



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 5 Nomor 1 Tahun 2025 Page 967-980

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Rancang Bangun Alat Penggulung Kawat Tembaga dengan Kontrol Arduino Nano

Erik Agustian Yulanda¹, Reza Aditya Fadila²✉

Universitas Pamulang

Email: rezafdl7@gmail.com²✉

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan alat penggulung kawat tembaga dengan kontrol berbasis Arduino Nano untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses penggulangan kawat, khususnya bagi kebutuhan industri kecil dan menengah. Metode penelitian melibatkan observasi awal, desain perangkat keras dan lunak, pengujian fungsi komponen utama seperti motor stepper NEMA 17, sensor inframerah, dan keypad 4x4, serta pengujian keseluruhan sistem. Sistem ini dirancang untuk menerima input jumlah lilitan melalui keypad, mengontrol kecepatan motor stepper menggunakan parameter *int delaystep*, dan menampilkan data secara real-time pada LCD I2C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat ini mampu menggulung kawat tembaga dengan akurasi tinggi, dengan waktu penggulangan 16 detik untuk 25 putaran dan 34 detik untuk 50 putaran. Peningkatan jumlah putaran menunjukkan konsistensi hasil lilitan kawat dengan panjang kawat yang sesuai perhitungan teoritis. Namun, ditemukan bahwa durasi penggulangan yang lebih lama meningkatkan suhu motor hingga 51°C, sehingga disarankan adanya jeda operasional untuk mencegah *overheat*. Alat ini memberikan solusi praktis untuk proses otomatisasi penggulangan kawat, dengan potensi pengembangan lebih lanjut seperti penambahan fitur keamanan dan peningkatan kecepatan motor untuk memenuhi kebutuhan produksi yang lebih besar.

Kata Kunci: *Arduino Nano, Penggulangan Kawat Tembaga, Motor Stepper, Sensor Inframerah, Otomatisasi*

Abstract

This study aims to design and implement a copper wire winder with Arduino Nano-based control to enhance efficiency and accuracy in wire winding processes, especially for small and medium industries. The research method includes initial observation, hardware and software design, testing of main components such as the NEMA 17 stepper motor, infrared sensor, and 4x4 keypad, as well as overall system testing. The system was designed to receive winding quantity input via a keypad, control the stepper motor speed using the `int delaystep` parameter, and display real-time data on an I2C LCD. The results show that the device can wind copper wire with high accuracy, requiring 16 seconds for 25 turns and 34 seconds for 50 turns. Increasing the number of turns demonstrated consistent wire length results aligned with theoretical calculations. However, longer winding durations led to a motor temperature increase of up to 51°C, suggesting the need for operational breaks to prevent overheating. This device provides a practical solution for automating wire winding processes, with potential future developments such as additional safety features and enhanced motor speed to meet higher production demands.

Keywords: Arduino Nano, Copper Wire Winder, Stepper Motor, Infrared Sensor, Automation

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang pesat telah mendorong berbagai inovasi, termasuk dalam bidang pengolahan kabel tembaga yang memiliki peran penting sebagai konduktor listrik. Kawat tembaga digunakan secara luas dalam pembangkit listrik, transmisi energi, distribusi energi, dan telekomunikasi. Namun, proses penggulungan kawat tembaga secara manual sering kali menghadapi keterbatasan dalam hal kecepatan dan akurasi. Hal ini menjadi tantangan, terutama bagi industri kecil dan menengah yang memerlukan solusi efisien untuk meningkatkan produktivitas mereka (Syahwil, 2020). Penelitian ini bertujuan mengembangkan alat penggulung kawat tembaga berbasis mikrokontroler Arduino Nano yang dirancang untuk menggantikan metode manual dengan otomatisasi yang lebih efektif dan hemat biaya.

Masalah utama yang dihadapi adalah ketidaksesuaian hasil penggulungan akibat ketergantungan pada keterampilan operator dalam metode manual. Proses manual sering kali menghasilkan lilitan yang tidak konsisten dalam hal jumlah maupun distribusi, sehingga memengaruhi kualitas produk akhir (Sajid, Sam, & Faraby, 2021). Efisiensi penggulungan kawat sangat dipengaruhi oleh kemampuan alat untuk mempertahankan kecepatan konstan dan jumlah lilitan yang akurat sesuai dengan kebutuhan. Oleh karena itu, alat penggulung dengan kontrol otomatis menjadi kebutuhan mendesak untuk meningkatkan presisi dan efisiensi proses penggulungan di industri.

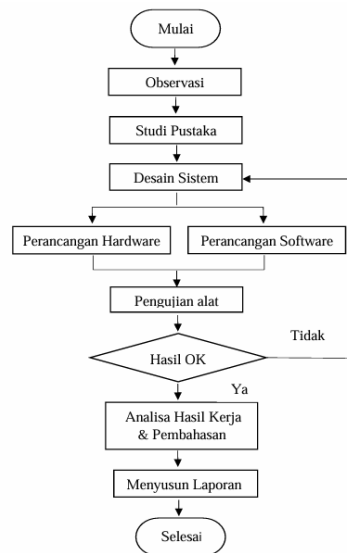
Fenomena ini semakin relevan dengan kebutuhan industri kecil yang terus berkembang. Data menunjukkan bahwa sebagian besar industri kecil masih menggunakan metode manual untuk proses penggulangan kawat, yang membutuhkan waktu lebih lama dan hasil yang kurang konsisten (Syam, Kurniati, & Nursalim, 2024). Penerapan teknologi otomatisasi berbasis mikrokontroler, seperti Arduino Nano, mampu meningkatkan efisiensi hingga 50% dibandingkan metode tradisional (Putra & Halim, 2021). Dengan meningkatnya persaingan industri, inovasi semacam ini menjadi langkah strategis untuk mendukung pertumbuhan dan daya saing industri kecil.

Penelitian ini didasarkan pada teori sistem kontrol otomatis, yang menjelaskan bagaimana input dapat dikendalikan untuk menghasilkan output yang sesuai dengan parameter tertentu. Arduino Nano sebagai pusat kendali utama memainkan peran penting dalam mensinkronisasi perangkat keras, seperti motor stepper dan sensor inframerah, dengan perangkat lunak yang dirancang khusus untuk tujuan ini (Al Bahar & Fikri, 2023). Integrasi teknologi ini memungkinkan pengaturan jumlah lilitan dan kecepatan penggulangan yang presisi, sehingga memastikan efisiensi dan konsistensi hasil akhir.

Faktor utama yang memengaruhi efisiensi alat ini adalah penggunaan motor stepper yang mampu memberikan kontrol kecepatan yang akurat, serta sensor inframerah yang memastikan akurasi penghitungan jumlah lilitan. Motor stepper bekerja dengan prinsip kontrol langkah, memungkinkan penggulangan yang presisi bahkan pada kecepatan tinggi (Wibowo & Nugraha, 2021). Selain itu, algoritma kontrol yang dirancang dalam perangkat lunak juga memiliki peran penting dalam memastikan bahwa semua komponen bekerja secara harmonis untuk mencapai hasil yang diinginkan (Sajid, Sam, & Faraby, 2021).

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi peningkatan efisiensi dan produktivitas dalam proses penggulangan kawat tembaga. Dengan memanfaatkan teknologi kontrol otomatis berbasis Arduino Nano, penelitian ini tidak hanya menawarkan solusi praktis bagi industri kecil dan menengah tetapi juga berkontribusi pada pengembangan teknologi yang lebih terjangkau dan aplikatif. Alat yang dikembangkan ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas penggulangan kawat dengan presisi tinggi, sekaligus membuka peluang penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan proses produksi di masa mendatang.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Metodologi penelitian ini dirancang untuk memastikan pengembangan alat penggulung kawat tembaga berbasis kontrol Arduino Nano dilakukan secara terstruktur, sistematis, dan komprehensif. Proses ini mencakup tahapan observasi, studi pustaka, analisis sistem, perancangan perangkat keras dan lunak, pengujian alat, analisa hasil kerja, serta penyusunan laporan. Setiap langkah dirancang dengan fokus pada kejelasan, efisiensi, dan kelayakan implementasi di industri kecil dan menengah.

Penelitian dimulai dengan observasi untuk memahami kendala yang dihadapi pada proses penggulungan kawat tembaga secara manual. Pengamatan langsung dilakukan terhadap alat penggulung manual, mencatat aspek seperti ketidakakuratan lilitan, ketergantungan pada keterampilan operator, dan waktu yang dibutuhkan untuk setiap proses. Hasil observasi ini menjadi dasar dalam menentukan spesifikasi alat yang akan dirancang. Studi pustaka dilanjutkan dengan meninjau berbagai referensi ilmiah dari jurnal, buku, dan sumber terpercaya lainnya yang relevan dengan teknologi kontrol otomatis berbasis Arduino, motor stepper, dan sensor inframerah. Referensi ini memberikan landasan teoretis dan membandingkan kelebihan serta keterbatasan teknologi yang digunakan dalam penelitian serupa.

Analisis sistem dilakukan dengan mempelajari sistem manual yang ada untuk mengidentifikasi area yang membutuhkan perbaikan. Berdasarkan analisis ini, sistem baru dirancang dengan memanfaatkan teknologi otomasi untuk mengatasi kendala manual. Proses ini melibatkan penentuan kebutuhan teknis dan spesifikasi sistem, seperti jumlah lilitan, kecepatan penggulungan, dan kemampuan menampilkan data secara real-time.

Tahap berikutnya adalah perancangan alat, yang mencakup dua komponen utama: perangkat lunak dan perangkat keras. Perancangan perangkat lunak dilakukan menggunakan Arduino IDE, di mana logika sistem dirancang untuk mengontrol motor stepper, membaca data dari sensor inframerah, dan menampilkan informasi pada LCD. Program ini mencakup fitur seperti input jumlah lilitan melalui keypad, pengaturan kecepatan penggulangan, dan mekanisme error handling jika terjadi kesalahan input atau gangguan pada komponen. Struktur program dirancang modular untuk memudahkan pengembangan dan debugging. Perancangan perangkat keras melibatkan integrasi komponen seperti Arduino Nano, motor stepper NEMA 17, driver TB6600, sensor inframerah, keypad, dan power supply. Komponen ini disusun dengan mempertimbangkan efisiensi daya, stabilitas koneksi, dan kemudahan perawatan. Wiring antar komponen diatur sedemikian rupa untuk meminimalkan gangguan sinyal dan memastikan stabilitas operasional.

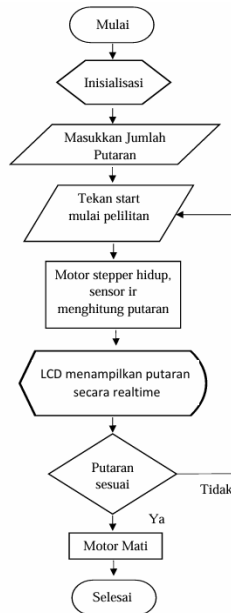
Setelah perancangan selesai, pengujian alat dilakukan dalam dua tahap: pengujian individu untuk setiap komponen dan pengujian integrasi untuk sistem secara keseluruhan. Pengujian meliputi pengaturan kecepatan motor stepper, akurasi penghitungan lilitan oleh sensor inframerah, respons sistem terhadap input keypad, dan keandalan tampilan informasi pada LCD. Data hasil pengujian dianalisis untuk mengevaluasi kinerja alat terhadap parameter yang telah ditentukan. Setiap penyimpangan dari hasil yang diharapkan dicatat dan diperbaiki untuk memastikan alat bekerja secara optimal.

Hasil dari pengujian ini kemudian dianalisis dalam tahap analisa hasil kerja, di mana pola dan temuan penting diidentifikasi. Misalnya, hubungan antara durasi penggulangan dan peningkatan suhu motor stepper dianalisis untuk menentukan batas operasi yang aman. Hasil analisa ini dibandingkan dengan teori dan referensi pustaka untuk memastikan kesesuaiannya. Penyusunan laporan menjadi langkah terakhir, di mana seluruh tahapan penelitian didokumentasikan secara sistematis. Laporan ini mencakup temuan, kesimpulan, serta rekomendasi untuk penelitian lanjutan.

Blok diagram sistem menggambarkan alur kerja alat, mulai dari suplai daya hingga penggulangan kawat tembaga. Daya dari PLN diubah menjadi 12V menggunakan power supply adaptor, kemudian diturunkan menjadi 5V untuk komponen seperti Arduino Nano dan modul lainnya. Input parameter seperti jumlah lilitan dimasukkan melalui keypad, diproses oleh Arduino Nano, dan diterjemahkan menjadi gerakan motor stepper yang presisi melalui driver TB6600. Informasi operasi ditampilkan secara real-time pada LCD, memberikan umpan balik langsung kepada pengguna.

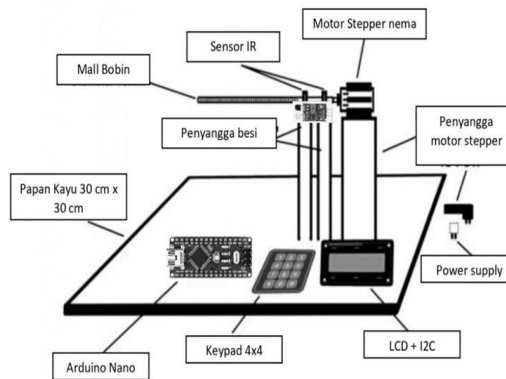
Skema wiring dirancang untuk memastikan setiap komponen terhubung dengan benar. Wiring antara Arduino Nano dan komponen seperti keypad, sensor inframerah, LCD I2C, dan driver TB6600 mengikuti standar yang memastikan kestabilan operasi. Wiring keseluruhan memperlihatkan bagaimana setiap komponen bekerja bersama dalam sistem yang terintegrasi. Skema ini juga memudahkan identifikasi dan perbaikan jika terjadi gangguan selama pengoperasian.

Flowchart sistem kerja dibuat untuk memvisualisasikan alur proses alat.



Gambar 2. Flowchart Sistem Kerja

Flowchart ini mencakup langkah-langkah dari inisialisasi sistem, input parameter, pengoperasian motor stepper, hingga penampilan data pada LCD. Setiap langkah dijelaskan dengan logika yang mudah dipahami, termasuk penanganan error jika terjadi kesalahan input atau gangguan teknis.



Gambar 3. Desain Alat

Desain alat dibuat untuk memberikan gambaran visual tentang tata letak komponen. Tata letak ini dirancang untuk memastikan setiap komponen mudah diakses untuk pemeliharaan dan perbaikan. Penempatan komponen juga memperhitungkan efisiensi ruang dan sirkulasi udara untuk mencegah panas berlebih.

Perancangan perangkat lunak difokuskan pada pengembangan kode program yang modular dan efisien. Program dimulai dengan inisialisasi port serial dan pengaturan parameter untuk setiap komponen. Logika kontrol motor stepper, pengolahan data sensor, dan tampilan informasi pada LCD dirancang untuk bekerja secara sinkron. Program ini juga mencakup mekanisme error handling untuk memastikan alat tetap berfungsi meskipun terjadi gangguan.

Tempat penelitian berlokasi di rumah penulis, yang dipilih karena aksesibilitas dan ketersediaan fasilitas yang mendukung penelitian. Waktu penelitian dijadwalkan secara rinci, mencakup tahapan perancangan, pengujian, dan penyusunan laporan, dengan alokasi waktu yang memadai untuk setiap aktivitas.

Metodologi ini dirancang untuk menghasilkan alat penggulung kawat tembaga yang efisien, presisi, dan mudah digunakan. Dengan pendekatan yang sistematis dan integrasi teknologi modern, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi industri kecil dan menengah serta menjadi dasar untuk pengembangan inovasi lebih lanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat penggulung kawat tembaga berbasis kontrol Arduino Nano yang mampu menggantikan metode manual dengan otomatisasi yang lebih presisi dan efisien. Setelah seluruh tahap perancangan dan implementasi selesai, pengujian dilakukan untuk mengevaluasi fungsionalitas alat, meliputi perangkat keras, perangkat lunak, serta pengujian kinerja sistem secara keseluruhan.

1. Desain dan Implementasi Sistem

Alat penggulung kawat tembaga ini dirancang dengan sistem yang mengintegrasikan Arduino Nano sebagai pengendali utama, motor stepper NEMA 17 sebagai aktuator, sensor inframerah sebagai penghitung lilitan, keypad sebagai input pengguna, dan LCD I2C untuk menampilkan informasi secara real-time. Rangka alat dibuat dari triplek, yang dipotong dan dirakit sesuai dengan desain. Proses wiring dilakukan secara hati-hati untuk memastikan kestabilan koneksi antar-komponen.

Desain perangkat lunak menggunakan Arduino IDE, memanfaatkan library seperti

Keypad.h untuk pengaturan input, *LiquidCrystal_I2C.h* untuk komunikasi dengan LCD, dan *TimerOne.h* untuk kontrol periodik motor stepper. Logika program mencakup pengaturan jumlah lilitan, kecepatan penggulangan, dan penghentian otomatis setelah target tercapai.

2. Hasil Pengujian Komponen Keypad dan LCD



Gambar 4. Keypad dan LCD

Pengujian keypad dan LCD dilakukan untuk memastikan input pengguna diterima dan ditampilkan dengan akurat. Pada 10 pengujian bertahap (10 hingga 225 putaran), alat menunjukkan konsistensi dalam menerima input dan menampilkan informasi secara real-time. Keypad berfungsi dengan baik untuk memulai, menghentikan, dan mengatur jumlah lilitan. LCD menunjukkan data yang mudah dibaca, tanpa kehilangan atau kesalahan dalam tampilan informasi.

Tabel 1. Percobaan pengujian LCD & Keypad

| No | Percobaan | Jumlah Putaran Yang Diatur | Jumlah Putaran Yang Dicapai | Status Sistem |
|----|-----------|----------------------------|-----------------------------|------------------|
| 1 | "1" | 10 | 10 | Berhasil, sesuai |
| 2 | "2" | 25 | 25 | Berhasil, sesuai |
| 3 | "3" | 50 | 50 | Berhasil, sesuai |
| 4 | "4" | 75 | 75 | Berhasil, sesuai |
| 5 | "5" | 100 | 100 | Berhasil, sesuai |
| 6 | "6" | 125 | 125 | Berhasil, sesuai |
| 7 | "7" | 150 | 150 | Berhasil, sesuai |
| 8 | "8" | 175 | 175 | Berhasil, sesuai |
| 9 | "9" | 200 | 200 | Berhasil, sesuai |
| 10 | "10" | 225 | 225 | Berhasil, sesuai |

Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 2 Percobaan pengujian LCD & Keypad yang menunjukkan bahwa semua percobaan menghasilkan kesesuaian antara jumlah putaran

yang diatur dengan hasil aktual, mengonfirmasi kinerja komponen dengan presisi tinggi.

Motor Stepper NEMA 17

Pengujian motor stepper melibatkan variabel kecepatan (*delaystep*), jumlah putaran, dan suhu motor. Hasil menunjukkan bahwa kecepatan motor memengaruhi waktu penggulangan dan suhu. Pada *delaystep* rendah (kecepatan tinggi), waktu penggulangan lebih cepat, tetapi suhu motor meningkat lebih signifikan. Sebaliknya, pada *delaystep* tinggi (kecepatan rendah), suhu lebih stabil, meskipun waktu penggulangan lebih lama.

Tabel 3. Hasil Pengujian 50 Putaran

| No | Jumlah Putaran | Int Delay Step | Waktu Putaran (Detik) | Pembacaan RPM | Suhu Motor (°C) | Keterangan |
|-----------|----------------|----------------|-----------------------|---------------|-----------------|---------------------------|
| 1. | 50 | 5 | 20 | 153 | 31 | Suhu Motor kondisi dingin |
| 2. | 50 | 6 | 24 | 124 | 31 | Suhu Motor kondisi dingin |
| 3. | 50 | 7 | 28 | 108 | 35 | Suhu Motor kondisi normal |
| 4. | 50 | 8 | 32 | 92 | 39 | Suhu motor mulai naik |
| 5. | 50 | 9 | 36 | 85 | 42 | Suhu motor panas |
| 6. | 50 | 10 | 42 | 78 | 43 | Suhu motor panas |
| 7. | 50 | 11 | 45 | 71 | 44 | Suhu motor panas |
| 8. | 50 | 12 | 48 | 64 | 45 | Suhu motor panas |
| 9. | 50 | 13 | 52 | 58 | 47 | Suhu motor panas |
| 10. | 50 | 14 | 56 | 49 | 47 | Suhu motor cukup tinggi |
| 11. | 59 | 15 | 60 | 44 | 48 | Suhu motor cukup tinggi |
| Rata-rata | | | 40.27 | 84.18 | | |

Tabel 2 menunjukkan hubungan antara *delaystep*, waktu penggulungan, RPM, dan suhu motor. Contoh: Pada 50 putaran dengan *delaystep* 5, waktu penggulungan 20 detik dengan suhu motor 31°C. Pada *delaystep* 15, waktu meningkat menjadi 60 detik dengan suhu 48°C.

3. Pengujian Keseluruhan Sistem

Proses Lilitan Counter

Pengujian keseluruhan sistem menunjukkan bahwa alat dapat menggulung kawat tembaga sesuai dengan jumlah lilitan yang diatur pengguna. Motor stepper secara otomatis berhenti setelah target tercapai. Tampilan LCD menunjukkan jumlah lilitan yang telah dicapai secara real-time. Alat juga dilengkapi fitur penghentian darurat menggunakan tombol push button.

Pengujian Variasi Lebar Mall Bobin

Pengujian sistem lilitan kawat dilakukan untuk mengevaluasi kinerja alat dalam menghasilkan lilitan kawat tembaga dengan akurasi dan konsistensi. Pengujian ini mencakup variasi lebar bobin dengan jumlah putaran 1, 25, dan 50, serta parameter seperti waktu penggulungan, suhu motor, dan panjang kawat yang dihasilkan. Berikut adalah hasil pengujian:

Tabel 3. Pengujian 1 Putaran Bobin

| No | Lebar Bobin (mm) | Diameter (mm) | Rumus | | Panjang Kawat 1 Putaran (cm) | Selisih (cm) |
|-------------------------------------|------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|------------------------------|--------------|
| | | | keliling ($\pi \times$ Diameter) | Keliling (mm) | | |
| 1. | 75.02 | 75.02 | 3.14×75.02 | 235.56 | 23 | 0.56 |
| 2. | 62.36 | 62.36 | 3.14×62.36 | 195.81 | 19 | 0.58 |
| 3. | 51.05 | 51.05 | 3.14×51.05 | 162.20 | 16 | 0.22 |
| 4. | 41.05 | 41.05 | 3.14×41.05 | 126.88 | 12 | 0.69 |
| 5. | 35.01 | 35.01 | 3.14×35.01 | 105.21 | 10 | 0.52 |
| Total kawat tembaga yang dihasilkan | | | | | 80 | |

Pengujian 1 putaran menunjukkan konsistensi antara panjang kawat yang dihasilkan dengan perhitungan teoritis. Hasil menunjukkan selisih yang kecil antara hasil aktual dan perhitungan keliling bobin, seperti selisih 0.56 cm untuk bobin dengan lebar 75.02 mm.

Tabel 4. Pengujian 25 Putaran Bobin

| No | Lebar Bobin (mm) | Jumlah putaran | Waktu penggulangan (detik) | Suhu motor (°C) | Panjang kawat 25 putaran (m) | Selisih (m) |
|-------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------------|------------------------------|-------------|
| 1. | 75.02 | 25 | 16 | 36 | 5.6 | 5.89 |
| 2. | 62.36 | 25 | 16 | 38 | 4.6 | 4.90 |
| 3. | 51.05 | 25 | 16 | 40 | 3.9 | 4.05 |
| 4. | 41.05 | 25 | 16 | 41 | 3.0 | 3.17 |
| 5. | 35.01 | 25 | 16 | 42 | 2.4 | 2.63 |
| Total kawat tembaga yang dihasilkan | | | | | 19,5 | |

Pada pengujian 25 putaran, panjang kawat yang dihasilkan berkisar antara 2.4 m hingga 5.6 m, dengan selisih maksimum 5.89 m pada lebar bobin terbesar. Suhu motor tetap berada dalam batas aman dengan rata-rata 36-42°C.

Tabel 5. Pengujian 50 Putaran Bobin

| No | Lebar Bobin (mm) | Jumlah putaran | Waktu penggulangan (detik) | Suhu motor (°C) | Panjang kawat 25 putaran (m) | Selisih (m) |
|-------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------------|------------------------------|-------------|
| 1. | 75.02 | 25 | 16 | 36 | 5.6 | 5.89 |
| 2. | 62.36 | 25 | 16 | 38 | 4.6 | 4.90 |
| 3. | 51.05 | 25 | 16 | 40 | 3.9 | 4.05 |
| 4. | 41.05 | 25 | 16 | 41 | 3.0 | 3.17 |
| 5. | 35.01 | 25 | 16 | 42 | 2.4 | 2.63 |
| Total kawat tembaga yang dihasilkan | | | | | 19,5 | |

Pengujian 50 putaran menghasilkan panjang kawat hingga 11.8 m pada bobin 75.02 mm, dengan selisih hanya 11.78 m dari perhitungan teoritis. Waktu penggulangan meningkat menjadi 34 detik, sementara suhu motor mencapai maksimum 48°C, tetap dalam rentang operasional yang aman.

Hasil ini menunjukkan alat penggulung kawat tembaga dengan kontrol Arduino Nano mampu menghasilkan lilitan kawat secara presisi dan konsisten sesuai desain. Panjang kawat yang dihasilkan dapat diprediksi dengan akurasi tinggi, mendukung penggunaan alat ini untuk kebutuhan industri kecil hingga menengah.

Pengujian Daya

Pengujian daya menunjukkan perbedaan konsumsi energi antara kondisi operasional dan standby. Konsumsi daya tertinggi terjadi pada *delaystep* 5 (kecepatan tinggi), sebesar 6.28 W, sementara pada kondisi standby hanya 0.50 W. Hasil ini menunjukkan bahwa alat efisien dalam penggunaan energi.

Tabel 6. Pengujian Daya

| No | Kondisi Alat | Int Delay Step | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) = V X I |
|----|--------------|----------------|--------------|----------|------------------|
| 1. | Standby | - | 12.51 | 0.04 | 0.50 |
| 2. | Operasional | 5 | 12.56 | 0.50 | 6.28 |
| 3. | Operasional | 6 | 12.55 | 0.49 | 6.15 |
| 4. | Operasional | 7 | 12.55 | 0.45 | 5.65 |
| 5. | Operasional | 8 | 12.54 | 0.45 | 5.64 |
| 6. | Operasional | 9 | 12.53 | 0.44 | 5.51 |
| 7. | Operasional | 10 | 12.53 | 0.42 | 5.26 |

Tabel 6 merangkum konsumsi daya pada berbagai kondisi, menunjukkan hubungan antara kecepatan motor, arus, dan daya.

Pembahasan

1. Efisiensi dan Akurasi Sistem

Alat ini menunjukkan efisiensi tinggi dalam menggulung kawat tembaga dengan akurasi yang konsisten, bahkan pada variasi jumlah putaran dan lebar mall bobin. Integrasi antara Arduino Nano, motor stepper, dan sensor inframerah berperan penting dalam keberhasilan sistem.

2. Pengaruh Kecepatan terhadap Suhu Motor

Pengujian menunjukkan bahwa kecepatan motor yang lebih tinggi meningkatkan suhu, tetapi kenaikan ini tetap dalam batas aman (maksimum 50°C). Hal ini memastikan alat dapat beroperasi secara berkelanjutan tanpa risiko kerusakan.

3. Panjang Kawat Tembaga

Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat dapat menghasilkan panjang kawat tembaga sesuai perhitungan teoritis, dengan selisih aktual yang sangat kecil (maksimum 0.02 meter pada 50 putaran). Hal ini menunjukkan presisi tinggi dalam desain mekanisme penggulangan.

4. Efisiensi Energi

Konsumsi daya alat relatif rendah, menjadikannya cocok untuk digunakan di industri kecil. Perbedaan konsumsi daya antara kondisi standby dan operasional mencerminkan efisiensi desain sistem.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat penggulung kawat tembaga berbasis kontrol Arduino Nano mampu menggantikan metode manual dengan efisiensi, akurasi, dan konsumsi energi yang optimal. Sistem ini memberikan solusi praktis untuk kebutuhan otomatisasi pada industri kecil dan menengah, dengan hasil yang konsisten dan dapat diandalkan.

Alat ini tidak hanya memenuhi tujuan penelitian tetapi juga menawarkan peluang untuk pengembangan lebih lanjut, seperti integrasi fitur tambahan untuk meningkatkan fleksibilitas dan kapasitas penggulangan.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan alat penggulung kawat tembaga berbasis kontrol Arduino Nano dengan akurasi tinggi dalam pengaturan kecepatan motor dan penggulangan kawat. Hasil menunjukkan bahwa alat ini membutuhkan waktu 16 detik untuk 25 putaran dan 34 detik untuk 50 putaran, dengan hasil lilitan kawat yang akurat dan konsisten. Pengujian komponen utama, termasuk sensor inframerah dan motor stepper NEMA 17, menunjukkan kinerja yang stabil dan terintegrasi secara efektif. Namun, peningkatan durasi penggulangan menyebabkan kenaikan suhu motor hingga 51°C, sehingga diperlukan jeda operasional untuk menghindari overheating.

Untuk pengembangan lebih lanjut, alat ini dapat dilengkapi dengan fitur tambahan seperti tombol darurat atau sensor keamanan untuk mendeteksi masalah seperti kabel tersangkut atau putus. Selain itu, penggunaan motor stepper dengan kecepatan dan torsi yang lebih tinggi dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan efisiensi alat, terutama pada kebutuhan produksi yang lebih besar dan lebih cepat. Hal ini akan memberikan nilai tambah dalam aplikasi skala industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Bahar, A. K., & Fikri, E. A. (2023). Rancang bangun alat penggulung lilitan transformator toroid berbasis mikrokontroler ATmega 328. *Jurnal Elektro*, 11(2), 190-198.
- Fajira, E. (2020). Pengembangan alat kunci pintu selenoid menggunakan rangkaian penurun arus. *GRAVITASI: Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, 3(02), 11-19.
- Janwardi, T. I. (2019). Rancang alat rewinding motor listrik dengan kendali PLC. *Jurnal Elektronika Listrik dan Teknologi Informasi Terapan*, 1(2), 5-9.
- Patonra, A. H., Masita, S., Wibowo, N. R., & Fitriati, A. (2020). Rancang bangun media pembelajaran praktik motor stepper. *Mechatronics Journal in Professional and Entrepreneur (MAPLE)*, 2(1), 7-11.
- Putra, W. D., & Halim, J. (2021). Implementasi teknik counter pada penggulung tembaga berbasis mikrokontroler. *Jurnal Cyber Tech*, 4(8).
- Sajid, M. A., Sam, N. N., & Faraby, M. D. (2021). Rancang bangun sistem penggulung kumparan menggunakan GRBL. *Mechatronics Journal in Professional and Entrepreneur (MAPLE)*, 3(2), 52-58.
- Syam, S., Kurniati, S., & Nursalim, N. (2024). Pelatihan penggulangan trafo bagi mahasiswa teknik elektro Universitas Nusa Cendana. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Undana*, 16-23.
- Syahwil, M. (2020). Modifikasi alat penggulung dinamo sistem manual menjadi otomatis berbasis Arduino. *Indonesian Journal of Laboratory*, 3(1), 46-54.
- Toldo, G., & Triyanto, A. (2022). Rancang bangun mesin listrik pemotong rumput menggunakan kontrol Arduino. *OKTAL: Jurnal Ilmu Komputer dan Sains*, 1(03), 271-282.
- Wibowo, B. C., & Nugraha, F. (2021). Stepper motor speed control using start-stop method based on PLC. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer UNSRAT*, 10, 213-220.