

# RANCANG BANGUN MESIN CETAK PCB BERBASIS ARDUINO MENGUNAKAN METODE CNC (*Computer Numerical Control*)

**Irvan Pranata, Satyo Nuryadi**

*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Informasi dan Elektro  
Universitas Teknologi Yogyakarta*

*Jl. Ringroad Utara Jombor Sleman Yogyakarta*

*E-mail : [irvanpranata18@gmail.com](mailto:irvanpranata18@gmail.com), [satyo.nuryadi@uty.ac.id](mailto:satyo.nuryadi@uty.ac.id)*

## ABSTRAK

Di Indonesia saat ini, mesin CNC atau *Computer Numerical Control* khususnya pada sistem cetak PCB banyak digunakan di bidang Teknik Elektro. Sangat penting untuk menggunakan papan sirkuit tercetak yang lebih murah dan cepat untuk berbagai proyek rekayasa. Laporan ini membahas tentang Mesin cetak PCB yang digunakan untuk mengukir dan mengebor sirkuit pada PCB. Untuk itu, kita perlu mengkonversi file gambar menjadi kode G menggunakan perangkat lunak Flatcam. Kemudian kode G ini diterapkan untuk diproses oleh perangkat keras, yaitu Arduino dengan menggunakan software *Universal G-Code Sender*. Dimana Arduino UNO dengan Mikrokontroler ATmega 328 digunakan untuk mengontrol semua sistem elektrik pada mesin. Kemudian kode G yang telah diterima oleh Arduino akan di olah sehingga motor stepper dapat menggerakkan bor dan papan PCB ke jalur yang sesuai dengan desain awal. Selain untuk mengirim file G-Code, *Universal G-Code Sender* juga dapat digunakan untuk memonitor pergerakan mesin. Hasil pengujian mesin cetak PCB dapat melakukan 20 titik pengeboran dalam jangka waktu 2 menit 11 detik dengan feed rate 0,005mm/menit dan jarak antar titik 0,1 inch. Kemudian hasil pengujian pembuatan jalur dalam ukuran T8, T10, T12, T15, T20, T25, T30, T40, T50, T60 dengan feed rate 0,025mm/menit dan jarak masing-masing ukuran yaitu 0,5 inch dapat diselesaikan dalam jangka waktu 5 menit 10 detik. Namun pada pengujian pembuatan jalur untuk ukuran T8 sampai T30 masih ditemukan error yaitu jalur yang terputus. Sehingga dapat disimpulkan untuk pembuatan jalur minimal menggunakan ukuran T40.

**Kata Kunci:** CNC, Kode G, PCB, Arduino, *Universal G-Code Sender*

## 1. PENDAHULUAN

*Printed Circuit Board (PCB)* atau papan sirkuit elektronik, merupakan sebuah papan yang digunakan untuk mengkoneksikan komponen elektronika dengan menggunakan jalur-jalur konduktif yang terukir pada lapisan tembaga yang terlamina pada media nonkonduktif. Pada awalnya proses pembuatan PCB dilakukan dengan cara manual, yaitu melakukan pencetakan desain ke dalam kertas glossy, kemudian memindahkan serbuk tinta yang ada di kertas ke papan PCB dengan bantuan setrika, kemudian dilarutkan ke dalam larutan feri klorida ( $FeCl_3$ ), baru setelah itu di bor pada jalur yang akan di taruh komponen.

Pengeboran lubang merupakan proses yang menentukan pola peletakan komponen pada PCB, semakin kompleks suatu rangkaian maka lubang komponen akan semakin banyak, sehingga bisa

terjadi kesalahan dimana ada beberapa titik yang tidak dibor apabila dilakukan secara manual. Selain itu, untuk jalur – jalur yang rumit atau kecil akan mudah terputus jika terlalu lama direndam pada larutan feri klorida. Tetapi akan terdapat jalur yang tersambung jika terlalu singkat dalam proses perendaman. Maka dari itu dengan cara manual sangat dibutuhkan ketelitian dan ketelatenan yang tinggi.

Dengan kemajuan teknologi pada saat ini, khususnya komputer mendorong manusia untuk memanfaatkannya sebagai alat yang dapat membantu dan mempermudah pekerjaan dalam bidang apa saja agar dapat selesai dengan cepat, salah satunya adalah pada pekerjaan yang memerlukan ketelitian dan beresiko seperti kontrol peralatan mekanik. Maka dari itu proses dalam pembuatan PCB tersebut masih terbilang rumit dan manual, karena membutuhkan proses yang panjang dan

mempunyai ketelitian, sehingga sangat berpotensi adanya error atau gagal pada jalur *PCB*.

Dari permasalahan diatas maka penulis akan membuat sebuah alat yang berfungsi untuk mencetak *PCB*. Alat ini menggantikan tugas dari pekerja dalam proses pembuatan *PCB* yaitu pembuatan jalur maupun pelubangan *PCB* dengan otomatis sehingga sudah tidak sepenuhnya tergantung pada manusia dan yang diharapkan dapat mengurangi error yang terjadi maupun mempercepat proses dari yang dikerjakan manual.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut tinjauan pustaka yang pertama yang diambil dari jurnal saudara(PATIL, A. S. dkk., 2018). mengenai membuat mesin *CNC plotter PCB*. Sistem ini mampu menggambar di atas *PCB* dengan pena sesuai dengan desain yang telah dibuat dan menggunakan *Software Eagle* untuk membuat *G-Code*. Alat ini menggunakan Arduino ATMEGA 328 yang berfungsi sebagai penerima data dari *software* kemudian di olah untuk mengontrol servo dan motor stepper. Dimana servo berfungsi sebagai sumbu Z, untuk menggerakkan pena ke kondisi 0 atau 1. Sedangkan motor stepper berfungsi untuk menggerakkan *PCB* dan pena sebagai sumbu X dan Y.

Tinjauan pustaka yang kedua diambil dari proyek tugas akhir saudara(Munadi dkk., 2018). Dari proyek tugas akhir tersebut dibahas mengenai mesin *CNC* yang bertugas untuk mengeplot suatu permukaan objek menggunakan diode laser. Alat ini menggunakan interface board sebagai otak dan stepper berfungsi untuk menggerakkan laser ke sumbu X dan Y.

Tinjauan pustaka yang ketiga diambil dari proyek tugas akhir saudara(Mukhofidhoh dan Kholis, N., 2018). Dari proyek tugas akhir tersebut dibahas mengenai mesin pengebor *PCB* otomatis berbasis Arduino. Alat ini menggunakan motor stepper untuk menggerakkan bor ke sumbu X dan Y. Kemudian Servo berfungsi untuk menggerakkan bor ke atas dan bawah atau sumbu Z (posisi 0 dan 1).

Tinjauan pustaka keempat diambil dari proyek tugas akhir saudara(Miftachul Huda, A. (Universitas G. M., 2017). Dari proyek tugas akhir tersebut dibahas mengenai mesin *plotter* dari DVD bekas yang di variasikan dengan Arduino sebagai kontrollernya.

Tinjauan pustaka yang kelima diambil dari proyek tugas akhir saudara(Aldianto, A., 2015). Dari proyek tugas akhir tersebut membahas tentang mesin *CNC* yang berfungsi untuk pengeboran *PCB* dengan controller Arduino, aktuator motor stepper dan sebagai *end effector* yaitu bor tangan 12VDC.

## 3. LANDASAN TEORI

### 3.1 Computer Numerical Control (CNC)

*Computer Numerical Control* atau disingkat *CNC*, berawal pada tahun 1952 yang dikembangkan oleh John Parson dari Institut Teknologi Massachusetts, atas nama Angkatan Udara Amerika Serikat. *CNC* merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan sistem mekanik dan kontrol berbasis komputer yang mampu membaca instruksi kode N, G, F, T, dan lain-lain, dimana kode-kode tersebut akan menginstruksikan ke mesin *CNC* agar bekerja sesuai dengan program yang dibuat. Secara umum cara kerja mesin perkakas *CNC* tidak berbeda dengan mesin perkakas konvensional.

Mesin perkakas *CNC* dilengkapi dengan berbagai alat potong yang dapat membuat benda kerja secara presisi dan dapat melakukan interpolasi yang diarahkan secara numerik (berdasarkan angka). Parameter sistem operasi *CNC* dapat diubah melalui program perangkat lunak (*software load program*) yang sesuai tingkat ketelitian.

Secara garis besar, mesin *CNC* dibagi dalam 2 (dua) macam, yaitu :

#### a. Mesin Bubut *CNC*

Proses pemakanan atau penyayatan benda kerja pada mesin ini adalah dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja.

#### b. Mesin *Frais/Milling CNC*

Proses pemakanan atau penyayatan benda kerja pada mesin ini adalah dilakukan dengan menggunakan pahat yang diputar oleh poros spindle mesin.

### 3.2 Arduino

Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat *open-source*, dan diturunkan dari *Wiring Platform*, yang fleksibel dan mudah digunakan baik dari sisi perangkat keras/*hardware*

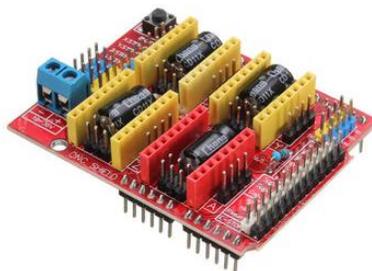
maupun perangkat lunak/*software*. Di luar itu, kelebihan utama arduino adalah jumlah pemakai yang sangat banyak sehingga tersedia pustaka kode program (*code library*) maupun modul pendukung (*hardware support modules*) dalam jumlah yang sangat banyak. Hal ini memudahkan para pemula untuk mengenal dunia mikrokontroler. Mikrokontroler di program menggunakan pemrograman arduino yang memiliki kemiripan syntax dengan bahasa pemrograman bahasa C.

Arduino pada awalnya dikembangkan di Ivrea, Italia, yang berarti teman yang kuat. Platform Arduino terdiri dari Arduino board, *Shield*, bahasa pemrograman Arduino, dan Arduino *development environment*. *Shield* adalah sebuah papan yang dapat dipasang diatas Arduino board untuk menambah kemampuan dari Arduino board.

Arduino menggunakan keluarga mikrokontroler ATmega yang dirilis oleh Atmel sebagai basis, namun ada individu/perusahaan yang membuat clone Arduino dengan menggunakan mikrokontroler lain dan tetap kompatibel dengan Arduino pada level *hardware*. Untuk fleksibilitas, program dimasukkan melalui bootloader meskipun ada opsi untuk membypass bootloader dan menggunakan downloader untuk memprogram mikrokontroler secara langsung melalui port ISP.

### 3.3 CNC Shield V3

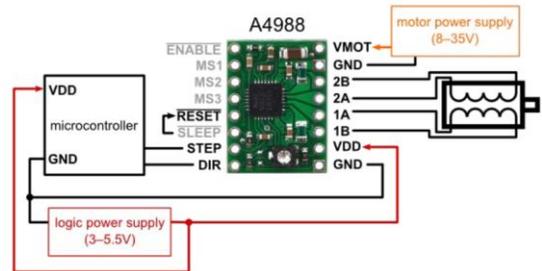
*CNC Shield V3* dirancang untuk melindungi Arduino dari panas berlebih dari driver motor dan menambah waktu operasi *plotter* selama berjam-jam tanpa masalah. program pada Arduino digunakan untuk mengontrol setiap motor stepper dengan menggunakan modul driver A4988. Tujuan dari *Shield* ini untuk mengontrol ketiga sumbu (sumbu X, Y dan Z) dari mesin *plotter*, artinya kontrol pada motor stepper. *CNC Shield* ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 CNC Shield V3  
(sumber: staticbg.com)

### 3.4 IC A4988

Driver motor stepper A4988 adalah papan breakout microstepping Allegro yang mudah digunakan untuk driver motor stepper bipolar A4988 dan merupakan pengganti drop-in untuk carrier driver. Driver ini memiliki pembatasan arus yang dapat disetel, proteksi arus berlebih. Driver ini beroperasi pada tegangan 8 - 35V dan dapat memberikan hingga 2A per kumparan. IC A4988 ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 IC A4988  
(Sumber: robotshop.com)

Driver ini menyediakan lima *step resolutions* yang berbeda: *Full-Step*(1), *Half-Step*(2), *Quarter-Step*(4), *Eighth-Step*(8) dan *Sixteenth-Step*(16) dengan konfigurasi Pin sebagai berikut seperti pada Gambar 3.3:

MS1	MS2	MS3	Resolution
LOW	LOW	LOW	Full Step
HIGH	LOW	LOW	Half Step
LOW	HIGH	LOW	Quarter Step
HIGH	HIGH	LOW	Eighth step
HIGH	HIGH	HIGH	Sixteenth Step

Gambar 3. 3 Konfigurasi Pin Driver A4988  
(Sumber: howtomechatronics.com)

### 3.5 Regulator Switching

Fungsi utama regulator tegangan adalah untuk memperoleh tegangan dc (*direct current*) murni pada keluaran catu daya, dimana besarnya tegangan dc keluaran dapat diatur sesuai kebutuhan beban. Suatu faktor penting pada catu tegangan (*voltage supply*) adalah besarnya perubahan pada tegangan dc keluaran diatas jangkauan (*range*) operasi rangkaian, Tegangan keluaran dari catu daya akan turun bila dipasang beban, besarnya perubahan tegangan ini

dinyatakan sebagai *Voltage Regulation* (pengaturan tegangan).

Dengan regulator tegangan yang baik, diharapkan nilai tegangan keluaran catu daya tidak akan terpengaruh oleh perubahan beban RL dan tegangan masukan  $V_{in}$ . Bila nilai VR semakin kecil, dikatakan rangkaian regulator tegangan mempunyai pengaturan tegangan yang baik. Prinsip regulator *switching*, adalah digunakannya *switch* elektronik untuk regulasi tegangan keluaran. Regulator *switching* 10A ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Regulator switching  
(Sumber: fasttechcdn.com)

### 3.6 Motor DC 775

Motor DC ini memiliki fungsi sebagai *end effector* yaitu dengan memanfaatkan putaran motor sebagai penggerak mata bor untuk mengikis dan mengebor suatu bidang. Berikut spesifikasi motor DC 775 12V-24VDC dan motor DC 775 12V-24VDC ditunjukkan pada Gambar 3.5 dan 3.6:



Gambar 3. 5 Diameter motor DC 775  
(Sumber : Bukalapak.com)



Gambar 3. 6 Bagian-bagian motor DC 775  
(Sumber : Bukalapak.com)

### 3.7 Motor Stepper

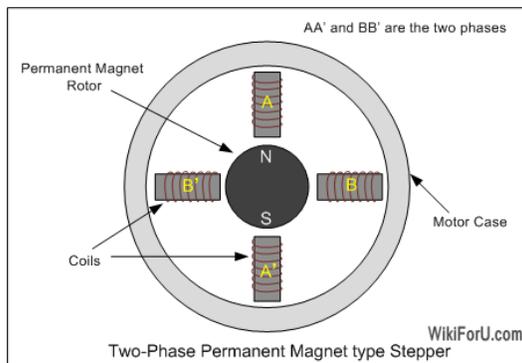
Motor stepper merupakan perangkat pengendali yang mengkonversikan bit-bit masukan menjadi posisi rotor. Bit-bit tersebut berasal dari terminal-terminal input yang ada pada motor stepper yang menjadi kutub-kutub magnet dalam motor. Bila salah satu terminal diberi sumber tegangan, terminal tersebut akan mengaktifkan kutub di dalam magnet sebagai kutub utara dan kutub yang tidak diberi tegangan sebagai kutub selatan. Dengan terdapatnya dua kutub di dalam motor ini, rotor di dalam motor yang memiliki kutub magnet permanen akan mengarah sesuai dengan kutub-kutub input. Kutub utara rotor akan mengarah ke kutub selatan stator sedangkan kutub selatan rotor akan mengarah ke kutub utara stator.

Prinsip kerja motor stepper mirip dengan motor DC, sama-sama dicatu dengan tegangan DC untuk memperoleh medan magnet. Bila motor DC memiliki magnet tetap pada stator, motor stepper mempunyai magnet tetap pada rotor. Adapun spesifikasi dari motor stepper adalah banyaknya fasa, besarnya nilai derajat per step, besarnya volt tegangan catu untuk setiap lilitan, dan besarnya arus yang dibutuhkan untuk setiap lilitan. Motor Stepper ditunjukkan pada Gambar 3.7.



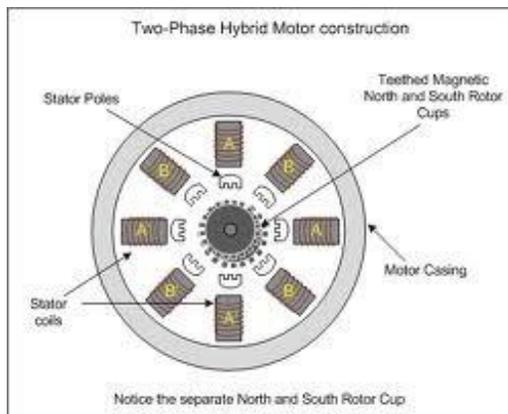
Gambar 3. 7Motor Stepper  
(Sumber: <http://www.partner3d.com>)

Motor stepper terdiri dari rotor berupa magnet permanen dan stator berupa elektromagnet seperti pada Gambar 3.8 dan Gambar 3.9.



Gambar 3. 8 Bagian motor stepper

Pada kenyataannya jumlah elektromagnet pada suatu motor stepper tidak hanya empat, namun bisa berjumlah banyak. Meski demikian, untuk memudahkan pengaturannya, setiap elektromagnet tidak diatur secara individu, namun terdapat beberapa elektromagnet yang disatukan pengaturannya.

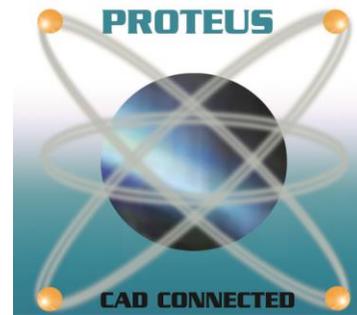


Gambar 3. 9 Prinsip kerja motor stepper

Posisi rotor akan tergantung pada kombinasi medan magnet yang dihasilkan oleh stator. Terdapat berbagai macam metode *switching* untuk menghasilkan kombinasi medan magnet untuk menggerakkan rotor.

### 3.8 Software Proteus

Pada *software* proteus terdapat dua aplikasi yaitu Isis dan Ares, dimana *software* ini berfungsi untuk merancang rangkaian elektronika dengan lebih mudah. *Software* Proteus ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Software Proteus  
(Sumber: [asee.org](http://asee.org))

a. Isis

Isis merupakan salah satu *software* yang dapat digunakan sebagai simulasi rangkaian elektronika. Dengan menggunakan *software* ini kita dapat merancang sebuah rangkaian elektronika dengan berbagai komponen yang tersedia. Setelah rangkaian selesai dibuat, selanjutnya adalah membuka desain rangkaian dengan menggunakan *software* Ares.

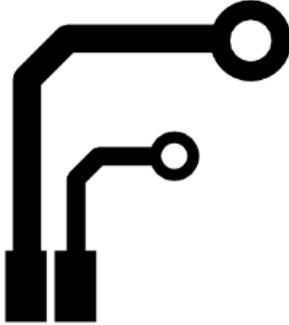
b. Ares

Ares adalah *software* yang digunakan untuk desain akhir rangkaian elektronika. Ares merubah rangkaian yang telah dibuat menggunakan Isis menjadi jalur-jalur penghantar seperti yang ada pada sebuah *PCB*. Dengan menggunakan Ares rangkaian elektronika yang telah dibuat dapat dicetak dan kemudian dapat digunakan pada sebuah *PCB*.

### 3.9 Software FlatCam

Flatcam merupakan salah satu *software* cam dimana yang fungsinya untuk membentuk file gerber dan excellon ke dalam bentuk *gcode(.nc)*. Dimana

dalam pembentukan ini terdiri dari beberapa pengaturan dari mulai diameter mata pisau *CNC*, bor, ataupun mata cutting, dan kecepatan gerakan saat melakukan proses, hingga tingkat garis ukir dalam sisi gambar. Logo FlatCam ditunjukkan pada Gambar 3.11.

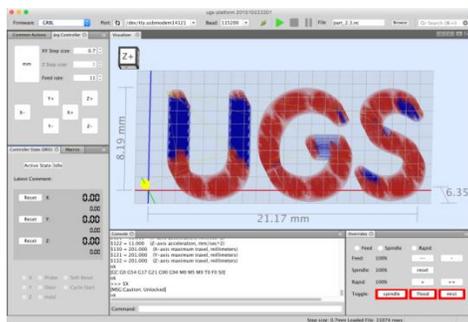


Gambar 3. 11 Logo FlatCam  
(Sumber: @flatcamPCB(twitter.com))

Flatcam dapat membaca beberapa jenis file, diantaranya adalah sebagai berikut:

- Gerber: Biasanya berupa lapisan tembaga di papan sirkuit.
- Excellon: (file bor): Berisi spesifikasi, ukuran, dan koordinat bor.
- *G-Code*: Instruksi mesin *CNC* untuk memotong dan / atau mengebor.
- SVG: Grafik Vektor yang Dapat Diukur.

### 3.10 Universal G-Code Sender



Gambar 3. 12 Universal Gcode Sender Platform  
(Sumber: winder.github.io)

Universal *G-Code* Sender adalah aplikasi Java mandiri yang mencakup semua dependensi eksternal. *Software* ini digunakan untuk mengirim file *G-Code* ke *hardware* terintegrasi interpreter (ATmega 328).

*Software* ini akan mengambil program *G-Code* yang ada dalam file dan mengirimkannya *line-by-line* ke mikrokontroler ATmega328. *G-Code* akan dikirimkan lewat port serial melalui komunikasi USB antara komputer dan mikrokontroler. UGS Platform dapat di jalankan dengan NetBeans IDE.

## 4. METODOLOGI PENELITIAN

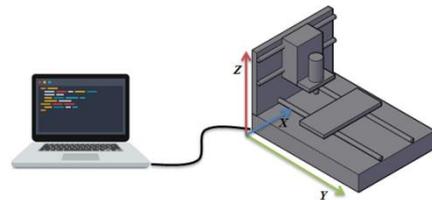
### 4.1 Cara Kerja Sistem

Sistem ini bekerja untuk membuat jalur dan lubang pada *PCB* dengan menggunakan motor DC yang dilengkapi mata bor engraving dan pelubang sebagai *end effector*.

Ketika file *G-Code* sudah siap, kemudian file *G-Code* dimasukan pada *software* Universal *G-Code* Sender, setelah *Software* maupun mesin sudah siap yaitu mata bor atau Engraving sudah berada pada titik nol, maka sistem akan dimulai dan *software* akan mengirimkan file *G-Code* ke mikro kontroler, kemudian mikro kontroler akan mengolah *G-Code* tersebut sehingga motor stepper berjalan sesuai dengan koordinat – koordinat desain.

### 4.2 Diagram Blok Sistem

Diagram Blok Sistem ditunjukkan pada Gambar 4.1.



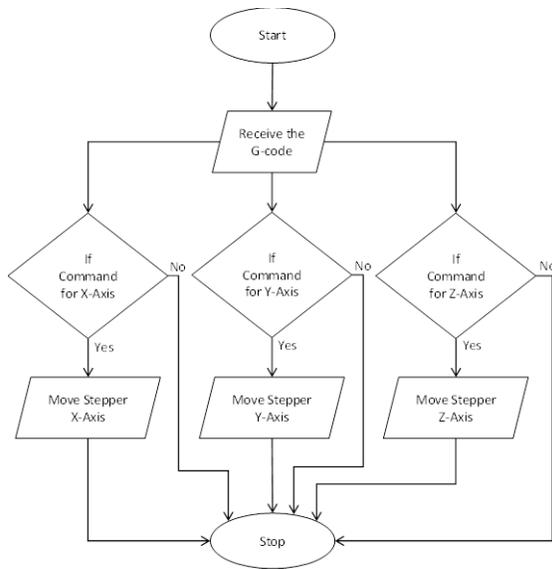
Gambar 4. 1 Diagram Blok Sistem

Pada diagram diatas, laptop/PC sebagai Communication and Control yang berisi *Software* Universal *G-Code* Sender yang berfungsi sebagai pengontrol, memonitor, maupun mengirimkan file *G-Code* ke mikro kontroler. Kemudian mikro kontroler Atmega 328 yang berupa modul Arduino UNO berfungsi sebagai otak sistem dimana akan mengontrol berjalannya sistem dan akan mematikan sistem jika *Emergency switch* atau *limit switch* sensor menerima sinyal. Arduino akan mengontrol motor stepper melalui driver motor. Driver motor, motor stepper, motor DC dan kipas DC bekerja dengan suplai listrik dari *power supply switching* 12VDC 10A.

Alat ini bekerja menggunakan tiga sumbu, yaitu sumbu X, Y dan Z. Ketiga sumbu tersebut digerakan dengan motor stepper yang terhubung dengan arduino melalui *CNC Shield*.

### 4.3 Flowchart Sistem

Flowchart Sistem ditunjukkan pada Gambar 4.2.



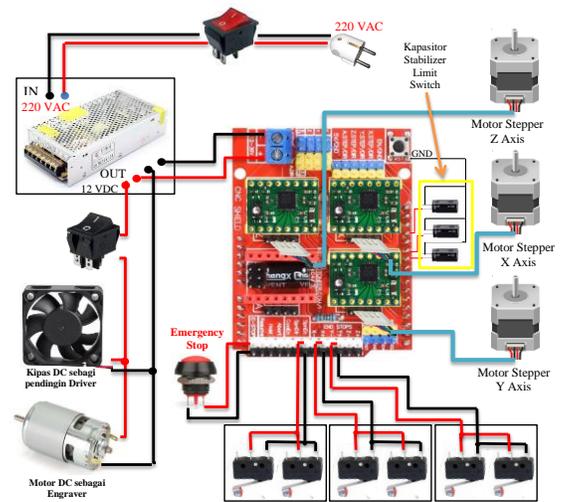
Gambar 4. 2 Flowchart Sistem

Gambar 4.2 adalah flowchart sistem kerja mesin cetak *PCB* yang dilakukan melalui beberapa tahapan. Universal *G-Code* Sender mengirimkan *G-Code* pada arduino uno, jika sensor membaca adanya error maka mesin tidak akan berjalan. Dan jika sensor dalam keadaan normal, atau tidak membaca adanya error maka mikro kontroler akan membaca instruksi dari file *G-Code* yang telah dikirimkan dan mulai mengontrol motor stepper pada sumbu x, y dan z untuk bergerak sesuai dengan instruksi yang diberikan untuk mengebor atau mengukir *PCB*.

## 5. PERANCANGAN SISTEM

### 5.1 Rancangan Elektronik

Rancangan Elektronik ditunjukkan pada Gambar 5.1.



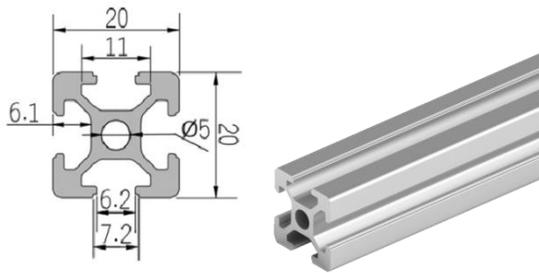
Gambar 5. 1 Rancangan Elektronik

Pada Gambar 5.1 menunjukkan skema rangkaian elektronik pada mesin cetak *PCB* yang terdiri dari beberapa komponen utama dan beberapa komponen tambahan. Komponen utama yaitu berupa tiga motor stepper, motor DC sebagai penggerak mata bor (*end effector*), *power supply* sebagai sumber tegangan, dan *CNC Shield* sebagai driver dari komponen lainnya.

Kemudian komponen tambahan berupa kipas dc sebagai pendingin driver, *limit switch* untuk membatasi pergerakan semua sumbu / pengaman, *Emergency switch* untuk menghentikan sistem jika ada kesalahan kerja mesin, kemudian tiga kapasitor elco 47uF/50V untuk menyimpan tegangan sementara atau penyetabil pada pin *limit switch* supaya tidak terjadi masalah ketika down voltage saat mesin bekerja.

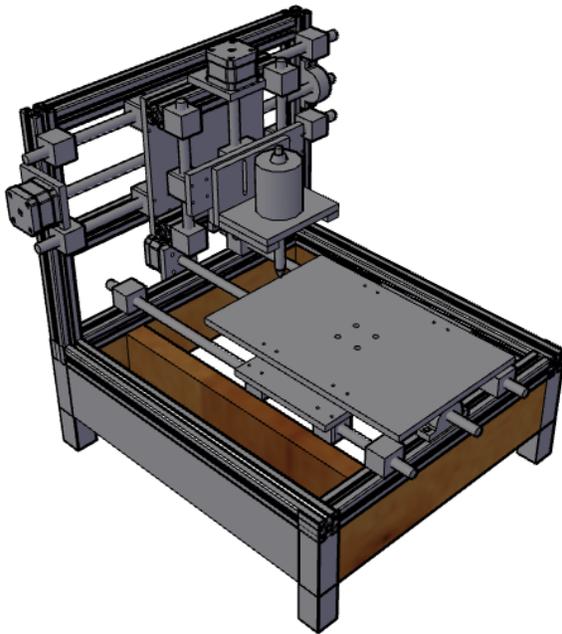
### 5.2 Rancangan Mekanik

Pada bagian mekanik mesin ini menggunakan bahan utama V slot aluminium profile 2020. Bahan ini sangat cocok digunakan pada mesin *CNC*, karena bahannya yang ringan dan kuat, sehingga sangat mendukung untuk keakuratan kerja mesin. Berikut gambar 5.2 adalah bahan aluminium profile 2020.



Gambar 5. 2 Slot Aluminium Profile 2020  
(Sumber: <https://it-tech-uk.com>)

Berikut gambar 5.3 adalah desain mesin cetak PCB yang penulis buat dengan bahan utama V slot Aluminium Profile 2020.



Gambar 5. 3 Desain mesin cetak PCB

Sistem mekanik ini terdiri dari 4 bagian yaitu pertama, bagian base yang berfungsi sebagai landasan dan juga tempat mikrokontroler dan *power supply*. Kedua, berupa bagian sumbu Y yang berfungsi menggerakkan papan PCB ke depan dan belakang. Ketiga, berupa sumbu X yang berfungsi sebagai penggerak sumbu Z ke arah kanan dan kiri. Kemudian yang terakhir adalah bagian sumbu Z yang berfungsi untuk menggerakkan bor ke atas dan kebawah.

### 5.3 Rancangan Perangkat Lunak

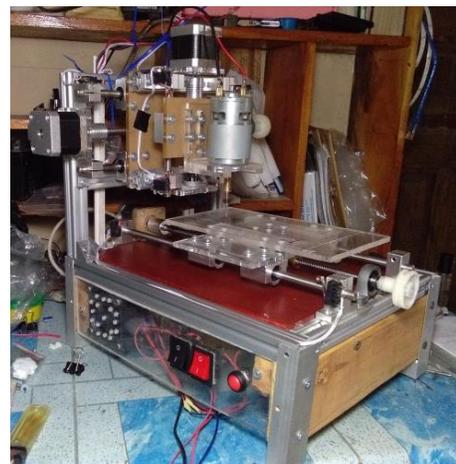
Dalam perancangan mesin cetak PCB ini diperlukan Arduino Programming Tools untuk melakukan pemrograman Arduino dan *Software Universal G-Code Sender* untuk melakukan konfigurasi sistem X, Y, dan Z pada mesin cetak PCB. Selain dua *Software* tersebut ada dua *Software* lagi yang berfungsi untuk membuat desain jalur PCB yaitu Proteus dan *Software FlatCam* untuk mengubah file Gerber/Excellon ke format NC.

Pada proyek ini, program arduino IDE berfungsi untuk mengupload *library* grbl ke papan arduino. *Library* tersebut sudah tersedia di web github.com dan tinggal dimasukkan ke dalam *library software* arduino.

Untuk melakukan pengaturan mesin, dapat dilakukan didalam *software Universal G-Code Sender*.

## 6. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembuatan mesin cetak PCB pada bab ini terbagi dalam dua bagian, yaitu hasil perancangan Elektronik dan hasil pembuatan mekanik. Berikut gambar 6.1 adalah hasil pembuatan mesin cetak PCB berbasis arduino dengan metode CNC.

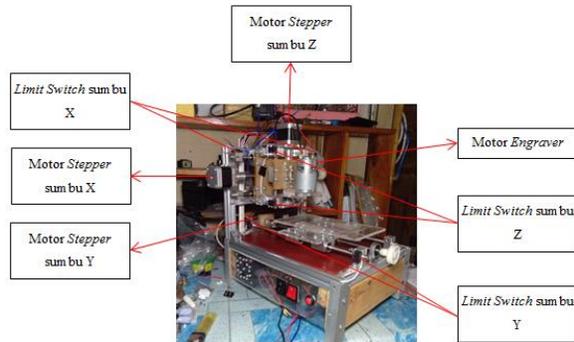


Gambar 6. 1 Desain mesin cetak PCB

### 6.1 Hasil Perancangan Elektronik

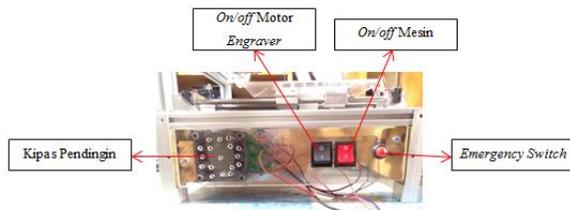
Hasil perancangan elektronik ini terdiri dari beberapa komponen, yaitu Arduino UNO, *CNC Shield*, *Limit Switch*, kipas pendingin, Motor

Engraver dan Motor Stepper. Berikut gambar 6.2 adalah Hasil rangkaian elektronik pada bagian mekanik.



Gambar 6. 2 Hasil rangkaian elektronik

Pada bagian mekanik ada 3 buah motor stepper, 1 motor *Engraver* dan enam buah *limit switch*. Selain pada bagian mekanik, ada juga rangkaian elektronik yang terdapat pada bagian base, yaitu 1 buah *CNC Shield*, 1 buah *arduino UNO*, 3 buah *driver motor stepper*, 1 buah *kipas pendingin*, 1 buah *power supply*, *Power switch*, motor *Engraver switch* dan 1 buah *Emergency switch*. Berikut gambar 6.3, 6.4, 6.5 adalah rangkaian elektronik yang terdapat pada bagian base.



Gambar 6. 3 hasil rangkaian elektronik pada bagian base



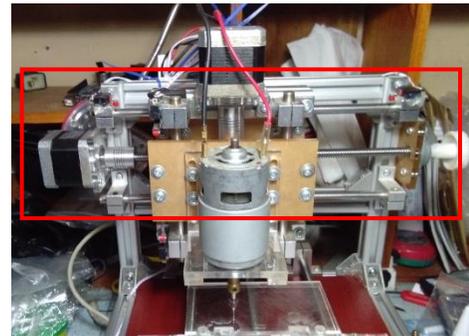
Gambar 6. 4 Hasil rangkaian elektronik CNC Shield, Motor Driver A4988 dan Arduino



Gambar 6. 5 Hasil rangkaian elektronik penyetabil Limit Switch

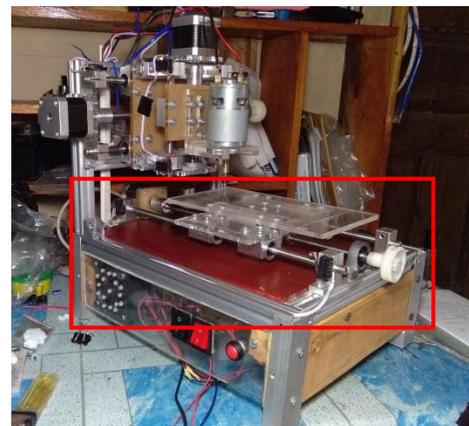
## 6.2 Hasil Perancangan mekanik

Pada pembuatan mekanik, terdiri dari 4 bagian yaitu, hasil pembuatan base, pembuatan sumbu X, pembuatan sumbu Y dan pembuatan sumbu Z. Berikut gambar 6.6, 6.7, 6.8, 6.9 adalah hasil pembuatan mekanik.



Gambar 6. 6 Hasil pembuatan mekanik sumbu X

Pada gambar 6.6 hasil pembuatan mekanik sumbu X bekerja dengan menggunakan 1 buah motor *stepper* dan memiliki jarak kerja maksimal 10cm.



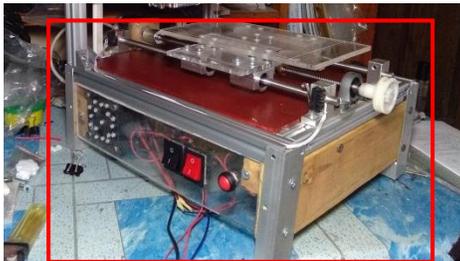
Gambar 6. 7 Hasil pembuatan mekanik sumbu Y

Pada gambar 6.7 hasil pembuatan mekanik sumbu Y bekerja dengan menggunakan 1 buah motor *stepper* dan memiliki jarak kerja maksimal 16,5cm.



Gambar 6. 8 Hasil pembuatan mekanik sumbu Z

Pada gambar 6.8 hasil pembuatan mekanik sumbu Z bekerja dengan menggunakan 1 buah motor *stepper* dan memiliki jarak kerja maksimal 2cm



Gambar 6. 9 Hasil pembuatan Base

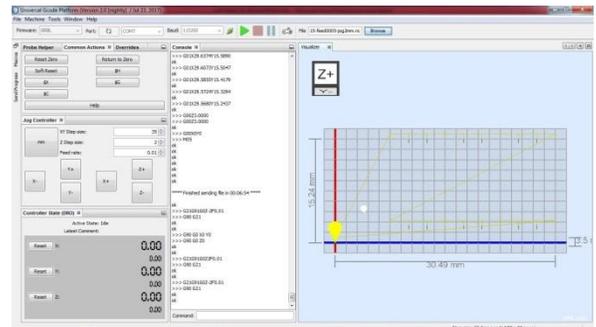
Pada gambar 6.9 hasil pembuatan Base dibuat dengan bahan utama kayu.

### 6.3 Pengujian dan Pembahasan

Mesin cetak PCB ini dapat dikatakan bekerja apabila telah mampu melakukan tugas sesuai dengan keinginan pembuatnya dan semua perangkat penyusun bekerja dalam satu kesatuan kerja. Dengan dasar inilah maka pengujian keseluruhan dilakukan untuk mengetahui apakah Mesin cetak PCB bekerja dengan optimal.

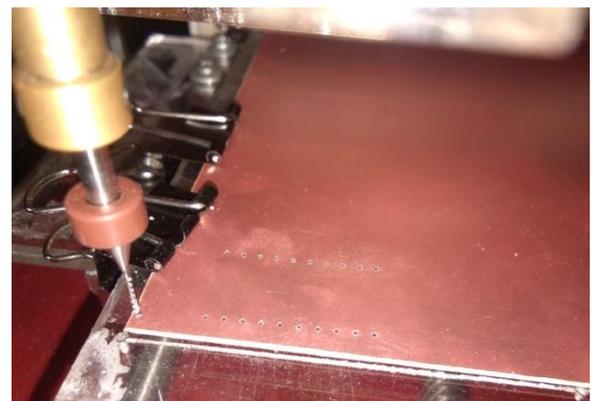
Pada pengujian keseluruhan sistem, mesin cetak PCB akan membuat jalur dan lobang pada PCB dengan desain yang telah dibuat sesuai pada sub bab rancangan *software proteus* dan *software flatcam* diatas.

Setelah *file G-Code* dari desain diatas sudah siap, maka langkah selanjutnya yaitu membuka *file* tersebut dengan *software Universal G-Code Sender* untuk dicetak. Pada tahap pencetakan, perlu dilakukan dua kali pemrosesan. Yang pertama adalah pencetakan lobang / *file excellon* kemudian setelah pencetakan lobang sudah selesai, dilakukan penggantian mata bor dengan *bit Engraver*, yang kemudian dilakukan pencetakan jalur / *file gerber*. Tekan tombol *Start* maka mesin akan memulai pekerjaannya seperti terlihat pada Gambar 6.10.



Gambar 6. 10 Software Universal G-Code Sender pada saat pelobangan PCB /file Excellon

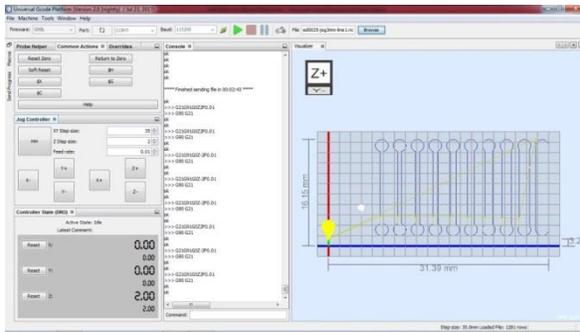
Berikut gambar 6.11 adalah hasil dari pelobangan pada PCB.



Gambar 6. 11 Hasil pelobangan PCB

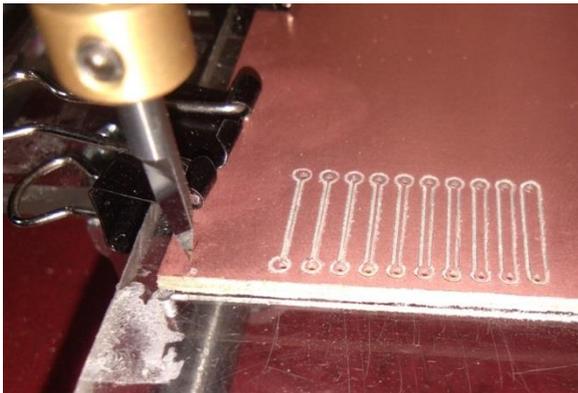
Pada proses pelobangan, mesin dapat menyelesaikan dalam waktu 2 menit 11 detik.

Setelah proses pelobangan selesai, selanjutnya yaitu proses pembuatan jalur dengan *file gerber*. Berikut Gambar 6.12 tampilan pada *Software Universal G-Code Sender* pada saat pembuatan jalur PCB /file Gerber.



Gambar 6. 12 Software Universal G-Code Sender pada saat pembuatan jalur PCB /file Gerber

Berikut Gambar 6.13 adalah hasil dari pembuatan jalur pada PCB. Proses pembuatan jalur ini, mesin dapat menyelesaikan dalam waktu 5 menit 10 detik.



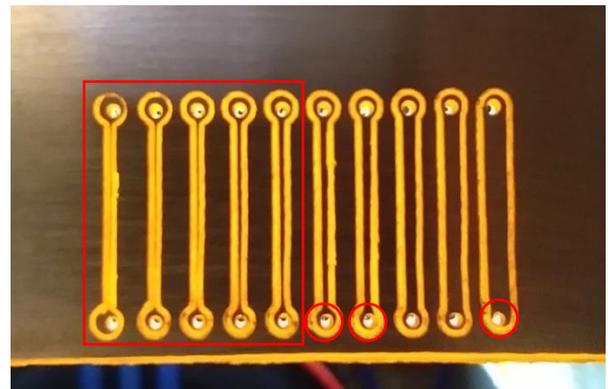
Gambar 6. 13 Hasil pembuatan jalur PCB

Setelah selesai dalam pembuatan lobang maupun jalur, PCB di amplas menggunakan amplas halus supaya sisa tembaga pelobangan maupun pembuatan jalur tidak mengganggu fungsi jalur dan bisa terlihat lebih rapi. Seperti terlihat pada Gambar 6.14.



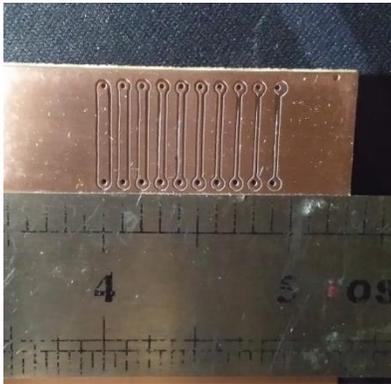
Gambar 6. 14 Hasil pembuatan jalur dan lobang PCB setelah di amplas

Pada pencetakan desain PCB ini, dilakukan dengan tebal jalur diantaranya T8, T10, T12, T15, T20, T25, T30, T40, T50, T60. Dan setelah diamati ditemukan beberapa kekurangan, diantaranya yaitu beberapa lobang yang tidak tepat sehingga memakan jalur, kemudian jalur yang terlalu kecil bahkan terputus. Seperti terlihat pada Gambar 6.15

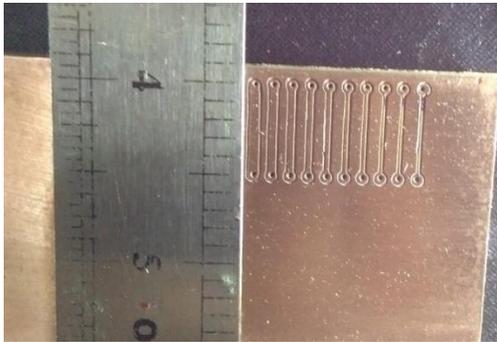


Gambar 6. 15 Kekurangan dalam proses pencetakan PCB

Untuk menguji ketepatan ukuran desain, dilakukan pengujian dengan mengukur objek menggunakan penggaris satuan *inch* seperti terlihat pada Gambar 6.16 dan 6.17.



Gambar 6. 16 Perbandingan hasil cetak antar jalur dengan penggaris



Gambar 6. 17 Perbandingan hasil cetak antar lobang dengan penggaris

Pada tahap pengukuran hasil cetak dengan penggaris untuk mengetahui tingkat ketelitian dari mesin didapatkan hasil yang cukup akurat untuk skala milimeter maupun *inch*. Seperti terlihat pada Gambar 6.16 dan 6.17.

#### 6.4 Analisa sistem mekanik mesin cetak PCB

Pada saat pengujian keseluruhan sistem dengan mencetak jalur PCB, sumbu Z kurang berfungsi dengan baik. Dimana penopang sumbu Z kurang kokoh dan hanya menggunakan 2 *linear bearing* sehingga ketika sumbu Z mendapatkan beban atau memakan objek sumbu sedikit gerak sehingga bisa mengakibatkan jalur terpotong maupun lobang yang tidak presisi. Untuk menanggulangi masalah tersebut dapat ditambahkan 2 buah *linear bearing* dengan ukuran yang sama sehingga terdapat 4 *linear bearing* pada sumbu Z maka sumbu dapat lebih kokoh ketika mendapat beban dari objek.

#### 6.5 Pengujian tiap sumbu

Pada pengujian tiap sumbu tanpa beban didapatkan hasil yang baik. Dimana tiap sumbu bekerja sesuai dengan perintah dan bergerak secara presisi. Hasil perhitungan error juga menunjukkan 0% pada tiap sumbu ketika dilakukan 4 kali pengujian. Dan memiliki rata-rata error 0%

#### 6.6 Pengujian software universal G-Code sender

Pada pengujian *Software* universal *G-Code* sender, *software* mampu mengirimkan *G-Code* dengan baik. Hal ini dapat dilihat dari LED RX pada Arduino UNO yang menyala saat *software* mengirimkan data. Arduino juga dapat mengeksekusi data menjadi gerakan motor stepper sesuai perintah.

#### 6.7 Pengujian keseluruhan mesin cetak PCB

Saat pengujian mesin secara keseluruhan, semua rangkaian harus dihubungkan. Pada dasarnya mesin cetak PCB ini merupakan sebuah alat yang fungsinya sama persis seperti mesin *CNC* konvensional. Sebuah mesin yang bergerak sesuai dengan *G-Code* yang diberikan ke sistem. Dari hasil pengujian, mesin dapat beroperasi dengan minimal ukuran jalur yaitu T40 keatas dengan *Engraver* bits ukuran 30°. Jika dibawah T40 maka harus menggunakan *Engraver* bits yang sudutnya lebih kecil sehingga tidak memakan jalur.

### 7. KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan dan pengujian pada mesin cetak PCB berbasis Arduino, peneliti dapat menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penelitian tersebut sudah berhasil dan alat bekerja dengan baik. Mesin dapat mencetak PCB dengan dimensi maksimal 10x16,5 cm dan jika mesin bergerak melebihi dimensi tersebut maka mesin akan berhenti karena adanya sistem *limit switch*.
2. Mesin cetak PCB dapat melakukan 20 titik pengeboran dalam jangka waktu 2 menit 11 detik dengan *feed rate* 0,005mm/menit dan jarak antar titik 0,1 *inch*. Kemudian hasil pengujian pembuatan jalur dalam ukuran T8,

T10, T12, T15, T20, T25, T30, T40, T50, T60 dengan *feed rate* 0,025mm/menit dan jarak masing-masing ukuran yaitu 0,5 *inch* dapat diselesaikan dalam jangka waktu 5 menit 10 detik.

3. Mesin ini bekerja dengan baik dengan *feed rate* ketika plotting maksimal 0,025 mm/min dan ketika pengeboran maksimal 0,005 mm/min dan ukuran jalur minimal T40.

## 7.2 Saran

Berdasarkan hasil implementasi yang diperoleh, untuk pengembangan lebih lanjut ada beberapa saran agar alat ini dapat bekerja lebih baik, yaitu :

1. Penambahan 2 *linear bearing* pada sumbu Z supaya mata bor tidak meleset jika mengebor dengan *feed rate* yang lebih besar.
2. Membuat pengunci danudukan *PCB* yang lebih kuat sehingga *PCB* bisa lebih rata.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aldianto, A. (2015), *Prototype mesin CNC berbasis arduino unodengan software grbl controller*, .
- Miftachul Huda, A. (Universitas G.M. (2017), *Rancang Bangun Prototype Mesin CNC Plotter Dengan Motor Shield L293D*, .
- Mukhofidhoh dan Kholis, N. (2018), *MESIN PENGEBOR PCB MINI OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO*, , 7.
- Munadi, Syukri, A., Setiawan, J.D. dan Ariyanto, M. (2018), *Mesin CNC laser engraving dua sumbu menggunakan diode laser*, , 13.
- PATIL, A.S., KAKADE, S.R., LAD, M.B., SASTE, D.D. dan HOMKAR, D.N. (2018), *CNC MACHINE PCB PLOTTER*, , 5(3).
- <https://github.com/grbl/grbl/wiki/Configuring-Grbl-v0.9> Diakses Pada Tanggal 17 Maret 2019
- <https://www.instructables.com/id/End-Stop-Limit-Switch-Problems/> Diakses Pada Tanggal 4 April 2019