin analog tapi hanya pin digital saja yaitu pin D2, D3, D4, D5, D6, D8, D9, D10, D11, serta pin power 5V dan 2 pin GND. Untuk penggerak motor stepper sumbu X dihubungkan dengan pin D2-D5, untuk penggerak motor stepper sumbu Y dihubungkan dengan pin D8-D12 sedangkan untuk penggerak motor servo dihubungkan dengan pin D6. Setelah mendapatkan

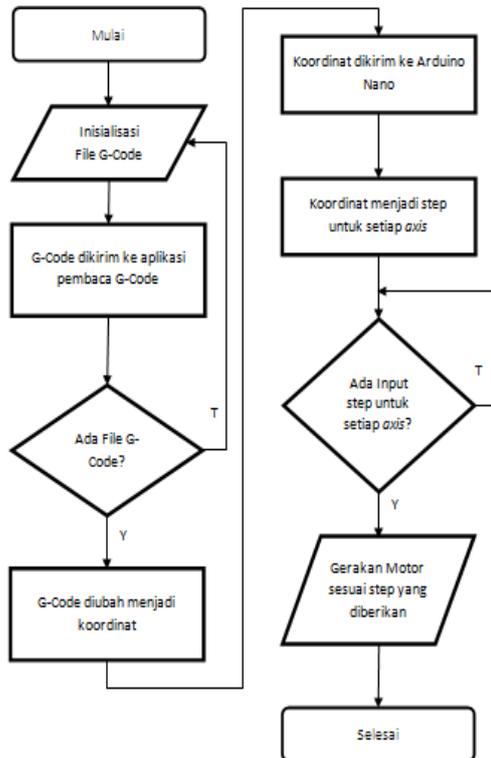
instruksi dari program, maka Arduino akan mengirimkan sinyal listrik berupa 1 dan 0 atau kepada IC L293D yang dimana sinyal tersebut merupakan hasil konversi dari file *.gcode* yang berupa koordinat-koordinat yang akan membentuk gambar sesuai file yang akan dicetak.

2. IC L293D
Bertugas sebagai jembatan antara arduino dan motor stepper yang digunakan dalam alat ini. Untuk motor stepper X-axis menggunakan pin input dan output 1,2 sedangkan untuk motor stepper Y-axis menggunakan pin input dan output 3,4. Jika arduino memerintahkan untuk bergerak maka pin *input* dari masing masing stepper akan dikirimkan sinyal berupa 1 dan 0, dan akan mengarahkan sinyal tersebut ke arah *output* dari masing-masing input.

3. Motor Servo
Motor servo bekerja sebagai penggerak alat tulis atau Z-axis naik dan turun. Untuk menggerakkan motor servo diperlukan perintah dari arduino yang terhubung melalui pin D6 ketika sinyal *high* atau 1 maka servo akan berputar katas dan jika sinyal *low* atau 0 maka servo akan ke posisi awal. Mengkonfigurasi posisi awal pada motor servo dapat dilakukan didalam program dengan mengubah nilai step servo.

4. Motor Stepper
Motor stepper bekerja sebagai penggerak dari masing-masing *axis* dimana arah dari gerakan motor stepper ini ditentukan oleh sinyal yang diterima oleh arduino. Untuk konfigurasi awal pada alat ini adalah 50 *step* sekali putar atau 50 *steps per revolution*. Masing-masing *step* mempunyai sinyal yang berbeda beda. Motor stepper membaca sinyal yang diterima oleh arduino berupa 1 dan 0 yang merupakan hasil dari koordinat yang telah dibuat oleh file *G-Code* yang kemudian akan menghasilkan sebuah hasil cetakan yang berasal dari file tersebut.

D. Flowchart Diagram



Gambar 11. Flowchart Diagram

a. Hasil Percobaan

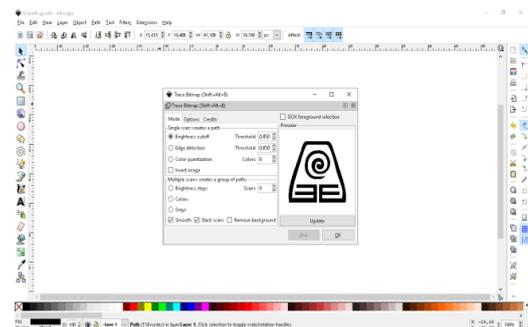
Hasil percobaan yang dilakukan pada alat mesin CNC plotter ini adalah dengan menguji coba apakah motor stepper dan motor servo dapat bekerja dengan baik dan dapat menghasilkan output gambar yang sesuai dengan file *.gcode* yang dimasukkan.

1. Hasil Input.

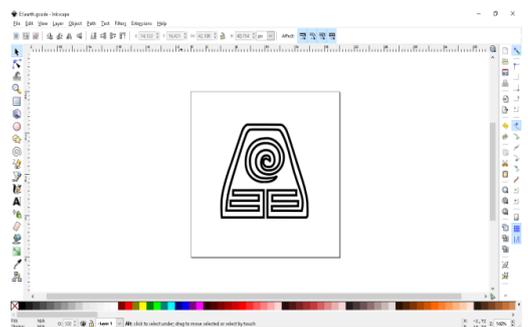
Berikut adalah komponen-komponen yang digunakan untuk mencoba hasil input dari alat ini PC/Laptop, *software Inkscape*, *software Pronterface*. Sebelum alat bekerja, pertama diharuskan menyiapkan file yang akan dicetak, yaitu file dengan berekstensi *.gcode*. Apabila file yang ingin dicetak berupa ekstensi selain *.gcode*, maka diperlukan aplikasi pengkonversi file *.gcode* bernama *Inkscape*.



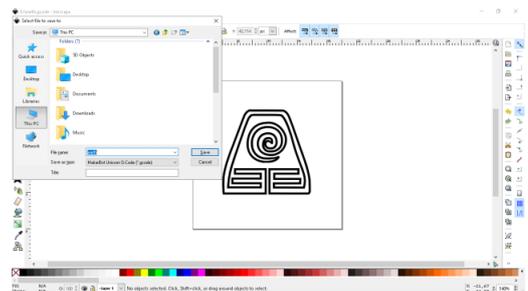
Gambar 12. Gambar yang dimasukkan pada Inkscape



Gambar 13. Tampilan Gambar Setelah Diubah ke Vektor

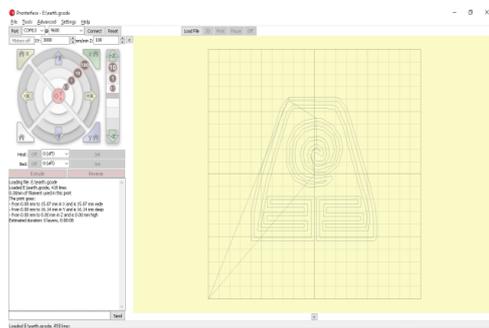


Gambar 14. Tampilan Vektor yang Sudah Jadi



Gambar 15. Simpan File Berekstensi *.gcode*

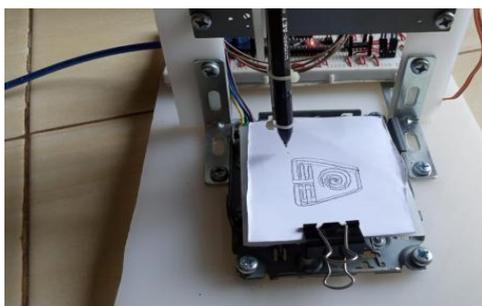
Setelah file *.gcode* sudah selesai maka selanjutnya file *.gcode* tersebut akan di proses melalui aplikasi bernama *pronterface*.



Gambar 16. Tampilan Gambar pada Pronterface

2. Hasil Output

Komponen-komponen yang dicoba untuk menghasilkan output adalah gerakan motor stepper dan servo ketika diberi perintah agar dapat menghasilkan gambar yang sesuai gambar pada file *.gcode*. Hasil cetakan yang dihasilkan oleh alat ini dapat terlihat seperti gambar berikut :



Gambar 17. Hasil Cetakan

3. Hasil Keseluruhan

Dari hasil percobaan diatas dapat disimpulkan bahwa Mesin CNC Plotter ini sudah dapat bekerja dengan baik sesuai dengan apa yang telah diinputkan sebelumnya...Selain gambar diatas yang dicoba alat ini juga dapat memproses gambar lainnya dimulai dari yang termudah dengan rentang waktu yang singkat hingga gambar dengan tingkat kesulitan yang tinggi dengan rentang waktu yang lama. Berikut tabel

beberapa gambar yang dicoba berdasarkan tingkat kesulitan dan rentang waktu :

No	Gambar yang dicoba	Tingkat Kesulitan	Rentang Waktu	Hasil Cetakan
1		Mudah	23 detik	
2			42 detik	
3			1 menit 32 detik	
4		Menengah	2 menit 39 detik	
5		Sulit	4 menit, 43 detik	

Tabel 1. Hasil Percobaan Alat

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil perancangan dan pengujian Mesin CNC Plotter berbasis Arduino Nano ini maka kesimpulan adalah :

1. Alat dapat bekerja sesuai dengan file *.gcode* yang diharapkan dan mendapatkan hasil yang cukup baik.
2. Pada alat yang dibuat digunakan DVD ROM bekas sebagai kerangka utama, Arduino Nano sebagai pusat kendali mesin serta IC motor L293D serta motor stepper dan motor servo sebagai penggerak masing-masing sumbu.
3. Dalam proses pengujian perlu digunakan aplikasi pihak ketiga untuk membuat dan mengkonversi file yang akan dibaca oleh Arduino yaitu aplikasi bernama Inkscape dan aplikasi pembaca file *.gcode* yaitu Pronterface.

Adapun saran pengembangan alat untuk hasil yang lebih baik lagi adalah :

1. Agar alat ini dapat melakukan proses dengan baik diperlukan bahan-bahan kerangka yang ringan sehingga gerakan motor tidak terhambat oleh adanya beban yang menahannya.
2. Selain menggunakan alat tulis pulpen diharapkan untuk pengembangan selanjutnya dapat diganti berupa mata bor atau laser. Sehingga selain dapat dijadikan alat tulis otomatis, alat ini juga dapat dijadikan alat potong atau *milling machine* berbasis Arduino Nano.
3. Memperbesar area percetakan atau output sehingga dapat menghasilkan cetakan yang lebih luas.

REFERENSI

- [1] Hari Santoso.(2015).”Ebook Panduan Praktis Arduino untuk Pemula”. Diakses 15 Juli 2015.
- [2]Alvin Rindi Widiyanto.(2018).”Prototype Pembuatan CNC Dengan Pemanfaatan Motor Stepper Berbasis Arduino Uno.The Proceeding of KMICE’08. Diakses 19 November 2018.
- [3] Nanang Ali Sutisna dan Harist Fauzi. “Rancang Bangun Prototype Mesin Gravr Laser Berbasis Mikrokontroler Arduino. Journal of Industrial Engineering, Scientific Journal on Research and Application of Industrial System, Volume 3 No. 2, September 2018: 90-104
- [4] Javed, M.Y., Syed Tahir Hussain Rizvi, M. Amer Saeed, Kamran Abid, Osama Bin Naeem, Adeel Ahmad, Kamal Shahid.“Low Cost Computer Numeric Controller Using Open Source Software And Hardware”, Sci.Int.(Lahore),Volume 27 No.5,4041-4045.
- [5] Dimas Ariyono dan Syafitri. Pengembangan Dan Pembuatan Sistem Kontrol Prototipe Mesin CNC Milling 3 Axis Berbasis Arduino Uno Dengan Sistem Loop Tertutup.Jom FTEKNIK Volume 6 Edisi 1, Januari s/d Juni 2019, 1-6.
- [6]Abra Electronics (2018). CNC-KIT-01-SM 17HS1352 4-Wire Stepper Motor,. diakses 2018Nop 2. <https://abra-electronics.com/3d-printers-en/electronics-en/stepper-motors/nema17/17hs1352-4-wire-stepper-motor.html>.
- [7] Elektronika Dasar.(2019a). Motor Servo. Diakses pada 13 April 2019. <https://elektronika-dasar.web.id/motor-servo/>
- [8]Elektronika Dasar.(2019b). Driver Motor DC L293D. Diakses pada 13 April 2019. <https://elektronika-dasar.web.id/driver-motor-dc-l293d/>
- [9] Kosibi.(2014).”Buku Manual Inkscape, Modul Latihan Desain Grafis Inkscape”.Diakses Juni 2014.