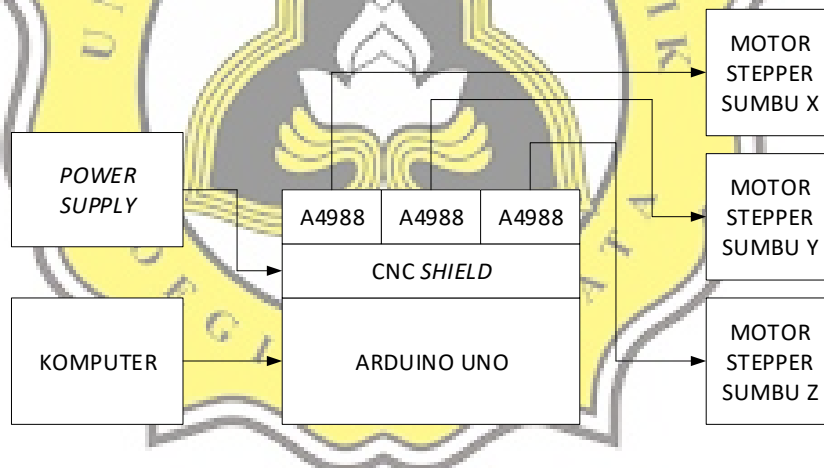


### BAB III

## PERANCANGAN KENDALI MOTOR *STEPPER* DENGAN ARDUINO PADA MESIN GAMBAR

### 3.1. Pendahuluan

Pada bab ini akan dijelaskan tentang konstruksi dalam membuat mesin gambar berupa prototipe untuk Tugas Akhir, melakukan rancangan dengan menggunakan Arduino Uno, CNC *Shield*, *Driver* motor *stepper* A4988 sebagai kontroler pada motor *stepper* yang disuplai tegangan oleh *power supply*. Digunakan *software* CorelDRAW untuk mempermudah dalam mendesain gambar dua dimensi dan *software* bCNC sebagai pengoprasian prototipe berupa mesin gambar grafis.



Gambar-3.1 Rancangan Kendali Mesin Gambar Grafis

Pada Gambar-3.1 merupakan diagram blok perancangan mesin gambar grafis yang terdiri dari komputer sebagai *human interface* yang membantu dalam pengoprasian mesin gambar grafis dan membuat desain grafis, Arduino Uno merupakan kontroler untuk mengolah desain gambar grafis yang dibuat melalui

komputer, sedangkan CNC *Shield* merupakan modul CNC tiga sumbu X, Y dan Z yang terhubung pada motor *stepper*, sedangkan driver A4988 merupakan *driver* motor *stepper* yang digunakan untuk mengatur langkah pergerakan motor *stepper*. Terdapat tiga motor *stepper* disetiap sumbu X, Y dan Z.

### 3.2. Arduino Uno

Pada pembuatan mesin gambar digunakan mikrokontrol Arduino Uno yang merupakan mikrokontrol berbasis pada ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital *input/ output* (terdapat 6 pin yang dapat digunakan sebagai *output* sinyal PWM), 6 *input* analog, 16MHz ceramic resonator, koneksi kabel USB, jack tegangan, pin ICSP (*In Circuit Serial Programming*) untuk memprogram *Chip* AVR, dan terdapat tombol reset. Untuk menyalakan Arduino dapat menggunakan kabel USB yang terhubung dengan komputer atau dengan menggunakan adaptor dari tegangan AC ke tegangan DC atau dengan menggunakan baterai.



**Gambar-3.2 Arduino tampak depan (a) tampak belakang (b)**

([https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoUno\\_r2\\_front.jpg](https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoUno_r2_front.jpg)) (a)

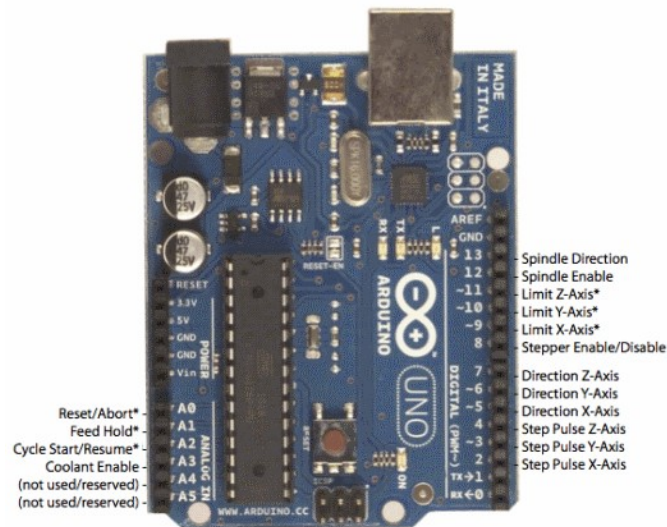
(<https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoUnoBack.jpg>) (b)

Pada Gambar-3.2 bagian (a) merupakan kontroler Arduino Uno tampak bagian depan dan pada Gambar-3.2 bagian (b) merupakan tampak bagian belakang Arduino Uno.

**Tabel-3.1 Spesifikasi Arduino Uno yang dipakai**

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan Operasi	5V
Tegangan <i>Input</i> (rekomendasi)	7-12V
Tegangan <i>Input</i> (maksimum)	6-20V
Pin I/O Digital	14 (6 pin dapat difungsikan sebagai <i>output</i> PWM)
Pin <i>Input</i> Analog	6
Arus per pin I/O	40mA
Arus pada pin 3.3V	50mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) 0.5 KB digunakan untuk bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock speed	16 MHz

Pada Tabel-3.1 merupakan spesifikasi mikrokontroler Arduino Uno yang dipakai dalam pembuatan mesin gambar. Dengan sisa kapasitas penyimpanan sebesar 31.5 KB sangat mencukupi dalam penyimpanan program yang dimasukkan dalam kontroler Arduino Uno[11]. Setelah program dimasukkan kedalam Arduino Uno, indikator pin dapat dilihat pada Gambar-3.3.



\* - Indicates input pins. Held high with internal pull-up resistors.

**Gambar-3.3 Pin pada Arduino Uno yang telah terprogram**

([https://i0.wp.com/blog.protoner.co.nz/wp-content/uploads/2013/01/Grbl\\_Pin\\_Layout.png?w=562&ssl=1](https://i0.wp.com/blog.protoner.co.nz/wp-content/uploads/2013/01/Grbl_Pin_Layout.png?w=562&ssl=1))

Pada Gambar-3.3 merupakan pin yang dihubungkan pada modul CNC Shield yang telah terpasang *driver* motor *stepper* A4988 sebagai kontroler motor *stepper*.

### 3.3. *Driver Motor Stepper*

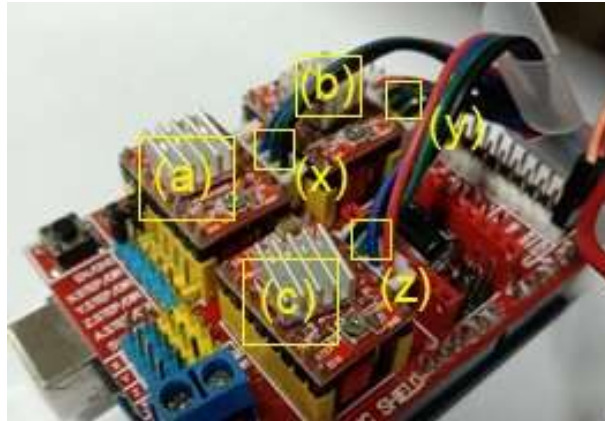
Untuk mendapatkan pergerakan motor *stepper* yang lembut, motor *stepper* membutuhkan sebuah *driver* untuk berputar. *Driver* yang digunakan pada prototipe Tugas Akhir berupa mesin gambar yaitu menggunakan *driver* motor *stepper* dengan tipe A4988. Dalam pemasangan *driver* A4988 memerlukan modul CNC Shield agar *driver* A4988 dapat terkoneksi pada kontroler Arduino Uno dan ketiga motor *stepper*. A4988 adalah *driver* motor *mikrostepping* dengan penerjemah bawaan dalam pengoperasian motor *stepper*. *Driver* A4988 dirancang untuk mengoperasikan motor *stepper bipolar* dalam mode *full-step*, *half-step*,

quarter-step, eighth-step dan sixteenth-step. Dengan kapasitas *output* hingga 35V dan  $\pm 2A$ . Terdapat regulator arus yang tetap ketika motor *stepper* dalam keadaan berhenti.

**Tabel-3.2 Spesifikasi *driver* motor *stepper* A4988**

Karakteristik	Simbol	Keterangan	Nilai	Unit
<i>Supply</i> Tegangan Beban	VBB		35	V
Arus keluaran	IOUT		$\pm 2$	A
Masukkan Tegangan Logika	VIN		-0.3 to 5.5	V
<i>Supply</i> Tegangan Logika	VDD		-0.3 to 5.5	V
VBBx to OUTx			35	V
Tegangan Sense	VSENSE		0.5	V
Tegangan referensi	VREF		5.5	V
Suhu Operasi	$T_A$	Jarak S	-20 to 85	$^{\circ}C$
Suhu Persimpangan maksimum	$T_J$ (max)		150	$^{\circ}C$
Suhu penyimpanan	$T_{stg}$		-55 to 150	$^{\circ}C$

Pada Tabel-3.2 terdapat kontrol rektifikasi sinkron internal untuk meningkatkan disipasi daya selama PWM beroperasi. Terdapat rangkaian pengaman pada *driver* A4988 yaitu pengontrol panas atau suhu dengan kontrol histerisis, penguncian dibawah tegangan (UVLO), proteksi arus silang dan tidak diperlukan urutan *power-on* khusus. Pada Gambar-3.4 merupakan gambar fisik dari modul CNC *Shield* yang telah terhubung dengan *driver* A4988 dan Arduino Uno. Pada Gambar-3.4 merupakan kontroler motor *stepper* tiga sumbu X, Y dan Z.



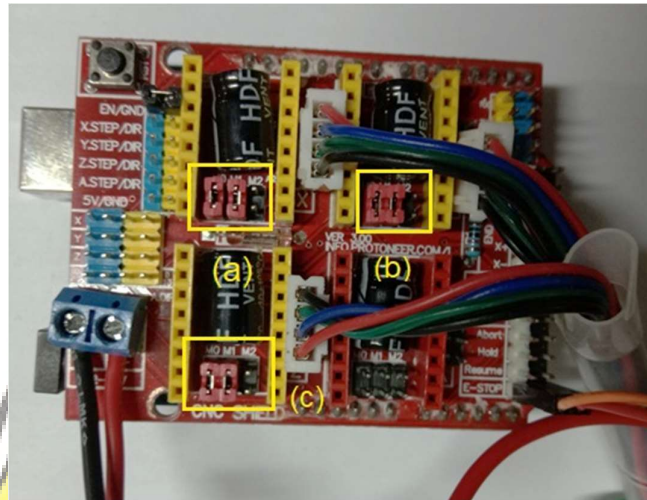
**Gambar-3.4** Kontroler motor *stepper*

Pada bagian (a) merupakan *driver* A4988 sebagai *driver* motor *stepper* untuk sumbu X. Sedangkan pada bagian (b) merupakan *driver* A4988 sebagai *driver* motor *stepper* untuk sumbu Y. Kemudian pada bagian (c) merupakan *driver* A4988 sebagai *driver* motor untuk sumbu Z. Jadi terdapat tiga buah *driver* motor *stepper* yang terpasang pada modul CNC *Shield* yang terkoneksi dengan kontroler Arduino Uno. Untuk *driver* motor *stepper* dengan tipe A4988 dapat bekerja dengan berbagai *step*, seperti *full-step*, *half-step*, *a quarter-step*, *eighth-step*, *sixteenth-step* yang dapat diatur pada modul CNC *Shield* dengan memasang *coupler* pada bagian M0, M1 dan M2 sesuai dengan konfigurasi yang diinginkan.

**Tabel-3.3** Konfigurasi mikrostep pada CNC *Shield*

Mikrostep	M0	M1	M2
<i>Full-step</i>	0	0	0
<i>1/2 step</i>	1	0	0
<i>1/4 step</i>	0	1	0
<i>1/8 step</i>	1	1	0
<i>1/16 step</i>	1	1	1

Langkah yang digunakan dalam pembuatan prototipe mesin gambar yaitu menggunakan  $1/8$  step (*eighth-step*).



**Gambar-3.5 Pemasangan *coupler* untuk mengatur *step***

Pada Gambar-3.5 merupakan pemasangan *coupler* untuk mengatur langkah yang akan dipilih, pada bagian (a) merupakan pemasangan *coupler* untuk  $1/8$  step (*eighth-step*) untuk M0 dan M1 terdapat *coupler*, apabila dilihat pada Tabel-3.3 ditandai dengan angka satu dan untuk M2 tanpa *coupler* atau disebut dengan nol. Untuk (b) dan (c) pemasangan *coupler* sama dengan bagian (a). Pada bagian (a) pengaturan langkah untuk motor *stepper* sumbu X, bagian (b) untuk motor *stepper* sumbu Y, sedangkan bagian (c) untuk motor *stepper* sumbu Z.

### **3.4. Motor Stepper 17HS4401**

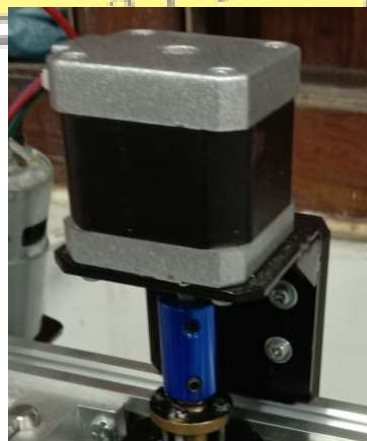
Dalam pembuatan prototipe mesin gambar membutuhkan tiga buah motor *stepper* sebagai penggerak untuk sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z. Motor *stepper*

yang digunakan diproduksi oleh *HANSPOSE* dengan tipe 17HS4401, motor *stepper* yang digunakan berjenis *bipolar* ditandai dengan empat kabel keluaran.

**Tabel-3.4 Spesifikasi motor *stepper* merk HANSPOSE tipe 17HS4401**

<i>Type Motor Stepper</i>	17HS4401
<i>Step Angle (deg)</i>	1.8
<i>Motor Length (mm)</i>	40
<i>Rated Current (A)</i>	1.7
<i>Phase Resistance (Ohm)</i>	1.5
<i>Phase Inductance (mH)</i>	2.8
<i>Holding Torque (N.cm Min)</i>	40
<i>Detent Torque (N.cm Max)</i>	2.2
<i>Rotor Inertia (g.cm<sup>2</sup>)</i>	54
<i>Lead Wire (No.)</i>	4
<i>Motor Weight (g)</i>	280

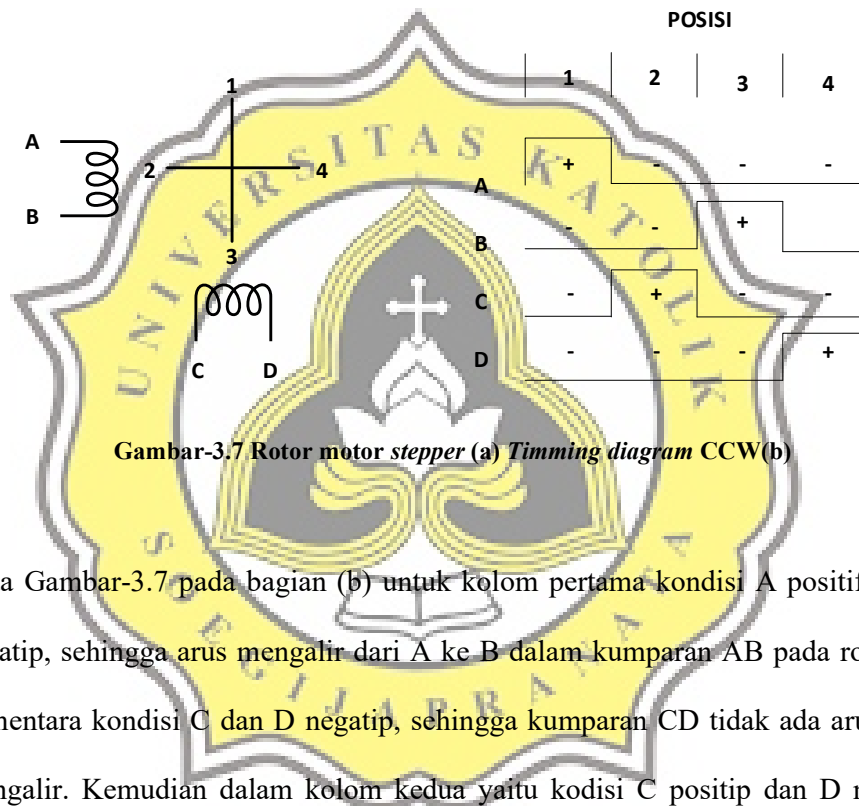
Pada Tabel-3.4 merupakan spesifikasi ketiga motor *stepper* untuk sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z yang digunakan dalam membuat prototipe mesin gambar. Secara fisik motor *stepper* merk HANSPOSE dengan tipe 17HS4401 dapat dilihat pada Gambar-3.6.



**Gambar-3.6 Motor *stepper* merk HANSPOSE tipe 17HS4401**



Pengontrolan motor *stepper bipolar* memerlukan pembalik polaritas. Pada Gambar-3.7 menunjukkan rangkaian motor *stepper bipolar*. Terdapat dua gambar pada bagian (a) merupakan rangkaian kumparan pada motor *stepper bipolar* AB dan CD. Pada bagian (b) menunjukkan diagram waktu dalam bentuk gelombang yang digunakan untuk menggerakkan motor *stepper* berputar berlawanan arah jarum jam.



Gambar-3.7 Rotor motor *stepper* (a) *Timing diagram* CCW(b)

Pada Gambar-3.7 pada bagian (b) untuk kolom pertama kondisi A positif dan B negatif, sehingga arus mengalir dari A ke B dalam kumparan AB pada rotor (a). Sementara kondisi C dan D negatif, sehingga kumparan CD tidak ada arus yang mengalir. Kemudian dalam kolom kedua yaitu kondisi C positif dan D negatif, sehingga arus mengalir dari C ke D dalam kumparan CD pada rotor (a). Sedangkan kumparan AB tidak ada arus yang mengalir. Seterusnya untuk posisi kolom ke tiga dan keempat.

### 3.5. *Power supply*

Sumber tegangan yang digunakan pada mesin gambar yaitu dengan menggunakan *power supply* dengan *input* tegangan 110/220 VAC, dengan *output* 12 VDC hingga 24 VDC dengan kapasitas arus 10 Amper. *Merk power supply* yang digunakan yaitu SPC. Pada *power supply* terdapat beberapa terminal yaitu L, N, GND, V+, V-. untuk terminal V-, V+ (a) berupa keluaran tegangan -12 V dan +12 V. Terminal GND (b) merupakan pentanahan dan untuk terminal L dan N (c) merupakan tegangan masuk dari listrik PLN, L yang berarti fasa dan N netral atau nol.



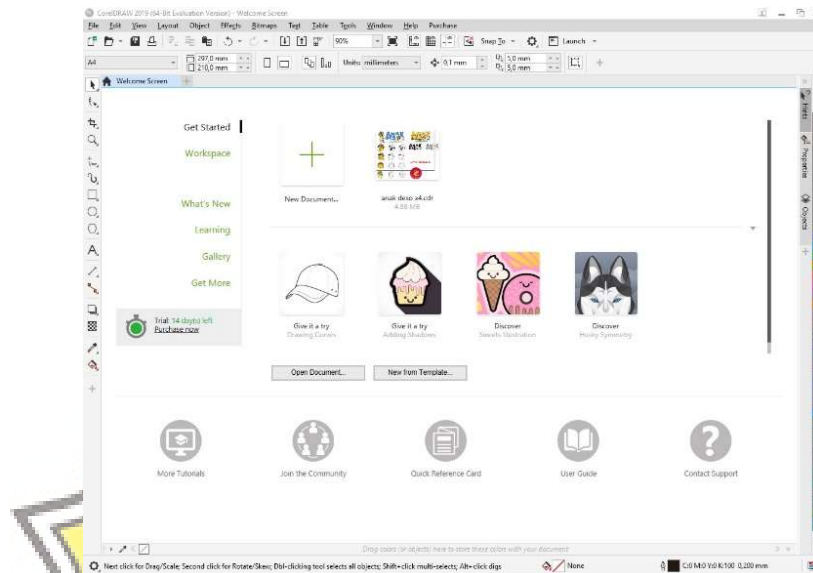
Gambar-3.8 *Power supply* dengan merk SPC

Bentuk fisik *power supply* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar-3.8. *Power supply* tersebut digunakan sebagai sumber tegangan motor *stepper* dan *CNC Shield*.

### 3.6. *Software CorelDRAW*

Dalam pembuatan gambar, digunakan *software* desain gambar dua dimensi yaitu menggunakan *software* CorelDRAW. *Software* CorelDRAW digunakan karena dapat meng-ekspor file dalam bentuk format *\*dxf* (*Drawing eXchange*

*Format*) yang nantinya akan diproses pada *software* bCNC. Pada Gambar-3.9 merupakan tampilan *software* CoreDRAW.



**Gambar-3.9 Tampilan awal *software* CoreDRAW**

(<https://3.bp.blogspot.com/-AtnBtPYcQ5o/XJHJMGC4uFI/AAAAAAAAA6s/ppiumrCUp0QxPcsflEYKMb1KR1jKtfKyACLcBGAs/s1600/free%2Bdownload%2BcorelDraw%2B2019%2Bj%2Bby%2Banak%2Bdeso.jpg>)

Menurut Budiman, C (2007) CoreDRAW merupakan *software* pengolah grafis dengan basis vektor atau garis, dimana unsur dasar yang mendasarinya adalah garis. Liza (2007) mendefinisikan CoreDRAW adalah sebuah *software* ilustrasi grafis berbasis vektor dari perusahaan pengembang *software* terkemuka Corel Corporation (<http://www.corel.com>) yang berbasis di Ottawa, Canada. CoreDRAW mempunyai keunggulan karena kemudahan penggunaannya, *interface* yang *user-friendly* dan juga kelengkapan fasilitas dan fitur yang mudah digunakan.

### 3.7. *Software* bCNC

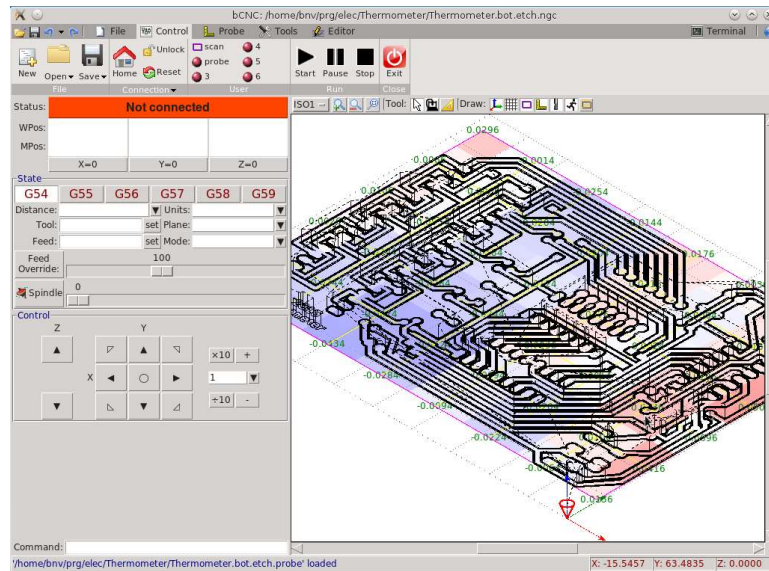
Dalam pengoperasian mesin gambar diperlukan sebuah *software* untuk mengendalikan motor *stepper* secara mudah. Salah satu *software* yang digunakan yaitu bCNC. Sebelum menginstal *software* bCNC perlu menginstal *software python* dengan versi 2.7. Untuk membuka *software* bCNC digunakan *Command prompt* (*cmd*) yang tersedia pada sistem operasi *Windows*, *Linux*, *Mac* pada komputer. Kemudian mencari *software* bCNC dengan menggunakan *Command prompt* (*cmd*) dengan memasukkan program pada *cmd* seperti pada Gambar-3.10.

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - python.exe -m bCNC
Microsoft Windows [Version 10.0.18362.535]
(c) 2019 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\ASUS>cd c:\ → (a)
C:\>cd c:\python27 → (b)
C:\Python27>python.exe -m bCNC → (c)
new-config Utilis <ConfigParser.ConfigParser instance at 0x000000002BD8E48>
```

Gambar-3.10 Membuka *software* bCNC melalui *Command prompt*

Pada Gambar-3.10 dibagian (a) *software* bCNC disimpan dalam penyimpanan sistem C:\ dengan nama folder *python27* (b) dengan nama file *python.exe* (c) lalu tekan tombol *Enter* pada *keyboard*. Tampilan *software* bCNC dapat dilihat pada Gambar-3.11 yang telah dibuka menggunakan *command prompt* (*cmd*).



**Gambar-3.11 Tampilan software bCNC**

(<https://raw.githubusercontent.com/vlachoudis/bCNC/doc/Screenshots/bCNC.png>)

Software bCNC dilengkapi dengan kendali motor *stepper* untuk sumbu X, Y dan Z sebagai penggerak dan dapat membuka file dengan format *\*g-code*, *\*dxf*, *\*svg*, *\*probe*, *\*orient*, *\*stl*. Pada Gambar-3.12 merupakan contoh program *g-code* hasil desain yang dibuka pada software bCNC.

```

▼ ☒ Header - [3]
M3 S12000
G4 P3
G0 Z10
▼ ☒ Layer_1 - [14]
G0 Z3
G0 X12.79 Y7.22
G0 Z0
(entered)
G1 X11.7 Y7.22 Z0 f650
G1 X10.95 Y9.37 Z0
G1 X7.62 Y9.37 Z0
G1 X6.87 Y7.22 Z0
G1 X5.83 Y7.22 Z0
G1 X8.63 Y14.92 Z0
G1 X9.99 Y14.92 Z0
G1 X12.79 Y7.22 Z0
(exiting)
G0 Z3

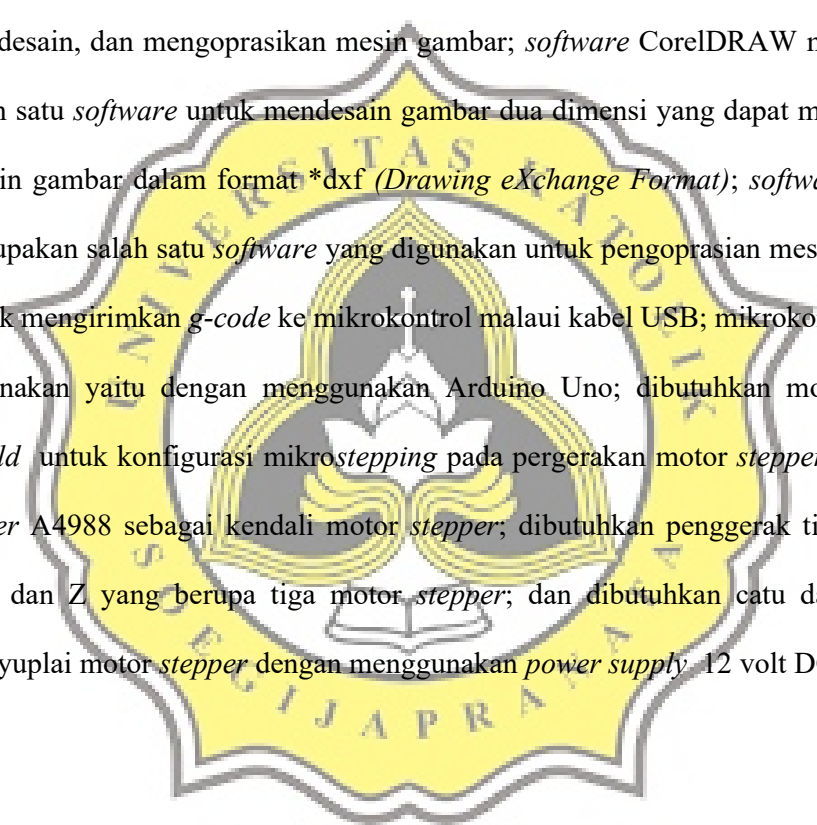
```

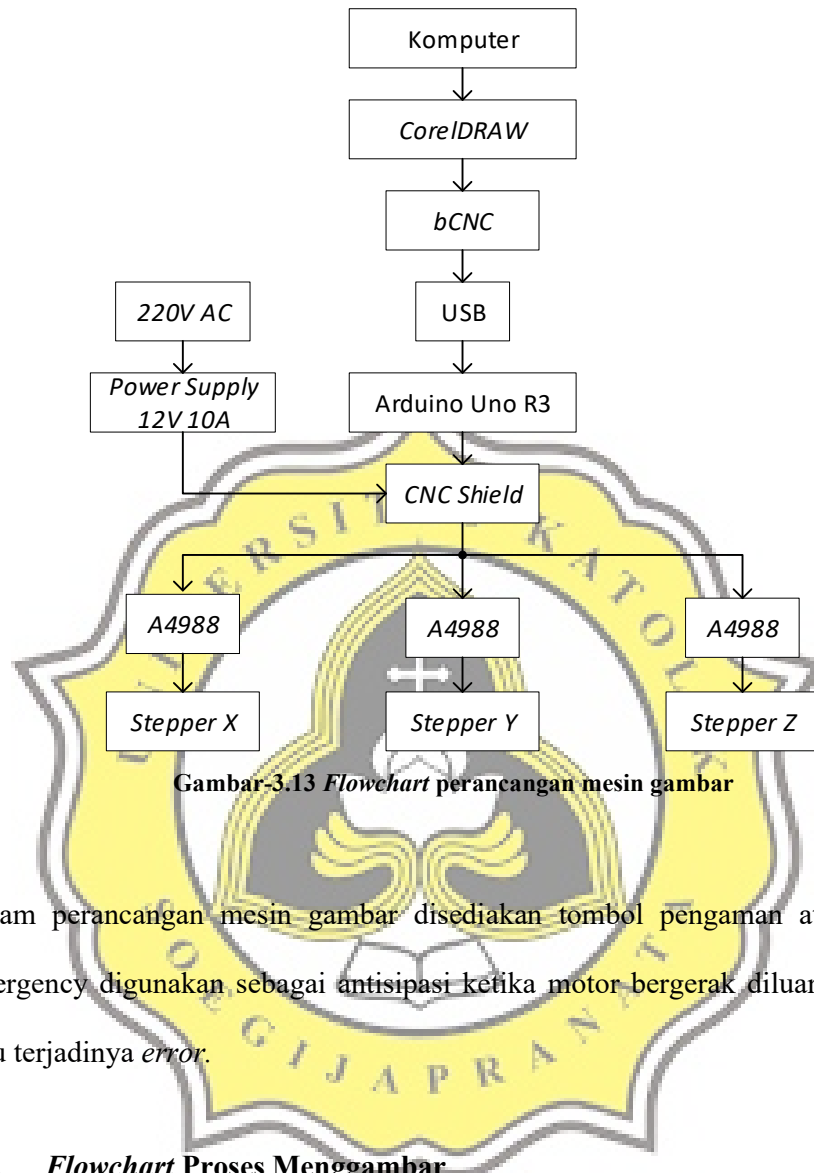
**Gambar-3.12 Program g-code**

Pada Gambar-3.12 merupakan bahasa pemrograman *g-code* yang dikirimkan ke kontroler Arduino Uno untuk menggerakkan motor *stepper*.

### 3.8. **Flowchart Perancangan Mesin Gambar**

Dalam perancangan mesin gambar membutuhkan komponen-komponen sesuai pada Gambar-3.13 seperti; komputer yang berfungsi untuk memprogram, mendesain, dan mengoperasikan mesin gambar; *software* CorelDRAW merupakan salah satu *software* untuk mendesain gambar dua dimensi yang dapat menyimpan desain gambar dalam format *\*dxf (Drawing eXchange Format)*; *software* bCNC merupakan salah satu *software* yang digunakan untuk pengoperasian mesin gambar untuk mengirimkan *g-code* ke mikrokontrol melalui kabel USB; mikrokontrol yang digunakan yaitu dengan menggunakan Arduino Uno; dibutuhkan modul CNC *Shield* untuk konfigurasi *mikrostepping* pada pergerakan motor *stepper*; terdapat *driver* A4988 sebagai kendali motor *stepper*; dibutuhkan penggerak tiga sumbu X,Y dan Z yang berupa tiga motor *stepper*; dan dibutuhkan catu daya untuk menyuplai motor *stepper* dengan menggunakan *power supply* 12 volt DC.



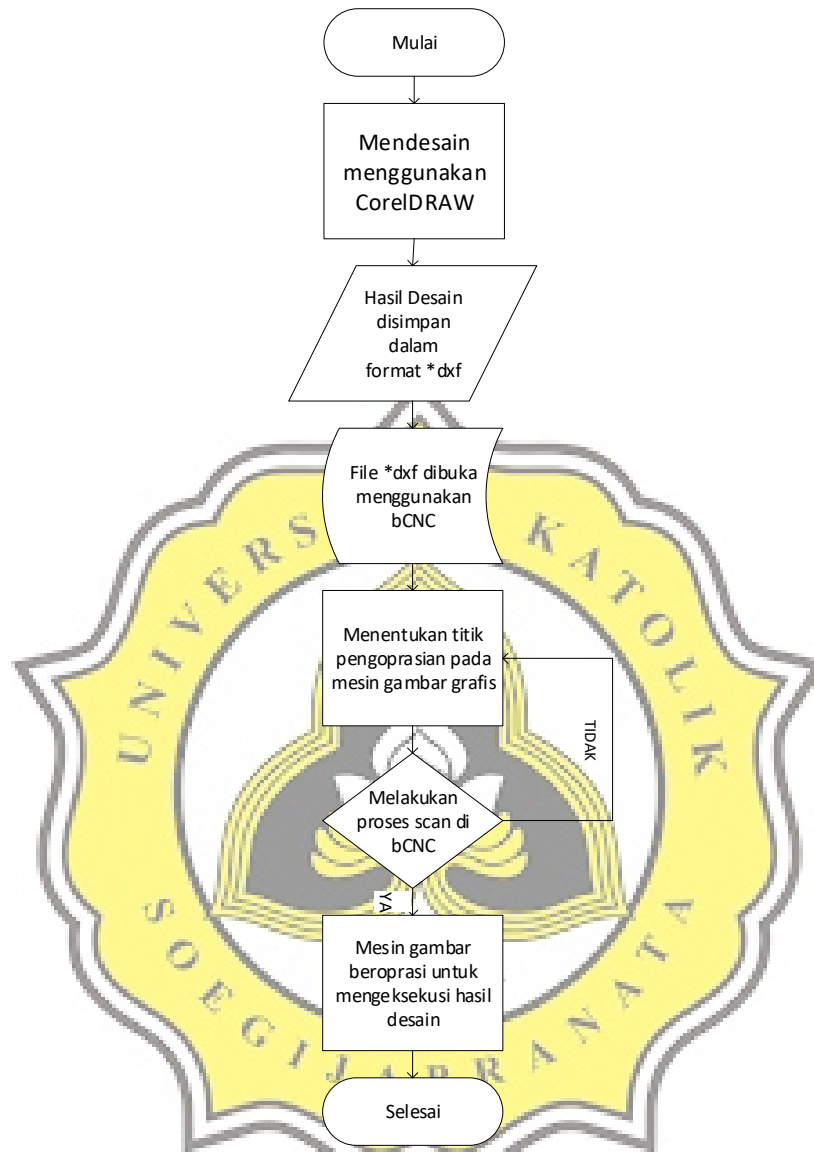


Gambar-3.13 Flowchart perancangan mesin gambar

Dalam perancangan mesin gambar disediakan tombol pengaman atau tombol emergency digunakan sebagai antisipasi ketika motor bergerak diluar area kerja atau terjadinya *error*.

### 3.9. Flowchart Proses Menggambar

Dalam membuat gambar dua dimensi dengan menggunakan mesin gambar membutuhkan proses untuk mengolah desain gambar yang telah dibuat ataupun dimodifikasi melalui *software* CoreIDRAW. Pada Gambar-3.14 merupakan langkah langkah dari mendesain hingga proses menggambar dengan menggunakan mesin gambar.



**Gambar-3.14 Flowchart proses menggambar**

Pada Gambar-3.14 merupakan proses pembuatan gambar menggunakan mesin gambar dari mendesain ataupun memodifikasi gambar dengan menggunakan *software* CorelDRAW. Hasil desain gambar disimpan dengan format \*.dxf (*Drawing eXchange Format*), setelah itu file hasil desain gambar dibuka melalui *software* bCNC. Kemudian operasikan mesin gambar untuk menentukan titik awal



atau *home*, setelah titik awal ditentukan dilakukan scanning untuk mengetahui panjang dan lebar hasil desain yang telah dibuat. Dimensi pada mesin gambar yang dirancang dengan Panjang 180 milimeter dan lebar 120 milimeter. Apabila saat scanning melebihi dimensi yang telah ditentukan, maka perlu memodifikasi desain gambar melalui *software* CorelDRAW. Apabila desain gambar kurang dari dimensi atau sama dengan dimensi yang ditentukan maka dilakukan proses menggambar. Pengujian yang dilakukan yaitu dengan menggunakan spidol dan kertas foto. Estimasi waktu saat menggambar menggunakan mesin gambar tergantung dari desain gambar yang dibuat. Mesin gambar akan kembali ke titik awal atau *home* ketika proses menggambar telah selesai.

