

Rancang Bangun Sistem Penggulung Kumparan Menggunakan GRBL

Muh. Affan Sajid Islam¹, Nur Najmih Sam², Yoan Elviralita³, Muhira Dzarfaraby⁴
^{1,2,3,4}Departemen Teknik Mekatronika, Politeknik Bosowa, Makassar

Email: affanmuhammad110899@gmail.com¹, emmi02231@gmail.com²

Abstrak

Abstract— Manual motor coil rewinding technology often has problems, where the coil winding uses a manual roller by turning the handle as many as the desired number of turns, so the winding results are not always neat, the number of turns is operator dependent, the working speed is inconsistent, and the controller does not take his eyes off the roller. This study intend to design a motor coil winding system using ATmega328p as the main control, and GRBL software in setting conditions X, Y, and Z of 3 stepper motors. The results of testing the performance of the coil winding machine found that there were 6 levels of diameter adjustment on the mall with a step displacement on the X axis, the average difference in distance M was 18,330 mm with a speed of 500 m/s. There are 3 step displacements for the Y axis, with an average M distance difference of 20.349 mm with a speed of 500 m/s. While the rotation of the Z axis is 20 turns with different X and Y axes according to the level in the bobbin mall with an average speed of 20 s at a speed of 500 m/s. The coil rewinding with the machine is faster and the average error value of the measurement results is 0%, which means that the results obtained are accurate because the number of turns entered in the controller is in accordance with the results of manual calculations.

Keywords: Coil rewinding machine, ATmega328p, GRBL.

Abstrak

Abstrak— Teknologi penggulangan kumparan motor secara manual sering mengalami kendala, dimana penggulangan kumparan menggunakan alat penggulang manual dengan memutar *handle* sebanyak jumlah lilitan yang diinginkan, sehingga hasil gulungannya tidak selalu rapi, jumlah lilitan tergantung operator, kecepatan kerja yang tidak konsisten, dan pengontrol tidak melepas pandangan dari alat penggulang. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sistem penggulang kumparan motor yang menggunakan ATmega328p sebagai kontrol utama, serta *software* GRBL dalam pengaturan kondisi X, Y, dan Z dari 3 motor stepper. Hasil Pengujian kinerja mesin penggulang kumparan didapatkan terdapat 6 penyesuaian tingkatan diameter pada mal dengan step perpindahan pada axis X, rata-rata selisih jarak M yaitu 18,330 mm dengan kecepatan 500 m/s. Terdapat 3 perpindahan step untuk axis Y, dengan rata-rata selisih jarak M yaitu 20,349 mm dengan kecepatan 500 m/s. Sedangkan perputaran axis Z sebanyak 20 lilitan dengan axis X dan Y yang berbeda sesuai dengan tingkatan pada mal bobin dengan waktu rata-rata kecepatan 20 s pada kecepatan 500 m/s. Penggulung kumparan dengan mesin lebih cepat dan nilai error rata-rata hasil pengukuran adalah 0% yang berarti bahwa hasil yang didapatkan sudah akurat karena jumlah lilitan yang diinput pada controller sesuai dengan hasil perhitungan manual.

Kata Kunci : Mesin Penggulung kumparan, ATmega328p, GRBL.

1. PENDAHULUAN

Salah satu sektor industri di Indonesia yang berkembang yaitu industri pembuatan motor listrik dan transformator, saat ini penggunaan penggulang manual masih banyak digunakan masyarakat. Meskipun telah banyak mesin penggulang otomatis yang dijual baik buatan dalam negeri maupun luar

negeri, akan tetapi harga mesin penggulang otomatis masih terbilang mahal. Penggulangan kumparan dengan metode konvensional berupa memutar *handle* sebanyak jumlah lilitan yang diinginkan. Akan tetapi, kecepatan kerja yang tidak konsisten, kontinuitas penggulangan tergantung operator, hasil penggulangan tidak sesuai yang diinginkan dan memerlukan pengawasan saat proses penggulangan

berlangsung. Penggulungan dengan hasil yang maksimal dapat dioptimasi dengan mengganti sistem kerja manual menjadi semi otomatis ataupun otomatis. Sistem penggulungan otomatis dapat digantikan menggunakan motor listrik yang dapat di kontrol jumlah lilitan dan kecepatan melalui piranti pengendali seperti mikrokontroler [1].

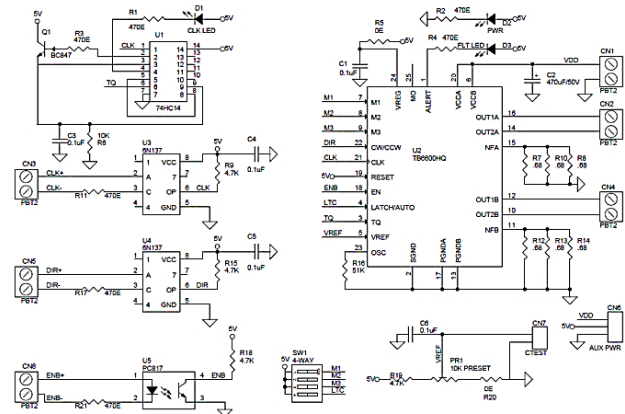
Mesin penggulung yang bersifat otomatis banyak dikembangkan. mesin penggulung kawat dengan penggerak motor *stepper*, *keypad* sebagai *entry* data jumlah lilitan, LCD sebagai penampil jumlah lilitan, dan *optocoupler* sebagai pencacah jumlah lilitan [2]. Penggunaan 2 buah motor DC 12V sebagai penggerak yaitu motor penggulung dan motor pengarah yang mengatur kawat pada koker. Mikrokontroler bekerja dengan menghitung jumlah lilitan yang berasal dari sensor putaran (*optocoupler*) berupa gelombang pulsa menjadi *counter* [3]. Penggunaan PLC sebagai kendali program jumlah lilitan, *Pushbutton* NO sebagai input PLC, motor DC 24 VDC sebagai *output* dan penggerak alat pelilit ulang, dan sebuah mal lilitan dengan bahan plat aluminium dan kayu lunak [4]. Pemanfaatan mikrokontroler ATmega328 sebagai unit akan menyimpan perintah kontrol untuk menentukan jumlah gulungan, mengatur kecepatan putaran dan berhenti bergerak. *Keypad* memasukkan jumlah gulungan dan pengatur kecepatan proses penggulungan dengan menggunakan pot dengan mengubah nilai PWM [5]. Prototipe mesin mini CNC *plotter* 3 - axis dari bahan standar dengan *software* yang *open source*, adapun *software* yang akan digunakan sebagai kontrol dari mesin mini CNC *plotter* tersebut adalah GRBL *Controller* dan juga mesin ini menggabungkan *software* aplikasi *inscape* yang berguna sebagai *converter* menjadi *g-code* [6].

Penelitian ini merancang bangun penggulung kumparan bertujuan memudahkan dan membantu mengurangi kesalahan-kesalahan yang terjadi pada saat proses penggulungan secara manual. Pada mesin penggulung ini menggunakan 3 buah motor stepper yang masing-masing berfungsi sebagai penempatan posisi kawat (axis X) pada mal bobin, mengatur diameter lilitan (axis Y) yang akan digulung dan penggerak mal bobin (axis Z) atau tempat kawat akan digulung. Proses penggulungan dilakukan dengan menginput jumlah lilitan yang akan digulung melalui *keypad*, jumlah lilitan yang tergulung pada proses penggulungan dapat dilihat melalui tampilan LCD 20x4, kemudian Mikrokontroler sebagai elemen pengendali. Penggunaan *software* GRBL yang berfungsi memonitor gerakan dan posisi pada motor stepper untuk mengetahui jumlah kumparan motor.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Motor Pengarah

Driver TB6600 adalah PWM *chopper-type single-chip bipolar sinusoidal*. Penggerak motor step, step, *micro-step*. Kontrol rotasi depan dan belakang tersedia dengan fase, fase 1-2 fase W1-2-fase, fase 2W1-2, dan fase 4W1-2 *mode*. *Driver* ini berfungsi mengendalikan motor *stepper* dari 1/1, 1/2, 1/4, 1/8, dan 1/16 *step*, bahkan memungkinkan lebih kecil dari itu [7].



Gambar 1. Rangkaian motor stepper menggunakan driver TB6600

2.2 Rangkaian Kontrol

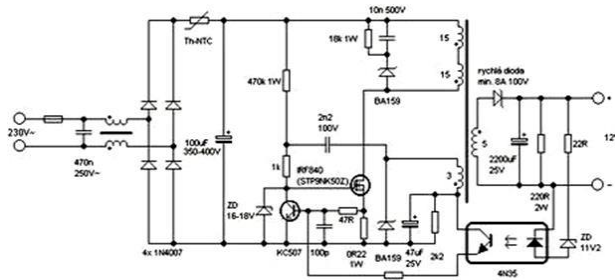
Arduino merupakan sebuah *platform* komputasi fisik *open source* berbasis rangkaian *input/output* (I/O) sederhana dan lingkungan pengembangan yang mengimplementasikan bahasa *Processing*. IDE (*Integrated Development Environment*). Arduino adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328p yang berfungsi sebagai pengontrol dan penanaman program. ATmega328 adalah *chip* mikrokontroler 8-bit berbasis AVR-RISC buatan *Atmel*. *Chip* ini memiliki 32 KB memori *ISP flash* dengan kemampuan baca-tulis (*read write*), 1 KB *EEPROM*, dan 2 KB *SRAM* [8].

Tabel 1. Datasheet Atmega328

NO	Microcontroller	ATmega328
1	Tegangan Operasi	5V
2	Input Voltage (disarankan)	7-12V
3	Input Voltage (limit)	6-20V
4	Jumlah pin I/O analog digital	14
5	Jumlah pin input analog	5
6	Arus DC tiap pin I/O	40 mA
7	Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
8	Flash Memory	256 KB (8 KB digunakan untuk bootloader)
9	SRAM	8 KB
10	EEPROM	4 KB
11	Clock Speed	16 Hz

2.3 Rangkaian Power Supply

Power Supply (catu daya) berfungsi untuk memberikan suplai tegangan searah, sebagai suplai tegangan kontrol agar rancangan dapat bekerja, yaitu dengan cara merubah tegangan bolak-balik 220 VAC yang akan masuk ke rancangan menjadi ± 12 VDC dan ground. Untuk keperluan perubahan tegangan dengan mendapatkan hasil berupa tegangan yang mendekati DC murni, maka catu daya terdiri dari beberapa bagian yaitu penurunan tegangan, penyearah tegangan, perata tegangan dan pengatur tegangan [9].



Gambar 2. Rangkaian *power supply*

2.4 Jenis Belitan Berdasarkan cara Melilit

2.4.1 Kumputan Memusat (*Concentric Winding*)

Jenis kumparan yang cara melilitnya berpusat di tengah, tiap-tiap kumparan dililitkan sehingga memiliki pusat kumparan. Kumparan memusat ini seperti bentuk spiral, kumparan yang paling dalam memiliki langkah kumparan terkecil, sedangkan kumparan terluar memiliki langkah kumparan yang terbesar

2.4.2 Kumputan Jerat/ Lilitan Spiral (*Lap Winding*)

Kumparan yang jarak langkah kumparannya tetap dan tiap-tiap kumparan dililitkan sehingga pusat kumparan bersebelahan dan berjarak satu alur. Berbeda dengan kumparan memusat, kumparan jerat memiliki kisar yang sama sehingga dapat dimasukkan satu per satu dan cocok digunakan pada alur setengah tertutup.

2.4.3 Kumputan Gelombang (*Wave Winding*)

Belitan kumparan gelombang langkahnya menyerupai gelombang, hampir sama seperti halnya kumparan jerat bedanya pada kumparan gelombang belitan tidak terlilit pada alur stator [10-12].

2.5 G-Code

G-code adalah bahasa yang digunakan untuk mengontrol sebuah mesin CNC. *G-code* adalah salah satu jenis pemrograman CNC yang digunakan oleh programmer CNC, jenis lainnya adalah program COM. *G-code* biasanya disebut *cycle codes* karena fungsinya

yang mengacu pada pergerakan sumbu X,Y, dan Z dari mesin CNC [13].

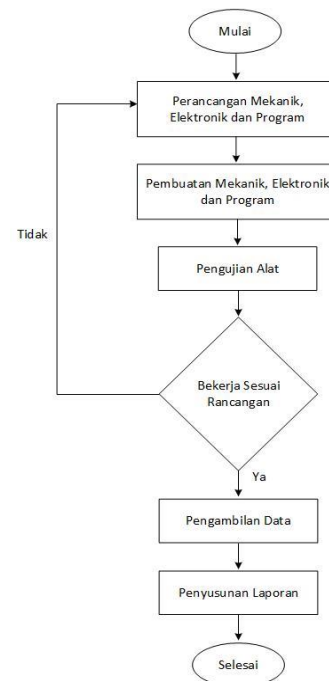
2.6 Software GRBL

GRBL adalah sebuah *software open source* gratis yang digunakan untuk mengontrol sebuah mesin CNC. Pada dasarnya GRBL adalah sebuah *hex file* yang dapat di upload ke *library arduino* agar *arduino* dapat membaca perintah dalam *g-code*. Untuk mengirimkan *g-code* ke *arduino* digunakan GRBL *controller* [14].

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini metode penelitian yang digunakan yaitu studi literatur dan *experimental*. Studi literatur adalah proses pencarian referensi teori yang relevan dengan mengumpulkan informasi dari berbagai media seperti buku, Jurnal, artikel bahkan forum diskusi. *Experimental* adalah prosedur penelitian yang dilakukan melalui pengujian.

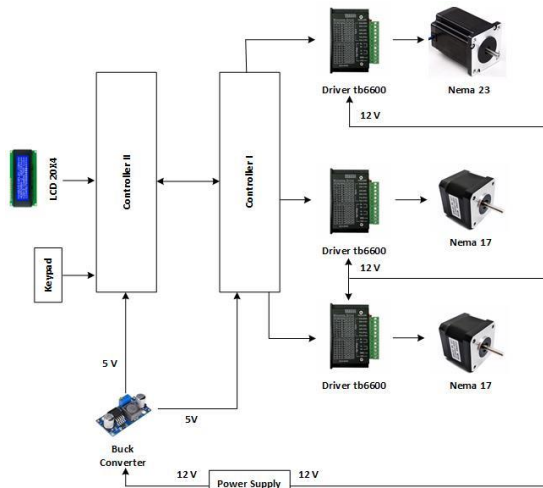
3.1 Diagram Alir



Gambar 3. *Flowchart* pembuatan alat

Pembuatan tugas akhir ini berjudul rancang bangun sistem monitoring penggulus kumparan menggunakan GRBL. Pada tahap awal yaitu merangkai desain mekanik, *electrical* dan sistem kendali (program) sesuai dengan *layout* perancangan yang ada, setelah itu Mengimplementasikan perangkat lunak dan perangkat keras, kemudian melakukan pengujian alat dan memastikan alat bekerja sesuai dengan sistem operasinya.

3.2 Diagram Blok Sistem

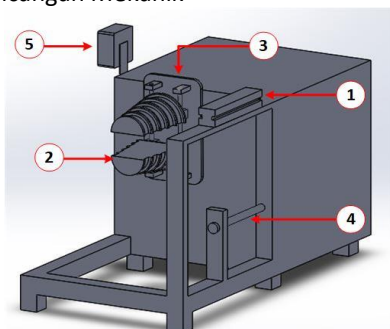


Gambar 4. Diagram blok sistem

Pada diagram blok akan menjelaskan prinsip kerja alat yang dibuat yaitu:

1. Saat saklar diaktifkan, input tegangan 220V AC diubah menjadi 12V DC oleh power supply. Sedangkan, tegangan yang dibutuhkan oleh mikrokontroler I dan II hanya 5V DC, maka akan di *converter* menggunakan *buck coverter*.
2. Jarak posisi , diameter, dan jumlah lilitan diinput melalui keypad, kemudian akan diproses melalui mikrokontroler I dan ditampilkan pada LCD.
3. Setelah input data selesai, mikrokontroler II akan memproses masing-masing pergerakan motor *stepper* memalui driver motor TB6600. Setelah itu alat akan bekerja berdasarkan sistem operasinya.

3.3 Rancangan Mekanik



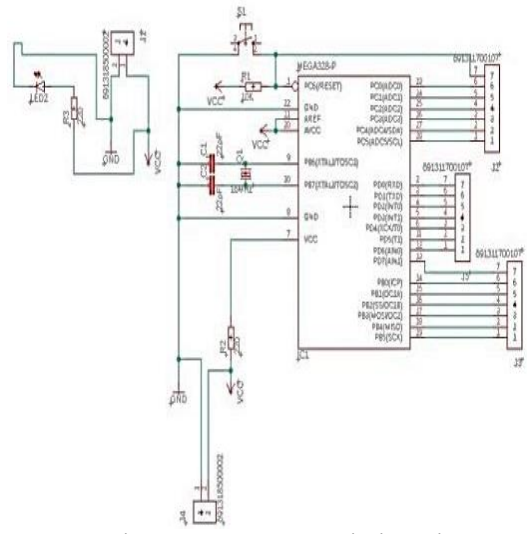
Gambar 5. Desain rancangan penggulung kawat

Keterangan :

1. Axis X sebagai pengatur posisi dan penjepit kawat.
2. Axis Y sebagai pengatur diameter lilitan dan berfungsi sebagai tempat gulungan kawat yang akan dililit.
3. Axis Z sebagai penggulung kawat
4. Tempat menyimpan gulungan kawat

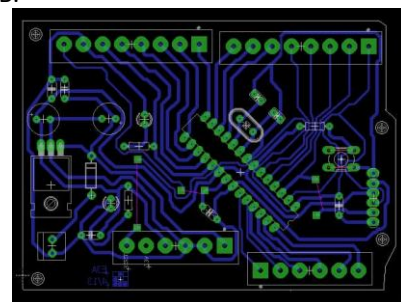
5. Panel kontrol sebagai panel untuk mengatur posisi kawat, diameter gulungan dan memasukkan inputan berupa jumlah kawat yang akan dililit.

3.4 Rancangan Electrical



Gambar 6. Sistem minimum mikrokontroler

Perancangan ini terdiri dari pembuatan rangkaian sistem minimum Atmega328p serta penurun tegangan. Semua perangkat keras ini akan dipasang pada PCB.



Gambar 7. Sistem minimum layout mikrokontroler

Gambar diatas merupakan layout sistem minimum yang digunakan pusat *controller* mesin dan menggunakan IC ATmega328p .

3.5 Pemrograman

Pemrogram yang dilakukan menggunakan 2 sistem minimum yang sama dan saling berhubungan. Langkah pertama yang dilakukan sebelum memasukkan program yaitu menghubungkan mikrokontroler sistem minimum pada PC (*personal computer*) melalui USB port. Selanjutnya membuka *software Arduino IDE* dan masukkan program GRBL yang telah dibuat pada *software*.

```

Program_TA_Penggulung_Kawat | Arduino 1.8.15
File Edit Sketch Tools Help
Program_TA_Penggulung_Kawat
#include <dire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <ezButton.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

ezButton pb1(4);
ezButton pb2(5);
ezButton pb3(6);
ezButton pb4(7);

char machineStatus[10];
bool awaitingOK = false;
char WposX[9]; // last known X pos on workpiece, space
char WposY[9]; // last known Y pos on workpiece
char WposZ[9]; // last known Z height on workpiece, space
char MposX[9]; // last known X pos absolute to the mach
char MposY[9]; // last known Y pos absolute to the mach
char MposZ[9]; // last known Z height absolute to the mach

```

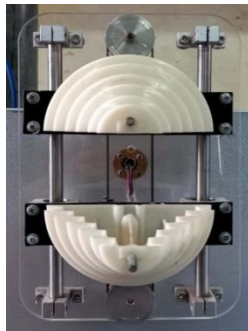
Gambar 8. Program

Setelah pembuatan program selesai, selanjutnya yaitu *compile* program untuk mengubah bahasa pemrograman (*code program*) menjadi bahasa mesin (*kode biner*).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Karya

4.1.1 Hasil Mekanik



Gambar 9. Mal bobin



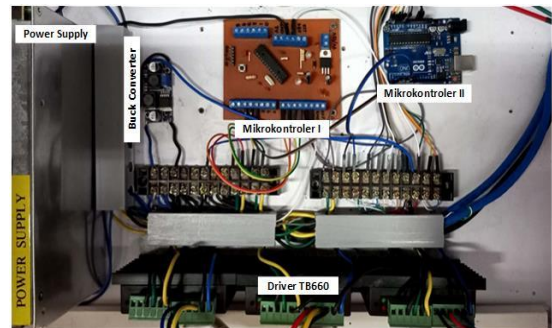
Gambar 10. Pengatur posisi kawat



Gambar 11. Hasil mekanik mesin

Berdasarkan gambar diatas, rangka atau base yang digunakan adalah besi *hollow* yang dibentuk sesuai rancangan dan bagian penutup rangka menggunakan aluminium.

4.1.2 Hasil Electrical



Gambar 12 . Panel

4.2 Hasil Pengujian Alat

Pengujian pada mesin penggulung kawat ini bertujuan untuk menggulung kawat berdasarkan jumlah dan diameter yang di input melalui *controller*.

Pada saat motor berputar didapatkan *pulse/revolution* pada axis X dan Y yaitu 800 *pulse* sedangkan axis Z 200 *pulse*. Titik koordinat awal program *g-code* pada GRBL axis X,Y, dan Z adalah G 10 P0 L20 X0 Y0 Z0.

Adapun perhitungan untuk mendapatkan kalibrasi data axis Z yaitu:

$$Revolution = Step\ revolution \frac{N2}{N1} \text{ Micro step}$$

Keterangan :

Revolution = putaran motor

Step revolution = step putaran motor

Micro step = pergerakan motor stepper

N1 (*Teeth* motor) = gigi di sekitar diameter luar badan katrol *pulley* motor stepper

N2 (*Teeth* poros) = gigi di sekitar diameter luar badan katrol *pulley* poros

$$Revolution = Step\ revolution \frac{N2}{N1} \text{ Micro step}$$

$$= 200 \frac{60}{20} 1$$

$$= 200 \times 3 \times 1$$

$$= 600 \text{ step/mm}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan 1 *revolution* atau putaran axis Z sama dengan 600 step/mm.

Pada menu *controller* terdapat M dan W. M merupakan *machine position* pada *software* GRBL dibuat saat menghidupkan mesin, Karena GRBL tidak mengetahui lokasi fisik *spindel* dan tidak tahu di mana harus membangun *machine position*, yang dilakukannya adalah mengatur *machine position* di

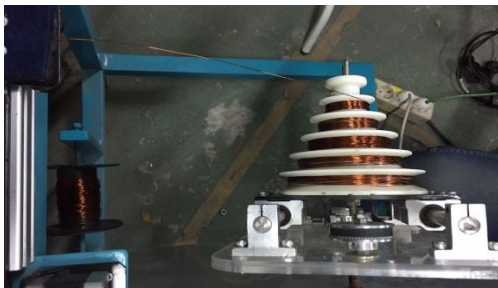
lokasi fisik spindel saat GRBL dikalibrasi. Sedangkan, W merupakan *work position*. *Work position* terakhir yang digunakan akan ditampilkan pada *controller* atau GRBL. 1 step pada M dan W setara dengan 1 mm, yang didapatkan dari hasil kalibrasi GRBL pada motor stepper.

4.2.1 Prosedur Kerja Alat

Adapun prosedur kerja alat, yaitu:

1. Pada *controller* terdapat 4 menu *setting*.
2. Tekan tombol 1 pada *controller* untuk menginput jarak perpindahan axis X (posisi) kawat, setelah itu tekan tombol 3 untuk OK.
3. Tekan tombol 2 pada *controller* untuk menginput jarak perpindahan axis Y (diameter) mal bobin, setelah itu tekan tombol 3 untuk OK.
4. Tekan tombol 3 pada *controller* untuk menginput jumlah belitan kumparan yang akan digulung, setelah itu tekan tombol 4 untuk mulai penggulangan.

4.2.2 Hasil Pengambilan Data



Gambar 13. Pengambilan data

Tabel 2. Axis X (Posisi)

Step	Jarak M	Jarak W	Kecepatan
1	-12.012 mm	-65.012 mm	500 m/s
2	-30.993 mm	-83.993 mm	500 m/s
3	-47.998 mm	-100.998 mm	500 m/s
4	-65.003 mm	-118.003 mm	500 m/s
5	-87.988 mm	-140.988 mm	500 m/s
6	-109.984 mm	-162.984 mm	500 m/s

Pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu jarak perpindahan axis X (posisi). Pada mal bobin terdapat 6 tingkatan, maka untuk menyesuaikan tingkatan diameter pada mal bobin dilakukan 6 step perpindahan pada axis X, rata-rata selisih jarak M yaitu 18,330 mm dengan kecepatan 500 m/s.

Tabel 3. Axis Y (Diameter)

Step	Jarak M	Jarak W	Kecepatan
1	20.999	20.999	500 m/s
2	40.048	40.048	500 m/s
3	61.047	61.047	500 m/s

Pengambilan data kedua yang dilakukan pada penelitian ini yaitu perpindahan axis Y (diameter). Terdapat 3 step perpindahan, rata-rata selisih jarak M yaitu 20,349 mm dengan kecepatan 500 m/s.

Tabel 4. Axis Z (Penggulung)

Diameter Lilitan Kumparan	Jarak Axis Y	Waktu	Kecepatan	Jumlah Lilitan
160 mm	25 mm	20.10 s	500 m/s	20
140 mm	25 mm	20,07 s	500 m/s	20
125 mm	25 mm	20.04	500 m/s	20
105 mm	25 mm	20.01 s	500 m/s	20
90 mm	25 mm	19.95 s	500 m/s	20
80 mm	25 mm	19.84 s	500 m/s	20

Pengambilan data keempat yang dilakukan pada penelitian ini yaitu perputaran axis Z sebanyak 20 lilitan dengan axis X dan Y yang berbeda sesuai dengan tingkatan pada mal bobin dengan waktu rata-rata kecepatan 20 s pada kecepatan 50 m/s.

Tabel 5. Perbandingan Input Otomatis dengan Hitungan Manual Jumlah Lilitan

Data Input Otomatis	Perhitungan Manual	Error (%)
10	10	0
20	20	0
30	30	0
40	40	0

Pengambilan data kelima yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan membandingkan nilai data input otomatis dengan nilai perhitungan secara manual, didapatkan nilai error rata-rata hasil pengukuran adalah 0% yang berarti bahwa hasil yang didapatkan sudah akurat.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengambilan data dapat disimpulkan bahwa, proses penggulangan kumparan dengan mesin lebih cepat dan nilai error rata-rata hasil pengukuran adalah 0% yang berarti bahwa hasil yang didapatkan sudah akurat karena jumlah lilitan yang diinput pada controller sesuai dengan hasil perhitungan manual. Batasan diameter belitan kumparan kawat harus diatas diameter mal bobin, dengan diameter minimal 80 mm dan diameter maksimal 250 mm. Maksimal diameter kawat yang digunakan yaitu 0.8 mm.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa kekurangan di beberapa aspek dan perlu pengembangan lebih lanjut. Oleh karena itu, berikut beberapa saran yang diharapkan ke depannya, yaitu mekanik yang lebih akurat dan presisi dan penambahan *brake/rem* pada axis Y sebagai pengunci.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Allah SWT, pembimbing, dan pihak dosen yang bersangkutan sehingga pembuatan alat ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Ahyar and Irdam, "Otomatisasi Mesin Penggulung Kumparan Motor Listrik dengan Penggerak Motor Stepper," Seminar Nasional Teknologi Industri (hal. 285 - 290). UPPM Politeknik ATI Makassar, 2015.
- [2] M. Ahyar and Irdam, "Perancangan Mesin Penggulung Kumparan Motor Listrik Sistem Otomatis Berbasis Mikrokontroler," J. Keteknikan dan Sains, vol. 2, no. 1, pp. 8–13, 2019.
- [3] R.P. Simanjuntak, "Rancang Bangun Alat Penggulung Transformator Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler," J. Ilm. Dunia Ilmu, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, 2019.
- [4] T. I. Janwardi, "Rancang Alat Rewinding Motor Listrik Dengan Kendali PLC," J. Elektron. List. dan Teknol. Inf. Terap., vol. 1, no. 2, pp. 5–9, 2019.
- [5] V. R. Yandri and Desmiwarman, "Rancang Bangun Alat Penggulung Kawat Email Untuk Kumparan Motor Menggunakan Mikrokontroller Atmega328 Sebagai Unit Pengendali," J. Tek. Elektro ITP, vol. 5, no. 1, pp. 16–21, 2016.
- [6] S. Tri Setianto and H. Suwandi, "Analisa Software Grbl Controller Untuk Mesin Mini CNC Plotter 3 - Axis Dengan Menggunakan Mikrokontroler Atmega 328," J. Informatics, vol. VIII, no. 1, pp. 54–66, 2017.
- [7] A. M. H. Rustam, M. N. Akbar, and W. Firdaus, "Mesin Penggulung Kumparan Motor Listrik Laporan," J. Tugas Akhir Tek. Mekatronika, pp. 1–11, 2020.
- [8] S. J. Sokop, D. J. Mamahit, and S. Sompie, "Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," E-Journal Tek. Elektro dan Komput., vol. 5, no. 3, pp. 13–23, 2016.
- [9] M. E. Nurlana and A. Murnomo, "Pembuatan Power Supply Dengan Tegangan Keluaran Variabel Menggunakan Keypad Berbasis Arduino Uno," Edu Elektr. J., vol. 8, no. 2, pp. 71–77, 2019.
- [10] A. Kristianto, "Perencanaan Lilitan Motor Induksi 3 Fasa 220/380 V," e-Prints uny, 2016.
- [11] A. Goeritno and A. Hidayat, "Struktur Belitan Stator Dan Rotor Bermagnet Permanen Fluks Radial Untuk Alternator Fase Tunggal," Te- 003, no. November, pp. 1–9, 2016.
- [12] R. Kumalasari, "Pengaruh Diameter Kumparan Armature Terhadap Torsi dan Daya Motor Listrik," J. Fak. Tek. Univ. negeri semarang, 2019.
- [13] M. Amala and S. Widyanto, "Pengembangan Perangkat Lunak Sistem Operasi Mesin Milling CNC Trainer," J. Tek. Mesin, vol. 2, no. 3, pp. 204–210, 2014.
- [14] P. R. Putra, "Perancangan Client Server pada Sistem Antarmuka Serta Proses Kalibrasi Sumbu Y Mesin CNC Portable," Inst. Teknol. Sepuluh Nop., p. 104, 2017.