

## PERANCANGAN MESIN PENGGULUNG KUMPARAN MOTOR LISTRIK SISTEM OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER

### *Designing of Automatic Coil Winding Machine for Electric Motor Based on Microcontroller*

Ahyar M<sup>1\*)</sup>, Irdam<sup>2)</sup>

<sup>1\*)</sup> Prodi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Akademi Teknik Soroako, Luwu Timur

<sup>2)</sup> Prodi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Akademi Teknik Soroako, Luwu Timur

<sup>\*)</sup> email: [ahyaralmansur@gmail.com](mailto:ahyaralmansur@gmail.com)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin penggulung kumparan motor listrik sistem otomatis berbasis mikrokontroler untuk menggantikan sistem manual. Alasan utamanya adalah mengurangi resiko kesalahan-kesalahan yang mungkin dapat ditimbulkan oleh operator pengguna mesin manual, meningkatkan efisiensi kerja mesin dan alat, dan peningkatan produktifitas kerja. Metodologi penelitian ini adalah penelitian eksperimental yang terdiri atas tahap perencanaan, tahap perancangan dan pembuatan, tahap pengujian dan analisa serta tahap finalisasi. Tahap perencanaan meliputi disain rancangan, membuat gambar kerja, dan penyediaan material dan peralatan. Kemudian, tahap pembuatan meliputi pembuatan komponen mekanik, rangkaian listrik dan program mikrokontroler. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kecepatan penggulangan dan keakuratan penggulangan. Penelitian ini menghasilkan mesin dengan penggerak motor stepper, *keypad* sebagai *entry* data jumlah lilitan, LCD sebagai penampil jumlah lilitan, dan *optocoupler* sebagai pencacah jumlah lilitan. Dari pengujian yang dilakukan diperoleh tingkat keakuratan sekitar 99,53 %, rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menggulung 1 lilitan adalah 0,58 detik, dan kecepatan penggulangan sebesar 1,72 lilitan/detik.

**Kata Kunci :** penggulung kumparan, sistem otomatis, mikrokontroler, optocoupler.

### ABSTRACT

*This research aims to design and manufacture an automatic electric motor coil winding machine based on microcontroller for replacing the manual system. The main reasons are reducing the fault risk that could be made by the operator using manual machine, increasing efficiency of machine as well as productivity of work. Methodology of this research based on experimental research that consist of several stages i.e. planning, design and manufacture, trial and analysis, and finalization. Planning stage involves design draft, working drawing, and also tools and material preparation. Then, design and manufacture stage covers making of mechanic parts, electric and electronic circuit, and design of controller program. The testing was conducted on rolling speed test and accuracy test of coil winder. This machine is driven by stepper motor, using keypad as entry data number of windings, LCD to show the progress of coil winder and opto-coupler as a counter of turns. Data obtained from the test shows that the level of accuracy of rpm control is about 99%, average time to roll up a winding is 0,58 second, speed of coil winder is 1,72 turns/second.*

**Keywords:** coil winder, automatic system, microcontroller, optocoupler.

## I. PENDAHULUAN

Kecepatan dan keakuratan hasil kerja sangat diperlukan dalam proses *maintenance* atau perawatan dan perbaikan mesin-mesin industri. Sebagai contoh, dalam proses perbaikan motor listrik, seringkali diperlukan penggantian kumparan motor. Hal ini memerlukan proses penggulungan kumparan motor listrik yang baru. Keakuratan jumlah lilitan motor menjadi salah satu hal yang penting dalam penggantian kumparan motor ini.

Pada penggulangan kumparan dengan mesin konvensional, proses penggulangan dilakukan secara manual dengan memutar *handle* sebanyak jumlah lilitan yang diinginkan. Kendala yang mungkin terjadi pada proses penggulangan manual ini antara lain adalah kecepatan kerja yang tidak konsisten, kontinuitas penggulangan yang tergantung pada operator, hasil penggulangan dapat tidak sesuai dengan yang diinginkan, dan memerlukan pengawasan selama proses penggulangan berlangsung. Mekanisme manual ini dapat dioptimalisasi dengan mengganti sistem kerja menjadi otomatis. Proses penggulangan dengan memutar *handle* bisa digantikan dengan motor listrik, pengontrolan kecepatan dan hasil penggulangan dapat dikendalikan melalui piranti pengendali seperti mikrokontroler. Proses dapat berlangsung secara otomatis sehingga ketergantungan pada operator untuk mengawasi secara penuh dapat dikurangi.

Kajian atau penelitian mengenai pembuatan mesin penggulang kumparan berbasis mikrokontroler telah banyak dilakukan. Gapita, Hamzah, dan Nurhalim (2015) telah merancang mesin penggulang transformator berbasis mikrokontroler ATmega8535. Mesin penggulang yang dibuat menggunakan motor AC dengan sensor magnet sebagai pendeteksi jumlah lilitan, mikrokontroler ATmega8535 sebagai pengendali utama, dan keypad serta LCD sebagai interface. Pengujian ketelitian mesin memberikan hasil kesalahan di bawah 5%.

Yandri dan Desmiwarman (2016) juga telah membuat mesin penggulang kawat email untuk kumparan motor menggunakan mikrokontroler ATmega328 sebagai unit pengendali, Mesin penggulang yang dihasilkan digerakkan dengan motor DC dengan pengaturan kecepatan menggunakan potensiometer, dan menggunakan *limit switch* sebagai penghitung jumlah putaran. Hasil penggulangan yang cepat dan akurat diperoleh pada setting PWM di bawah 210.

Ahyar dan Irdam (2015) telah membuat purwarupa mesin penggulang kumparan yang dikerjakan dengan bantuan mahasiswa program Tugas Akhir D3 Perawatan dan Perbaikan Mesin di Akademi Teknik Soroako. Komponen-komponen penggerak dan pengendali yang terdapat pada mesin penggulang kumparan ini adalah mikrokontroler Arduino Mega 2560, motor stepper, *keypad* 4x4, LCD 20X4, dan *limit switch*. Uji performa mesin telah menghasilkan keakuratan yang tinggi yaitu sekitar 99%. Kelemahan yang perlu dioptimalisasi pada mesin yang telah dibuat ini adalah proses penggulangan yang masih lambat, yaitu memerlukan waktu 1,9 detik untuk setiap 1 lilitan, atau kecepatan penggulangan sekitar 0,53 lilitan/detik.

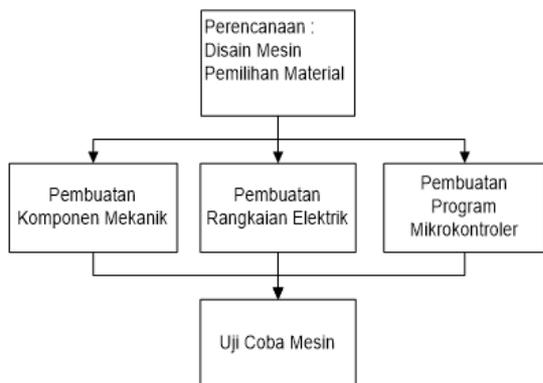
## II. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian perancangan mesin penggulang kumparan berbasis mikrokontroler ini menggunakan metode penelitian eksperimental.

Metode penelitian dilaksanakan dengan tahapan-tahapan eksperimen sebagai berikut : 1) tahap perencanaan yang meliputi identifikasi masalah, studi lapangan, studi literatur, persiapan draft dan alternatif rancangan; 2). tahap perancangan dan pembuatan alat yang meliputi gambar rancangan sistem mekanik dan elektrik, persiapan material dan suku cadang, proses manufaktur, disain program kendali; 3) tahap uji coba dan analisa yang meliputi uji coba perangkat keras, uji coba perangkat lunak, uji coba mesin dan analisa. Tahapan

perancangan mesin penggulung kumparan berbasis mikrokontroler ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan rancang bangun mesin penggulung kumparan

## 2.2 Tuntutan Rancangan

Daftar tuntutan akan menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan rancangan. Tuntutan dibuat berdasarkan beberapa aspek seperti disain, biaya, waktu, konstruksi, proses manufaktur, pengoperasian, fungsi, faktor keamanan, perawatan dan estetika. Tabel 1 memperlihatkan daftar tuntutan dan kriteria tuntutan yang menjadi pertimbangan dalam perencanaan dan perancangan mesin penggulung kumparan motor listrik.

Tabel 1. Daftar tuntutan rancangan

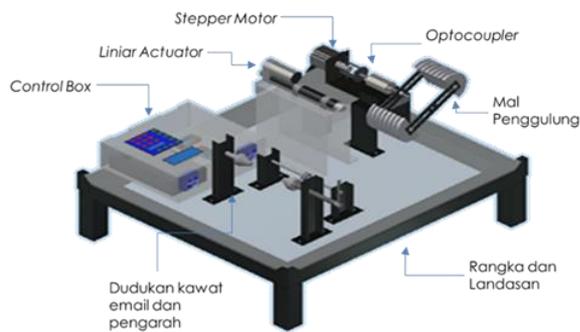
No.	Tuntutan	Kriteria Tuntutan
1	Disain	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bentuk sederhana.</li> <li>2. Ukuran mesin tidak terlalu besar.</li> <li>3. Mobilisasi Mudah.</li> <li>4. Suku cadang mudah diperoleh.</li> <li>5. Material mudah diperoleh.</li> </ol>
2	Biaya dan Waktu	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biaya pembuatan dan pembelian murah.</li> <li>2. Biaya perawatan.</li> <li>3. Suku cadang murah.</li> <li>4. Perancangan cepat.</li> <li>5. Waktu kerja singkat.</li> </ol>
3	Konstruksi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Konstruksi Sederhana.</li> <li>2. Komponen mudah dirakit.</li> <li>3. Kokoh.</li> <li>4. Masa pakai lama.</li> <li>5. Berat yang ideal.</li> </ol>

4	Proses Manufaktur	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proses Pemesinan Mudah.</li> <li>2. Proses fabrikasi mudah.</li> <li>3. Alur manufaktur tidak rumit.</li> <li>4. <i>Assembly</i> mudah.</li> <li>5. Penggantian <i>part</i> mudah.</li> </ol>
5	Proses pengoperasian	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penyetingan tidak rumit</li> <li>2. Mudah dioperasikan.</li> <li>3. Pengoperasian otomatis.</li> <li>4. Pengopersian cepat.</li> <li>5. <i>Power supply</i> dapat menggunakan arus AC dan DC</li> </ol>
6	Fungsi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jumlah lilitan akurat.</li> <li>2. Kumparan rapat.</li> <li>3. Kumparan rapi.</li> <li>4. Penggulungan cepat.</li> <li>5. Penggulungan mudah.</li> </ol>
7	Faktor keamanan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak Memiliki bagian yang tajam.</li> <li>2. Rangkaian listrik aman.</li> <li>3. Tidak membahayakan operator dan peralatan.</li> <li>4. Tidak mencemari lingkungan.</li> <li>5. Tidak memiliki bahan mudah terbakar.</li> </ol>
8	Perawatan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perawatan mudah.</li> <li>2. Komponen mudah dilepas.</li> <li>3. Tidak membutuhkan teknisi perawatan khusus.</li> <li>4. Tidak memerlukan pelumasan yang rutin.</li> <li>5. Tidak menyulitkan teknisi perawatan.</li> </ol>
9	Estetika	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Konstruksi rapi.</li> <li>2. Rangkaian listrik/elektrik rapi.</li> <li>3. Proporsional / simetris.</li> <li>4. Komponen bersih.</li> <li>5. Warna menarik.</li> </ol>

## 2.3 Rancangan Penelitian

Rancangan optimalisasi mesin dihasilkan setelah melalui tahapan perencanaan serta perancangan. Tahapan ini meliputi pemeriksaan dan analisa mesin yang sudah dibuat sebelumnya. Disain

meliputi optimalisasi rancangan, penetapan komponen mekanik dan elektrik, serta perubahan program pengendali.



Gambar 2. Rancangan optimalisasi mesin penggulung kumparan

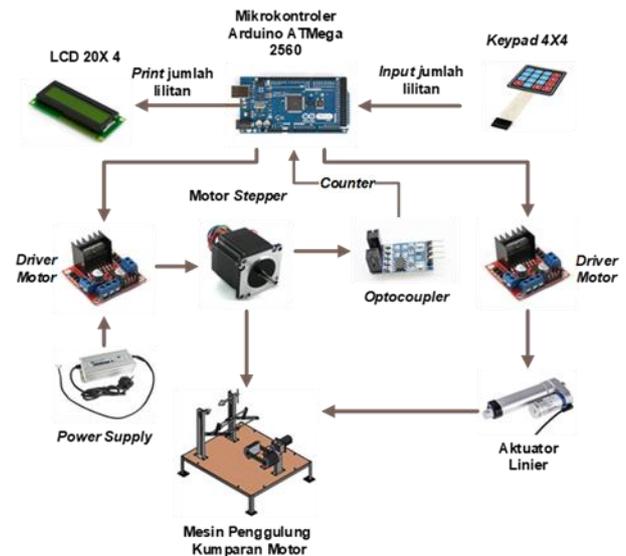
Rancangan mesin penggulung yang direncanakan meliputi beberapa aspek yaitu:

- Geometri : dimensi yang mesin yang dibuat yaitu panjang  $\pm 800$  mm, lebar  $\pm 700$  mm, dan tinggi  $\pm 500$  mm.
- Material : menggunakan material ringan dan mudah dibentuk, serta tidak mudah rusak.
- Kinematika : gerakan rotasi pada mal penggulung kumparan, dan gerakan translasi pada aktuator linear.
- Gaya dan energi : sistem kendali mikrokontroler dengan spesifikasi tegangan input 12 V, motor stepper dan aktuator linier dengan tegangan kerja 5 – 12 V.
- Sinyal : menggunakan mikrokontroler sebagai pengendali proses, *optocoupler* sebagai sensor penghitung putaran, dan *keypad* serta LCD sebagai media *interface*.
- Ergonomi : nyaman dalam pengoperasian dan mudah dipindahkan

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Mekanisme Kerja Mesin

Penelitian ini telah menghasilkan purwarupa mesin penggulung kumparan motor listrik berbasis mikrokontroler. Mekanisme kerja ditunjukkan pada skema pengendalian seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema pengendalian mesin penggulung kumparan motor listrik

Mesin penggulung ini dikontrol 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. Aktuator linier akan bergerak maju mundur sesuai dengan input yang dimasukkan pada *keypad*. *Optocoupler* akan melakukan perhitungan putaran pada mal penggulung, sehingga motor akan berhenti sesuai data yang telah diinputkan.

#### 3.2 Uji Coba Mesin

Proses pengujian dilakukan pada komponen elektrik seperti motor stepper dan uji keseluruhan performa mesin. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa komponen yang digunakan dapat berfungsi dengan baik, sehingga pada waktu pengujian secara keseluruhan dapat bekerja secara maksimal.

Pengukuran rpm motor stepper dilakukan untuk mengukur kecepatan putaran motor atau rpm yang disetting pada program dengan rpm yang sebenarnya. Pada pengukuran ini, mal penggulung kumparan dilepas sehingga motor stepper berputar tanpa beban. Kecepatan putar aktual motor stepper tanpa beban diukur dengan

menggunakan alat ukur *tachometer*. Hasil pengukuran diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji pengukuran RPM motor stepper

No	Setting rpm program	Rerata rpm pengukuran	Error
1	115	113,9	1,13
2	120	119,3	0,70
3	140	138,8	1,24
4	160	159,1	0,90
5	200	198,7	1,27

Dari hasil pengukuran diperoleh data error atau selisih antara setting rpm dengan rpm aktual, dan dapat dihitung persentase akursi dan persentase kesalahan program. Jumlah setting rpm adalah 735 rpm, dan jumlah error yang terjadi sebesar 5,24 rpm. Keakuratan program rpm dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase akurasi rpm} &= \\
 &= \frac{\sum \text{rerata aktual rpm}}{\sum \text{setting rpm}} \times 100\% \\
 &= \frac{729,8}{735} \times 100\% \\
 &= 99,3\%
 \end{aligned}$$

Pengujian kecepatan penggulangan dilakukan dengan melakukan penggulangan kumparan kawat email ukuran 0,8 mm. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 2. Pengukuran waktu penggulangan dilakukan pada beberapa variasi jumlah lilitan yang diinputkan yaitu 10, 20, 30, 40, dan 50 lilitan.

Tabel 2. Hasil uji kecepatan penggulangan kumparan

No	Jumlah lilitan	Waktu penggulangan (detik)
1	10	6,2
2	20	11,5
3	30	17,0
4	40	22,5
5	50	28,9

Hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 2 memberikan rata-rata waktu menggulung 1 lilitan adalah 0.56 detik atau kecepatan penggulangan sekitar 1,78 lilitan/detik seperti yang ditampilkan pada grafik berikut ini.



Gambar 4. Grafik hasil pengujian kecepatan penggulangan

Dari segi waktu penggulangan, hasil rancangan optimalisasi mesin penggulang kumparan telah mengalami perbaikan dari mesin yang dibuat sebelumnya yang membutuhkan waktu sekitar 1,9 detik per lilitan. Jika dibandingkan dengan alat penggulang kumparan konvensional, waktu penggulangan yang diperoleh masih lebih lambat, namun operator bisa melakukan dua pekerjaan secara bersamaan selama proses penggulangan berlangsung.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan proses perancangan, pengujian dan analisa hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa mesin penggulang kumparan motor otomatis yang telah dirancang menunjukkan kinerja yang baik berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dengan tingkat akurasi rpm sebesar 99,3% dan kecepatan penggulangan rata-rata sekitar 1,72 lilitan per detik. Untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan pengembangan program dan perbaikan pada mekanisme sambungan poros motor dan mal penggulang untuk meningkatkan kecepatan kerja mesin.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan apresiasi kepada Kemenristekdikti atas dukungan pendanaan pada penelitian ini. Dan ucapan terima kasih juga kepada mahasiswa Akademi Teknik Soroako atas nama Aderia Reslim, Muh. Ajwar, dan Harwinskyah yang telah membantu dalam proses penggambaran dan proses manufaktur serta pengambilan data dalam pengujian mesin penggulung kumparan motor listrik ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahyar M, & Irdam. (2015). Otomatisasi Mesin Penggulung Kumparan Motor Listrik dengan Penggerak Motor Stepper. *Seminar Nasional Teknologi Industri* (hal. 285 - 290). Makassar: UPPM Politeknik ATI Makassar.
- Budiharto, W. (2015). *Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler*. Jakarta: PT Elex Media Computindo.
- Chakraborty, K., Chand, N., Roy, B., & Nandi, P. K. (2013). Design and Development Stepper Motor Position Control System Using Atmel 85c1 Microcontroller. *International Journal of Emerging Research in Management and Technology*, 2(12), 44 - 48.
- Ebel, F., Idler, S., Prede, G., & Scholz, D. (2008). *Fundamentals of Automation Technology, Technical Book*. Dankendorf, Germany: Festo Didactic GmbH & Co.
- Fushshilat, I., Somantri, Y., & Somantri, M. (2014, Maret). Rancang Bangun Mesin Gulung Transformator Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *ELECTRANS*, 13(1), 23-34.
- Gapita, R. S., Hamzah, A., & Nurhalim. (2015, Oktober). Perancangan Mesin Penggulung Kumparan Transformator Berbasis Mikrokontroler ATmega8535. *JOM FTEKNIK UNRI*, 2(2), 1-5.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K. H. (2007). *Engineering Design A Systematic Approach* (3rd ed.). London: Springer-Verlag London Limited.
- Pitowarno, E. (2006). *Robotika Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- Yandri, V. R., & Desmiwarman. (2016, Januari). Rancang Bangun Alat Penggulung Kawat Email untuk Kumparan Motor Menggunakan Mikrokontroler ATmega328 Sebagai Unit Pengendali. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 5(1), 16-21.