

PEMBUATAN PLOTTER GRAFIS 2 SUMBU MENGGUNAKAN MOTION CONTROL

Syahrul¹, Reza Dika Asmadi²

^{1,2}Jurusan Teknik Komputer Unikom, Bandung
¹syahrul_syl@gmail.com, ²rzdikka@gmail.com

ABSTRAK

Suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (data perintah dengan kode angka, huruf dan simbol) akan menghasilkan mesin perkakas CNC yang lebih teliti, lebih tepat, lebih fleksibel dan cocok untuk produksi masal. Mesin CNC sudah menjadi kebutuhan wajib dalam bidang industri. Sedangkan untuk penggunaan pribadi mesin CNC masih jarang digunakan. Akan merepotkan jika harus memakai mesin CNC industri dengan bentuk mesin yang sangat besar dan berat juga harga dari mesin CNC itu sendiri yang relatif mahal untuk memenuhi kebutuhan keseharian. Plotter adalah mesin CNC dasar yang dibentuk dengan dua sumbu. Dengan menggabungkan koordinat titik yang didapat dari g-code dengan menggunakan pen maka plotter dapat menghasilkan pola gambar sesuai dengan input yang diberikan. Pengujian alat dilakukan dengan menggambar pola sederhana dan juga pola rumit tidak beraturan. Pola sederhana meliputi pola persegi, segitiga dan lingkaran sedangkan pola rumit tidak beraturan yang diberikan berupa pola naga. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan gambar yang dihasilkan cukup baik. Alat telah dapat membaca kode g-code yang diberikan dan mengubahnya kedalam gerak motor stepper. Solenoid yang digunakan untuk menghubungkan koordinat posisi yang didapat dari kode g-code berkerja dengan baik. Secara keseluruhan alat ini telah mencapai tujuan yang diinginkan.

Kata Kunci: Plotter Pen, CNC, Arduino Uno, Gcode.

I. PENDAHULUAN

Mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (data perintah dengan kode angka, huruf dan simbol) sesuai standart ISO.

Sistem kerja teknologi CNC ini akan lebih sinkron antara komputer dan mekanik, sehingga bila dibandingkan dengan mesin perkakas yang sejenis, maka mesin perkakas CNC lebih teliti, lebih tepat, lebih fleksibel dan cocok untuk produksi masal. Dengan dirancangnya mesin perkakas CNC dapat menunjang produksi yang membutuhkan tingkat kerumitan yang tinggi dan dapat mengurangi campur tangan operator selama mesin beroperasi. Dewasa ini produksi mesin CNC mulai berkembang pesat saat ini sudah banyak perusahaan atau pabrik industri yang telah menggunakan mesin CNC. Mesin CNC sudah menjadi kebutuhan wajib dalam bidang industri. Sedangkan untuk penggunaan pribadi mesin CNC masih jarang digunakan. Akan merepotkan jika harus memakai mesin CNC industri dengan bentuk mesin yang sangat besar dan berat juga harga dari mesin CNC itu sendiri yang relatif mahal untuk memenuhi kebutuhan keseharian.

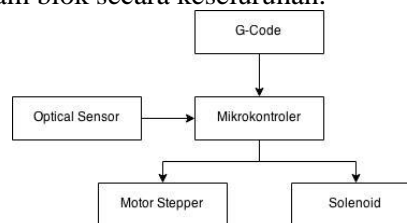
Pada penelitian ini bertujuan untuk membuat plotter. Plotter adalah mesin CNC yang bekerja dengan bergerak menuju ke suatu

titik sesuai input yang diberikan. Plotter berkerja dengan dua koordinat sumbu, yaitu koordinat X dan Y. Koordinat XY tersebut digunakan untuk menunjuk suatu titik koordinat tertentu, sesuai dengan input yang diberikan. Nantinya mesin yang akan dibuat adalah plotter pen. Mesin ini akan secara otomatis menggambar pola sesuai dengan data yang dimasukkan.

II. PERANCANGAN

Perancangan Perangkat Keras

Terdapat beberapa diagram blok yang akan menerangkan alat keseluruhan. Berikut adalah diagram blok secara keseluruhan:



Gambar 1. Diagram Blok Sistem yang Dirancang

Keterangan blok diagram:

1. Blok *G-code*

Masukkan pada alat penelitian ini berupa gambar digital. Nantinya gambar digital

tersebut akan dicetak menggunakan alat ini. Gambar yang dihasilkan harus memiliki kemiripan dengan gambar digital. *Software* yang akan digunakan untuk mendesain gambar adalah *inkscape*. *Inkscape* adalah sebuah perangkat lunak editor gambar vektor yang bersifat *Open-Source*.

Gambar digital yang akan digunakan sebagai masukan harus terlebih dahulu di konversi menjadi *g-code*. *G-code* adalah kode posisi untuk alat agar alat bergerak ke posisi yang seharusnya. Untuk mengkonversi gambar menjadi *g-code* dibutuhkan sebuah *software*. Untuk merubah gambar menjadi *g-code*, *inkscape* membutuhkan plugin tambahan bernama *gcodetools*. Dengan plugin tersebut gambar yang telah didesain menggunakan *inkscape* dapat diubah menjadi *g-code*. *Grbl Controller* adalah *software* yang diperlukan untuk mengirim *g-code* ke mikrokontroler. *Software* tersebut juga dapat menampilkan sejauh mana proses yang telah dikerjakan oleh alat nantinya.

2. Blok Optical Sensor

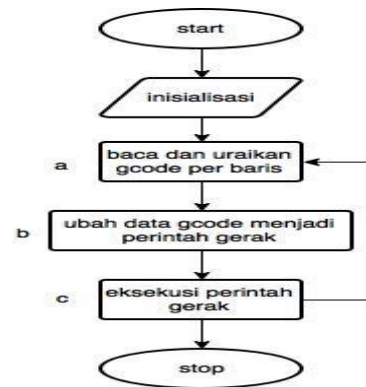
Optical Sensor digunakan agar saat terjadi pergerakan *motor stepper* yang melebihi batas tertentu maka *Optical Sensor* akan memberi sinyal ke mikrokontroler yang di terjemahkan sebagai perintah untuk menghentikan kerja alat. Dikarenakan jika terjadi pergerakan yang berlebihan maka akan menimbulkan kerusakan pada alat. *Optical Sensor* akan memberikan sinyal 1 yang akan didefinisikan oleh mikrokontroler sebagai perintah untuk berhenti bekerja.



Gambar 4 Bentuk Fisik Optical Sensor Limit Switch

3. Blok Mikrokontroler

Blok ini berfungsi sebagai pengendali sistem secara keseluruhan. *G-code* yang sebelumnya sudah dikirim akan diolah oleh mikrokontroler menjadi pergerakan *motor stepper* dan *solenoid*. Mikrokontroler yang akan digunakan adalah arduino uno yang berbasis pada atmega 328.



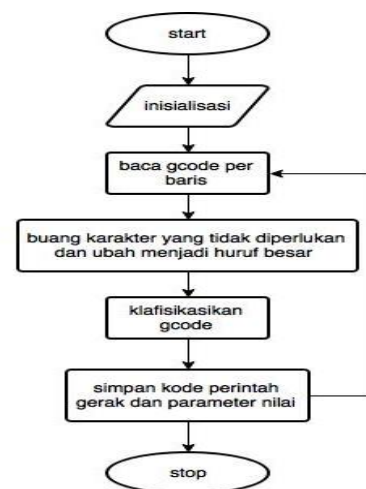
Gambar 5. Flowchart Program Pada Mikrokontroler

a. Baca dan Uraikan *G-code*.

Pada alat ini hanya menggunakan dua sumbu maka tidak semua *g-code* bisa digunakan pada alat ini. Untuk kode yang bisa diproses pada alat ini dilihat pada tabel 1. Proses pertama yang dilakukan adalah membaca *g-code* yang dikirim secara perbaris, proses ini dapat dilihat pada gambar 6.

Tabel : 1 *G-Code* Yang Dapat Digunakan

NO	Kode	Penjelasan
1	G00	G-code mode motion seek
2	G01	G-code mode motion linear
3	G02	G-code mode motion CW arc
4	G03	G-code mode motion CCW arc
5	G20	G-code mode inch = true
6	G21	G-code mode inch = false
7	G80	G-code mode motion cancel
8	G93	G-code mode invert feed rate = true
9	G94	G-code mode invert feed rate = false
10	X,Y,Z	G-code parameter nilai perintah perpindahan sumbu koordinat
11	I,J	G-code parameter nilai koordinat titik lengkung
12	F	G-code parameter nilai feed rate



Gambar 6. Flowchart Proses Penguraian *G-Code*

b. Mengubah Data Gcode Menjadi Perintah Gerak

Data yang didapat dari proses baca dan uraikan kode g-code selanjutnya akan diproses untuk diubah menjadi perintah gerak. Perintah dan parameter nilai akan digunakan untuk mengatur pergerakan *motor stepper* dan juga *solenoid*. Sebelum di eksekusi menjadi gerak

motor stepper untuk perintah gerak pada gerak *cw arc* ataupun *ccw arc* kita perlu mencari nilai segment terlebih dahulu. Dikarenakan untuk membuat garis circle maupun arc dibuat dengan membagi mereka kedalam garis-garis kecil. Ketika nilai segment telah didapatkan maka selanjutnya kita perlu menentukan beberapa parameter lain, yaitu:

1. Menentukan step per mm dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{step per mm} = \frac{\left(\frac{360}{\text{motor step angle size}}\right) \times \left(\frac{1}{\text{driver microstepping}}\right)}{(\text{belt pitch} \times \text{pulley tooth count})}$$

Diketahui:

Motor step angle size = 1,8

Driver microstepping = 1/16

Belt pitch = 2 mm

Pulley toothcount = 29

$$\text{step per mm} = \frac{\left(\frac{360}{1,8}\right) \times \left(\frac{1}{\frac{1}{16}}\right)}{(2 \times 29)} = 55,17$$

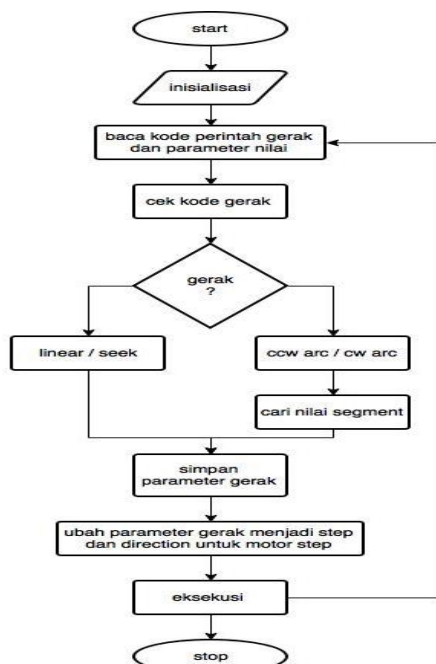
2. Menentukan default feed rate dan seek rate

Feed rate = 400

Seek rate = 400

Nilai feed rate dan seek rate tidak boleh bernilai 0 atau bernilai negatif, semakin kecil nilai feed rate dan seek rate maka semakin lambat pergerakan alat.

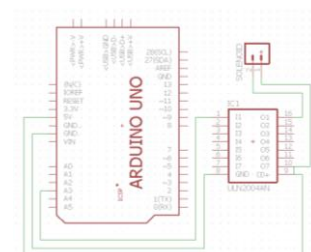
Selanjutnya adalah mencari setiap step dan direction dari gcode yang didapat untuk dieksekusi oleh motor stepper.



Gambar 7 Flowchart Proses Eksekusi G-code

4. Blok Solenoid

Solenoid ini berfungsi untuk mengangkat naik pen yang digunakan untuk menggambar. Pen akan diangkat naik menjauh dari kertas jika tidak pada posisi di mana alat harus menggambar dan pen turun jika alat sudah dalam posisi siap menggambar. Karena itu *solenoid* disini dapat di asumsikan sebagai sumbu z.

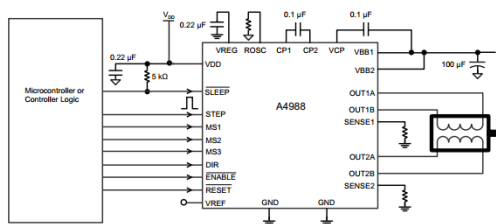


Gambar 8 Skematik Solenoid

5. Blok Motor Stepper

Di dalam alat ini akan ada dua *motor stepper*. *Motor stepper* akan berfungsi sebagai penggerak sumbu X dan Y. Nantinya pergerakan dari dua *motor stepper* ini akan

diatur oleh mikrokontroler sehingga dapat menunjuk ke titik-titik yang sesuai dengan informasi pada *g-code*. Untuk menggerakkan motor stepper diperlukan arus yang besar dan tegangan berkisar 5 sampai 24 Volt. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan sebuah piranti tambahan yang memenuhi kebutuhan arus dan tegangan yang cukup besar. Piranti tambahan yang dimaksud adalah rangkaian *driver motor*, rangkaian yang digunakan adalah driver motor stepper A4988 yang memiliki rangkaian seperti pada gambar 9.

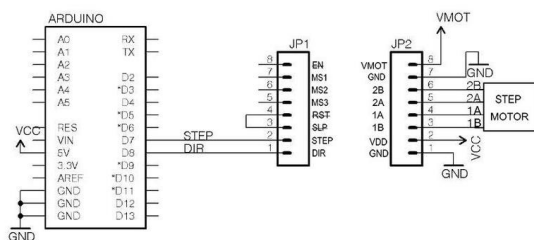


Gambar 9. Skematik Driver Motor Stepper A4988

Dalam perancangan plotter ini dua motor stepper yang digunakan yaitu motor stepper bertipe 42BYGHW818 dan 42BYGH1861A-C. Berikut adalah fitur dari kedua motor stepper :

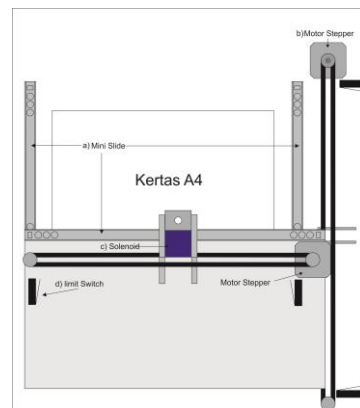
Tabel: 2 Fitur motor stepper bertipe 42BYGHW818 dan 42BYGH1861A-C

Fitur	
42BYGHW818	42BYGH1861A-C
Weight: 275 g	Weight: 270 g
Step Angle: 1.8±5% degree/step	Step Angle: 1.8±5% degree/step
2 Phase	2 Phase
Voltage: 6.16V	Rated Voltage : 3.4V
Current: 0.7A/phase	Current : 1.7A/phase
Resistance: 8.8±10% Ω/phase	Resistance: 2±10% Ω/phase
Inductance: 18±20% mH/phase	Inductance: 2±20% mH/phase
Insulation class: B	Isulation class: B
Holding torque: 40N.cm	Holding torque : 35 N.cm
Detent torque: 2.6 N.cm	Detent torque: 1.8 N.cm
Rotor torque: 57 g.cm2	



Gambar 10. Skematik antarmuka Motor Stepper

Perancangan Mekanik



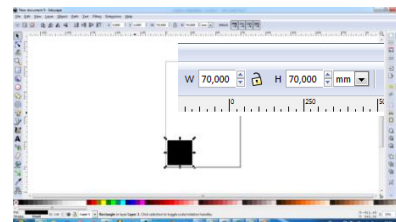
Gambar 11. Rancangan Mekanik Plotter

III. PENGUJIAN DAN ANALISA Pengujian Menggambar Pola

Berikut ini adalah proses pengujian alat dalam menggambar sebuah pola yang sebelumnya telah dibuat dalam software inkscape:

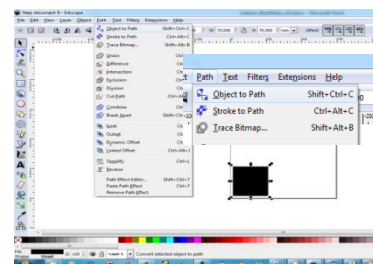
Menggambar Pola Persegi

Tahap pertama yang dilakukan adalah menggambar pola persegi pada software inkscape. Pola yang dibuat adalah persegi dengan panjang sisi sebesar 70 mm.



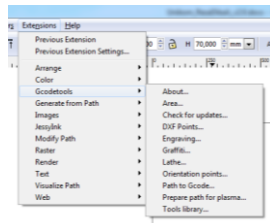
Gambar 12. Tampilan Inkscape Dengan Gambar Persegi Berukuran 70 mm

Setelah pola berhasil dibuat selanjutnya kita perlu mengklik *object to path* yang terdapat pada menu *path*.



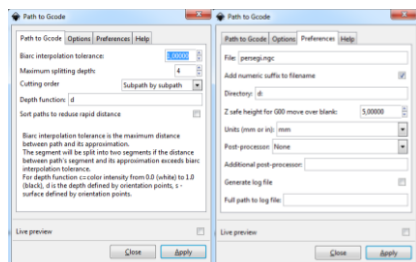
Gambar 13. Mengubah Objek Gambar Menjadi Path

Selanjutnya adalah mengubah pola atau gambar tersebut menjadi kode *g-code* dengan bantuan *plugin* bernama *gcodetools*. Pada menu *extension* pilih submenu *gcodetools* lalu pilih *path to gcode*.



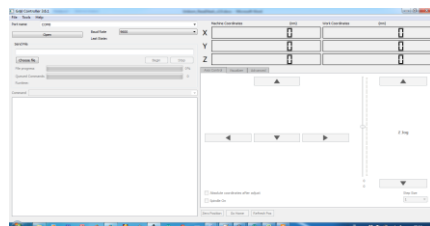
Gambar 14. Menu Plugin Gcodetools

Setelah klik maka akan keluar jendela tampilan seperti pada gambar 4.4. kemudian klik *apply* untuk mengatur tempat penyimpanan dan nama filenya dapat di atur pada *preferences*.



Gambar 15. Tampilan Jendela Path To Gcode

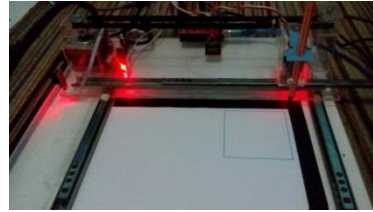
Kode yang telah didapat kemudian akan dikirim menggunakan software bernama *Grbl Controller 3.6.1*.



Gambar 16. Tampilan Software Grbl Controller

Berikut adalah cara menggunakan software *Grbl Controller 3.6.1* :

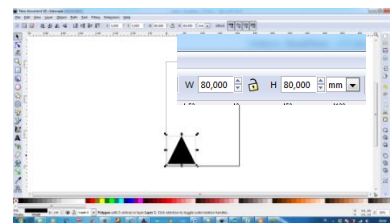
- Pertama pilih port name tempat port arduino yang digunakan.
- Pilih serial baud rate yang digunakan.
- Klik open tunggu hingga tulisan "open" berubah menjadi "close/reset".
- Jika sudah klik choose file dan kemudian pilih file yang ini dipakai.
- Klik begin dan tunggu hingga selesai.
- Klik stop untuk menghentikan proses.



Gambar 17. Gambar Persegi Yang Didapat Setelah Kode G-Code Dikirim

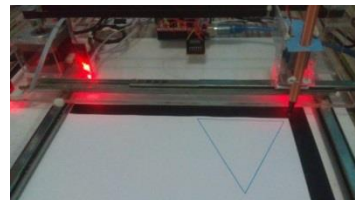
Menggambar Pola Segitiga Sama Kaki

Pengujian selanjutnya adalah menguji alat menggambar pola segitiga sama kaki dengan panjang alas 80 mm dan tinggi 80 mm, dapat dilihat pada gambar 18. Proses yang dilakukan sama dengan proses menggambar pola persegi yang membedakan hanya pada *g-code* yang dihasilkan.



Gambar 18. Pola Segitiga Sama Kaki Yang Akan Dibuat

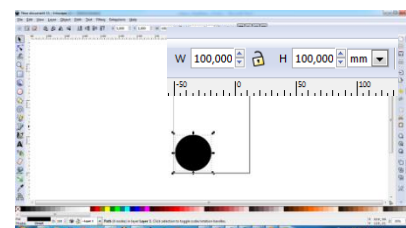
Kemudian kode yang didapat dikirim dan menghasilkan gambar berikut ini:



Gambar 19. Gambar Segitiga Yang Berhasil Dibuat Oleh Alat

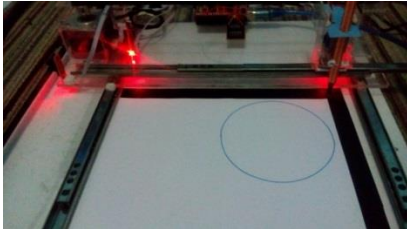
Menggambar Pola Lingkaran

Pengujian yang terakhir adalah menggambar pola lingkaran dengan diameter lingkaran yang diberikan adalah 100 mm.



Gambar 20. Pola Lingkaran Yang Akan Dibuat

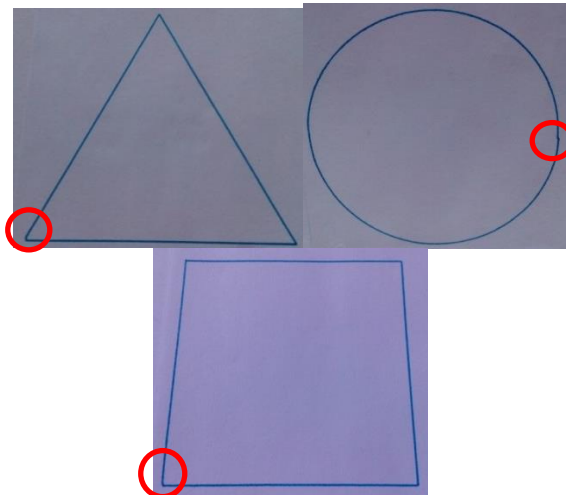
Saat pengujian dengan nilai feed rate 100 dirasakan mesin bekerja dengan sangat lamban sehingga diputuskan untuk meningkatkan nilai feed rate hingga 300 dan berikut adalah gambar yang berhasil digambar oleh alat yang telah dirancang :



Gambar 21. Pola Lingkaran Yang Berhasil Dibuat

Analisa Hasil Pengujian Menggambar Pola

Berikut adalah gambar dari 3 pengujian keseluruhan:



Gambar 22. Error Saat Penggambaran

Dari gambar diatas dapat dilihat masih terjadi kesalahan pada hasil yang didapat. Hal

Persen error (% error) dari pengukuran rangkaian diatas adalah:

Menghitung error,

$$error = masukan\ tinggi - keluaran\ tinggi$$

Menghitung presentase,

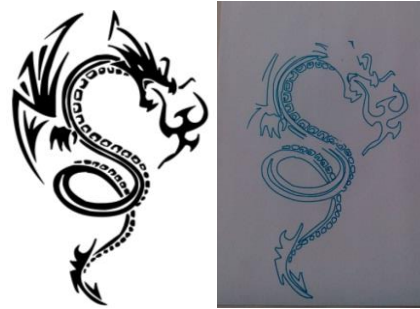
$$Presentase = \frac{masukan\ tinggi - keluaran\ tinggi}{masukan\ tinggi} \times 100 \%$$

Menghitung Rata-rata,

$$\begin{aligned} Rata - rata &= \frac{total}{jumlah\ hasil\ pengukuran} \\ &= \frac{4,2 \%}{10} \\ &= 0,42 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, diketahui nilai akurasi kepresisian dengan gerak linear didapatkan sebesar $\pm 0,42 \%$. Nilai masukan yang diambil hanya nilai tinggi karena dapat dilihat pada gambar 4.11.

ini disebabkan bergesernya pulpen saat menggambar karena terlalu menekan pada papan dasar plotter. Saat pulpen di naikan sedikit untuk menghindari terjadinya pergeseran pulpen tersebut namun ternyata didapatkan kenyataan bahwa permukaan papan yang digunakan sebagai dasar tidaklah rata terdapat perbedaan tinggi pada sumbu x yang digunakan. Lihat gambar 23.



Gambar 23. Permukaan Dasar Papan Yang Tidak Rata

Dapat dilihat beberapa bagian dari gambar tidak tergambar dikarenakan tidak rataanya permukaan papan sebagai alas menggambar.

Pengujian Tingkat Kepresisian Alat

Pengujian ini dilakukan dengan pengujian dua macam gerak yaitu gerak linear dan gerak melingkar atau arc.

Pengujian Dengan Gerak Linear

Pengujian ini dilakukan dengan 10 kali pengujian menggambar pola segitiga sama kaki dengan tinggi segitiga sebesar 50 mm. Dari pengujian data sebanyak 10 kali diperoleh hasil sebagai berikut :

Pengujian Dengan Gerak Arc

Pengujian selanjutnya menggunakan gerak melingkar dengan menggunakan pola lingkaran

dengan diameter 50mm sebanyak 10 kali. Dan didapat hasil sebagai berikut:

Persen error (% error) dari pengukuran rangkaian diatas adalah:

Menghitung error,

$$\text{error} = \text{masukkan tinggi} - \text{keluaran tinggi}$$

Menghitung presentase,

$$\text{Presentase} = \frac{\text{masukkan tinggi} - \text{keluaran tinggi}}{\text{masukkan tinggi}} \times 100 \%$$

Menghitung Rata-rata,

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\text{total}}{\text{jumlah hasil pengukuran}} \\ &= \frac{3,0 \%}{10} \\ &= 0,30 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, diketahui nilai akurasi kepresisian dengan gerak linear didapatkan sebesar $\pm 0,30 \%$.

Analisa Pengaruh Kecepatan pada tingkat kepresisian Alat

Analisa ini dilakukan dengan pengujian menggambar pola persegi dengan sisi persegi sebesar 50 mm dan nilai *feed rate* yang dinaikan dari 100 mm/menit hingga 400 mm/menit. Dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1: Data Analisa Pengaruh Kecepatan Terhadap Kepresisian Alat

No	Nilai Feed Rate (mm/menit)	Masukkan Sisi Persegi (mm)	Keluaran Sisi Persegi (mm)	Error (mm)	Presentase (%)
1	100	50	50	0	0
2		50	50	0	0
3		50	49,8	0,2	0,4
4		50	49,9	0,1	0,2
5		50	50	0	0
Jumlah Total				0,3	0,6
Rata-rata				0,06	0,12
6	200	50	49,9	0,1	0,2
7		50	49,9	0,1	0,2
8		50	49,9	0,1	0,2
9		50	49,9	0,1	0,2
10		50	49,8	0,2	0,2
Jumlah Total				0,6	1,2
Rata-rata				0,12	0,24
11	300	50	50	0	0
12		50	50	0	0
13		50	49,6	0,4	0,8
14		50	49,7	0,3	0,6
15		50	49,9	0,1	0,2
Jumlah Total				0,8	1,6
Rata-rata				0,16	0,32
16	400	50	49,9	0,1	0,2
17		50	49,7	0,3	0,6
18		50	49,8	0,2	0,4
19		50	49,8	0,2	0,4
20		50	49,9	0,1	0,2
Jumlah Total				0,9	1,8
Rata-rata				0,18	0,36

Dari tabel 1 dapat disimpulkan bahwa kecepatan mempengaruhi tingkat kepresisian alat. Semakin besar kecepatan yang diberikan maka kepresisian alat semakin rendah.

Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Kepresisian

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kepresisian pada alat ini. Diantaranya adalah:

- Step angel* dari *motor step* yang besarnya 1,8 dengan \pm hingga 5 %.
- Desain rangka yang kurang rapih.
- Linear movement* yang digunakan.
- Nilai *feed rate* yang diberikan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan, pengamatan dan pengujian alat didapat kesimpulan sebagai berikut:

- Plotter berhasil membaca g-code yang dikirim.
- Plotter berhasil mengubah g-code menjadi gerak motor stepper.
- Limit dan solenoid berfungsi dengan baik.
- Dari hasil pengujian gambar yang dihasilkan cukup baik meski dasar dari plotter tidak rata.
- Dari hasil pengujian kepresisian alat yang diuji dengan 2 gerakan yaitu

gerak linear dan arc. Dengan nilai feed rate sebesar 300 pada gerak linear didapatkan nilai presentase kesalahan sebesar 0,42% dan pada gerak arc didapat presentase kesalahan sebesar 0,30%.

6. Nilai feed rate mempengaruhi tingkat kepresisian alat.
7. Desain rangka sangat mempengaruhi hasil dari alat.

Saran

Untuk pengembangan maka penulis memberikan beberapa saran, yakni:

1. Penulis menyarankan untuk mengubah mini rel slide menjadi leadscrew atau pun linear rod dan bearing.
2. Penulis juga menyarankan untuk mengembangkan alat menjadi *laser cutter*, *CNC milling* atau *printer 3D*. Dengan menambahkan *z axis* dan mengubah pulpen menjadi komponen lain yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Gcode, diakses pada tanggal 2 Desember 2014 dari world wide web:
<http://linuxcnc.org/docs/html/gcode/gcode.html>
- [2]. Kenneth, Goldberg, M., 1983, XY Interpolation Algorithms, [pdf], diakses pada tanggal 2 desember 2014 dari world wide web:
<http://goldberg.berkeley.edu/pubs/XY-Interpolation-Algorithms.pdf>
- [3]. Pemograman Mesin CNC, diakses pada tanggal 5 Desember 2014 dari world wide web:
<http://operator-cnc.blogspot.sg/2011/01/pemrograman-mesin-cnc.html>
- [4]. Jones, Douglas W., Stepping Motors, diakses tanggal 5 Desember 2014 dari world wide web:
<http://www.cs.uiowa.edu/~jones/step/index.html>
- [5]. Gunadi, Kartika., Algoritma Midpoint Untuk Penggambaran Grafik Berkecepatan Tinggi, diakses tanggal 3 Maret 2015 dari world wide web:

<http://faculty.petra.ac.id/kgunadi/midpoint.html>

- [6]. Bresenham Line and Circle Drawing Randolph Franklin (WRF), diakses pada tanggal 9 April 2015 dari world wide web :
http://www.ecse.rpi.edu/~wrf/Research/Short_Notes/bresenham.html
- [7]. Syahrul, *Mikrokontroler AVR Atmega8535*, Bandung, Informatika, 2012
- [8]. Arduino Uno, Diakses pada tanggal 2 Desember 2014 dari world wide web:
<https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>