

# PENGEMBANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM KONTROL PROTOTIPE MESIN CNC MILLING 3 AXIS BERBASIS ARDUINO UNO DENGAN SISTEM LOOP TERTUTUP

Dimas Ariyono<sup>1</sup>, Syafri<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau, Kampus Bina Widya Panam, Pekanbaru, 28293

<sup>1</sup>dimas.ariyono@student.unri.ac.id, <sup>2</sup>prie\_00m022@yahoo.com

## Abstract

Currently CNC machines are increasingly being made or developed either CNC machines in large scale dimensions or in prototypes. A multi axis of prototype CNC machine needs a circuit control systems that function as the engine's brain. The purpose of this research is to design and developing a circuit control of the CNC milling machine with 3 axis movement. All machining parameters would be setup and operated through the control system so that the machine can operate in accordance with the design in three axes. In the design of the control system used 3 stepper motors as a driver, where each was enabled to move the engine against the x, y, and z axis. There are several steps that must be done in this design, such as the selection of control element data. Furthermore, control elements consisting of Motor Driver, Stepper Motor, Power Supply, and Limit Switch are assembled according to schematic control design. The control system was connected to the PC through the Universal G-Code Sender software interface to be used to drive the actuator. Prior to use for machining processes, the control system needs to be calibrated so that the machine's sliding dimension matches the command dimensions of the PC. Control system on CNC machines designed using a close loop system where there was a Limit Switch as a feedback sensor to the engine, so what if there was a mistake (error) on the track machine, then the sensor would command the spindle back to home position.

**Key Words :** Prototype CNC, Control System, Elements of Control, Universal G-Code Sender, Close Loop

## 1. Pendahuluan

Teknologi pada saat sekarang ini sudah sangat berkembang, semakin berkembangnya teknologi tidak di ikuti dengan berkembangnya industri yang ada di Negara ini, hal ini menjadi salah satu penyebab kurang produktifitasnya industri dan kurang bersaingnya industri ini.

Di jurusan Teknik Mesin Universitas Riau, telah dilakukan penelitian tentang rancang bangun prototipe konstruksi mekanik mesin Prototipe CNC Milling. Pada penelitian tersebut telah didesain bentuk dan diperhitungkan pembebenannya sehingga memungkinkan untuk diproduksi. Untuk melengkapi konstruksi mekanik mesin Prototipe CNC Milling tersebut akan dilanjutkan dengan pengembangan dan pembuatan sistem control prototipe dari mesin CNC Milling 3 Axis. Parameter pemesinan nantiya akan di-setup dan dioperasikan melalui sistem kontrol berbasis Arduino UNO, sehingga mesin ini nantinya bisa berperilaku seperti mesin modern yang dapat beroperasi dalam tiga sumbu.

Secara umum 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 beberapa kelebihan seperti mampu bekerja secara otomatis, memiliki ketelitian yang tinggi serta kepresisian yang sangat baik. Saat ini mesin CNC banyak

digunakan untuk membuat produk-produk dengan bentuk yang rumit dan membutuhkan ketelitian tinggi, sehingga produk yang dihasilkan bernilai ekonomi tinggi seperti komponen mobil, komponen pesawat terbang, komponen robot dan lain-lain.

Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) 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[1].

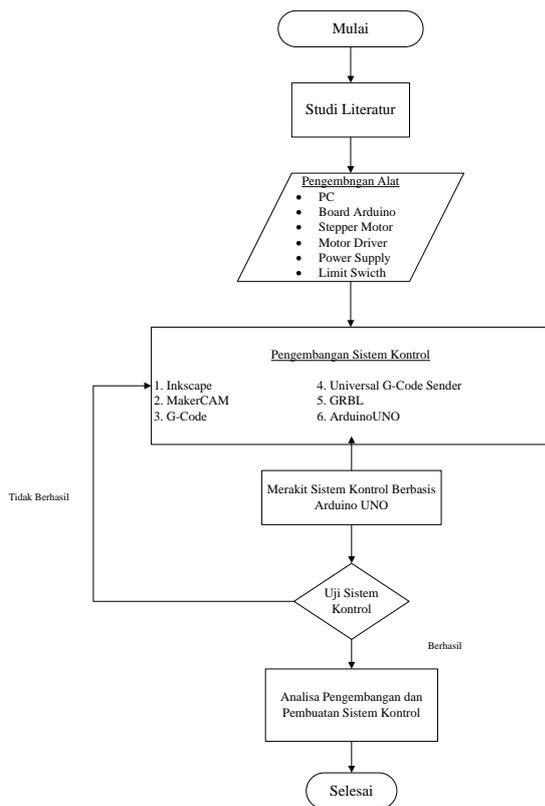
## 2. Metodologi

Dalam pengembangan sistem kontrol Prototipe CNC Milling dengan 3 axis menggunakan system loop tertutup, ada beberapa tahapan yang harus dikerjakan, diantaranya adalah pemilihan elemen kontrol, perencanaan *interface*, uji kelayakan seperti pada Gambar 1.

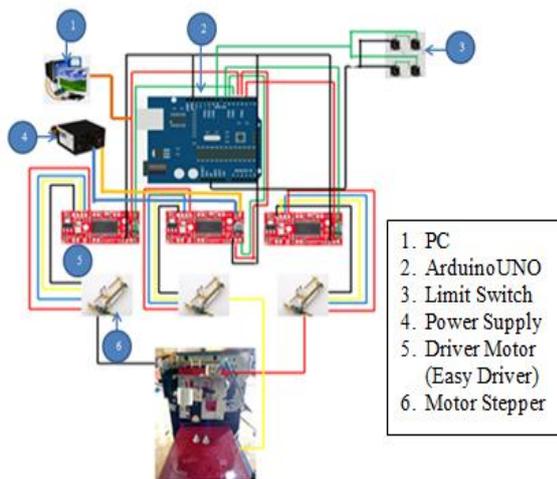
### 2.1 Skematik Sistem Kontrol

Skematik sistem kontrol adalah wiring diagram komponen-komponen system control dan kabel penghubung, komponen-komponen terhubung yaitu PC, ArduinoUNO, Driver Motor, Motor Penggerak dan Limit Switch. Gabungan dari semua komponen tersebut berfungsi sebagai system penggerak pada mesin CNC, sehingga mesin dapat digunakan searah sumbu X axis, Y axis dan Z axis.

Diperlihatkan pada Gambar 2.



**Gambar 1** Diagram Alir Perancangan Sistem Kontrol



**Gambar 2** Skematik Alat

## 2.2 Komponen Sistem Kontrol

Ketepatan pemilihan komponen sangat mempengaruhi kinerja dari alat yang di buat. Dalam perancangan sistem kontrol penggerak *tool* penggambar ini ada beberapa komponen penting yang perlu diperhatikan.

Untuk pemilihan komponen sistem kontrol ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan diantaranya, ketelitian dan ketangguhan komponen, harga, serta ketersediaannya di pasaran.

Adapun komponen-komponen yang digunakan dari sistem kontrol ini merupakan komponen dari limbah elektronik yang di manfaatkan dan di rancang untuk menjadi suatu alat.

Adapun komponen yang digunakan dalam pembuatan sistem kontrol ini yaitu *Motor Stepper*, *Driver Motor Stepper*, *Arduino UNO*, *Power Supply*, dan Kabel-kabel.

### 1. *Motor Stepper*

Motor listrik yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah motor listrik dengan jenis DC karena mempertimbangkan kebutuhan torsi yang besar pada putaran yang rendah, serta untuk mempermudah dalam pengaturan kecepatan putaran sesuai. Adapun motor penggerak yang digunakan hasil dari limbah elektronik yaitu dari DVD bekas yang dimanfaatkan kembali.

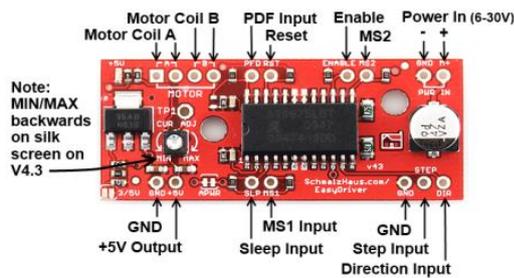
Berikut merupakan jenis motor listrik DC yang akan digunakan pada pembuatan sistem kontrol penggerak *tool* penggambar prototipe CNC Milling. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.



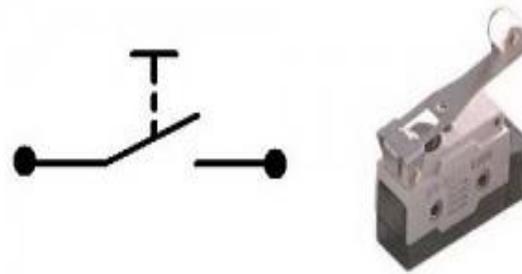
**Gambar 3** *Motor Stepper*

### 2. *Motor Driver*

A3967 adalah *driver motor microstepping* lengkap dengan *built-in* di penerjemah. Ini dirancang untuk mengoperasikan *motor stepper bipolar* di *mode full-*, *half-*, *quarter-*, dan *eighth-step*, dengan *drive output* kemampuan 30 V dan  $\pm 750$  mA. A3967 termasuk yang tetap regulator arus *off-time* yang memiliki kemampuan untuk beroperasi secara lambat, cepat, atau mode peluruhan arus campuran. Kontrol peluruhan saat ini hasil skema dalam mengurangi kebisingan motor yang dapat didengar, langkah yang ditingkatkan akurasi dan mengurangi disipasi daya[2]. *Easy Driver* seperti dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Komponen A3967



Gambar 6 Limit Switch

### 3. Arduino UNO

Adapun fungsi dari Arduino UNO adalah sebagai pengendali dari komponen penggerak dari sistem kontrol dan juga mempermudah dalam pembuatan sistem kontrol baik bersifat otomatis maupun instrumentasi.

Controller yang digunakan dalam alat ini adalah Arduino UNO yang berisi Atmega 328. Microcontroller seri AVR ini memiliki 14 digital pin input / output dengan dukungan dari 6 pin PWM dan 6 pin input / output analog.

Arduino adalah alat elektronik dengan banyak 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 dll[3]. Arduino UNO diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Board Arduino

### 4. Limit Switch

Limit switch merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi menggantikan tombol. Prinsip kerja limit switch sama seperti saklar Push ON yaitu hanya akan menghubungkan pada saat katupnya ditekan pada batas penekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan memutuskan saat katup tidak ditekan. Limit switch termasuk dalam kategori sensor mekanis yaitu sensor yang akan memberikan perubahan elektrik saat terjadi perubahan mekanis pada sensor tersebut. Penerapan dari limit switch adalah sebagai sensor posisi suatu benda (objek) yang bergerak. Limit switch ditunjukkan pada Gambar 6.

### 5. Power Supply

Power Supply adalah suatu alat yang dapat menurunkan tegangan dan merubah arus listrik AC ke DC. Di dalam rangkaian adaptor terdapat trafo yang berfungsi menaikkan dan menurunkan tegangan. Arus bolak balik (AC) dihasilkan oleh generator melalui sebuah pembangkit listrik baik PLTA, PLTU, PLTPB, PLTN yang lebih dikenal dengan PLN (Perusahaan Listrik Negara). Power Supply. Adapun power supply yang digunakan dalam sistem kontrol prototipe CNC Milling ini merupakan hasil dari limbah elektronik, yaitu komputer yang sudah tidak digunakan, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7.



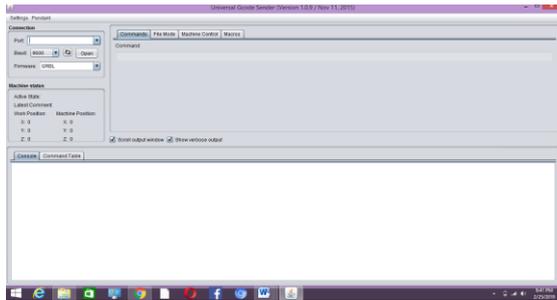
Gambar 7 Power Supply

### 2.3 Software Sistem Kontrol

Dalam tugas akhir ini akan digunakan lima software untuk menjalankan alat pemotong pelat supaya dapat berjalan dengan baik. Software yang digunakan diantaranya yaitu :

#### 1. Universal G-Code Sender

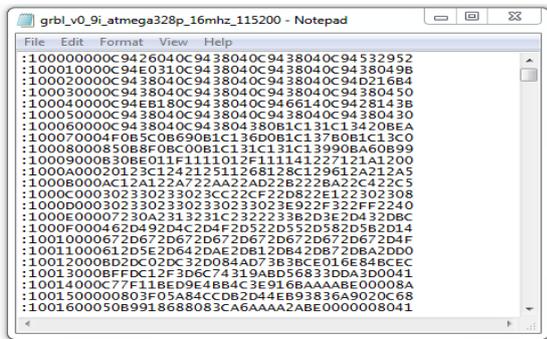
Universal G-Code Sender merupakan software sistem kontrol perangkat lunak (program komputer) yang digunakan untuk mengontrol mesin CNC Milling dengan 3 axis. Software tersebut selanjutnya akan di instal pada perangkat komputer dan bertindak sebagai interface. Universal G-Code Sender merupakan sebuah software yang tersedia dalam bentuk free version dan universal version[4]. Adapun tampilan program Universal G-Code Sender diperlihatkan pada Gambar 8.



**Gambar 8** Tampilan Utama *Universal G-Code Sender*

## 2. GRBL (Coding Gate)

GRBL adalah *coding* yang di gunakan untuk penghubung atau *firmware* antara arduino dengan *software G-Code* yang akan digunakan. GRBL yang di gunakan adalah jenis V0.9 Atmega 328p yang memang di buat untuk arduino Atmega 328. Jangan merubah isi dari *coding* yang terdapat dalam GRBL dikarenakan dapat membuat program menjadi *error* dan tidak dapat dijalankan. GRBL diperlihatkan pada Gambar 9.

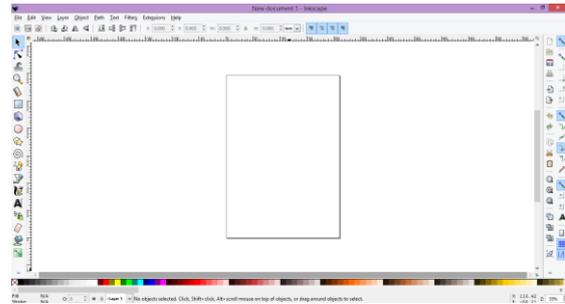


**Gambar 9** Tampilan koding GRBL

## 3. Inkscape

Inkscape adalah sebuah software editor vector grafis berbasis *open sours* yang mirip dengan Adobe Illustrator, Corel Draw, Freehand, atau Xara X. Inkscape menggunakan Scalabel Vector Graphis (SVG), XML berbasis standar terbuka (*open*) W3C, sebagai format asli. Sebagai perangkat lunak terbuka (*open source software*) penggunaan dapat mengembangkan, merubah dan mendistribusikannya sekaligus memperolehnya secara bebas.

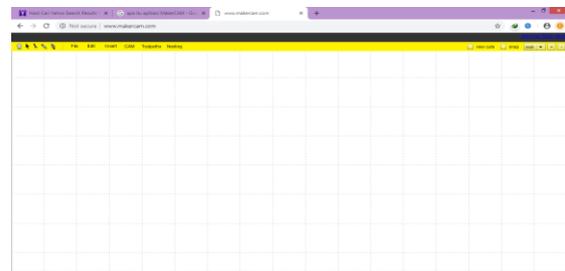
Sama seperti program yang dipakai untuk menggambar lainnya, Inkscape dapat digunakan untuk membuat bentuk gambar dasar seperti persegi, lingkaran, segitiga, bintang dan sebagainya sekaligus , memiliki kemampuan untuk merubah dan memanipulasi bentuk-bentuk tersebut dengan rotasi, memperbesar-memperkecil, dan sebagainya. Bentuk gambar dari Inkscape dapat di lihat pada Gambar 10.



**Gambar 10** Tampilan Inkscape

## 4. MakerCAM

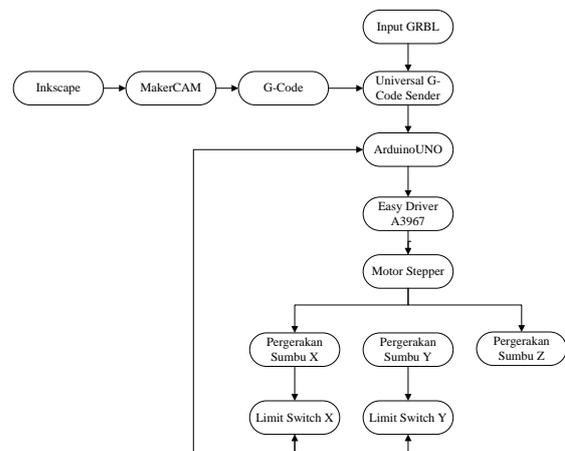
MakerCAM adalah aplikasi yang digunakan untuk membuat *G-code* secara online tanpa melakukan instal aplikasi di PC. MakerCAM hanya dapat menghasilkan *G-Code* dari gambar yang memiliki format .svg. Apabila gambar yang dihasilkan dalam jenis file lain maka gambar tersebut harus dikonversi ke format .svg terlebih dahulu. Seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



**Gambar 11** Tampilan Utama *MakerCAM*

## 2.4 Diagram Alir Sistem Kontrol

Diagram alir sistem kontrol merupakan keseluruhan proses serta *hardware* dan *software* yang bekerja selama sistem kontrol tersebut di operasikan. Diagram alir sistem kontrol diperlihatkan pada Gambar 12.

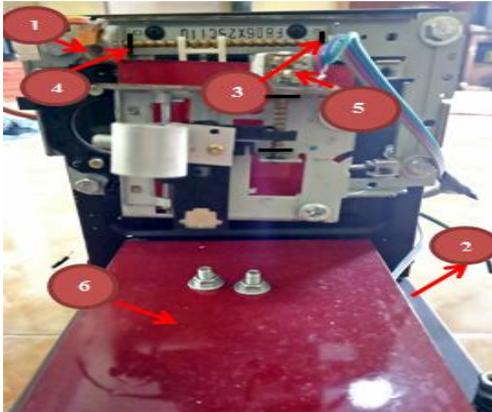


**Gambar 12** Diagram Alir Sistem Kontrol

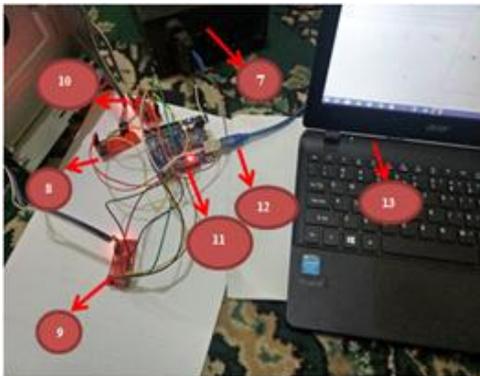
### 3. HASIL

#### 3.1 Hasil Pembuatan Sistem Kontrol

Dari skematik rangkaian sistem kontrol telah di buat suatu sistem kontrol penggerak *tool* penggambar berbasis *microcontroller* arduino UNO seperti yang diprllihatkan pada Gambar 13 dan 14.



Gambar 13 Prototipe CNC Milling Drawing



Gambar 14 Rangkaian Sistem Kontrol

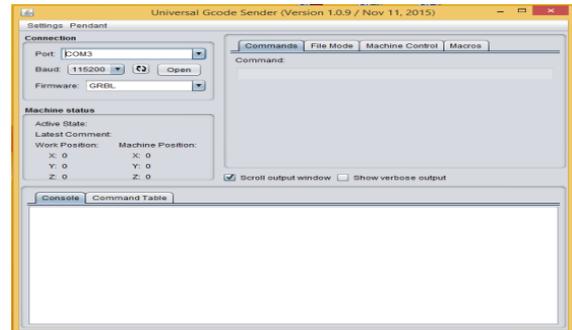
Keterangan gambar :

1. Stepper Sumbu X
2. Stepper Sumbu Y
3. Stepper Sumbu Z
4. Limit Switch Sumbu X
5. Limit Switch Sumbu Y
6. Meja Kerja
7. Power Supply ATX-4P 480 W
8. Driver Motor Sumbu X
9. Driver Motor Sumbu Y
10. Driver Motor Sumbu Z
11. Arduino UNO
12. Kabel Arduino UNO
13. PC

#### 3.2 Sistem Kontrol Universal G-Code Sender

*Universal G-Code Sender* merupakan *software* utama yang digunakan untuk menjalankan

sistem kontrol yang akan meneruskan perintah yang di *input* dari komputer berupa *G-Code* ke rangkain sistem kontrol. Adapun tampilan program *Universal G-Code Sender* diperlihatkan pada Gambar 15.



Gambar 15 Tampilan *Universal G-Code*

#### 3.3 Kalibrasi

Pengkalibrasian dilakukan pada prototipe CNC Milling agar pergerakan di program sama dengan pergerakan pada aktual dari alat tersebut, agar dimensi dapat sesuai dengan apa yang sudah deprogram.

#### 3.4 Pengujian Sistem Kontrol

Untuk memastikan pergerakan arah sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z sudah sesuai dengan apa yang ada diprogram, maka dilakukan pengujian pergerakan dengan cara menginput perintah dari program. Pengujian sumbu X , Y dan Z didapat hasil seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Pergerakan Sumbu X

No.	Input Kode	Pergerakan Aktual
1.	G00 X20	20 mm
2.	G00 X25	25 mm
3.	G00 X30	30 mm

Tabel 2 Pergerakan Sumbu Y

No.	Input Kode	Pergerakan Aktual
1.	G00 Y16	16 mm
2.	G00 Y20	20 mm
3.	G00 Y25	25 mm

Tabel 3 Kecepatan Pergerakan *Tool*

No	Perpindahan	(V) Setting	(t) Aktual	(V) Aktual
1.	20 mm	1000 mm/min	1.2 Detik	1000 mm/min
2.	25 mm	1000 mm/min	1.5 Detik	1000 mm/min
3.	30 mm	1000 mm/min	1.8 Detik	1000 mm/min
4.	35 mm	1000 mm/min	2.1 Detik	1000 mm/min

#### 4. Pembahasan

Alat Prototipe CNC Milling ini merupakan perkakas dengan 3 axis sumbu kerja yaitu pergerakan sumbu X, pergerakan sumbu Y dan pergerakan sumbu Z. Prototipe CNC Milling ini akan bekerja sebagaimana mestinya apabila prototipe tersebut dilengkapi sistem kontrol. Sistem kontrol dari Prototipe CNC Milling ini merupakan gabungan dari beberapa komponen yang berhubungan. Beberapa komponen penting yang digunakan pada Prototipe CNC Milling ini diantaranya, PC sebagai *input* program, Arduino UNO sebagai *microcontroller*, *Driver Motor A3967* sebagai penggerak *motor stepper*, *Stepper* sebagai aktuator, *limit switch* sebagai pembatas pergerakan dan mengantisipasi terjadinya pergerakan aktuator yang salah, serta *power supply* untuk suplai arus listrik sesuai dengan yang dibutuhkan.

Perangkat lunak yang digunakan dalam sistem kontrol Prototipe CNC Milling ini yaitu *Universal G-Code Sender* yang bertindak sebagai *interface*. *Software* ini berfungsi sebagai perantara antara *User* dengan Prototipe CNC Milling dalam bentuk perintah *coding*. Tanpa adanya *interface*, maka sistem kontrol yang terdapat pada Prototipe CNC Milling ini tidak akan bisa bekerja. Sebenarnya masih banyak *interface* yang dapat di gunakan untuk mengontrol alat prototipe ini, tetapi penulis mempertimbangkan beberapa hal untuk memilih *Universal G-Code sender* sebagai *interface* dikarenakan *interface* ini *Universal G-Code Sender* ini paling mudah digunakan dan paling simpel dalam pengaplikasian dan penggunaannya. Dalam menjalankan program ini *user* dituntut menguasai menu *setting* yang terdapat pada *Universal G-Code Sender*. Tanpa menguasai program ini semua sistem kontrol tidak akan dapat di kontrol dan dikendalikan.

#### 5. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu :

1. Telah diperoleh skematik system control prototipe mesin CNC Milling dengan 3 Axis.
2. Berdasarkan hasil rancangan telah dirakit suatu sistem kontrol prortotipe mesin CNC Milling dengan 3 axis berbasis *microcontroller* Arduino UNO dengan komponen pendukung seperti PC, *Driver Stepper A3967*, *Motor Stepper*, *Power Supply*, dan *Limit Switch*.
3. Penggunaan *Limit Switch* pada prototipe CNC Milling 3 Axis dengan sistem loop tertutup sudah di aplikasikan dan dapat di operasikan, penggunaan *limit switch* hanya digunakan pada sumbu X dan sumbu Y.

#### 6. Daftar Pustaka

- [1] Groover, Mikel P., & Zimmers, Emory W. Jr. (1984). *Computer design and manufacturing*. New York: Prentice-Hall International, Inc.
- [2] Schmalz, B. *Easy Driver Stepper Motor Driver an open source hardware stepper motor driver project*. [www.schmalzhaus.com/easyDriver/](http://www.schmalzhaus.com/easyDriver/).
- [3] Javed, M.Y., Syed Tahir Hussain Rizvi, M. Amer Saeed, Kamran Abid, Osama Bin Naeem, Adeel Ahmad, Kamal Shahid, 2015, "Low Cost Computer Numeric Controller Using Open Source Software And Hardware", *Sci.Int.(Lahore)*, 27(5), 4041-4045.
- [4] M.Bhavani, V.Jerome, P.Lenin Raja, B.Vignesh, D.Vignesh, 2017, "Design and Implementation of CNC Router ", *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 6, Issue 3, March 2017.