

Mesin Pemotong Foil Otomatis

Laurensius Nurhadi Wonokusumo

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

E-Mail: m23411017@john.petra.ac.id

Abstrak— Di dunia percetakan, pemotongan aluminium foil dilakukan dengan cara manual. Pertama-tama, aluminium foil akan diberi tanda potong sesuai dengan keinginan pembeli. Kemudian, operator harus menggerakkan tuas pisau untuk memotong aluminium foil. Mesin pemotong foil otomatis dibuat agar dapat membantu proses pengukuran, serta pemotongan tersebut.

Pada mesin pemotong foil, terdapat rotary encoder untuk dapat mengukur jarak. Fungsi dari rotary encoder adalah menrubah rotasi menjadi jarak. Saat rotary encoder yang berlubang dipasang dengan optocoupler, maka akan timbul pulsa yang dapat dihitung melalui controller arduino. Dengan adanya pulsa tersebut, maka jarak potong dapat dihitung secara otomatis.

Untuk dapat melakukan pemotongan, operator akan memasukkan panjang foil, panjang potong, dan banyak potong melalui keypad 4x4. Setelah data tersebut dimasukkan, maka arduino akan secara otomatis memulai pemotongan dengan cara memberikan perintah kepada masing-masing motor. Dari hasil percobaan, rotary encoder dengan tingkat ketelitian 20 PPR, yang dijalankan secara on/off, dapat mencapai jarak 0,205 mm/pulsa dengan tingkat eror berkisar antara 5-7%.

Kata Kunci— Arduino, aluminium foil, motor DC reducer, rotary encoder

faktor umur dan tenaga dari operator dapat mempengaruhi hasil pemotongan (besar kecilnya human error). Dengan membuat mesin pemotong foil yang dapat beroperasi secara otomatis penuh, diharapkan dapat meminimalisir tingkat human error dalam proses pemotongan foil.

Controller yang digunakan pada mesin pemotong foil otomatis ini adalah Arduino Mega 2560 dengan alasan penggunaan yang simpel serta software yang bersifat open-source [1]. Motor penggerak yang digunakan pada mesin ini adalah motor DC reducer, dimana setiap motor memiliki perbandingan gear yang berbeda-beda sesuai dengan torsi yang diperlukan. Driver motor untuk motor DC reducer tersebut adalah 4 channel motor driver yang memiliki kemampuan untuk mengatur arah gerak dari motor [2]. Untuk dapat mengetahui perpindahan jarak, digunakan rotary encoder yang terhubung dengan optocoupler, kemudian sinyal output dari optocoupler tersebut akan dihubungkan dengan rangkaian op-amp agar sinyal yang dihasilkan lebih stabil [3]. Interface yang digunakan untuk menginputkan data adalah keypad 4x4 [4] yang hasilnya ditampilkan pada LCD 16x2 [5].

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya suatu usaha, diperlukan suatu sistem yang dapat memenuhi kebutuhan permintaan konsumen dengan cepat. Salah satu cara untuk melakukan hal tersebut adalah dengan membuat proses yang dilakukan secara manual, menjadi suatu proses yang berjalan secara otomatis. Dengan semakin berkembangnya teknologi saat ini, membuat semakin banyak cara untuk membuat proses otomatis tersebut. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan teknik otomasi. Secara umum teknik otomasi dapat didefinisikan sebagai suatu teknologi yang berkaitan dengan aplikasi mekanik elektronik dan sistem berbasis komputer, yang semuanya bergabung menjadi satu untuk memberikan fungsi terhadap manipulator (mekanik) sehingga akan memiliki fungsi tertentu.

Toko Astika merupakan salah satu toko yang bergerak di bidang percetakan. Di dalam dunia percetakan ada barang yang merupakan alat untuk mencetak, ada pula barang yang merupakan bahan untuk mencetak. Salah satu barang yang digunakan sebagai bahan untuk hotprint adalah aluminium foil. Aluminium foil dapat dicetak menjadi stiker, atau bungkus makanan/minuman (chiki, kopi, teh, dll). Setiap konsumen yang ingin membeli, dapat memilih apakah mau membeli dalam bentuk satu roll, atau dipotong menjadi beberapa roll kecil. Mesin pemotong foil yang ada di toko Astika saat ini beroperasi secara semi otomatis, karena tuas pemotong pisau digerakkan oleh operator. Dalam hal ini,

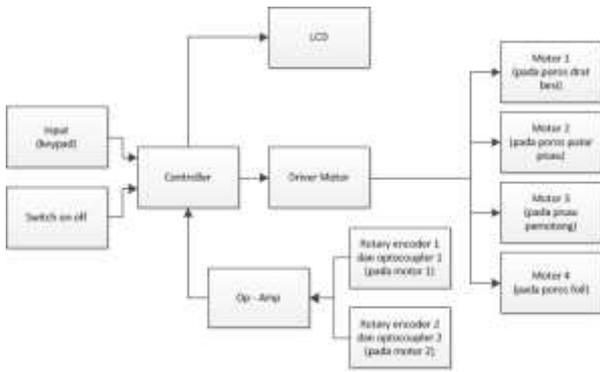
II. PERANCANGAN SISTEM

A. Gambaran Umum Sistem

Mesin pemotong foil otomatis ini dibuat untuk meminimalisir kesalahan yang dilakukan oleh manusia saat melakukan proses pemotongan dan dengan menggunakan alat ini, operator hanya perlu memasukkan data panjang potong yang diinginkan.

Sistem yang digunakan pada mesin pemotong foil ini dimulai dari pembacaan input melalui keypad. Ada tiga macam input angka yang perlu dimasukkan oleh operator, yaitu panjang dari foil yang akan dipotong, panjang potong foil yang diinginkan, dan berapa banyak potongan foil yang diinginkan. Panjang dari foil digunakan untuk mengetahui kapan proses pemotongan berakhir. Sedangkan panjang potong foil/banyak potongan foil digunakan untuk mengetahui berapa kali proses potong akan diulang. Hasil dari input yang telah dimasukkan oleh operator akan ditampilkan juga pada LCD.

Nilai yang tersimpan pada memori Arduino, akan digunakan untuk pembacaan panjang yang dilakukan dengan menggunakan rotary encoder dan optocoupler.



Gambar 1. Blok diagram sistem

B. Hardware Mesin Pemotong Foil Otomatis

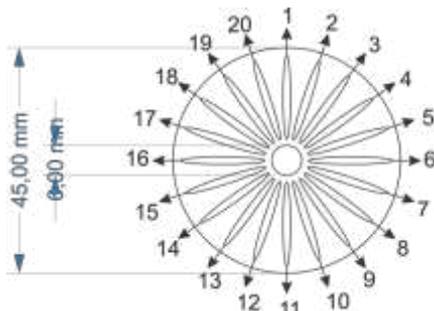
Pada mesin pemotong foil otomatis, terdapat beberapa hardware yang dipakai, yaitu LCD 16x2, keypad 4x4, arduino mega 2560, motor DC reducer, driver motor, rotary encoder, optocoupler, dan op-amp.

LCD 16x2 dan keypad 4x4 berfungsi sebagai tampilan antar muka antara operator dengan mesin. Dengan menggunakan keypad 4x4, operator dapat memasukkan panjang foil, panjang potong, dan banyak potong yang diinginkan oleh pembeli. Setelah ketiga data tersebut dimasukkan, maka data angka terkirim ke arduino mega 2560 untuk diolah dan juga akan ditampilkan pada layar LCD 16x2. Dengan demikian, jika terjadi kesalahan pengetikkan, maka operator dapat membatalkan proses pemotongan.



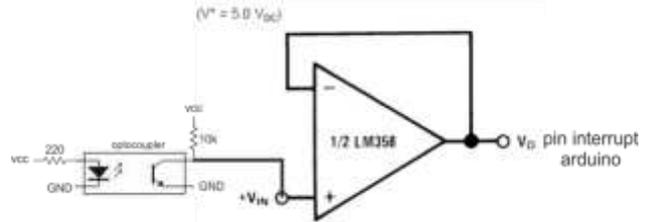
Gambar 2. Desain pemasangan LCD 16x2 dan keypad 4x4

Rotary encoder dan optocoupler merupakan hardware yang berfungsi untuk menentukan jarak yang harus dicapai oleh lengan pisau mesin pemotong foil otomatis. Rotary encoder dibuat dengan menggunakan bahan akrilik berwarna gelap, dan diberi sejumlah lubang. Dengan banyaknya lubang tersebut, maka dapat menentukan berapa tingkat ketelitian yang diinginkan



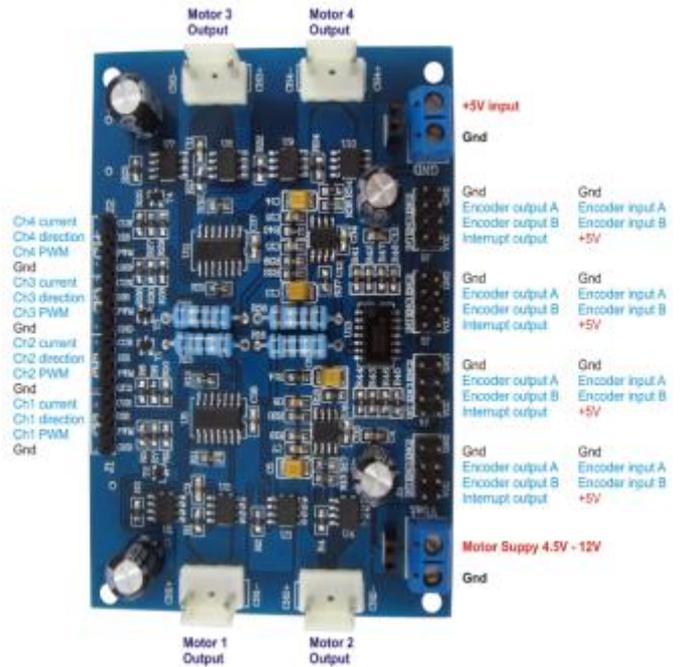
Gambar 3. Desain rotary encoder manual

Dari lubang yang ada pada rotary encoder, maka saat berputar akan terjadi pulsa saat rotary encoder dipasang dengan optocoupler. Hasil pulsa yang terjadi dari optocoupler akan diolah terlebih dahulu dengan menggunakan op-amp. Dalam hal ini, op-amp akan berfungsi untuk menguatkan sinyal yang dikeluarkan oleh optocoupler agar hasil yang digunakan untuk diolah oleh arduino dapat menjadi lebih baik. Dengan op-amp, sinyal yang lemah akan dikuatkan sehingga dapat menjadi pasti apakah ada sinyal atau tidak.



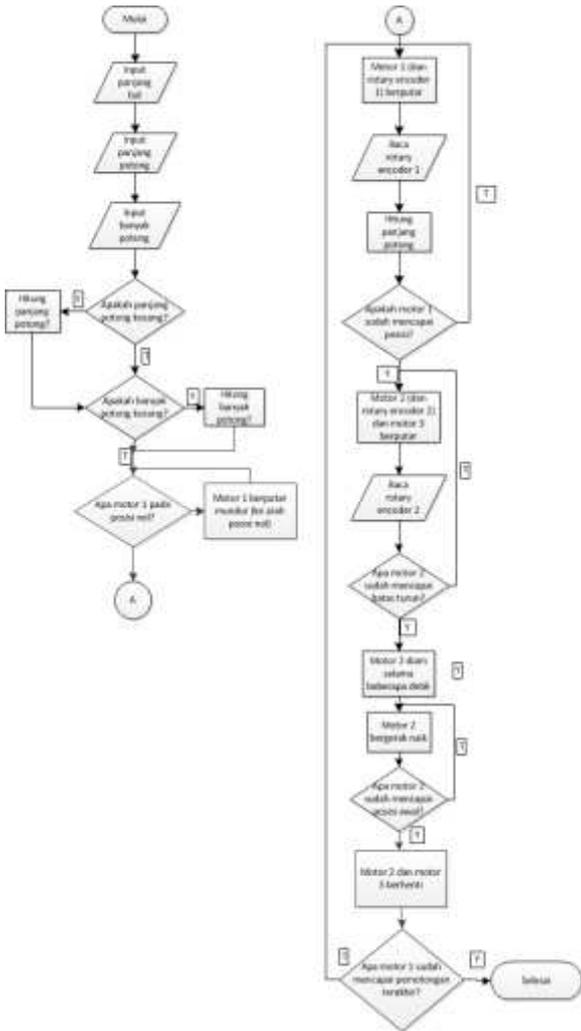
Gambar 4. Skematik optocoupler dan op-amp

Motor yang digunakan pada mesin pemotong foil otomatis ini adalah motor DC reducer. Motor DC reducer merupakan motor DC yang telah dilengkapi dengan gear, sehingga memiliki torsi yang lebih kuat daripada motor DC biasa. Ada 4 buah motor DC reducer yang digunakan pada mesin ini, yaitu motor DC reducer 12,6 kgcm/75 rpm, 10,8 kgcm/295 rpm, 5 kgcm/700 rpm, 18,8 kgcm/5 rpm. Keempat buah motor ini akan dihubungkan dengan sebuah driver motor agar kecepatan, arah, serta waktu on/off dari setiap motor dapat diatur oleh controller. Driver motor yang digunakan pada mesin ini adalah 4 channel motor control unit, yang memiliki ketahanan arus hingga 4 A serta tegangan kerja motor hingga 12 VDC.



Gambar 5. 4 channel motor control unit

C. Flowchart Mesin Pemotong Foil Otomatis



Gambar 6. Flowchart system mesin pemotong foil otomatis

Pembuatan *software* untuk mesin pemotong foil terdiri dari dua proses, yaitu pembacaan data dan pengiriman data. Pembacaan data adalah proses yang terjadi pada saat operator memasukkan angka dengan *keypad*, hingga data angka tersimpan pada memori Arduino. Sedangkan pengiriman data adalah proses dimana Arduino menggerakkan motor untuk melakukan proses pemotongan, dengan menggunakan pembacaan data dari memori dan pembacaan data dari *rotary encoder*.

Pada bagian pembacaan data, Arduino akan membaca berapa nilai *input* yang dimasukkan oleh *user* melalui *keypad*. Ada tiga hal yang akan dimasukkan oleh operator dengan menggunakan *keypad*, yaitu panjang foil, panjang potong, dan banyak potong. Panjang foil adalah panjang total dari foil yang akan dipotong. Panjang potong adalah panjang dari setiap bagian foil yang akan dipotong dan diinginkan oleh pembeli. Sedangkan banyak potong adalah berapa banyak bagian potongan dari foil yang diinginkan oleh pembeli.

Setelah muncul tampilan tersebut, program akan dibuat untuk mengenali dan memberi identitas dari setiap digit yang bisa dimasukkan (dalam hal ini dua digit), yaitu digit untuk puluhan, dan digit untuk satuan. Pemberian identitas dapat dilakukan dengan cara memasukkan data ke dalam suatu variabel. Selain itu, karena tipe data yang digunakan untuk mengambil angka *input* dari *user* adalah *int*, maka perlu

dilakukan konversi data dari *decimal* menjadi *char* pada saat Arduino mengolah data *input*. Setelah data satuan dan puluhan tersebut dikenali, maka data satuan dan puluhan (untuk masing-masing data panjang foil, panjang potong, dan banyak potong) akan ditambahkan, dengan demikian hasilnya akan sesuai dengan data yang telah dimasukkan oleh operator. Setiap hasil penambahan tersebut akan disimpan dalam memori Arduino sebagai data hasil panjang foil, panjang potong, dan banyak potong.

Pada proses pengiriman data, Arduino akan mengolah data yang telah terkumpul pada pembacaan data dan mengirimkan perintah pada masing-masing motor agar dapat berjalan sesuai dengan proses yang diinginkan. Pada proses pertama, motor 1 akan bergerak dan secara otomatis *rotary encoder* 1 juga akan berputar dan *optocoupler* yang membaca *rotary encoder* 1 akan mengirimkan data pengukuran rotasi (*rotation*) yang akan diubah menjadi jarak (*distance*).

Pada sistem ini, setiap *rotary encoder* bergerak bersamaan dengan motor. Ketika motor berputar, secara otomatis *rotary encoder* juga ikut berputar dan memberikan pulsa yang terbaca oleh *optocoupler*. Program yang digunakan untuk membaca pulsa tersebut adalah *attachInterrupt*. Cara kerja dari program ini adalah program akan secara otomatis membaca pulsa yang dikirim oleh *optocoupler*, setiap kali *rotary encoder* berputar.

III. PENGUJIAN SISTEM

A. Pengujian Arus Motor

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besar arus kerja dari masing-masing motor, sehingga dapat menentukan *driver* motor yang akan dipakai pada sistem mesin pemotong foil otomatis.

Metode yang digunakan untuk menguji motor DC *reducer* adalah dengan cara menggabungkan motor dengan besi menggunakan kopel, kemudian memberi timbal pada ujung lain pada besi. Panjang besi yang digunakan adalah 29 cm, dan berat total dari kopel dan besi adalah 684 gram. Tegangan yang diberikan pada motor adalah tegangan maksimal yaitu 12 VDC.

Tabel 1. Hasil Pengujian Arus Motor

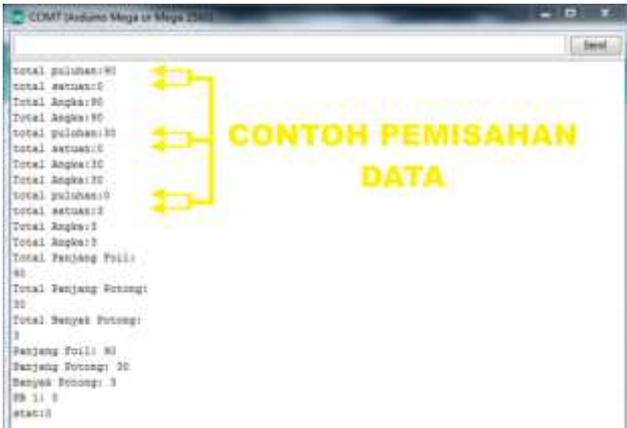
Motor 1 (12,6 kgcm)	Beban timbal (Kg)	0	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2
	Arus (A)	0,264	0,317	0,504	0,674	2,4	2,44	x
Motor 2 (10,8 kgcm)	Beban timbal (Kg)	0	0,05	0,1	0,25	0,5	1	2
	Arus (A)	0,255	0,49	1,9	2,4	x	x	x
Motor 3 (5,8 kgcm)	Beban timbal (Kg)	0	0,05	0,1	0,25	0,5	1	2
	Arus (A)	0,12	0,24	0,51	x	x	x	x
Motor 4 (18,8 kgcm)	Beban timbal (Kg)	0	0,05	0,1	0,25	0,5	1	2
	Arus (A)	0,02	0,04	0,06	0,08	0,144	0,4	0,9

B. Pengujian Pengiriman Data Keypad ke Arduino Mega 2560 dan LCD

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hasil pengiriman data yang dimasukkan oleh operator melalui keypad, apakah data dapat terbaca oleh Arduino, ditampilkan pada LCD, dan tersimpan pada memori Arduino, sebelum data input tersebut diolah dan dikirim ke motor DC reducer.

Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukkan data panjang foil, panjang potong, dan banyak potong melalui keypad, kemudian melihat hasil input di LCD dan serial monitor Arduino.

Dari hasil pengujian pengiriman data menggunakan keypad, setiap angka yang dimasukkan dapat terbaca dan tersimpan sesuai dengan apa yang telah dimasukkan. Agar dapat mengenali angka yang dimasukkan oleh operator, maka dilakukan pemisahan data antara angka pertama sebagai puluhan dengan angka kedua sebagai satuan dapat dilakukan dengan memberikan id pada angka pertama dan angka kedua, kemudian dilakukan penjumlahan angka pertama dengan angka kedua. Proses pemisahan data ini dilakukan setiap kali operator memasukkan data untuk panjang foil, panjang potong, dan banyak potong.



Gambar 7. Hasil pemisahan data panjang foil, panjang potong, dan banyak potong



Gambar 8. Hasil tampilan data inputan pada LCD 16x2

C. Pengujian Perpindahan Jarak 1 cm pada Motor 1 dengan Menghitung Jumlah Pulsa jalan Motor

Pengujian ini dilakukan untuk melihat, apakah saat motor 1 diberi perintah dari Arduino untuk berpindah 1 cm, motor dapat berpindah dengan tepat sebanyak 1 cm. Pengujian ini dilakukan dengan memprogram Arduino agar motor berhenti

pada setiap jarak 1 cm dan dilakukan sebanyak 20 kali. Untuk mengetahui panjang perpindahannya, pada setiap pisau jatuh pada titik 1 cm diberi tanda dengan bolpoin, kemudian mengukur setiap titik tersebut dengan menggunakan jangka sorong.



Gambar 9. Contoh pengukuran panjang dengan menggunakan jangka sorong

Dengan mengetahui bahwa 1 pulsa rotary encoder akan melakukan perpindahan 0,205 mm, maka dapat dilakukan perhitungan pulsa untuk mendapatkan pulsa yang harus dikirim ke rotary encoder 1 untuk melakukan perpindahan 1 cm.

$$\begin{aligned} \text{pulsa untuk perpindahan 1 cm} &= \frac{10 \text{ mm}}{0,205 \text{ mm}} \\ &= 48,78 \text{ pulsa} \end{aligned}$$

Tabel 2. Hasil perpindahan motor 1 dengan menggunakan cara manual

1 cm ke -	hasil (cm)
1	0,94
2	0,85
3	0,8
4	0,93
5	0,88
6	0,9
7	0,93
8	0,87
9	0,83
10	1
11	0,9
12	0,83
13	0,95
14	0,9
15	0,89
16	0,9
17	0,86
18	0,88
19	0,88
20	0,84
rata-rata	0,888

D. Pengujian Perpindahan Jarak 1 cm pada Motor 1 dengan Memprogram Motor untuk Menghitung Pulsa

Pengujian ini dilakukan untuk melihat, apakah saat motor 1 diberi perintah dari Arduino untuk berpindah 1 cm, motor dapat berpindah dengan tepat sebanyak 1 cm. Pengujian ini dilakukan dengan memprogram Arduino agar motor berhenti pada setiap jarak yang telah ditentukan dan diulang beberapa kali. Untuk mengetahui panjang perpindahannya, pada setiap titik pisau jatuh diberi tanda dengan bolpoin, kemudian mengukur setiap titik tersebut dengan menggunakan jangka sorong.

Agar motor 1 dapat melakukan perpindahan secara otomatis, maka diperlukan penggabungan program antara perpindahan motor dengan penghitungan pulsa. Rumus yang digunakan untuk melakukan penghitungan dari putaran motor (yang terhubung dengan ulir) menjadi jarak adalah

$$2 \cdot \pi \cdot r \cdot \frac{\text{jumlah pulsa}}{N} \cdot \text{resolusi}$$

Dimana:

$2\pi r$ = keliling besi ulir

N = jumlah PPR pada rotary encoder 1 (yang ada di motor 1)

Resolusi = $\frac{\text{perpindahan antar pitch pada ulir}}{2\pi r \text{ (keliling besi ulir)}}$ = $\frac{1,5 \text{ mm (jarak antar pitch)}}{2\pi r \text{ (keliling besi ulir)}}$

Sehingga:

$$2 \cdot \pi \cdot r \cdot \frac{\text{jumlah pulsa}}{N} \cdot \frac{1,5}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{\text{jumlah pulsa}}{N} \cdot 1,5$$

Tabel 3. Hasil perpindahan motor 1 dengan menggunakan cara otomatis

1 cm ke -	panjang (cm)
1	0,95
2	1
3	0,95
4	0,97
5	0,99
6	0,94
7	0,97
8	0,97
9	1
10	0,97
11	0,94
12	0,95
13	0,9
14	0,9
15	0,94
16	0,9
17	0,9
18	0,92
19	0,94
20	0,9
Rata-rata	0,945

IV. KESIMPULAN

Dari hasil beberapa percobaan pada mesin pemotong foil otomatis dapat disimpulkan beberapa hal:

- Perpindahan jarak dari satu pulse yang dihasilkan oleh rotary encoder 20 PPR (dengan desain lubang seperti bentuk oval) dan diameter 4,5 cm adalah 0,205 mm.
- Persentase error yang terjadi dari hasil perpindahan jarak dengan menggunakan rotary encoder 20 PPR (dengan desain lubang seperti bentuk oval) adalah sebagai berikut:
 - Saat target 1 cm, rata-rata perpindahan jarak yang dicapai adalah 0,945, sehingga error yang terjadi adalah 5,5%.
 - Saat target 2 cm, rata-rata perpindahan jarak yang dicapai adalah 1,8696, sehingga error yang terjadi adalah 6,52%.
 - Saat target 3 cm, rata-rata perpindahan jarak yang dicapai adalah 2,838 , sehingga error yang terjadi adalah 5,4%.
 - Saat target 4 cm, rata-rata perpindahan jarak yang dicapai adalah 3,748, sehingga error yang terjadi adalah 6,3%.
 - Saat target 5 cm, rata-rata perpindahan jarak yang dicapai adalah 4,735, sehingga error yang terjadi adalah 5,3%.
 - Saat target 10 cm, rata-rata perpindahan jarak yang dicapai adalah 9,4366, sehingga error yang terjadi adalah 5,63%.

Salah satu penyebab error yang terjadi adalah dikarenakan motor yang hanya digunakan secara on/off, tapi tidak disertai dengan penggunaan fungsi break (pengereman).

- Motor DC reducer dengan torsi 5,8 kgcm dan kecepatan putar 700 rpm tidak dapat memiliki torsi dan kecepatan putar yang mencukupi untuk melakukan pemotongan aluminum foil. Dari perhitungan didapatkan motor torsi dan kecepatan putar minimal motor yang dapat melakukan pemotongan adalah motor dengan torsi 180 kgcm dan kecepatan putar 191 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Arduino. (2014). Retrieved February 3, 2015, from arduino.cc

[2] Dagurobot. (n.d.). 4 channel instruction manual. Retrieved May 25, 2015, from www.dagurobot.com: http://www.dagurobot.com/manual/4%20Channel%20instruction%20manual.pdf

[3] Texas Instrument. (2000, January). LMx58-N Low-Power, Dual-Operational Amplifiers. Retrieved April 24, 2015, from http://www.ti.com/product/lmv358/description&lpos=Middle_Container&lid=Alternative_Devices

[4] Depok Instruments. (2011, 7 27). Retrieved April 5, 2015, from Teori Keypad Matriks 4x4 dan Cara Penggunaannya: http://depokinstruments.com/2011/07/27/teori-keypad-matriks-4x4-dan-cara-penggunaannya/

[5] Elektronika Dasar. (2013). Retrieved March 15, 2015, from LCD (Liquid Cristal Display) Dot Matrix 2x16 M1632: http://elektronika-dasar.web.id/komponen/lcd-liquid-cristal-display-dot-matrix-2x16-m1632/