

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pembuatan kumparan (*Coil*) merupakan salah satu tahap penting dalam berbagai aplikasi perangkat elektronik dan elektromagnetik, seperti motor listrik, transformator kecil, solenoid, sensor induktif, hingga perangkat telekomunikasi. Kualitas hasil *Coil* sangat dipengaruhi oleh ketepatan jumlah lilitan, kerapian susunan kawat, serta konsistensi proses penggulangan. Ketidakteraturan dalam proses *winding* dapat menyebabkan penurunan performa elektromagnetik dan ketidakstabilan karakteristik listrik dari *Coil* yang dihasilkan.

Pada industri skala kecil, bengkel perakitan, maupun laboratorium pendidikan, proses penggulangan *Coil* masih banyak dilakukan secara manual. Metode manual tersebut memiliki beberapa kelemahan, antara lain waktu produksi yang relatif lama, ketergantungan pada keterampilan operator, serta variasi kualitas hasil lilitan yang sulit dikendalikan secara konsisten. Kondisi ini mendorong perlunya penerapan sistem otomasi yang mampu meningkatkan presisi dan efisiensi proses pembuatan *Coil*.

Perkembangan teknologi sistem tertanam (*embedded system*) dan mikrokontroler membuka peluang besar dalam mengotomatisasi proses mekanik yang sebelumnya dilakukan secara manual. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan otomasi berbasis mikrokontroler mampu meningkatkan akurasi gerak, kestabilan proses, serta konsistensi hasil produksi pada berbagai aplikasi manufaktur [1]. Otomasi juga memungkinkan pengaturan parameter kerja secara terprogram dan berulang (*repeatable*), sehingga mengurangi kesalahan akibat faktor manusia.

Salah satu contoh keberhasilan penerapan otomasi berbasis mikrokontroler dapat ditemukan pada sistem *conveyor* otomatis yang banyak digunakan dalam industri manufaktur. Pada sistem *conveyor*, proses penggerakan material dikendalikan secara terprogram melalui pengaturan kecepatan motor, waktu operasi, serta urutan kerja sistem, sehingga alur produksi dapat berjalan secara konsisten dan efisien. Penerapan

otomasi pada sistem conveyor terbukti mampu meningkatkan produktivitas, mengurangi kesalahan akibat intervensi manusia, serta menjamin keseragaman proses pemindahan material dalam jangka waktu yang panjang. Keberhasilan penerapan otomasi *conveyor* tersebut menunjukkan bahwa sistem kendali berbasis mikrokontroler sangat efektif untuk menangani proses mekanik yang bersifat berulang dan terstruktur, sehingga konsep otomasi serupa berpotensi untuk diterapkan pada proses pembuatan *Coil* yang juga membutuhkan ketelitian dan konsistensi kerja [2].

Dalam penelitian ini, sistem kendali utama dirancang menggunakan Arduino Nano sebagai pengendali pusat. Arduino Nano dipilih karena memiliki arsitektur yang sederhana, mudah diprogram, didukung oleh lingkungan pengembangan yang luas, serta memiliki komunitas pengguna yang besar. Keunggulan tersebut menjadikan Arduino Nano sangat sesuai untuk pengembangan sistem otomasi berskala kecil hingga menengah, terutama pada aplikasi pendidikan dan prototipe mesin otomatis [7].

Dari sisi aktuator, sistem penggerak mesin *Coil winding* menggunakan motor stepper NEMA 17. Motor stepper dipilih karena memiliki kemampuan pengendalian posisi yang presisi, sudut langkah yang tetap, serta mudah dikendalikan melalui sinyal digital dari mikrokontroler. Penggunaan motor stepper NEMA 17 memungkinkan pengaturan jumlah lilitan *Coil* secara akurat tanpa memerlukan sistem umpan balik yang kompleks, sehingga sangat cocok untuk aplikasi penggulangan kawat yang membutuhkan ketelitian tinggi [4]. Penggunaan motor stepper juga memberikan keunggulan dibandingkan motor DC konvensional, yang umumnya memerlukan rangkaian tambahan untuk pengaturan kecepatan dan posisi secara presisi.

Berdasarkan permasalahan dan pertimbangan tersebut, diperlukan suatu inovasi berupa perancangan dan pembuatan mesin *Coil winder* otomatis berbasis Arduino Nano dengan penggerak motor stepper NEMA 17. Mesin ini diharapkan mampu menghasilkan *Coil* berukuran kecil hingga menengah dengan tingkat ketelitian dan konsistensi yang lebih baik dibandingkan metode manual. Dengan adanya sistem ini, proses pembuatan *Coil* dapat dilakukan secara lebih efisien, terstandar, dan mudah

dioperasikan, sehingga dapat mendukung kebutuhan industri skala kecil, bengkel perakitan, serta kegiatan praktikum dan penelitian di lingkungan pendidikan.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem mekanik mesin *Coil winding* yang mampu bekerja secara otomatis untuk menghasilkan *Coil* ukuran kecil hingga menengah?
2. Bagaimana menerapkan sistem kendali berbasis mikrokontroler yang dapat mengatur proses penggulungan *Coil* secara stabil dan presisi?
3. Bagaimana merancang rangkaian elektronik dan perangkat lunak (program) yang mendukung proses otomasi pada mesin *Coil winding*?
4. Bagaimana melakukan pengujian dan evaluasi kinerja mesin *Coil winding* otomatis untuk memastikan kualitas dan konsistensi hasil gulungan *Coil*?
5. Bagaimana menganalisis keefektifan mesin *Coil winding* otomatis yang dirancang dibandingkan dengan proses penggulungan *Coil* secara manual?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

1. Merancang dan membuat sistem mekanik mesin *Coil winding* otomatis yang dapat digunakan untuk memproduksi *Coil* ukuran kecil hingga menengah.
2. Membangun sistem kendali berbasis mikrokontroler yang mampu mengoperasikan mesin *Coil winding* secara otomatis dan presisi.
3. Merancang rangkaian elektronik serta perangkat lunak pendukung yang diperlukan untuk mengatur keseluruhan proses kerja mesin.
4. Melakukan pengujian dan evaluasi terhadap performa mesin *Coil winding* otomatis untuk memastikan kualitas dan konsistensi hasil gulungan *Coil*.
5. Menganalisis tingkat efektivitas mesin *Coil winding* otomatis sebagai alternatif alat bantu dalam proses penggulungan *Coil* dibandingkan metode manual.

1.4 Batasan Masalah

1. Sistem kendali alat menggunakan Arduino Nano sebagai pengendali utama.
2. Penggerak utama menggunakan motor stepper NEMA 17 dengan driver A4988.
3. Diameter kawat yang digunakan berada pada rentang 0,1 mm hingga 0,4 mm.
4. Diameter luar coil dibatasi maksimum 4 cm sesuai dimensi mekanik alat yang dirancang.
5. Pengujian dilakukan pada spool coil berbentuk silinder dengan geometri yang seragam.
6. Sistem penghitungan lilitan dilakukan berdasarkan jumlah langkah motor stepper tanpa menggunakan sensor encoder sebagai umpan balik.
7. Evaluasi kinerja alat difokuskan pada konsistensi resistansi, distribusi lilitan, dan ketelitian distribusi coil.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Pelaksanaan Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat bagi Penulis
 - Menambah wawasan dan keterampilan dalam merancang sistem mekanik, elektronik, serta perangkat lunak berbasis mikrokontroler.
 - Memberikan pengalaman praktis dalam proses rancang bangun sebuah alat otomatis yang dapat diterapkan pada dunia industri.
 - Melatih kemampuan analisis dan pemecahan masalah terkait implementasi sistem otomasi.
2. Manfaat bagi Dunia Pendidikan
 - Menjadi referensi bagi mahasiswa atau peneliti lain yang ingin mengembangkan alat otomasi khususnya pada bidang kendali dan penggulangan *Coil*.

- Menambah contoh proyek praktikum atau penelitian yang dapat diterapkan di laboratorium teknik elektro, mekatronika, ataupun otomasi.
3. Manfaat bagi Industri Kecil dan Bengkel Elektronik
- Memberikan alternatif solusi alat *Coil winding* otomatis yang lebih ekonomis dibandingkan mesin komersial.
 - Membantu meningkatkan efisiensi waktu kerja serta konsistensi hasil gulungan *Coil* pada skala produksi kecil hingga menengah.
4. Manfaat bagi Institusi
- Mendukung pengembangan inovasi teknologi tepat guna yang dapat berdampak pada peningkatan kualitas lulusan dan penelitian institusi.
 - Menjadi dokumentasi ilmiah yang memperkaya repositori penelitian institusi.