



Rancang Bangun Alat *Rewinding* Motor Otomatis Berbasis Mikrokontroler

Illal Balaaghul Mubiin*¹, Denny Irawan²

*^{1,2}Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Gresik, Gresik, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: illalbalaaghul05@gmail.com

Abstrak

Rewinding motor adalah proses penggulangan ulang kumparan motor listrik pada stator maupun rotor untuk memperbaiki belitan yang telah rusak atau mengalami kerusakan. Proses ini penting agar motor dapat berfungsi kembali secara efisien. Penelitian ini bertujuan merancang alat rewinding otomatis berbasis mikrokontroler untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi proses yang selama ini dilakukan secara manual dan kurang stabil. Alat ini menggunakan Arduino Uno, Sensor Proximity, dan komponen pendukung lainnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat rewinding otomatis mampu menggulung kawat email ukuran 0,25 mm dan 0,40 mm dengan waktu yang jauh lebih cepat dibandingkan metode semi otomatis dan manual, serta untuk menjaga objektivitas ilmiah, tingkat kesalahan pengukuran diperkirakan berada dalam batas toleransi teknis $\leq 1\%$. Sistem ini juga terbukti mampu menghentikan motor secara otomatis sesuai jumlah lilitan yang diinputkan melalui keypad. Dengan demikian, alat ini mampu meningkatkan efisiensi proses produksi, menghasilkan gulungan yang lebih konsisten, dan sangat layak diterapkan dalam industri perbaikan motor listrik maupun institusi pendidikan. Penggunaan mikrokontroler dan sensor pada alat ini memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan produktivitas dan kualitas hasil rewinding.

Kata kunci—*Rewinding, Kumparan, Motor Listrik, Mikrokontroler, Alat Otomatis*

Abstract

Motor rewinding is the process of rewinding the windings of an electric motor on the stator or rotor to repair damaged or worn windings. This process is important to ensure that the motor can function efficiently again. This study aims to design an automatic rewinding tool based on a microcontroller to improve the efficiency and accuracy of the process, which has previously been done manually and is less stable. The device utilizes an Arduino Uno, proximity sensors, and other supporting components. Test results indicate that the automatic rewinding device can wind 0.25 mm and 0.40 mm enameled wire significantly faster than semi-automatic and manual methods. To maintain scientific objectivity, the measurement error rate is estimated to be within the technical tolerance limit of $\leq 1\%$. The system has also proven capable of automatically stopping the motor according to the number of windings input via the keypad. As a result, this device enhances production process efficiency, produces more consistent windings, and is highly suitable for application in the electric motor repair industry and educational institutions. The use

of microcontrollers and sensors in this device contributes significantly to improved productivity and winding quality.

Keywords—*Rewinding, Coil, Electric Motor, Microcontroller, Automatic Device*

1. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan zaman saat ini, kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) berlangsung sangat pesat. Manusia terus berinovasi dalam menciptakan serta mengembangkan peralatan yang lebih efisien dan praktis guna mendukung serta menggantikan tenaga manusia dengan bantuan mesin. Hal ini digunakan untuk meningkatkan efisiensi, baik dalam hal waktu maupun biaya. Sebagian besar perangkat industri maupun rumah tangga memanfaatkan energi listrik sebagai sumber tenaga utama, yaitu menggunakan dinamo atau yang lebih dikenal sebagai motor listrik. Motor listrik adalah perangkat elektromagnetik yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik tersebut kemudian dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi, seperti untuk menggerakkan impeler pada pompa, kipas *blower*, mengoperasikan alat pemompa angin. Selain di sektor industri, motor listrik juga banyak digunakan dalam peralatan rumah tangga, misalnya pada blender, pompa air, kipas angin, dan perangkat lainnya. Motor listrik sendiri tersusun atas beberapa komponen utama, salah satunya adalah kumparan yang berbentuk lilitan tembaga. Komponen ini memiliki peran penting dalam proses konversi energi yang dilakukan oleh motor listrik [1].

Motor listrik merupakan komponen vital dalam berbagai aplikasi industri dan peralatan rumah tangga. Dalam penggunaannya, motor listrik dapat mengalami kerusakan pada bagian kumparan yang memerlukan proses perbaikan melalui penggulangan ulang (*Rewinding*) untuk memulihkan fungsinya agar dapat bekerja dengan optimal. Seiring dengan perkembangan teknologi otomasi dan kontrol, penggunaan sistem berbasis mikrokontroler telah membuka peluang untuk mengotomatisasi proses *rewinding* motor [2].

Pada tahun 2023 Muhammad Faizal Kurniawan telah mengkaji penelitian yang berjudul “Implementasi Mikrokontroler sebagai Pengendali Penggulangan Kawat Motor Industri” bertujuan merancang alat gulung kawat otomatis menggunakan mikrokontroler dengan metode eksperimental. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik dalam proses *input* nilai *set point*, kecepatan, dan mode. Sensor inframerah (IR) mampu mendeteksi jumlah lilitan secara akurat pada kecepatan di bawah 60, namun mengalami error rata-rata sebesar 10,806% pada kecepatan di atas 65. Sebagai contoh, pada kecepatan 55, tidak ada *error* dalam penghitungan lilitan, sedangkan pada kecepatan 65 terjadi kesalahan, seperti *set point* 10 lilitan terhitung menjadi 13. Selain itu, LCD berfungsi optimal dalam menampilkan data sistem [3].

Pada tahun 2023 penelitian yang dilakukan oleh Amandasari dengan judul Kontrol Motor Alat *Rewinding* Transformator *Center Tap* Berbasis PWM ini bertujuan merancang alat *rewinding* otomatis menggunakan *Arduino* dan metode *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk meningkatkan efisiensi dan ketelitian dibandingkan metode manual. Pengujian ini menunjukkan hasil bahwa kecepatan motor meningkat seiring bertambahnya *duty cycle* PWM, dari 622 rpm (20%) hingga 4642 rpm (100%), dengan tegangan *output* yang juga naik proporsional. Alat ini efektif mengurangi risiko kesalahan dan meningkatkan produktivitas dalam proses *rewinding* transformator [4].

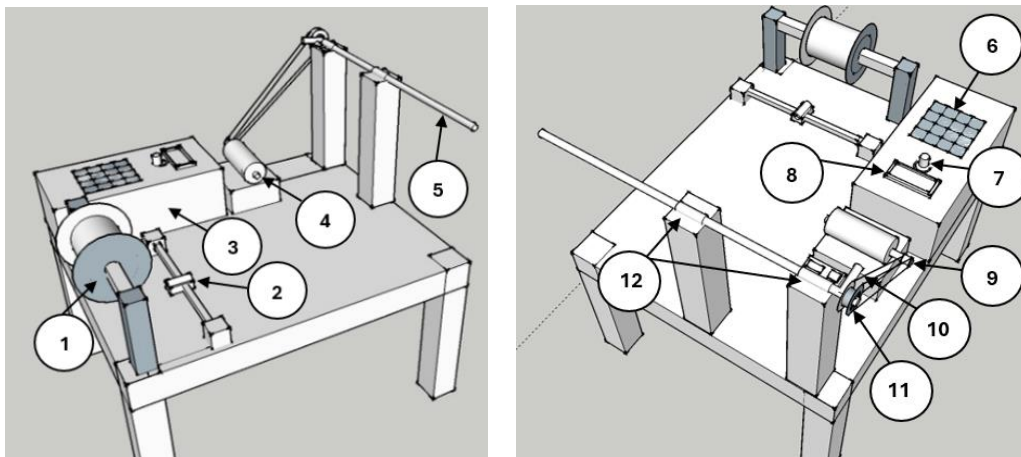
Berdasarkan keterbatasan penelitian sebelumnya, seperti akurasi deteksi lilitan yang belum optimal pada kecepatan tinggi dan fokus pada jenis motor atau komponen spesifik, terdapat celah riset dalam pengembangan alat *rewinding* motor otomatis yang mampu memberikan presisi tinggi dan konsistensi hasil untuk berbagai ukuran kawat email pada motor listrik secara umum. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan mengaplikasikan alat *rewinding* motor otomatis berbasis mikrokontroler yang terintegrasi penuh, menggunakan sensor *Proximity* untuk deteksi lilitan otomatis dan akurat dengan tingkat kesalahan 1%. Kontribusi ilmiah spesifik dari penelitian ini adalah pengembangan sistem *rewinding* yang

tidak hanya meningkatkan efisiensi dan kemudahan penggunaan, tetapi juga menjamin stabilitas dan konsistensi hasil gulungan dengan akurasi deteksi lilitan yang sangat tinggi pada berbagai diameter kawat, mengatasi isu akurasi yang ditemukan pada penelitian sebelumnya. Pengembangan ini diharapkan menjadi solusi praktis bagi industri perbaikan motor listrik dan institusi pendidikan, serta berkontribusi pada pengembangan teknologi otomasi di bidang pemeliharaan peralatan listrik.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dengan merancang dan menguji sistem *rewinding* motor otomatis berbasis mikrokontroler. Sistem ini didukung oleh beberapa komponen elektronik utama, antara lain: *Arduino Uno*, *Sensor Proximity*, Motor DC, *Motor Driver L298N*, LCD I2C, Keypad, *Potensiometer*, serta rangkaian *Power Supply*.

2.1 Desain Alat



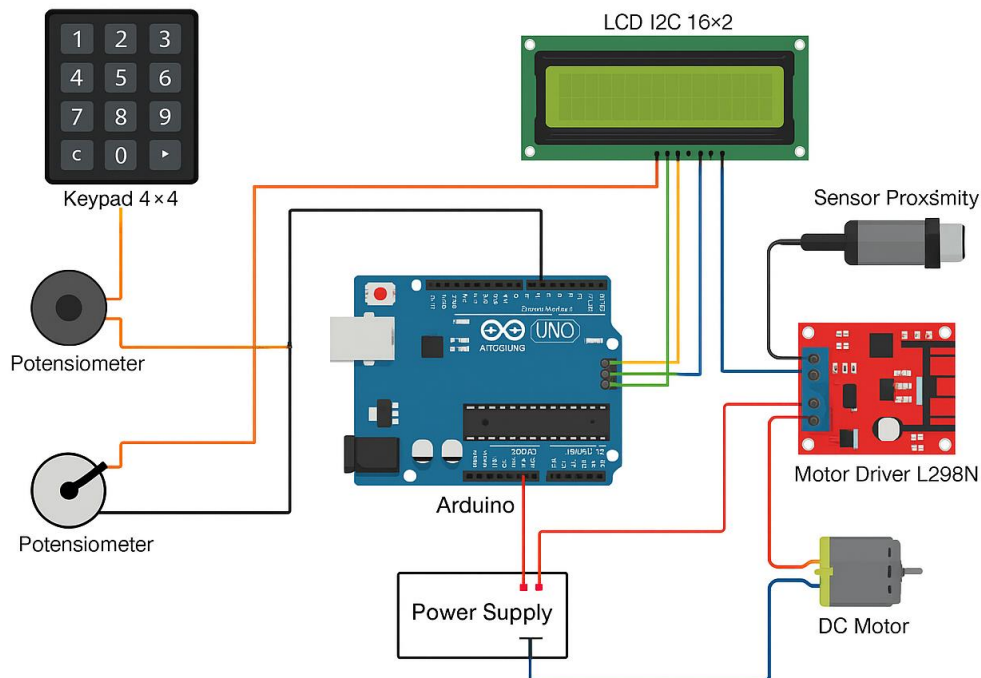
Gambar 1 Rancangan Desain Alat

Desain rancang bangun alat *rewinding* motor otomatis berbasis mikrokontroler dilakukan menggunakan perangkat lunak *SketchUp*. Alat ini memiliki dimensi utama panjang 65 cm, lebar 50 cm, dan tinggi meja 30 cm. Selain perancangan alat, proses pembuatan cover box juga dilaksanakan, dengan ukuran panjang 17 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 7 cm. *Cover box* ini memiliki fungsi penting, yaitu sebagai tempat untuk menampung mikrokontroler serta melindungi setiap sambungan kabel dari getaran yang dihasilkan oleh alat. Selain itu, *cover box* juga berkontribusi dalam meningkatkan nilai estetika alat. Sistem penggerak pada alat ini menggunakan motor DC yang dikontrol melalui *Arduino*. Pengaturan kecepatan motor dilakukan dengan memanfaatkan potensiometer. Penggunaan *Arduino* sebagai mikrokontroler dipilih karena dianggap lebih praktis, menghemat waktu dan tenaga yang diperlukan untuk implementasinya lebih sedikit dibandingkan dengan sistem kontrol lainnya. Komponen-komponen utama yang digunakan dalam perancangan alat *rewinding* motor otomatis berbasis mikrokontroler ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Komponen Alat

1.	Rol kawat	5.	As Penggulungan Lilitan	9.	Pully
2.	Alat Pengatur Kawat	6.	Keypad	10.	Vanbelt
3.	Cover Box	7.	Potensio Meter	11.	Pully
4.	Motor DC	8.	LCD	12.	Pillow Block Bearing

2.2 Desain Hardware

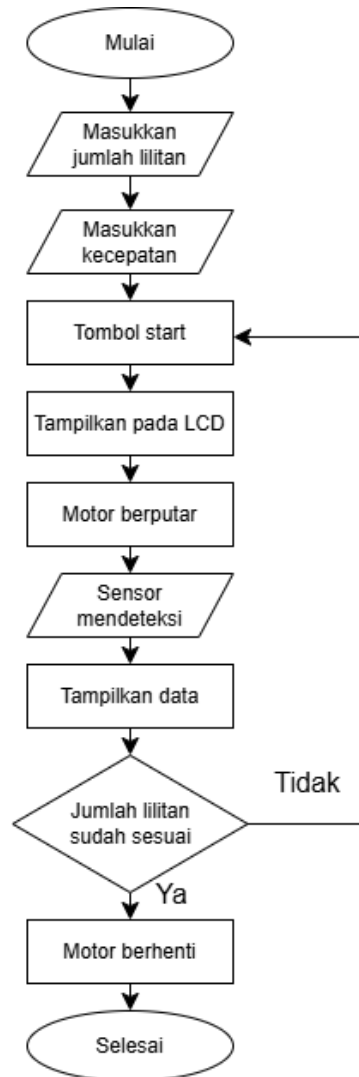


Gambar 2 Rancangan Skematik Desain Hardware

Rancangan skematik rangkaian alat *rewinding motor* otomatis berbasis mikrokontroler ditampilkan pada Gambar 2. Sistem ini mengintegrasikan berbagai komponen elektronik yang dikendalikan oleh *Arduino Uno* sebagai pusat kendali utama. Pengguna memasukkan jumlah lilitan melalui keypad 4x4 yang terhubung ke pin digital *Arduino*, sementara pengaturan kecepatan putar motor dilakukan menggunakan potensiometer yang tersambung ke *pin* analog (A0). Informasi sistem seperti jumlah lilitan dan status proses ditampilkan melalui LCD I2C 16x2 yang terhubung ke pin SDA dan SCL pada *Arduino*. Untuk mendeteksi jumlah putaran secara otomatis, digunakan sensor *proximity* yang memberikan umpan balik digital ke *Arduino*. Aktuator utama berupa motor DC dikendalikan melalui driver motor L298N, yang menerima sinyal kontrol dari *Arduino* dan mendapatkan catu daya dari rangkaian *power supply* eksternal. Seluruh komponen ini dirancang agar saling terhubung secara sistematis sehingga mampu mendukung proses penggulungan kawat secara otomatis, akurat, dan efisien sesuai input pengguna.

2.2 Flowchart

Gambar 3 merupakan *flowchart* yang menggambarkan langkah-langkah proses operasional motor yang dimulai dengan masukan jumlah lilitan dan kecepatan. Setelah menekan tombol *start*, informasi akan ditampilkan pada LCD dan motor akan berputar. Selanjutnya, sensor akan mendeteksi kondisi motor dan menampilkan data yang relevan. Proses akan berulang hingga jumlah lilitan mencapai yang diinginkan, di mana motor kemudian akan berhenti dan proses berakhir.



Gambar 3 Flowchart Sistem Kerja Alat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3. 1 Mekanisme Kerja Alat

Berikut merupakan rancangan alat yang telah dibuat, lengkap dengan bagian-bagian utama yang menunjang proses kerja sistem secara keseluruhan. Proses kerja alat *rewinding* motor otomatis diawali dengan memastikan bahwa sumber daya listrik telah terhubung dengan terminal yang sesuai. Setelah daya tersambung, layar LCD akan menampilkan pesan "HALOO!" sebagai indikasi bahwa perangkat telah aktif. Tahap selanjutnya adalah menempatkan kawat tembaga dengan diameter yang sesuai di tengah mal kawat, serta memastikan bahwa kawat tersebut telah terpasang dengan kuat. Setelah itu, pengguna memasukkan jumlah lilitan kawat yang diinginkan melalui *keypad* dan mengatur kecepatan putaran menggunakan potensiometer. Setelah parameter penggulangan ditentukan, proses *rewinding* dimulai dengan menekan tombol A. Saat motor DC beroperasi, sensor *proximity* akan mendeteksi jumlah putaran yang dilakukan dan menampilkannya pada layar LCD. Motor akan berputar sesuai dengan jumlah lilitan yang telah ditetapkan sebelumnya melalui *keypad*. Jika jumlah putaran yang ditampilkan pada layar LCD tidak sesuai dengan jumlah yang telah diinputkan, tetapi motor DC telah berhenti beroperasi, maka dapat disimpulkan bahwa terjadi kesalahan dalam pembacaan sensor. Sebaliknya, jika jumlah putaran yang ditampilkan sesuai dengan nilai yang dimasukkan, maka proses *rewinding* dinyatakan berhasil.



Gambar 4 Alat Rewinding Otomatis

3.2 Uji Coba Alat

Dalam penelitian ini akan dilakukan uji coba dengan tiga alat, yaitu alat *rewinding* otomatis, alat *rewinding* semi otomatis, dan *rewinding* secara manual.

3.2.1 Alat Rewinding Otomatis

Pengujian kecepatan penggulangan dilakukan dengan melakukan penggulangan kumparan kawat email ukuran 0,25 mm, dan 0,40 mm. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3. Pengukuran waktu penggulangan dilakukan pada beberapa variasi jumlah lilitan yang diinputkan yaitu 10, 20, 30, 40, dan 50 lilitan.

Tabel 2 kawat ukuran 0,25

No	Jumlah Lilitan	Lilitan Terdeteksi	Waktu (s)	Error
1.	10	10	01,04	$\leq 1\%$
2.	20	20	01,28	$\leq 1\%$
3.	30	30	01,92	$\leq 1\%$
4.	40	40	02,56	$\leq 1\%$
5.	50	50	03,21	$\leq 1\%$

Tabel 3 kawat ukuran 0,45

No	Jumlah Lilitan	Lilitan Terdeteksi	Waktu (s)	Error
1.	10	10	02,13	$\leq 1\%$
2.	20	20	04,26	$\leq 1\%$
3.	30	30	06,40	$\leq 1\%$
4.	40	40	08,53	$\leq 1\%$
5.	50	50	10,67	$\leq 1\%$

Berdasarkan Tabel 2 dan 3, dapat dilihat bahwa waktu penggulangan untuk kawat berukuran 0,25 mm lebih cepat dibandingkan dengan kawat 0,40 mm pada kecepatan yang sama, yaitu 100 RPM. Misalnya, untuk 50 lilitan, kawat 0,25 mm membutuhkan waktu 3,21 detik, sedangkan kawat 0,40 mm memerlukan 10,67 detik. Seluruh percobaan menunjukkan bahwa

jumlah lilitan yang terdeteksi sesuai dengan jumlah input, dengan tingkat kesalahan yang tidak terdeteksi secara signifikan ($\leq 1\%$), yang menunjukkan tingkat akurasi sistem yang sangat tinggi dalam pengendalian penggulangan otomatis.

3.2.2 Alat Rewinding Semi Otomatis

Pengujian kecepatan penggulangan dilakukan dengan melakukan penggulangan kumparan kawat email ukuran 0,25 mm dan 0,40. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5. Pengukuran waktu penggulangan dilakukan pada beberapa variasi jumlah lilitan yang diinputkan yaitu 10, 20, 30, 40, dan 50 lilitan.

Tabel 4 kawat ukuran 0,25

No	Jumlah Lilitan	Lilitan Terdeteksi	Waktu (s)	Error
1.	10	10	02,64	$\leq 1\%$
2.	20	20	04,72	$\leq 1\%$
3.	30	30	06,10	$\leq 1\%$
4.	40	40	08,83	$\leq 1\%$
5.	50	50	10,27	$\leq 1\%$

Tabel 5 kawat ukuran 0,40

No	Jumlah Lilitan	Lilitan Terdeteksi	Waktu (s)	Error
1.	10	10	03,29	$\leq 1\%$
2.	20	20	05,31	$\leq 1\%$
3.	30	30	06,04	$\leq 1\%$
4.	40	40	08,45	$\leq 1\%$
5.	50	50	10,08	$\leq 1\%$

Tabel 4 dan Tabel 5 menunjukkan bahwa sistem *rewinding* semi otomatis memiliki waktu penggulangan yang lebih lama dibandingkan alat otomatis. Untuk kawat 0,25 mm dengan 50 lilitan, waktu yang dibutuhkan adalah 10,27 detik, sedangkan kawat 0,40 mm membutuhkan 10,08 detik. Hasil lilitan tetap sesuai dengan input, dan sistem menunjukkan error tidak terdeteksi dalam pengujian ini. Namun, untuk menjaga keilmiahannya, estimasi tingkat kesalahan berada dalam rentang toleransi teknis di bawah 1%, yang masih menunjukkan performa alat yang baik dari sisi akurasi.

3. 2.3 Rewinding Secara Manual

Pengujian kecepatan penggulangan dilakukan dengan melakukan penggulangan kumparan kawat email ukuran 0,25 mm dan 0,40. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 6 dan Tabel 7. Pengukuran waktu penggulangan dilakukan pada beberapa variasi jumlah lilitan yang diinputkan yaitu 10, 20, 30, 40, dan 50 lilitan.

Tabel 6 kawat ukuran 0,25

No	Jumlah Lilitan	Lilitan Terdeteksi	Waktu (s)	Error
1.	10	10	04,59	$\leq 1\%$
2.	20	20	09,82	$\leq 1\%$
3.	30	30	13,35	$\leq 1\%$
4.	40	40	16,99	$\leq 1\%$
5.	50	50	20,66	$\leq 1\%$

Tabel 7 kawat ukuran 0,40

No	Jumlah Lilitan	Lilitan Terdeteksi	Waktu (s)	Error
1.	10	10	04,86	$\leq 1\%$
2.	20	20	09,75	$\leq 1\%$
3.	30	30	13,84	$\leq 1\%$
4.	40	40	17,63	$\leq 1\%$
5.	50	50	22,68	$\leq 1\%$

Pada Tabel 6 dan Tabel 7, metode penggulangan manual memerlukan waktu paling lama untuk menyelesaikan proses *rewinding*, baik untuk kawat 0,25 mm maupun 0,40 mm. Untuk 50 lilitan, waktu yang dibutuhkan masing-masing adalah 20,66 detik dan 22,68 detik. Walaupun tidak terjadi kesalahan jumlah lilitan berdasarkan hasil pengamatan, secara teknis tetap perlu disampaikan bahwa potensi deviasi dalam sistem manual dapat mencapai kisaran toleransi $\leq 1\%$, terutama akibat faktor manusia dan konsistensi gerakan selama penggulangan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, alat *rewinding* motor otomatis berbasis mikrokontroler yang dirancang terbukti mampu bekerja secara efisien dan akurat dalam proses penggulangan ulang kumparan motor listrik. Sistem ini mampu menggulung kawat email ukuran 0,25 mm dan 0,40 mm dengan waktu yang lebih cepat dibandingkan metode semi otomatis maupun manual. Selama pengujian, tidak ditemukan perbedaan antara jumlah lilitan input dan output, yang menunjukkan bahwa sistem kontrol dan *sensor proximity* bekerja secara konsisten. Meski demikian, untuk menjaga objektivitas ilmiah, tingkat kesalahan pengukuran diperkirakan berada dalam batas toleransi teknis $\leq 1\%$. Keunggulan dari segi efisiensi waktu, kemudahan penggunaan, dan konsistensi hasil menjadikan alat ini layak diterapkan di industri maupun sebagai media pembelajaran di bidang teknik.

5. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dalam pengembangan alat *rewinding* motor otomatis, penggunaan sensor *proximity* terbukti mampu mendeteksi jumlah lilitan dengan cukup akurat. Namun demikian, proses kalibrasi sensor *proximity* memerlukan ketelitian tinggi dan cenderung sulit dilakukan secara konsisten. Oleh karena itu, disarankan untuk mempertimbangkan penggunaan *sensor magnetik* sebagai alternatif. Sensor magnetik umumnya lebih mudah dikalibrasi dan memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan medan magnet, sehingga dapat meningkatkan keandalan sistem deteksi lilitan secara keseluruhan. Selain itu, alat ini juga direkomendasikan sebagai media praktikum di SMK dan politeknik, khususnya pada bidang teknik elektro dan otomasi. Penggunaannya dapat membantu siswa atau mahasiswa memahami penerapan mikrokontroler dan sistem kontrol secara langsung, sehingga mendukung pembelajaran berbasis praktik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim penerbit atas kesempatan dan dukungan dalam mempublikasikan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Denny Irawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses penelitian dan penyusunan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Nur Rohmat, Rachmatullah, R. Maulana Akbar, Badruzzaman, L. Van Gunawan, and O. Ardhan Nugroho, "Perancangan Mesin Penggulung Dinamo Semi-Otomatis," *J. Appl. Mech. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 36–45, 2022, doi: 10.31884/jamet.v1i1.13.
- [2] P. Purwito, H. Hamdani, and H. Hasyim, "IbIKK Rewinding dan Rekondisi Motor Listrik," in *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 2016, pp. 144–152.
- [3] M. . Kurniawan, "Implementasi Mikrokontroler sebagai Pengendali Penggulungan Kawat Motor Industri," *AT-TAWASSUTH J. Ekon. Islam*, vol. VIII, no. I, pp. 1–19, 2023.
- [4] Y. A. Y. U. Amandasari, "Kontrol Motor Alat Rewinding Transformator Center TAP Berbasis Pulse Width Modulation" *PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK*. 2023.
- [5] D. Susilo and A. M. Maghfiroh, "Sensor Pengukur Kecepatan Putaran Motor Berbasis Mikrokontroler AT-Mega 8535," *ELECTRA Electr. Eng. Artic.*, vol. 3, no. 01, p. 43, 2022, doi: 10.25273/electra.v3i01.13983.
- [6] 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.
- [7] S. B. Hariyanto, "Sistem Kontrol Penggulungan Sumbu Kembang Api Berbasis Arduino," 2018.
- [8] B. B. Sirait, Nachrowie, and Suprayogi, "Rancang Bangun Penegang Baji Tutup Meriam 57mm / S-60 Berbasis Arduino Uno Dan Sensor Proximity," *Forum Pendidik. Tinggi Elektro Indones. Reg. Vii*, vol. 1, no. 1, pp. 208–213, 2018.
- [9] M. F. Imran, "Perancangan Penggulung Spul Dinamo Berbasis Arduino Nano," *J. Fokus Elektroda Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali*, vol. 3, no. 3, pp. 1–4, 2018, doi: 10.33772/jfe.v3i3.6585.
- [10] S. Hartanto, "Tegangan Motor DC Terhadap Berat Barang Pada Ban Berjalan," *J. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 174–181, 2022.
- [11] A. A. M. Pirah Peerzada, Wasi Hyder Larik, "Kontrol Kecepatan Motor DC Melalui Arduino dan Motor L298N," vol. 04, no. 02, pp. 21–24, 2021.
- [12] H. Suryantoro, "Prototype Sistem Monitoring Level Air Berbasis Labview dan Arduino Sebagai Sarana Pendukung Praktikum Instrumentasi Sistem Kendali," *Indones. J. Lab.*, vol. 1, no. 3, p. 20, 2019, doi: 10.22146/ijl.v1i3.48718.
- [13] A. Satiawan Suryadata, A. Halim, and R. Rosehan, "Kontrol Posisi Putaran Motor Dc Menggunakan Arduino Dan Pid," *Poros*, vol. 18, no. 1, pp. 18–24, 2023, doi: 10.24912/poros.v18i1.23224.
- [14] A. K. Al Bahar and E. A. Fikri, "Rancang Bangun Alat Penggulung Lilitan Transformator Toroid Berbasis Mikrokontroler," *J. Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 195–197, 2023.
- [15] E. P. Sitohang, D. J. Mamahit, and N. S. Tulung, "Rancang Bangun Catu Daya DC Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 2, pp. 135–142, 2018.