

Otomatisasi Penggulung Spul Speaker Menggunakan Mikrokontroler dan Antarmuka Digital

¹Aprizal Dendy Luqman Hakim, ²Didik Riyanto, ³Rhesma Intan Vidyastri, ⁴Jawwad Shulthon Habiby

^{1, 2, 3}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah, Ponorogo
Jl. Budi Utomo No 10, Ponorogo 63471, Jawa Timur, Indonesia

¹aprizaldendy22@gmail.com, ²didikriyanto@umpo.ac.id, ³rhesma@umpo.ac.id, ⁴jawwad@umpo.ac.id

Abstract - Manual coil winding in speaker manufacturing often leads to irregularities in the number of turns, requires a significant amount of time, and causes physical fatigue for the operator. Therefore, this research aims to design and develop an automatic speaker coil winding machine based on the Arduino Mega microcontroller to improve the efficiency and accuracy of the winding process. The device utilizes a stepper motor as the main actuator, a keypad for inputting the number of turns and speed (RPM), and a 1.3-inch OLED screen to display relevant information. The system is controlled by a program written in the Arduino IDE, which coordinates the rotation and lateral movement of the spool based on user input. Testing was conducted using two types of wire—0.20 mm and 0.25 mm—at speed variations ranging from 80 to 110 RPM. The test results show that the machine is capable of winding coils with high precision, achieving an average accuracy above 98%. Additionally, it provides faster winding times and more uniform coil layers compared to the manual method. Therefore, this device is considered a viable alternative for small to medium-scale speaker production.

Keywords — *Infrared Sensor, Stepper Motor, Arduino Mega, Automatic Winder, Oled LCD*

Abstrak - Penggulungan spul secara manual pada pembuatan speaker sering kali menimbulkan ketidakaturan jumlah lilitan, membutuhkan waktu yang lama, dan menimbulkan kelelahan fisik operator. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan alat penggulung spul speaker otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Mega yang dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi proses penggulungan. Alat ini menggunakan motor stepper sebagai penggerak utama, keypad sebagai input jumlah lilitan dan kecepatan (RPM), serta layar OLED 1,3 inci sebagai tampilan informasi. Sistem dikendalikan dengan program Arduino IDE yang mengatur rotasi dan perpindahan gulungan secara terkoordinasi berdasarkan input pengguna. Pengujian dilakukan dengan dua jenis kawat, yaitu 0,20 mm dan 0,25 mm, serta variasi kecepatan dari 80 hingga 110 RPM. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu menggulung spul dengan tingkat presisi tinggi, rata-rata di atas 98%. Selain itu, alat juga mampu menggulung dengan waktu yang lebih efisien dan hasil lilitan yang lebih rapi dibandingkan metode manual. Dengan demikian, alat ini layak digunakan sebagai solusi alternatif dalam proses produksi speaker skala kecil hingga menengah.

Kata Kunci — *Sensor Inframerah, Motor Stepper, Arduino Mega, Penggulung Otomatis, LCD Oled*

I. PENDAHULUAN

Peralatan audio yang beredar di pasaran akhir-akhir ini sangat beragam baik dari segi merk, harga maupun kualitas. Bagi konsumen yang berkantong tebal dapat membeli peralatan audio dengan merk dan kualitas yang bagus, yang biasanya memiliki harga yang cukup tinggi. Seiring dengan tumbuh dan berkembangnya industri di Indonesia, kebutuhan dan penggunaan audio untuk berbagai keperluan semakin meningkat pesat. Speaker digunakan sebagai salah satu alat penunjang perkembangan industri yang semakin berkembang dan maju [1].

Secara umum, proses pendaftaran pasien di rumah sakit menjadi dua kategori utama: pendaftaran pasien. Pada dasarnya speaker adalah mengubah bentuk energi listrik menjadi energi akustik (suara). Jika sinyal listrik diberikan ke terminal speaker, maka kerucut (cone) speaker akan bergerak maju dan mundur (bergetar) sebagai respons terhadap sinyal listrik. Udara di sekitar speaker bertambah dan berkurang tekanannya (bergetar juga), sehingga menghasilkan sinyal suara. Sinyal dengan frekuensi tinggi akan menyebabkan cone bergetar cepat, sedangkan sinyal dengan frekuensi rendah akan menyebabkan cone bergetar lambat. Spektrum frekuensi audio dari 20 Hz sampai dengan 20 KHz dapat dibagi ke dalam 3 (tiga) kategori yaitu low, medium dan high, sehingga jenis

speaker yang ada juga menyesuaikan dengan frekuensi yang akan ditanganinya. Permasalahan yang sering timbul dari system audio yang ada yaitu sering terjadi putusnya speaker frekuensi tinggi (tweeter) akibat dari masuknya sinyal audio yang frekuensi dan dayanya tidak sesuai dengan spesifikasi speaker yang ada [2][3].

Salah satu proses perbaikan speaker adalah penggantian ulang spul speaker, untuk menghindari biaya peralatan yang tinggi, maka proses penggulungan ulang spul harus dilakukan sebaik mungkin. Alasan dilakukan penggantian spul speaker yang baru karena akan mempengaruhi hasil suara dari speaker agar sama dengan kualitas dari pabrik, kenapa tidak di rekondisi karena biasanya pada spul speaker yang telah rusak atau terbakar sangat sulit untuk di rekondisi walaupun bisa suara yang dihasilkan kualitasnya akan lebih rendah dari kondisi standar pabrik. Pada saat ini tempat service kebanyakan operator menggulung spul speaker menggunakan peralatan konvensional. Proses penggulungan spul speaker secara manual memiliki beberapa kendala atau kesalahan seperti terjadinya saat proses perhitungan jumlah gulungan dan memerlukan waktu yang cukup lama. Untuk mengurangi resiko kesalahan yang dapat ditimbulkan oleh alat konvensional, maka perlu dikembangkan alat untuk mempermudah memberikan efisiensi tenaga dan waktu pada proses penggulungan ulang. Dari pemikiran diatas penulis bermaksud melakukan penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Alat Gulung Spul Speaker Otomatis Berbasis Mikrokontroler”. Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil yang dikemas dalam bentuk chip IC (Integrated Circuit) dan dirancang untuk melakukan tugas atau operasi tertentu[4].

II. METODE PENELITIAN

A. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan oleh penulis untuk memperkuat dan mengetahui permasalahan yang diangkat. Penulis melakukan studi lapangan dengan pengamatan dan wawancara kepada seorang narasumber bernama Okky Aditya Firmansyah, beliau merupakan seorang penggulung spul speaker yang rumahnya beralamat di Jalan Kresna, RT.03/RW.02, Desa Wringinanom, Kecamatan Sambit, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur. Hasil wawancara adalah narasumber menceritakan kondisi mengenai permasalahan yang dialaminya yaitu kesulitan dalam penggulungan spul speaker yang masih dilakukan secara konvensional.

Penggulungan spul speaker yang dilakukan secara konvensional membutuhkan waktu dan tenaga yang cukup lama dan dalam penggulangannya juga membutuhkan kepresisian. Alat gulung spul speaker yang dimiliki oleh narasumber masih menggunakan tangan untuk memutar penggulgung dan dalam menggeser kawat lilitan masih menggunakan tangan sehingga lama dalam penggulangan. Ada risiko dalam penggulangan kawat spul besar bahwa saat digunakan yaitu dalam memutar penggulgung dan penggeser kawat lilitan spul yang tidak sinkron akan terjadi membuat kawat tidak tertata dengan rapi yang menghasilkan penggulangan gagal dan diulang kembali.

B. Studi Literatur

Studi literatur di gunakan penulis untuk memahami dan menguasai teori-teori serta mengkaji penelitian sebelumnya, berikut ini studi literatur terkait penelitian tentang Otomatisasi Penggulung Spul Speaker Menggunakan Mikrokontroler dan Antarmuka Digital :

1. Mikrokontroler ini dapat membantu dan mempermudah dalam menghitung banyaknya gulungan yang sudah tergulung dengan waktu yang lebih efisien serta meminimalisir kesalahan dalam penggulangan. Hasil rancang bangun ini nantinya menghasilkan mesin yang dapat menggulung spul speaker dalam proses menggulung yang mampu bekerja secara otomatis, dan dilengkapi dengan fitur input nilai setting putaran, dan disertai papan display. Penelitian terdahulu yang dijadikan referensi dalam penelitian yang berkaitan dengan judul skripsi ini. Penelitian pertama dilakukan oleh Januar Abdul Aziz, pada tahun 2025 dengan judul “Rancang Bangun Alat Penggulung Lilitan Kawat Motor Listrik Dengan Menggunakan Aplikasi Telegram Berbasis Internet of Things(IoT)”. Alat yang dibuat adalah Perancangan alat penggulgung lilitan kawat motor listrik dengan menggunakan aplikasi telegram berbasis internet of things (IoT) dapat bekerja sesuai yang diharapkan. Dengan menggunakan aplikasi Telegram sebagai antarmuka untuk perintah menjalankan alat penggulangan yang terhubung melalui internet. NodeMCU ESP8266 menerima pesan dari Telegram dan memberikan perintah kepada motor DC untuk berputar. Motor DC berputar dengan jumlah putaran yang diinginkan untuk membuat

lilitan kawat. Jumlah putaran motor DC dihitung oleh sensor optocoupler yang terhubung dengan NodeMCU ESP8266. NodeMCU ESP8266 memproses input dari pesan Telegram dan sensor optocoupler untuk mencapai hasil penggulangan yang diinginkan.[5].

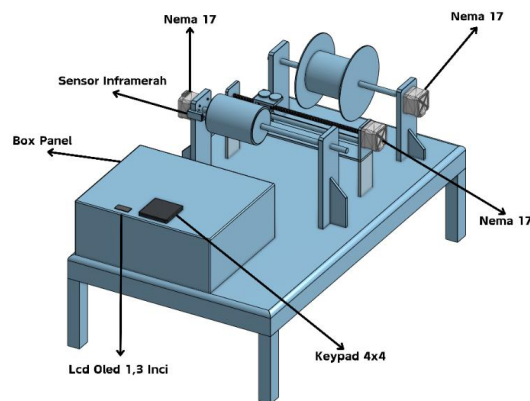
2. Penelitian kedua dilakukan oleh Muhammad Syahwil pada tahun 2020 pada jurnal Indonesian Journal Of Labortory dengan judul “ Modifikasi Alat Penggulang Dinamo Sistem Manual Menjadi Otomatis Berbasis Arduino”. Input. Bagian input adalah bagian yang berfungsi sebagai antarmuka antara manusia dengan sistem, bagian input ini direalisasikan dengan sebuah keypad, dimana pengguna dapat memasukkan perintah berupa nilai setingan jumlah gulungan, menentukan mode program yang aktif, serta perintah untuk memulai operasi, menambah dan mengurangi kecepatan motor stepper. Proses bagian proses adalah bagian yang berfungsi sebagai pengolah data sekaligus mengendalikan jalannya kerja sistem Tujuan pemrograman pada mikrokontroler adalah untuk memungkinkan rangkaian elektronik membaca masukan (input), memprosesnya, dan menghasilkan keluaran (output) sesuai dengan yang diharapkan. Bagian output terdiri dari dua komponen utama, yaitu motor stepper dan tampilan LCD. Motor stepper berperan sebagai aktuator, di mana porosnya akan terhubung dengan sistem mekanik alat penggulang manual. Sementara itu, LCD digunakan untuk menampilkan data numerik, seperti jumlah lilitan yang telah disetel maupun pengaturan kecepatan putaran motor.[6].
3. Penelitian ketiga dilakukan oleh ahyar Irdam pada tahun 2020 pada Jurnal Keteknikan dan Sains dengan judul “ Perancangan Mesin Penggulang Kumpanan Motor Listrik Sistem Otomatis Berbasis Mikrokontroler” Penelitian ini telah menghasilkan purwarupa mesin penggulang kumpanan motor listrik berbasis mikrokontroler. dengan input dari keypad dan optocoupler yang selanjutnya diolah pada mikrokontroler, kemudian dilanjutkan pada driver motor stepper, driver linear actuator, dan LCD. sehingga motor stepper akan berputar sesuai dengan input yang dimasukkan pada keypad yang akan ditampilkan pada LCD. Meskipun waktu penggulangannya masih lebih lambat dibandingkan dengan alat penggulang konvensional, keunggulannya terletak pada kemampuannya memungkinkan operator untuk melakukan dua aktivitas sekaligus selama proses penggulangan berlangsung.[7].
4. Penelitian keempat dilakukan oleh Try Dhatul Ramadhania Safaruddin pada tahun 2022 pada Journal Of International Multidisciplinary Research dengan judul “Perencanaan Dan Mesin Penggulang Kawat Lilitan Motor Listrik Otomatis Berbasis Arduino” Setelah menyelesaikan tahap perancangan mesin penggulang kawat lilitan motor listrik otomatis berbasis Arduino, penulis dapat menyimpulkan bahwa dalam penelitian ini telah berhasil dibuat sebuah mesin penggulang kawat otomatis dengan menggunakan Arduino dan driver L298 sebagai pengendali motor listrik. Untuk memasukkan jumlah lilitan yang diinginkan, digunakan keypad 3x4.[8].

C. Perencanaan Alat

Tahap perencanaan alat mencakup gambaran visual dari pembuatan alat yang akan digunakan untuk menyusun perangkat tersebut. Data yang diperoleh dalam tahap ini harus didasarkan pada teori-teori yang relevan. Terdapat empat aspek utama, yaitu perencanaan desain alat, diagram blok, diagram wiring dan *Flowchart* sistem Pengulang otomatis.

1. Perencanaan Desain Alat

Perencanaan desain alat merupakan tahap awal yang penting dalam proses pengembangan sistem penggulang spul speaker otomatis. Tujuan utama dari tahap ini adalah merancang sistem secara menyeluruh, baik dari sisi mekanik maupun elektronik, agar mampu bekerja secara efisien, akurat, dan dapat dioperasikan dengan mudah oleh pengguna. Desain alat ini mengacu pada kebutuhan proses penggulangan spul yang membutuhkan perputaran motor presisi, perpindahan lateral kawat secara teratur, serta penghitungan jumlah lilitan secara otomatis. Untuk itu, sistem ini dirancang dengan menggabungkan beberapa komponen utama yang masing-masing memiliki fungsi spesifik dalam menunjang proses kerja alat.



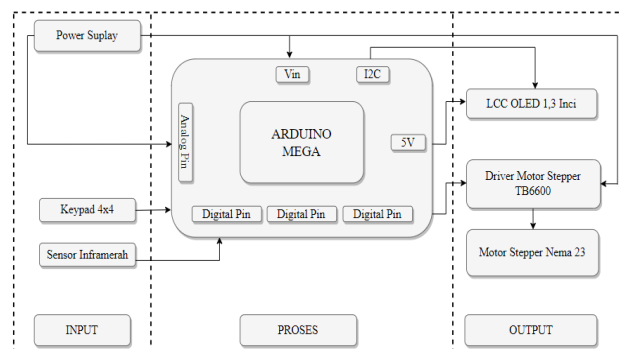
Gambar 1 Perencanaan Desain 3D Alat Penggulung Spul

Berdasarkan keterangan gambar 1 pemasangan semua komponen dan tata letak posisi:

- Box Panel berisikan komponen komponen seperti mikrokontroler, power supply, step down, keypad, driver motor stepper dan LCD Oled.
- Tombol Keypad 4x4 (Input Kecepatan RPM)
- LCD Oled (Penampil Hasil Jumlah Lilitan)
- Sensor Inframerah (Menghitung dari jumlah Lilitan)
- power supply (tenaga penggerak komponen)
- Motor Stepper (Motor 1 Penggerak Penggulung dan Penggeser Kawat)

2. Diagram Blok Sistem

Pada setiap blok, terdapat garis yang menggambarkan arah kerja perangkat secara sistematis. Dalam perancangan sistem, terdapat tiga blok utama, yaitu Blok Masukan (Input), Blok Proses (Proses) dan Blok Keluaran (Output). Setiap blok memiliki peran khusus dalam mengatur alur sistem secara efektif.



Gambar 2 Diagram Blok Sistem Penggulung spul

Berdasarkan Gambar 2 diagram blok dijelaskan sebagai berikut :

a. Blok Input

Blok input berisi tiga komponen utama yang bertugas memberikan data awal ke sistem:

- 1) Power Supply Power Supply dipakai daya listrik sebesar 12V 10A. Perangkat elektronika menggunakan arus searah (DC).
- 2) Keypad 4x4 matrix berfungsi untuk menginput jumlah gulungan.
- 3) Sensor Inframerah Sensor Inframerah berfungsi untuk menghitung jumlah lilitan yang sudah tergulung.

b. Blok Proses

Blok ini merupakan inti dari sistem yang bertanggung jawab dalam pengolahan data. Mikrokontroler

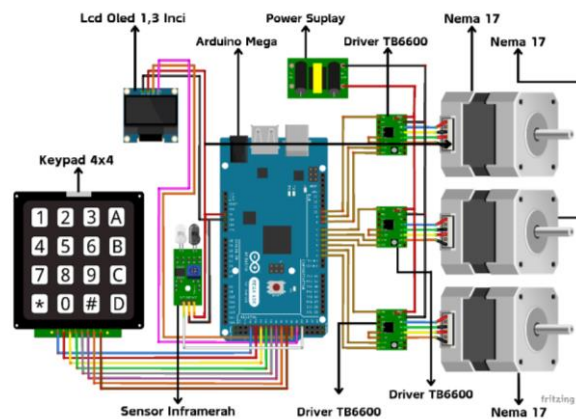
c. Blok Output

Blok output berfungsi untuk menyampaikan hasil proses ke pasien maupun pihak internal rumah sakit:

- 1) LCD Oled 1,3 Inchi : bertujuan untuk menampilkan banyaknya lilitan yang telah tergulung yang nantinya akan muncul dalam bentuk angka.
- 2) Driver Motor Stepper : Digunakan sebagai pengontrol motor stepper.
- 3) Motor Stepper : Digunakan untuk menggulung lilitan dan menggeser kawat email.

3. Diagram Wiring

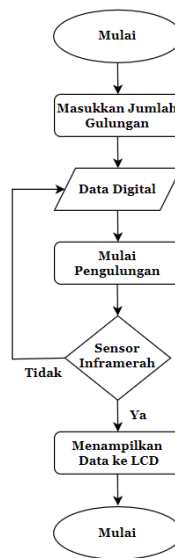
Diagram wiring adalah gambar teknis yang menunjukkan hubungan antar komponen elektronik melalui kabel atau jalur koneksi. Diagram ini digunakan untuk membantu proses perakitan alat elektronik.



Gambar 3 Diagram Wiring

Pada Gambar 3 penjelasan diagram wiring sebagai berikut :

- a. Mikrokontroler: Arduino Mega 2560
Arduino Mega bertindak sebagai pusat kendali utama yang menerima input, memproses data, dan mengontrol output. Keunggulannya adalah memiliki banyak pin digital dan analog, cocok untuk sistem dengan banyak komponen seperti ini.
 - b. Keypad 4x4
Sebagai alat input untuk memasukkan jumlah lilitan dan kecepatan (RPM).
 - c. Sensor Inframerah
Mendeteksi jumlah putaran spool (lilitan kawat). Ketika spool melewati sensor, cahaya inframerah dipantulkan dan terdeteksi sebagai satu lilitan.
 - d. Layar OLED 1,3 Inchi (I2C)
Menampilkan informasi seperti jumlah lilitan yang dimasukkan, lilitan yang sedang berjalan, serta kecepatan.
 - e. Motor Stepper Nema 17
Menggerakkan bagian mekanik untuk proses penggulangan dan perpindahan kawat email. Koneksi masing-masing motor dikendalikan oleh driver L298N.
 - f. Driver L298N
Sebagai penguat sinyal dari Arduino ke motor stepper (karena motor butuh arus besar). Koneksi ke Arduino mega. Driver ini mendapat catu daya langsung dari sumber eksternal (12–24V DC).
 - g. Power Supply
Memberi daya utama ke motor stepper melalui driver L298N dan Mikrokontroler.
4. *Flowchart Sistem Penggulung Otomatis*
Perencanaan software meliputi perencanaan cara kerja sistem penggulangan otomatis yang dituangkan dalam bentuk *flowchart* pada gambar 4 dibawah



Gambar 4 Flowchart Sistem Penggulung Otomatis

Gambar 4 Flowchart sistem penggulung spul di atas menjelaskan alur kerja sistem secara bertahap, mulai dari proses inisialisasi hingga proses penggulungan spul selesai. Deklarasi Variabel Sistem melakukan inisialisasi terhadap semua variabel yang dibutuhkan, seperti variabel untuk menghitung lilitan, kecepatan, dan status proses. Masukkan Jumlah Gulungan Pengguna memasukkan jumlah lilitan (target) melalui keypad 4x4. Data ini akan menjadi referensi utama bagi sistem selama proses penggulungan berlangsung. Data input dari pengguna dikonversi dan disimpan dalam bentuk digital oleh Arduino Mega.

Proses penggulungan kawat dimulai sesuai dengan nilai parameter yang telah dimasukkan. Sensor inframerah memantau jumlah lilitan yang sudah terjadi. Setiap kali satu putaran spool terdeteksi, nilai lilitan akan bertambah satu. Cabang Keputusan (Ya/Tidak) Sistem memeriksa apakah jumlah lilitan yang terdeteksi oleh sensor sudah sesuai dengan target yang dimasukkan oleh pengguna. Jika belum (tidak), sistem kembali ke proses penggulungan. Jika sudah (ya), maka sistem lanjut ke proses berikutnya. Menampilkan Data ke LCD Setelah jumlah lilitan tercapai, sistem menampilkan informasi proses ke layar OLED 1,3 inci. Informasi yang ditampilkan dapat berupa jumlah lilitan akhir, waktu proses, atau status selesai. Selesai Proses penggulungan spul selesai dan sistem berhenti bekerja.

D. Perancangan Alat

Langkah membuat kerangka alat adalah merancang desain alat dengan menggunakan multiplek sebagai bahan utama yang memiliki ketebalan 7 mm. Dengan Panjang 45 cm, lebar 20 cm dan tinggi 20 cm.



Gambar 5 Hasil Proses Perakitan Rangka Penggulung Spul Otomatis

Pada Gambar 5 membuat rangka dengan ada sedikit perubahan dari desain 3D karena ada beberapa kendala yang mengharuskan ada perubahan. Langkah awal adalah memotong multiplek sesuai dengan ukuran yang sudah ditentukan, kemudian pada bagian penampang akan dilubangi untuk tempat LCD sebagai layar penampil, serta akan melubangi pada bagian bawah lubang LCD untuk tempat keypad 4x4 dan dua buah push button sebagai tombol kontrol. Selanjutnya akan membuat untuk dudukan motor stepper, dan dudukan kawat gulung setelah itu dilakukan pengecatan pada rangka penggulung.

Perakitan Sistem Elektronik Proses ini merupakan tahap penting dalam membangun sistem kontrol otomatis pada alat penggulung spul speaker. Perakitan dilakukan secara bertahap berdasarkan diagram wiring yang telah dirancang, agar sistem dapat bekerja secara optimal dan efisien.



Gambar 6 Hasil Proses Perakitan Sistem Rangkaian Elektronik Alat

Gambar 6 penjelasannya adalah Motor Stepper dan Driver Rangkaian penggerak utama terdiri dari dua motor stepper tipe 17HS4401 dan dua driver L298N. Motor pertama berfungsi sebagai pemutar spool, sementara motor kedua menggeser posisi penjepit kawat. Sinyal kendali dari Arduino Mega dikirim ke driver untuk mengubahnya menjadi gerakan mekanik sesuai perintah input. Tampilan OLED 1,3 Inchi Digunakan layar OLED 1,3 inci (tipe SSD1306) untuk menampilkan jumlah lilitan secara real-time, sehingga memudahkan pengguna dalam memantau proses penggulangan. Catu Daya Sistem menggunakan power supply 12V 5A sebagai sumber utama. Tegangan diturunkan menjadi 5V menggunakan step-down converter untuk memberi daya pada Arduino dan OLED, sementara 12V disalurkan langsung ke dua driver L298N. Keypad 4x4 timbul digunakan sebagai input jumlah lilitan serta tombol mulai. Desainnya mendukung kemudahan penggunaan dan respons cepat saat ditekan. Sensor inframerah berfungsi untuk menghitung jumlah lilitan spool secara otomatis dan memastikan jumlah sesuai dengan yang diinput pengguna. Penataan dan Keamanan Sistem. Semua komponen dirakit dengan memastikan koneksi antar perangkat kuat dan aman. Penataan dilakukan secara cermat agar alat berfungsi stabil dan menghasilkan gulungan yang rapi serta sesuai standar. Sistem ini menghasilkan kontrol otomatis penuh yang andal, mudah digunakan, dan informatif.

Pada tahap akhir ini membuat perakitan dudukan mal gulung dan penjepit kawat gulung yang nantinya akan dihubungkan dengan motor stepper. Bahan yang digunakan adalah Bearing Lead Screw 8 mm tiga buah, Copling driver Stepper ukuran 5-8 mm dua buah, Lead Screw T8 300mm 1 buah.



Gambar 7 Hasil Proses Perakaitan Akhir Alat Gulung Spul Otomatis

Gambar 7 menjelaskan proses akhir alat. Setelah itu membuat perakitanudukan mal gulung dengan Pada bagian lead screw dibuat dudukan agar mal ikut berputar saat motor stepper dinyalakan selanjutnya menghubungkan motor stepper dengan Lead screw T8 menggunakan coupling dan menggunakan bearing lead screw agar mal gulung dapat stabil tidak bergoyang saat digunakan dan diberi pengunci pada lead screw agar mal gulung tidak bergeser. Kemudian perakitan dudukan penjepit kawat gulung dengan memasukkan penjepit yang telah dibuat kedalam lead screw dan bearing lead screw yang kemudian lead screw akan dihibungkan degan motor stepper menggunakan copling dan dikunci dengan besi kecil agar penjepit tidak bergoyang.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan secara bertahap dengan menggunakan metode rekayasa eksperimental, yaitu penelitian praktis dan sistematis yang digunakan untuk menguji dan mengevaluasi performa alat hasil rancang bangun melalui serangkaian pengujian langsung dalam penelitian ini digunakan untuk menguji alat hasil rancang bangun secara nyata melalui berbagai skenario input (RPM & jumlah lilitan), dan kemudian mengevaluasi hasilnya berdasarkan data yang diukur secara langsung.

B. Pengujian Alat

Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tingkat akurasi jumlah lilitan, kestabilan kecepatan putaran, serta efisiensi waktu penggulangan berdasarkan input dari pengguna. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan input berupa jumlah lilitan dan kecepatan putaran (RPM) melalui keypad. Alat kemudian dijalankan secara otomatis untuk menggulung kawat spul sesuai parameter yang dimasukkan. Hasil gulungan dihitung secara manual untuk dibandingkan dengan input yang diinginkan, guna mengukur tingkat error atau deviasi. Selain itu, waktu penggulangan juga dicatat menggunakan stopwatch untuk mengevaluasi efisiensi proses. Pengujian dilakukan dalam beberapa skenario dengan variasi jumlah lilitan dan RPM, agar kinerja alat dapat dievaluasi dalam kondisi berbeda.

C. Metode Pengujian

Metode ini digunakan sebagai urutan dalam proses uji coba alat dengan urutan sebagai berikut :

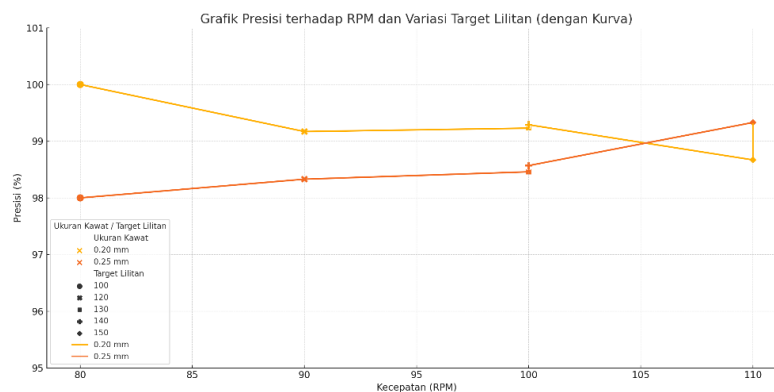
1. Masukkan nilai jumlah lilitan dan RPM melalui keypad.
2. Jalankan alat hingga proses selesai.
3. Hitung secara manual hasil lilitan aktual.
4. Catat waktu penggulangan dengan stopwatch.
5. Ulangi untuk beberapa variasi jumlah lilitan dan RPM.

D. Pengoperasian Seluruh Fungsi Komponen

Pegoperasian dilakukan secara menyeluruh apakah komponen berjalan dengan berjalan sebagai mestinya dengan mendeteksi memasukkan jumlah lilitan yang berbeda, input kecepatan yang berbeda serta menggunakan kawat dengan ukuran (0,20 mm dn 0,25 mm) serta akurasi target lilitan dan hasil liitan dapaat dilihat pada tebel berikut ini:

Tabel 1 Pengujian secara keseluruhan sistem Alat Penggulung Spul

No	Ukuran Kawat	RPM	Target Lilitan	Hasil lilitan	Waktu (detik)	Presisi (%)
1	0,20	80	100	100	80	100
2	0,20	100	120	119	78	99.17
3	0,20	110	150	148	72	98.67
4	0,25	80	100	98	80	98.00
5	0,25	100	120	118	78	98.33
6	0,25	110	150	149	72	99.33



Gambar 8 Pengujian secara keseluruhan sistem Alat Penggulung Spul

Tabel 3.1 ini menyajikan hasil pengujian terhadap sistem penggulung spul otomstis. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi (presisi) dan efisiensi waktu dari alat penggulung spul speaker otomatis berbasis mikrokontroler.

1. Pengujian menggunakan dua jenis kawat email, yaitu :
 - a. 0,20 mm
 - b. 0,25 mm
2. Pengujian dalam tiga variasi kecepatan, yaitu :
 - a. 80 RPM
 - b. 100 RPM
 - c. 110 RPM
3. Pengaruh Kecepatan (RPM) terhadap Waktu Penggulungan

Dari hasil pengujian, terlihat bahwa semakin tinggi nilai RPM, maka semakin cepat pula proses penggulangan spul dapat diselesaikan. Pada kecepatan 80 RPM, waktu rata-rata penggulangan untuk 100 lilitan membutuhkan waktu sekitar 80 detik. Sementara pada kecepatan 110 RPM, proses penggulangan 150 lilitan hanya memerlukan waktu sekitar 72 detik. Ini menunjukkan bahwa sistem bekerja secara efisien mengikuti kecepatan yang ditentukan, dan tidak mengalami delay atau penurunan performa ketika beroperasi pada RPM tinggi.

4. Presisi Penghitungan Lilitan oleh Sistem

Presisi alat dinilai dari selisih antara jumlah lilitan yang ditargetkan dan jumlah lilitan aktual yang tercatat oleh sensor inframerah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki presisi sangat tinggi, dengan nilai akurasi berkisar antara 98,00% hingga 100%. Pada pengujian menggunakan kawat 0,20 mm, tingkat presisi tertinggi adalah 100% (pada 80 RPM), sedangkan presisi terendah adalah 98,67% (pada 110 RPM). Untuk kawat 0,25 mm, presisi sedikit menurun pada kecepatan rendah, yakni 98,00% pada 80 RPM, tetapi kembali meningkat hingga 99,33% saat pengujian pada 110 RPM.

5. Stabilitas Sistem terhadap Perbedaan Ukuran Kawat

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa perbedaan ukuran kawat tidak berdampak signifikan terhadap performa sistem. Baik kawat 0,20 mm maupun 0,25 mm dapat digulung dengan akurasi yang hampir serupa. Hal ini membuktikan bahwa rancangan mekanik, sistem penggerak motor stepper, dan mekanisme penjepit kawat telah dirancang secara optimal untuk menjaga stabilitas posisi kawat selama proses penggulangan.

6. Efektivitas Input dan Antarmuka

Penggunaan keypad 4x4 sebagai media input terbukti memberikan kemudahan bagi operator dalam mengatur parameter jumlah lilitan dan kecepatan. Antarmuka OLED 1,3 inci memberikan tampilan informasi yang cukup jelas dan responsif terhadap perubahan nilai input. Operator dapat memantau status sistem secara real-time tanpa harus menunggu proses selesai, sehingga alat ini mendukung penggunaan yang intuitif dan ramah pengguna.

IV. KESIMPULAN

Dari seluruh proses yang telah dilakukan, dimulai dengan studi lapangan, studi literatur, perencanaan sistem, perancangan alat, uji coba, dan evaluasi maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu: Alat penggulung spul speaker otomatis berhasil dibuat dan berfungsi sesuai dengan rancangan. Sistem mampu menggulung kawat dengan tingkat presisi tinggi, mencapai rata-rata di atas 98% untuk berbagai variasi kecepatan dan ukuran kawat. Pemanfaatan motor stepper, keypad input, dan tampilan OLED terbukti mendukung kemudahan operasional dan keakuratan gulungan. Proses penggulangan menjadi lebih efisien, cepat, dan mengurangi kelelahan operator dibandingkan sistem manual. Hasil gulungan rapi dan konsisten, cocok digunakan untuk pembuatan speaker atau komponen elektronik sejenis. Sedangkan jika menggunakan alat secara konvensional banyak terjadi kendala yang terjadi karena kesalahan operator dalam melakukan proses penggulangan, dari segi menghitung lilitan dan kerapatan pada gulungan dan kecepatan dalam penggulangan juga tidak teratur serta mengurangi kelelahan operator.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Riyanto, W. Arifa, and S. A. Salim, "Rancang Bangun Sistem Audio (Sound System) Menggunakan Rangkaian Crossover Aktif Dengan Tiga Jalur Frekuensi," *Vokasi*, vol. XIV, no. 1, pp. 1–8, 2020.
- [2] R. M. Sephia, *Analisis pola radiasi driver speaker terhadap kinerja loudspeaker polyhedral*. 2020.
- [3] A. Irwan and A. Kiswanto, "Membuat Speaker Bluetooth Helm Dengan Modul Penerima Bluetooth 4.1," *J. Pengabd. Siliwangi*, vol. 9, no. 1, pp. 15–19, 2023, doi: 10.37058/jsppm.v9i1.6483.
- [4] R. A. Nugroho, R. D. Gunawan, P. Prasetyawan, and D. Wijayanto, "Sistem Keamanan Kap Mobil Menggunakan Fingerprint Berbasis Mikrokontroler," *J. ICTEE*, vol. 2, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.33365/jictee.v2i1.1071.
- [5] M. Rodríguez, Velastequí, "Rancang Bangun Alat Penggulung Lilitan Kawat Motor Listrik Dengan Menggunakan Aplikasi Telegram Berbasis Internet of Things(IoT)," pp. 1–23, 2025.
- [6] M. Syahwil, "Modifikasi Alat Penggulung Dinamo Sistem Manual Menjadi Otomatis Berbasis Arduino," *Indones. J. Lab.*, vol. 3, no. 1, p. 46, 2020, doi: 10.22146/ijl.v3i1.61545.
- [7] M. Ahyar and Irdam, "Perancangan Mesin Penggulung Kumpanan Motor Listrik Sistem Otomatis Berbasis Mikrokontroler," *J. Keteknikan dan Sains*, vol. 2, no. 1, pp. 8–13, 2019.

- [8] T. D. Ramadhani and S. Safaruddin, "Perencanaan Dan Mesin Penggulung Kawat Lilitas Motor Listrik Otomatis Berbasis Arduino," JIMR J. Int. Multidiscip. Res., vol. 1, no. 02, pp. 292–301, 2022, doi: 10.62668/jimr.v1i02.441.