

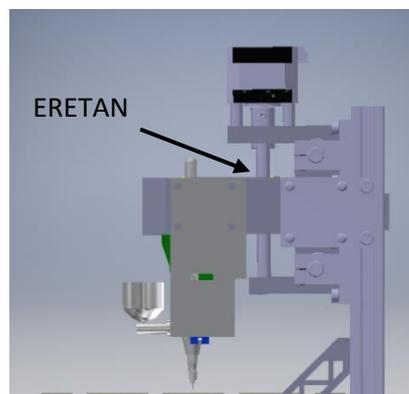
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perancangan Alat

4.1.1. Perhitungan Torsi Eretan Sumbu X

1. Torsi eretan sumbu z



Gambar 4.1 Eretan Sumbu Z

Untuk mendapatkan ukuran sesuai dengan keperluan mesin ,maka perhitungan bisa dibagi menjadi 2 bagian ,yakni

- a. *Lead screw* dan daya motor

Lead screw yang akan dipakai adalah lead screw T8 dengan spesifikasi berikut :

Diameter (d) = 8mm

Pitch(p) =2mm

Konstanta gesek($\tan\Phi$) =0.15

Beban *spindle* pen *brush* =1kg

- Mencari nilai $\tan \alpha$

$$\tan \alpha = \frac{p}{\pi.d}$$

$$\tan \alpha = \frac{2}{3.14 \times 8}$$

$$\tan \alpha = 0.079545$$

- Mencari gaya pengangkat beban

$$F = W. \tan (\alpha + \phi)$$

$$F = W \left[\frac{\tan \alpha + \tan \phi}{1 - \tan \alpha . \tan \phi} \right]$$

$$F = 1 \times \left[\frac{0.079545 + 0.15}{1 - \tan \alpha . \tan \phi} \right]$$

$$F = 0.232317 \text{ kg}$$

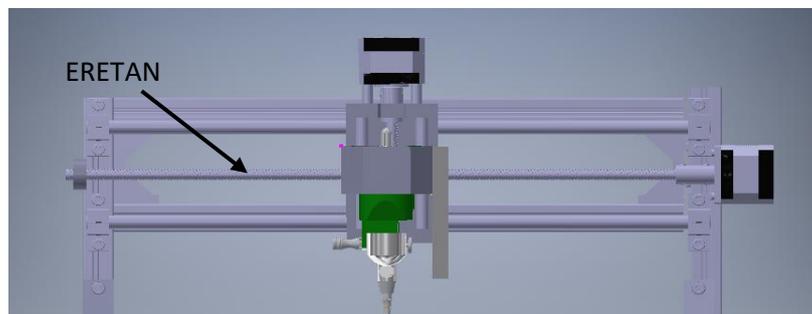
- Torsi total yang diperlukan pada ujung lengan

$$T = F. \frac{d}{2}$$

$$= 0.232317 \times \frac{8}{2}$$

$$= 0.92927 \text{ kg/mm}$$

2. Torsi eretan sumbu x



Gambar 4.2 Eretan Sumbu X

Lead screw dan daya motor

Lead screw yang dipakai adalah *lead screw* T10,

Diameter (d) = 10 mm

Pitch (p) = 2 mm

Konstanta gesek ($\tan\Phi$) = 0.15

- mencari nilai $\tan \alpha$

$$\tan \alpha = \frac{p}{\pi \cdot d}$$

$$\tan \alpha = \frac{2}{3.14 \times 10}$$

$$\tan \alpha = 0.063636$$

Beban total eretan sumbu x setelah diperhitungkan sebelumnya adalah 2 kg

- Mencari daya pengangkat beban

$$P = W \cdot \tan (\alpha + \phi)$$

$$P = W \cdot \tan \left[\frac{\tan \alpha + \tan \phi}{1 - \tan \alpha \cdot \tan \phi} \right]$$

$$= 2x \left[\frac{0.063636 + 0.15}{1 - \tan \alpha \cdot \tan \phi} \right]$$

$$= 0.431391 \text{ kg}$$

- Torsi total yang diperlukan pada ujung lengan

$$T = p \frac{d}{2}$$

$$0.431391 \times \frac{10}{2}$$

$$= 2.156953 \text{ kg./mm}$$

Dengan hasil torsi total 2.156953 kg/mm, maka motor stepper yang di gunakan pada sumbu z dan x adalah NEMMA 17 dengan spesifikasi :

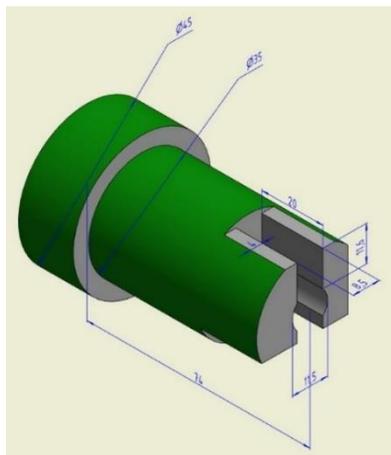
- Langkah: $1.8^\circ \pm 5\%$ (200 per putar)
- Tegangan pasokan nominal: 12 v
- Fase Nilai Saat Ini: 400 MA
- Torsi (memegang torsi): setidaknya $3,17 \text{ kg} \times \text{cm}$
- Torsi baris (torsi detent): $0,2 \text{ kg} \times \text{cm}$
- Kecepatan awal maksimum: 2500 langkah / s
- Diameter poros : 5 mm
- Dimensi : 6,8 cm x 4,2
- Berat : 550 gr

4.1.2. Perancangan *Spindle*



Gambar 4.3 *Spindle Router*

Gambar 4.3 menunjukkan *spindle router* yang menggunakan mata *endmil* yang digunakan untuk mengukir dan *drilling* yang akan dikembangkan menjadi *spindle air brush* dengan desain ukuran yang sama agar bisa plug in di kepala mesin CNC.



Gambar 4.4 Desain *Spindle Air Brush*

Perancangan CNC air brush dilakukan berdasarkan desain software autodesk inventor dimana membuat desain 2D dan 3D terlebih dahulu agar pengembangan CNC air brush dapat terpasang secara presisi dengan dimensi yang ditentukan, desain ini mendasar pada tingkat presisi masing masing sisi sehingga hal ini dapat mengurangi kesalahan dan menimalisir biaya produksi. Material yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini menggunakan material aluminium sebagai struktur mekanik. Aluminium merupakan logam non-ferrous yang paling banyak digunakan di dunia, dengan pemakaian tahunan sekitar 24 juta ton. Aluminium dengan densitas 2.7 g/cm³ sekitar sepertiga dari densitas baja (8.83 g/cm³), tembaga (8.93g/cm³), atau kuningan (8.53 g/cm³), mempunyai sifat yang unik, yaitu: ringan, kuat, dan tahan terhadap korosi pada lingkungan luas termasuk udara, air (termasuk air garam), petrokimia, dan beberapa system kimia. Dari sifat bahan aluminium yang ringan, kuat dan tahan korosi inilah yang mendasari pemikiran untuk menggunakan material tersebut

Proses pembuatannya adalah dengan cara menyiapkan material aluminium dengan ukuran $\varnothing 50mm \times 80mm$ lalu masuk proses pembubutan sesuai dengan ukuran desain yang sudah digambar, lalu diteruskan dengan mesin milling untuk memproses profil yang tidak bisa dikerjakan mesin bubut.

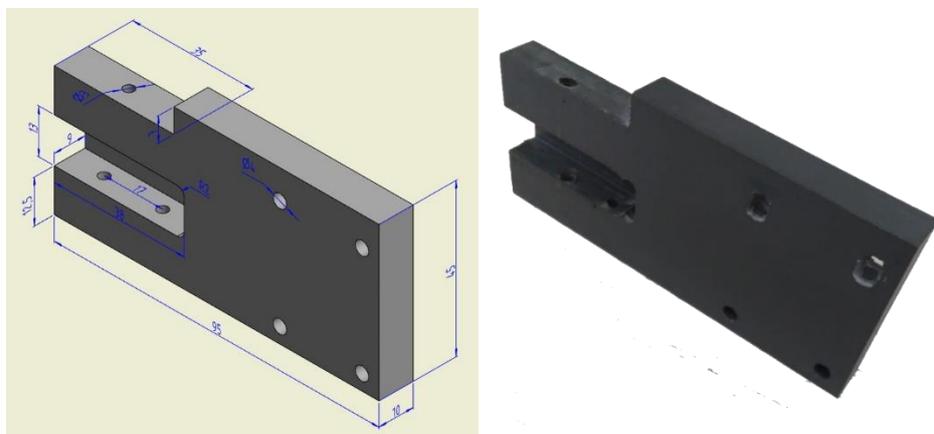
Dan di apply pen brush mollar yang dipasang dengan Spesifikasi pen brush yang digunakan :

- *Nozle Ø 0.3 mm*
- *Cup capacity 22CC*
- *Working pressure 15 – 50 psi*
- *Double – action triger air control.*

Yang di gabungkan dengan kompresor yang berfungsi sebagai supplay angin untuk disambungkan dengan pen brush dengan spesifikasi :

- Merk : H&L
- Daya Listrik 90 Watt
- Motor 1/6 HP
- *Pressure 25-30 Psi*
- *Voltase 110 / 220 V AC*
- *Horse Power 0.2 HP*
- Kecepatan Mesin 1450 rpm
- *Nipple Out 1/8" (Setelah Filter) / 1/4" (Sebelum Filter)*

4.1.3. Perancangan Rumah Servo



Gambar 4.5 Desain Rumah Servo

Perancangan rumah *servo* sebagai tempat atau penyangga yang berfungsi untuk penggerak tuas penarik pen brush atau *z axis* yang ditempatkan jadi satu disamping spindel. untuk menggerakkan motor *servo* diperlukan perintah dari arduino yang terhubung di pin D6 ketika sinyal high atau 1 maka servo akan keatas dan jika sinyal low atau 0 maka servo akan ke posisi awal, gerak motor servo ditentukan oleh coding .

Spesifikasi servo yang digunakan :

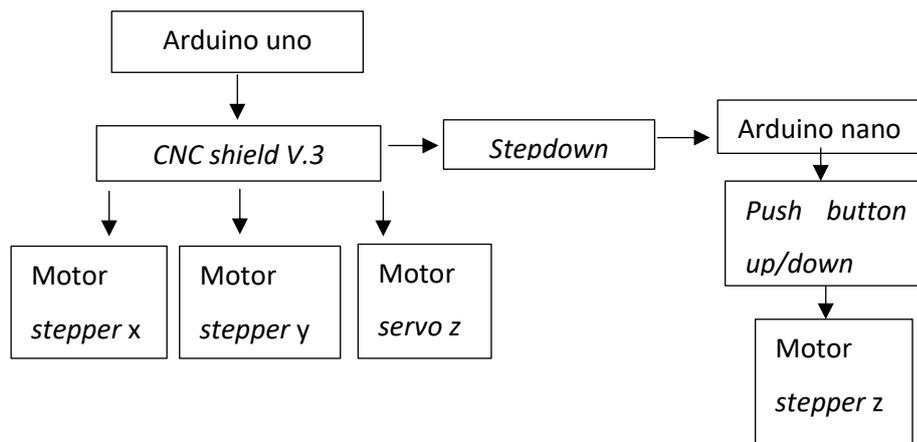
- a. Type: Emax ES08MA II/Emax ES08MA V2.
- b. Size: 23 x 11.5 x 24 mm (1.25 x. 45 x.94in)
- c. Weight: 12g / 0.42oz.
- d. Working voltage: 4.8V~6.0V.
- e. Working current: 200mA/60°
- f. Speed: 0.12sec/60o at 4.8V; 0.10sec/60o at 6V.

material yang digunakan menggunakan bahan pvc karena sifatnya yang mudah dibentuk untuk berbagai aplikasi. PVC pada umumnya terbagi menjadi dua kelompok besar, yaitu PVC kaku (*rigid*) dan PVC fleksibel. Pada dasarnya, setiap produk PVC murni (tanpa zat aditif) memiliki sifat alami kaku.

Proses pembuatannya dengan cara menggunakan mesin milling , pertama tama persiapkan material pvc dengan ukuran $50mm \times 100 mm \times 10mm$ lalu proses dengan mesin milling sesuai desain profilnya dan pcd lubangnya untuk dipasang di samping spindel

4.1.4. Perancangan Mikrokontroler

Sistem yang dirancang penulis dengan menggunakan sistem *cnc 3 axis* menggunakan arduino uno dan cnc shield menggunakan *software gbrl* (*Universal Gcode Platform*).



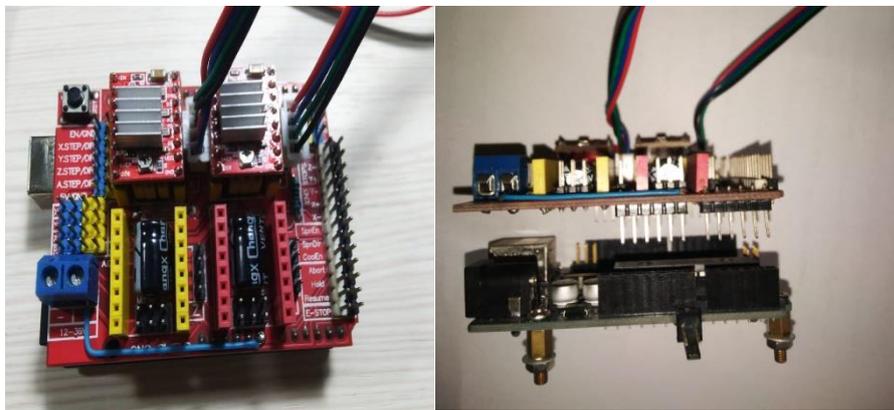
Gambar 4.6 Diagram mikrokontroler

Arduno utama menjadi 1 dengan modul *CNC shield V.3* mengendalikan 2 motor *steper* dan 1 motor *servo*. 2 motor *steper* menjadi *axis y* dan *axis x* untuk menggerakkan meja dan *servo* sebagai *axis z* untuk penekanan pen brush setiap motor mendapat 1 *driver* dengan IC A4988. *Step down* untuk menghubungkan suplay tegangan dari arduino *CNC shield V.3* karena perbedaan tegangan untuk modul regulator untuk menyesuaikan tegangan. Arduino nano untuk mengatur secara analog dengan menggunakan tombol *up / down axis z* yang digunakan untuk menyeting ketinggian dengan menggunakan motor *stepper*. Ketika program dijalankan , Arduino uno berjalan mengikuti progam yang di input melalui aplikasi *universal gcode platform*, sedangkan anrduino nano di input

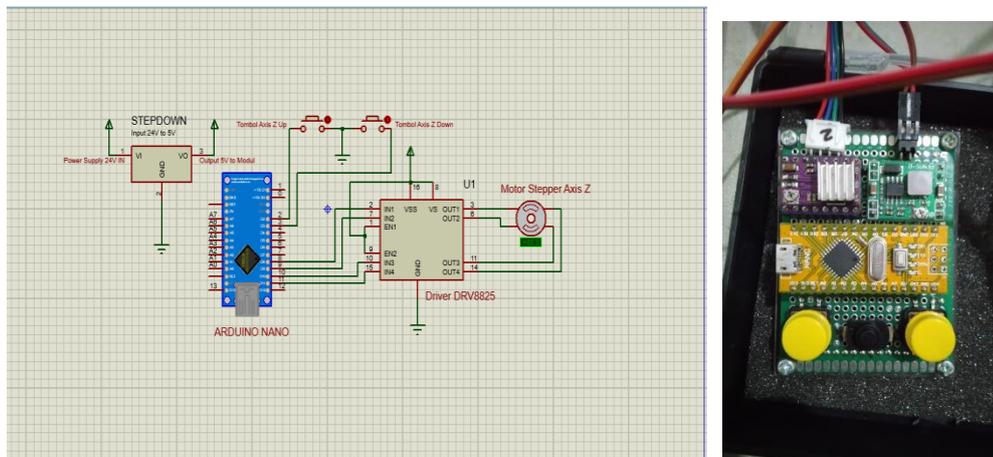
manual dengan menekan tombol naik dan turun untuk menggerakkan motor *stepper*.

1. Rangkaian Sistem Elektronik

Rangkaian sistem elektronik seluruh pengendalian cnc air brush terdiri dari Aduino uno ,*CNC shield V3* ,*Driver A4988*, *Motor Stepper* , *air brush* ,kompresor.



Gambar 4.7 Rangkaian Mikrokontroler



Gambar 4.8 Rangkaian Elektronik *Cotroler Z*

Cara kerja dari masing masing komponen sebagai berikut :

1. Arduino uno

Pada rangkaian alat ini Arduino uno merupakan komponen sebagai pengontrol penuh dari semua yang ada ,yang berbasis mikrokontroler pada Atmega 328. Memiliki 14 digital input/output 6.

2. *Cnc shield V3*.

Modul yang langsung plug in dengan arduino uno yang pin dan slot sebagai input dan output dari komponen motor stepper dan servo

3. Motor *stepper*

sebagai penggerak masing masing axis dimana arah dari gerakan motor stepper ditentukan sinyal dari arduino . Masing masing step mempunyai sinyal yang berbeda beda .motor stepper membaca sinyal yang diterima oleh arduino berupa 1 dan 0 yang merupakan hasil koordinat yang telah dibuat oleh file g-code yang kemudian menghasilkan gerakan yang berasal dari file tersebut

4. 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 *cnc shield* ketika sinyal high atau 1 maka servo akan berputar katas dan jika sinyal low atau 0 maka servo akan ke posisi awal. Mengkofigurasi posisi awal pada motor servo dapat dilakukan didalam program dengan mengubah nilai step servo.

5. Driver

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

Penjelasan masing-masing bagian pada gambar 4.5 adalah :

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

2. Step down

Merupakan komponen penurun tegangan dari *cnc shield 12V* yang disambungkan ke arduino nano yang bertegangan 5V

3. Driver

Sebagai jembatan antara arduino dan motor *stepper z axis* dengan tombol *up* dan *down*

4. Motor *stepper*

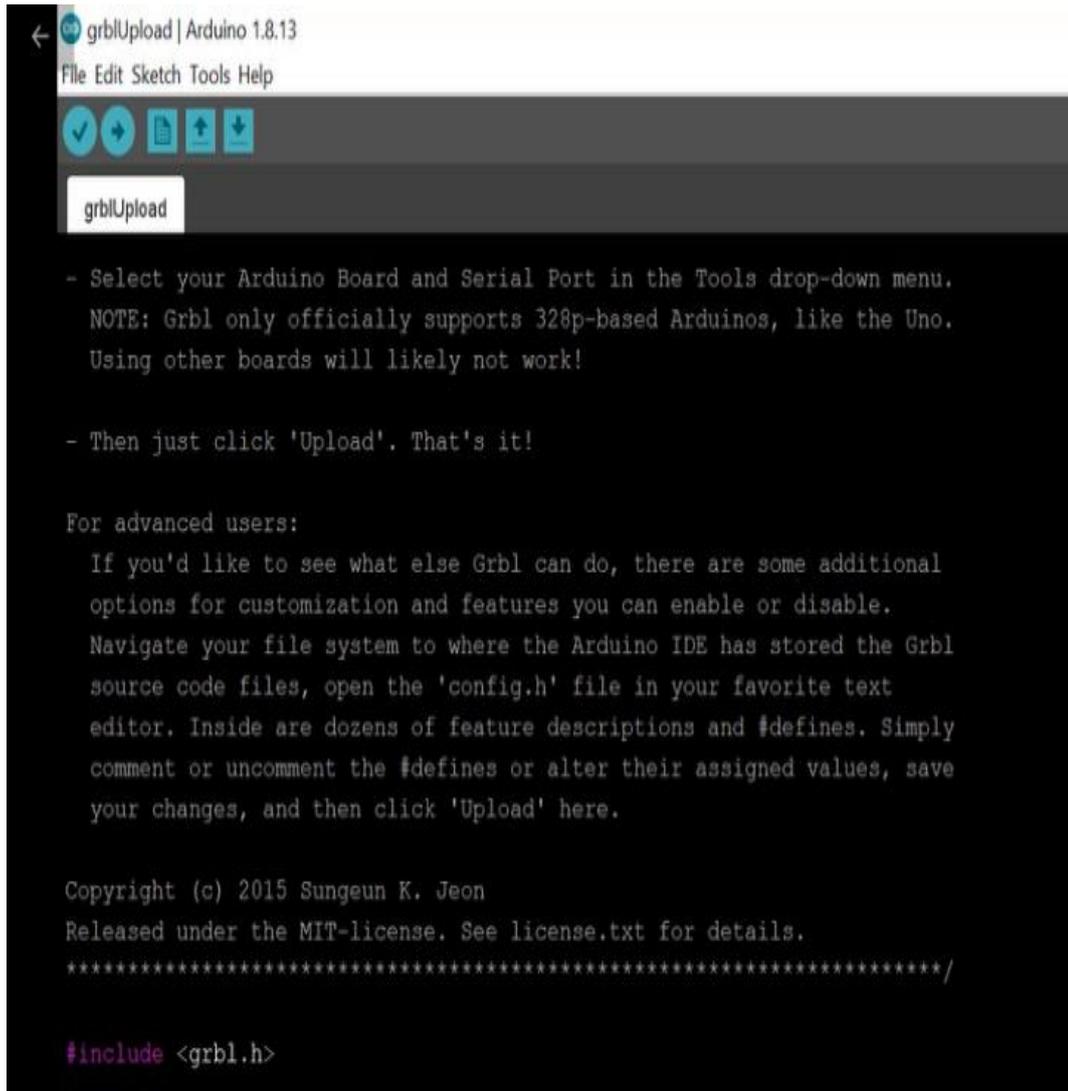
Motor *stepper* bekerja sebagai penggerak *controler z* yang menerima sinyal analog dari tombol *up down*

5. Tombol

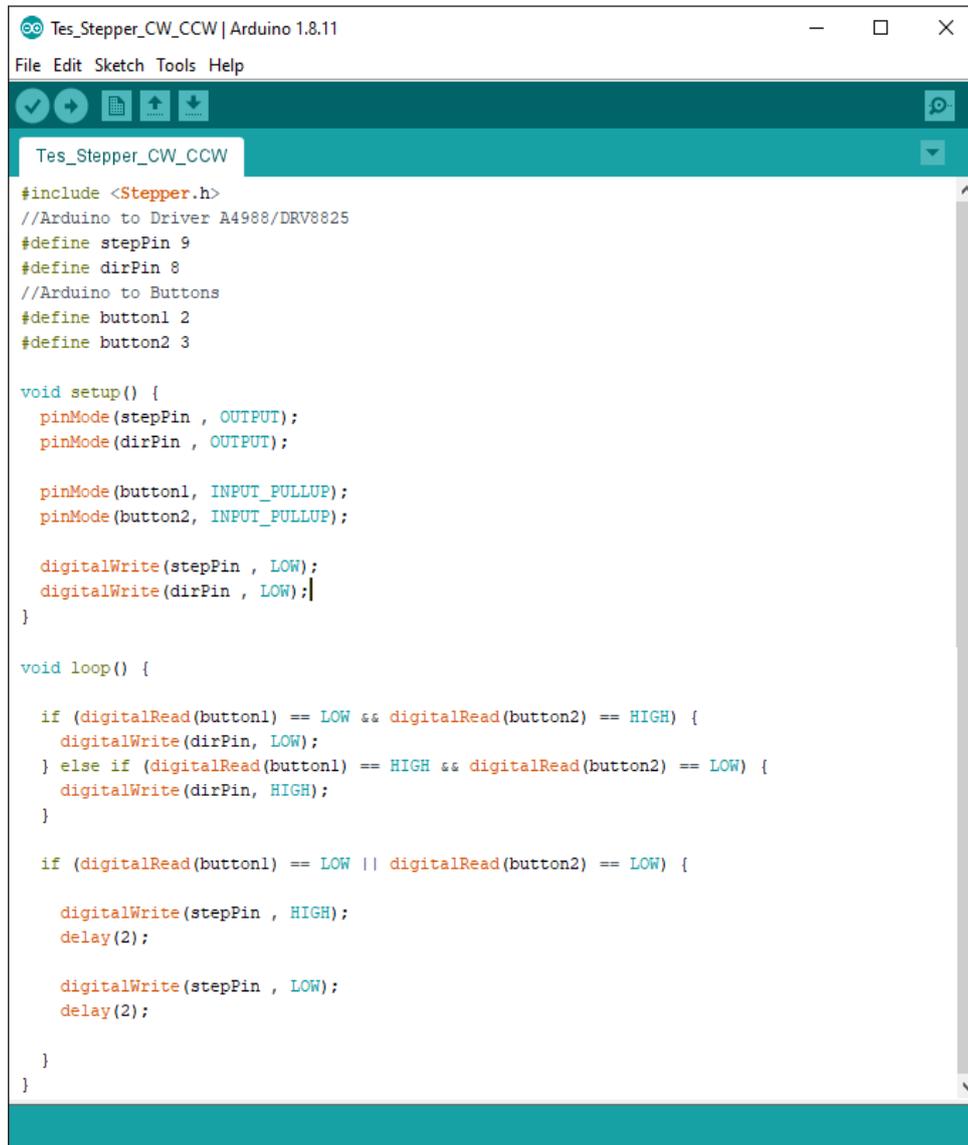
Tombol *up* dan *down* berfungsi untuk memberikan perintah sinyal ke arduino nano yang diteruskan ke *driver* untuk menggerakkan motor *stepper* .

4.1.6. Program

Pada mesin *CNC air brush* ini menggunakan program *Grbl firmware open source* tersedia secara bebas untuk setiap orang, *GRBL* digunakan sebagai *firmware* untuk mesin *CNC*.



Gambar 4.9 Program GRBL



```
Tes_Stepper_CW_CCW | Arduino 1.8.11
File Edit Sketch Tools Help
Tes_Stepper_CW_CCW
#include <Stepper.h>
//Arduino to Driver A4988/DRV8825
#define stepPin 9
#define dirPin 8
//Arduino to Buttons
#define button1 2
#define button2 3

void setup() {
  pinMode(stepPin , OUTPUT);
  pinMode(dirPin , OUTPUT);

  pinMode(button1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(button2, INPUT_PULLUP);

  digitalWrite(stepPin , LOW);
  digitalWrite(dirPin , LOW);
}

void loop() {

  if (digitalRead(button1) == LOW && digitalRead(button2) == HIGH) {
    digitalWrite(dirPin, LOW);
  } else if (digitalRead(button1) == HIGH && digitalRead(button2) == LOW) {
    digitalWrite(dirPin, HIGH);
  }

  if (digitalRead(button1) == LOW || digitalRead(button2) == LOW) {

    digitalWrite(stepPin , HIGH);
    delay(2);

    digitalWrite(stepPin , LOW);
    delay(2);

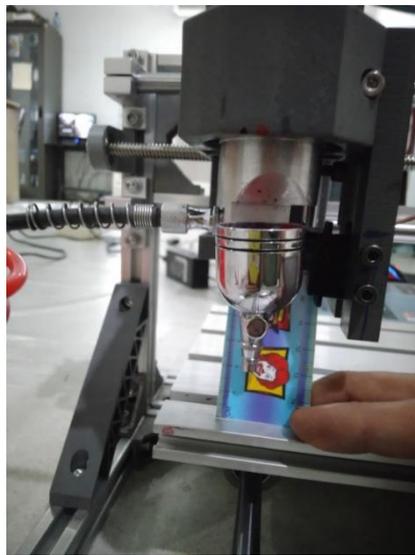
  }
}
```

Gambar 4.10 Program *Controler Z*

Program controler z berfungsi untuk memberikan perintah motor stepper berputar CW dan CCW ,pertama menentukan variabel arduino ke driver step pin 9 dan dirpin 8 kemudian arduino ke button(tombol) 1 dan 2 yang diberikan perintah tegangan positif pada button 1 dan button 2 diberikan tegangan negatif dengan membaca tegangan dengan delay 0,2 detik .

4.1.7. Implementasi Rancangan

Gambar menunjukkan hasil dari implementasi rangkaian sistem elektronik seluruh pengendalian cnc air brush terdiri dari aduino uno ,CNC shield V3 ,Driver A4988, Motor Stepper , servo ,air brush ,kompresor yang telah disusun sedemikian rupa sehingga nantinya dapat berfungsi .



Gambar 4.11 *Spindle Air Brush*

Gambar 4.10 menunjukkan hasil pemasangan pen brush yang disambungkan dengan kompresor sebagai sumber udara untuk penyemprotan dan motor servo sebagai pengatur buka tutup nozle yang mengatur lebar tipisnya penyemprotan dan bagian motor stepper untuk memutar ulir agar pen brush naik turun.

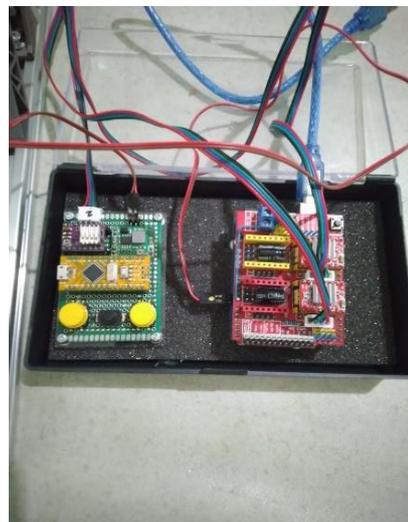


Gambar 4.12 *Power Suplay*

Power suplay sebagai tegangan listrik sebesar 12V yang dibagi oleh arduino ke motor stepper dan servo dan juga ke controler z.



Gambar 4.13 Kompresor Ke Pen Brush



Gambar 4.14 Mikrokontroler

Gambar 4.12 pemasangan kompresor ke pen brush dengan menggunakan selang 8mm untuk jalur udara sedangkan Gambar 4.13 susunan mikrokontroler yang digabungkan antara CNC shield V3 dengan controler z.

4.2. Pengujian Pengaruh Jarak Axis Terhadap Hasil Penyemprotan

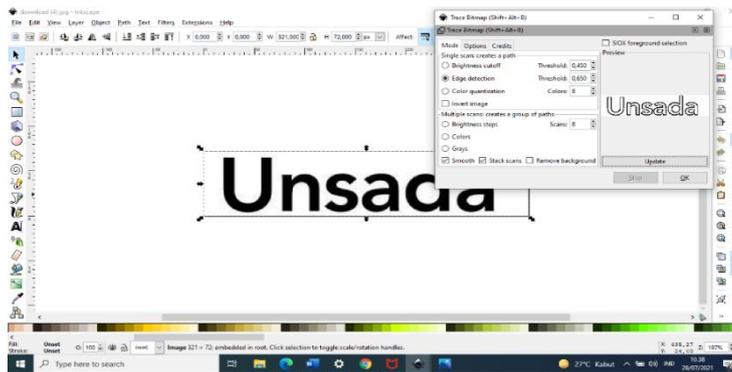
Tahapan yang dilakukan pada pengujian jarak *axis* terhadap penyemprotan adalah mempersiapkan desain gambar dengan jenis *file PNG*. Kemudian buka aplikasi *inkscape* dan masukkan *file PNG* yang sudah tersedia, lakukan penyetingan sesuai kebutuhan pengujian agar desain gambar bisa dioperasikan dengan baik. Setelah proses penyetingan di aplikasi *inkscape* lalu berlanjut kepada aplikasi yang dapat menghubungkan PC/Laptop ke mesin *CNC 3018 air brush*. menggunakan UGS. Aplikasi ini dapat membaca gambar yang ingin dikerjakan untuk menjadi sebuah program berupa *G-Code*. Pengaruh dari jarak *axis* terhadap hasil penyemprotan yaitu terhadap kelebaran hasil semprotan dan keakurasian ukuran pola dengan ukuran sebenarnya. Berikut alur merancang desain gambar hingga bisa dioperasikan pada mesin *CNC 3018* :

1. Menggunakan gambar format png untuk dirubah gcode ke aplikasi *inkscape*.



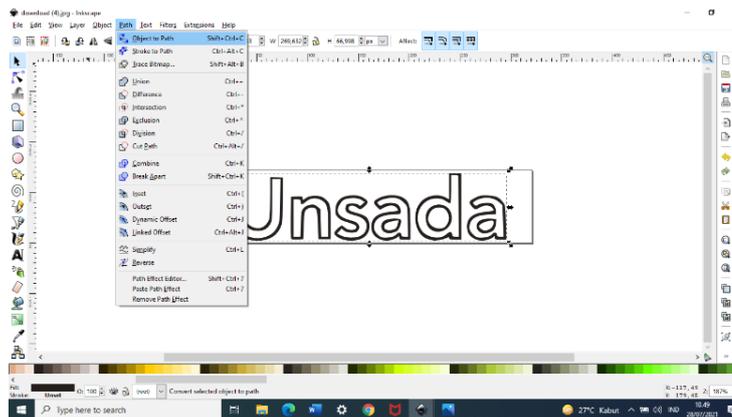
Gambar 4.15 gambar png

2. Mengubah gambar png menjadi bitmap melalui *inkscape* yang ada pada path. Menu di bitmap



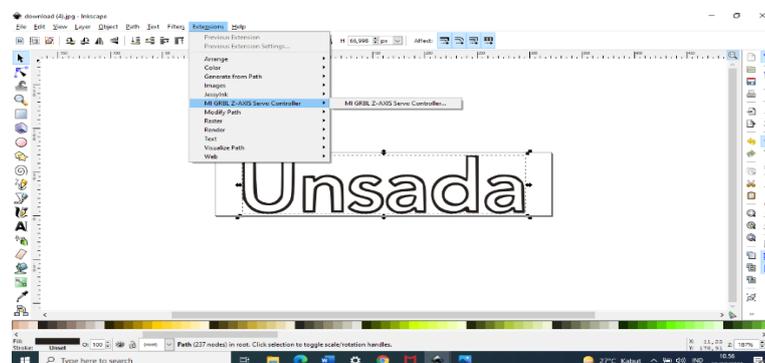
Gambar 4.16 Mengubah Gambar Png Menjadi Bitmap

3. Mengubah gambar menjadi bitmap menjadi path melalui *inkscape* menggunakan fitur *object to path*.



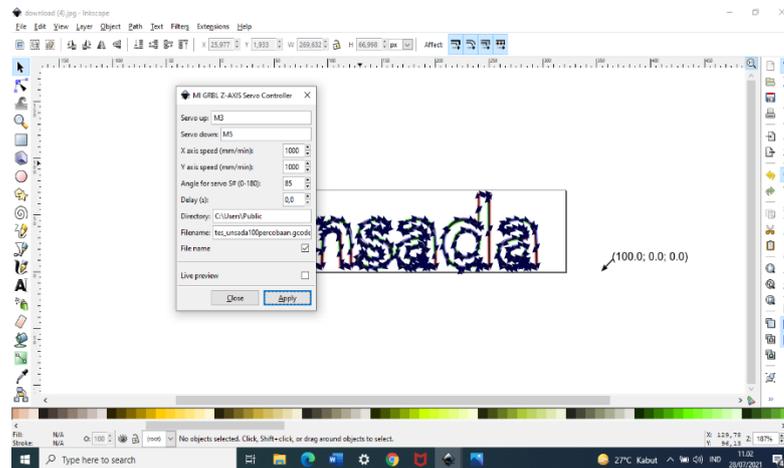
Gambar 4.17 Mengubah Bitmap Menjadi Path

4. Mengubah path menjadi *gcode* melalui *inkscape* agar dapat digunakan untuk *CNC* . melalui MI GBRL Z -AXIS Servo Controller untuk mengatur derajat *servo* .



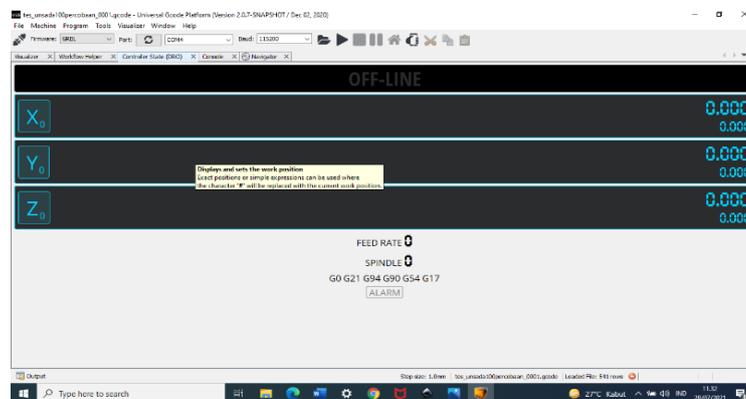
Gambar 4.18 Mengubah *path* menjadi *g code*

5. Menentukan derajat servo menggunakan melalui MI GBRL Z -AXIS Servo



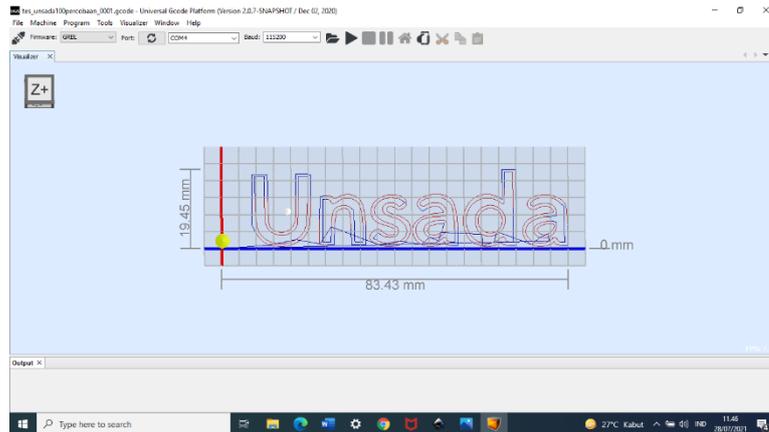
Gambar 4.19 Menentukan derajat servo

6. Menghubungkan CNC dengan *Universal Gcode Sender*.



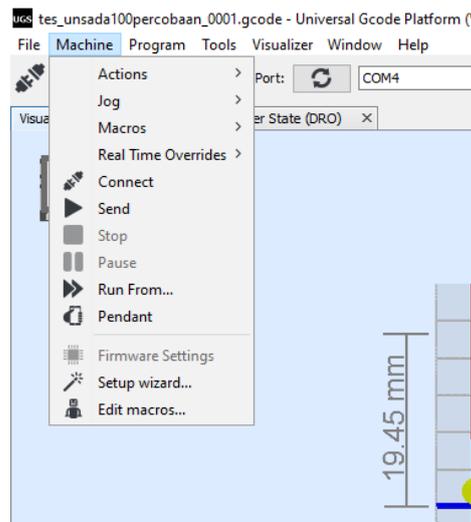
Gambar 4.20 Menghubungkan CNC ke *Universal Gcode Sender*

7. Memasukkan file Gcode yang sudah dibuat inskape .Gcode yang sudah masuk pada *Universal Gcode Sender* dapat dilihat pada *visualizer*.



Gambar 4.21 Visualizer Universal Gcode Sender

8. Menjalankan CNC melalui *Universal Gcode Sender*. Tombol send pada *Universal Gcode Sender*

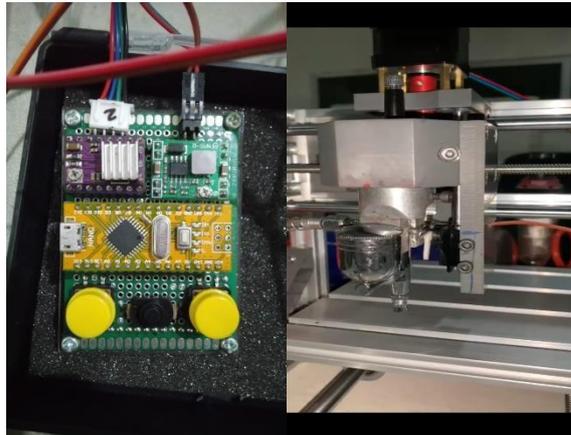


Gambar 4.22 Mengirim program

9. Hasil penyemprotan CNC 3018



Gambar 4.23 Hasil pengecatan huruf



Gambar 4.24 Setting ketinggian jarak meja dengan pen brush

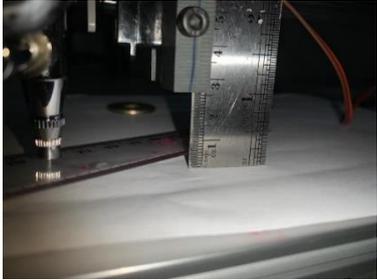
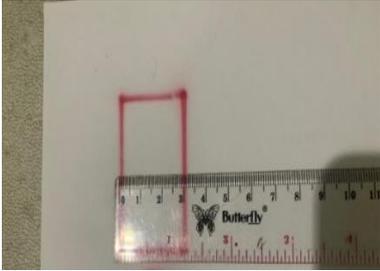
Untuk memulai pengujian terhadap jarak axis, peneliti telah menentukan beberapa percobaan terhadap variasi jarak axis yang akan digunakan untuk melakukan pengujian. Kemudian beberapa variasi jarak axis yang akan digunakan untuk pengujian yang sesuai dengan kebutuhan pengujian. Berikut beberapa variasi jarak axis yang akan digunakan yaitu:

Tabel 4.1 Tabel Setingan Pengujian

No	Variabel jarak axis (mm)	Posisi derajat servo yang digunakan	Y axis speed (mm/s)	X axis speed (mm/s)	Delay (s)
1	7.5	85°	1000	1000	0.0
2	10	85°	1000	1000	0.0
3	12.5	85°	1000	1000	0.0
4	15	85°	1000	1000	0.0

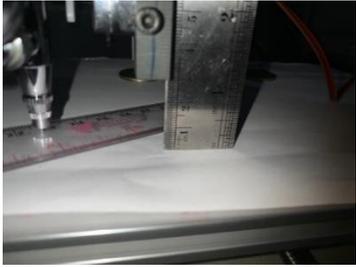
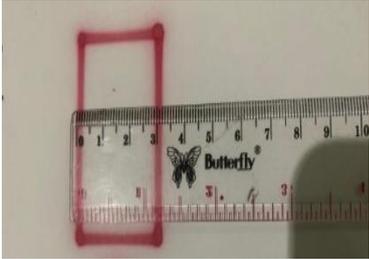
Tabel di atas menjelaskan tentang data yang di ambil dari berbagai percobaan untuk mendapatkan beberapa jenis variable untuk jarak axis yang akan digunakan untuk pengujian. Maka dari itu ditentukanlah pada jarak 7.5, 10, 12.5, 15 dengan menggunakan input servo derajat 85°. Serta gerakan Y axis dan X axis dengan speed yang sama yaitu 1000 mm/s agar menghasilkan gerakan yang sama dan stabil. Untuk delay dari perpindahan gerakan menggunakan 0.0 s. Sedangkan jika menggunakan delay di atas 0.5 s, gerakan yang dihasilkan terjadi penebalan cat hanya pada titik terjadinya delay.

4.2.1. Variabel jarak axis 7.5 mm

Jarak axis 7.5 mm	Hasil pengujian	Kelebaran hasil penyemprotan (mm)
		1.5 mm

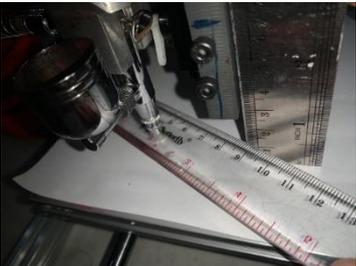
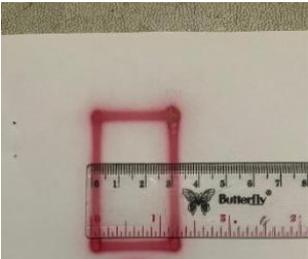
Dari penyemprotan dengan jarak axis 7.5 mm dapat dilihat seperti gambar di atas bahwa kelebaran hasil penyemprotan mendapatkan nilai 1.5 mm.

4.2.2. Variabel jarak axis 10 mm

Jarak axis 10 mm	Hasil pengujian	Kelebaran hasil penyemprotan (mm)
		3 mm

Dari penyemprotan dengan jarak axis 10 mm dapat dilihat seperti gambar di atas bahwa kelebaran hasil penyemprotan mendapatkan nilai 3 mm.

4.2.3. Variabel jarak axis 12.5 mm

Jarak axis 12.5 mm	Hasil pengujian	Kelebaran hasil penyemprotan (mm)
		4 mm

Dari penyemprotan dengan jarak axis 12.5 mm dapat dilihat seperti gambar di atas bahwa kelebaran hasil penyemprotan mendapatkan nilai 4 mm.

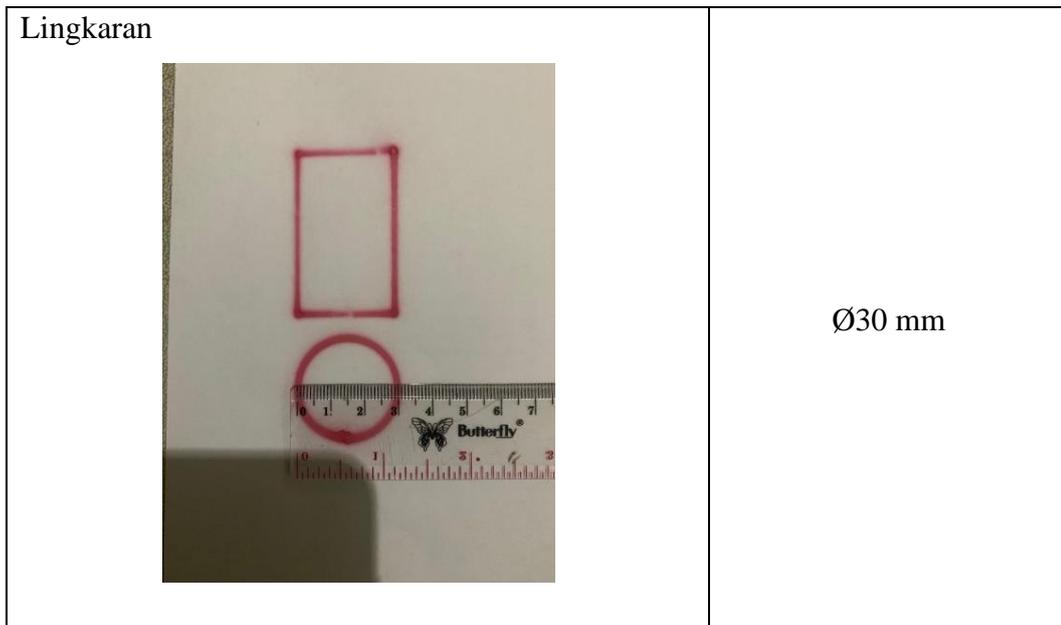
4.2.4. Variabel jarak axis 15 mm

Jarak axis 15 mm	Hasil pengujian	Kelebaran hasil penyemprotan (mm)
		5 mm

Dari penyemprotan dengan jarak axis 15 mm dapat dilihat seperti gambar di atas bahwa kelebaran hasil penyemprotan mendapatkan nilai 5 mm.

4.2.5. Keakurasian hasil pengecatan

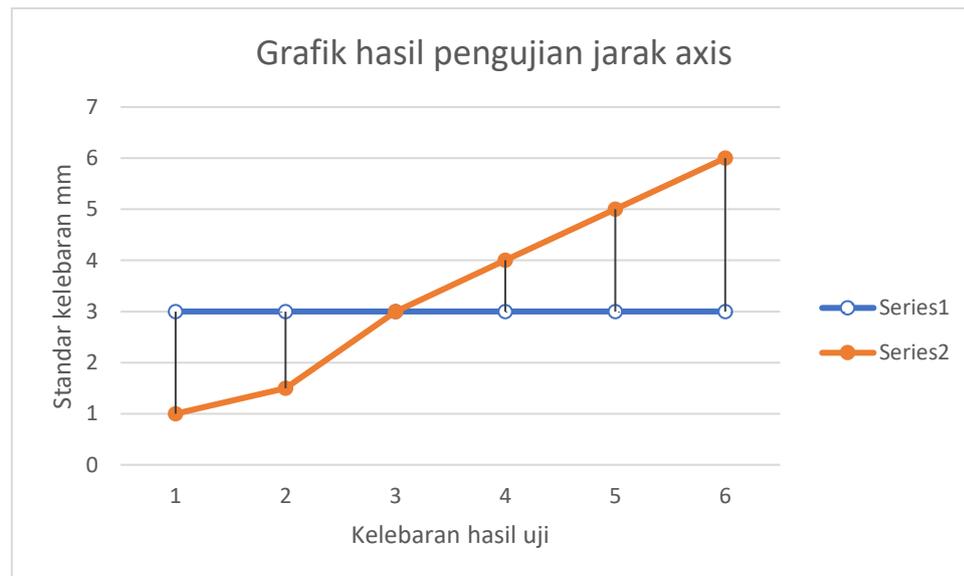
Pengukuran desain gambar	Hasil pengukuran (mm)
Persegi panjang 	30x50 mm



Dari data di atas dijelaskan bahwa ukuran dimensi untuk desain gambar menghasilkan suatu tingkat keakurasian yang baik. Karena ukuran di aplikasi sama dengan ukuran hasil pengujian.

Tabel 4.2 Hasil pengujian jarak axis

No	Variasi jarak axis (mm)	Kelebaran hasil penyemprotan (mm)	Standar kelebaran (mm)
1	7.5 mm	1.5 mm	3 mm
2	10 mm	3 mm	3 mm
3	12.5 mm	4 mm	3 mm
4	15 mm	5 ,mm	3 mm



Dari hasil grafik di atas maka dapat di artikan sebagai hasil yang mendekati titik standar yaitu di jarak axis 12.5 dengan kelebaran penyemprotan 4 mm. karena memiliki selisih 1 mm dari titik standar.

4.3. Pembahasan

Dari pengambilan data dengan 4 kali pengujian di peroleh hasil dengan dengan jarak axis 7.5 mm kelebaran hasil penyemprotan mendapatkan nilai 1.5 mm. ketika dengan jarak axis 10 mm bahwa kelebaran hasil penyemprotan mendapatkan nilai 3 mm. Dengan jarak axis 12.5 mm didapat kelebaran hasil penyemprotan mendapatkan nilai 4 mm dengan jarak axis 15 mm diperoleh kelebaran hasil penyemprotan mendapatkan nilai 5 mm.

Dari data pengujian dijelaskan bahwa ukuran dimensi untuk desain gambar menghasilkan suatu tingkat keakurasian yang baik. Karena ukuran di aplikasi sama dengan ukuran hasil pengujian.

Alat batik ini dapat membuat pola batik pada kepala harimau barongan Reyog Ponorogo dengan otomatis dengan tingkat keberhasilan alat mencapai 95 % dalam mengurangi resiko kegagalan proses pewarnaan pola pada barongan reyog ponorogo. Hasil penelitian ini menunjukkan alat batik Barongan Reyog Ponorogo mampu membuat pola harimau pada ukuran 30 x 35 cm dan memiliki kualitas yang hampir sama dengan teknik manual dengan waktu pewarnaan 8 menit. Alat ini dirancang dengan tujuan mempermudah pengerajin dalam melakukan penyemiran yang sebelumnya masih menggunakan teknik manual. (Santoso budi 2021).

Dari hasil kinerja CNC air brush ini dapat membuat pola pengecatan gambar sesuai input desain gambar dan outputnya sesuai dengan ukuran yang dimasukkan dan alat batik reyog ponorogo yang mempunyai tingkat keberhasilan 95 % dalam pembuatan pola batik dengan sistem otomatis, kedua alat ini mampu memberikan hasil pembuatan suatu kerajinan dengan otomatis dan tidak menggunakan teknik manual.