

DESAIN DAN PERANCANGAN SISTEM KENDALI PENGGULUNG LILITAN KAWAT TEMBAGA PADA ROTOR GENERATOR

Ihsan¹, Dwi Lesmidayarti², Angga Wahyu Aditya³

Teknik Elektronika, Jurusan Rekayasa Elektro, Politeknik Negeri Balikpapan

Jl. Soekarno Hatta KM.8, Balikpapan

E-mail: *ihsan@poltekba.ac.id¹, dwi.lesmidayarti@poltekba.ac.id², angga.wahyu@poltekba.ac.id³

Abstrak - Kegiatan penelitian kerjasama dengan mitra dilaksanakan dengan latar belakang ingin mengimplementasikan keilmuan yang sesuai untuk memberikan solusi dari permasalahan yang terjadi. Saat ini penting sekali untuk menerapkan suatu sistem berbasis teknologi untuk membantu pekerjaan manusia agar bisa lebih efisien baik dari segi waktu maupun biaya. Rancangan alat ini berupaya meningkatkan kualitas dan efisiensi penggulungan kawat tembaga dengan memasukkan HMI Haiwell untuk pemantauan dan kontrol pada antarmuka pengguna dan memanfaatkan PLC Outseal untuk penghitungan otomatis pada lilitan kawat *rotor generator* yang akan digulung. Metode yang digunakan dalam penyelesaian masalah ini menggunakan *Waterfall*. Tingkat kesalahan dan akurasi dihitung menggunakan rumus. Dalam kegiatan penelitian ini tim pelaksana merancang sistem kendali dan monitoring berbasis PLC dan HMI. Permasalahan yang dihadapi oleh mitra adalah ketika melakukan penggulungan rotor generator masih menggunakan cara manual yaitu dengan menghitung jumlah gulungan, cara tersebut sering kali mengalami kesalahan dan membutuhkan waktu yang sangat lama untuk menyelesaikan 1 rotor. Hasil dari penelitian ini jika dibandingkan dengan cara manual untuk 2.440 lilitan dalam waktu 7 hari sedangkan menggunakan sistem ini hanya dengan 3 hari dengan tingkat efisiensi 57,14%.

Kata Kunci: *HMI Haiwel, PLC Outseal, Rotor Generator.*

I. PENDAHULUAN

Rewinding adalah cara menggulung kawat tembaga yang banyak digunakan dalam bidang jasa yang melibatkan motor listrik dan generator. Pada motor listrik dan generator terdapat rotor dinamis yang bergerak akibat gaya medan magnet yang diberikan oleh stator (Hidayah & Gusnita, 2023). Karena rotor selalu bergerak maka lama kelamaan akan mencapai batas pemakaian maksimumnya sehingga menurunkan kinerja motor listrik dan generator (Janwardi, 2019). Gulungan kawat tembaga yang terbakar akibat panas yang berlebihan dan penurunan kualitas belitan kawat tembaga merupakan faktor unik terjadinya kerusakan pada motor listrik dan generator.

Pada motor listrik maupun generator terdapat rotor yang sifatnya dinamis yaitu bergerak, pergerakan tersebut terjadi karena gaya medan magnet oleh stator (Hidayah & Gusnita, 2023). Dikarenakan rotor selalu bergerak, maka seiring dengan berjalannya waktu rotor akan mengalami batas maksimal pemakaiannya dan kinerja motor listrik maupun generator akan menurun (Janwardi, 2019). Lilitan kawat tembaga yang terbakar dikarenakan panas yang berlebihan dan turunnya kualitas lilitan kawat tembaga merupakan faktor khusus dari terjadinya kerusakan pada motor listrik maupun generator.

Sistem kendali dan monitoring berbasis PLC (*Programmable Logic Control*) dan HMI (*Human Machine Interface*) memiliki peran yang sangat

penting dalam bidang monitoring. IoT memungkinkan perangkat elektronik untuk saling berkomunikasi dan berbagi data melalui internet. Diantaranya adalah dapat mengendalikan alat untuk melakukan penggulung lilitan kawat tembaga pada rotor generator dari jarak jauh menggunakan *smartphone*.

PT. Prima Multi Cipta Karya berlokasi di Kecamatan Balikpapan Timur. PT. Prima Multi Cipta Karya ini telah memiliki fasilitas seperti peralatan untuk las, besi baja dan beberapa sensor yang belum digunakan. Serta di PT. Prima Multi Cipta Karya ini memiliki jaringan internet. Sehingga dalam sitem kendali dan monitoring dari segi fasilitas sudah memenuhi. Untuk itu Politeknik Negeri Balikpapan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat akan melakukan penelitian kerjasama untuk membantu mitra agar pekerjaan menjadi lebih cepat serta efisien waktu dan biaya.

Berdasarkan latar belakang diatas masalah yang menjadi perhatian adalah berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan peneliti di PT. Prima Multi Cipta Karya teridentifikasi beberapa masalah yang dihadapi oleh mitra, antara lain Di PT. Prima Multi Cipta Karya belum memiliki sistem kendali dan monitoring jarak jauh, arahan dari Direktur Perusahaan untuk bekerja dengan Teknologi, Masalah SDM juga merupakan salah satu faktor, perkembangan teknologi lambat, dikarenakan perusahaan tersebut tidak memiliki programmer untuk mengembangkan suatu sistem *Internet of Things*.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah agar pekerjaan menjadi cepat dan efisien, pemantauan kinerja mesin, dengan dipantaunya kinerja mesin maka semakin mudah untuk melakukan perawatan pada mesin tersebut, serta meningkatkan kualitas hasil gulungan kawat tembaga.

Penelitian ini berperan penting dalam memberikan solusi di PT. Prima Multi Cipta Karya khususnya dalam bidang penggulangan pada rotor generator sangat dibutuhkan karena selama ini menggunakan cara manual dalam proses tersebut yang menyebabkan waktu menjadi tidak efisien, alat tersebut mudah rusak karena bekerja terlalu lama tanpa ada batasan penggunaan karena alat tersebut komponennya tidak dapat di monitoring penggunaannya. Selain itu pula ada juga Proteksi Terhadap Gangguan dilengkapi dengan fitur proteksi yang dapat mendeteksi dan merespons secara cepat terhadap gangguan atau kondisi tidak normal. Ini membantu mencegah kerusakan serius pada generator dan menjaga keandalan sistem secara keseluruhan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian ini berdasarkan *state of the art* yang pernah dilakukan dalam penelitian sebelumnya. Sistem penggulang rotor generator telah banyak digunakan dalam beberapa penelitian dan dalam pembuatan Sistem penggulang rotor generator. Sebagai contoh, Penelitian yang telah dilakukan oleh Ahyar M dengan judul Perancangan Mesin Penggulang Kumpan Motor Listrik Sistem Otomatis Berbasis Mikrokontroler dengan Arduino ATmega 2560 dengan hasil Tampilan dari penggulangan lilitan kawat melalui LCD dan kecepatan putaran dari motor dapat diatur (Ahyar & Irdam, 2019).

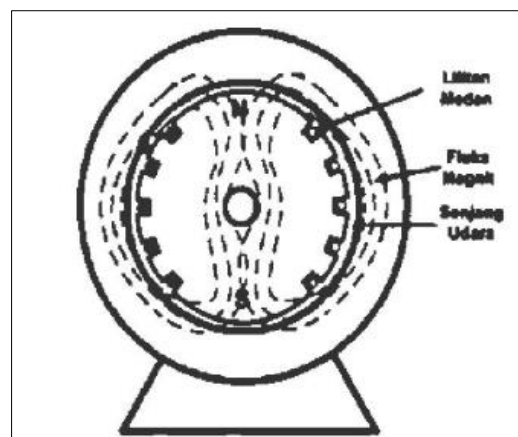
Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Tri Isra Janwardi dengan judul Rancang Alat *Rewinding* Motor Listrik Dengan Kendali PLC Omron CP1L dengan hasil Pergerakan motor dipicu oleh *push button* dengan *Pilot Lamp* sebagai indicator dari alat (Janwardi, 2019).

Penelitian selanjutnya oleh Faisal Hasby Sadiq dengan judul Sistem Otomasi Pada *Automatic Motor Coil Winding Machine* Berbasis *Human Machine Interface* dengan Sistem otomatis, Arduino Uno R3 dan *software* Arduino IDE, MIT Inventor, MIT App Inventor hasil penelitiannya Jumlah lilitan kawat dipicu oleh sensor proximity, menggunakan Bluetooth HC-06 sebagai kontrol dengan menggunakan *smartphones* serta kecepatan putaran motor dapat diatur (Sadiq & Amri, 2021). Berdasarkan penelitian tersebut, yang membedakan dengan penelitian ini adalah menerapkan HMI Haiwell untuk sistem monitoring dan kontrol pada user interface dan kontrol penggulang lilitan kawat rotor generator, sehingga pemantauannya lebih akurat dan menerapkan PLC Outseal untuk sistem

penghitung otomatis pada sistem penggulang lilitan kawat rotor generator, sehingga efisien.

Rotor merupakan salah satu komponen utama yang terdapat pada generator, rotor juga merupakan bagian yang bergerak pada generator dan terdapat magnet yang dikenal dengan magnet rotor (Kurniati, 2022).

Beberapa penyebab penurunan kelayakan rotor di antaranya adalah penyebab usia pakai dan penyebab masalah kelistrikannya, biasanya masalah kelistrikan ini sering terjadi, dikarenakan kelebihan beban sehingga lilitan pada rotor akan terbakar [7]. Jika hal ini terjadi, maka perlu dilakukannya penggulangan ulang lilitan kawat dengan lilitan kawat yang baru. maka pada penelitian ini akan merancang dan membangun sistem otomatis penggulang lilitan kawat rotor berbasis HMI dengan menggunakan PLC Outseal Mega V.3 sebagai sistem kendali alat. Bentuk rotor ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. PLC Outseal Mega V.3.

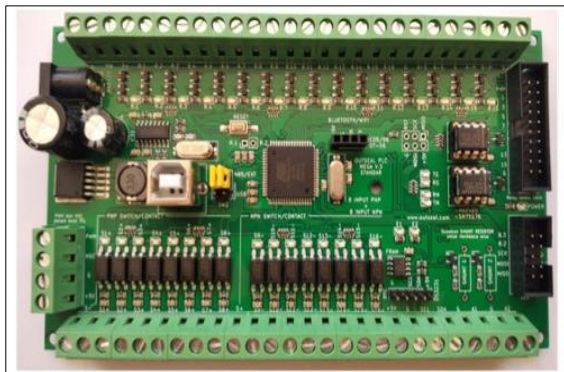
Sistem otomatis sangat diperlukan untuk meningkatkan efektivitas dan produktivitas penggulangan lilitan kawat, dengan adanya sistem otomatis yang diterapkan pada penggulang lilitan kawat ini akan mengurangi risiko kesalahan yang terjadi pada saat proses penggulangan, dikarenakan jumlah lilitan kawat terdiri dari ratusan lilitan, maka penerapan sistem otomatis sangat diperlukan untuk menghindari kesalahan penghitungan jumlah lilitan ketika menggunakan sistem manual, yang bertugas sebagai input pada alat ini berupa sensor SN04-N, Push Button, Toggle Switch, dan Foot Switch. Untuk sensor SN04-N nantinya akan bertugas sebagai pemacu untuk menghitung jumlah lilitan kawat tembaga (Ahyar & Irdam, 2019).

Sistem otomatis penggulang lilitan kawat dapat memberikan keuntungan di antaranya adalah kecepatan yang akan dihasilkan akan lebih konsisten dan waktu yang dibutuhkan semakin singkat. Dengan hal ini, maka akan berdampak terhadap tenaga manusia yang digunakan juga akan semakin sedikit (Repi, Priyatna, & Asmawi, 2023).

Sistem otomatis yang terdapat pada penelitian ini menggunakan PLC *Outseal* sebagai pengendalian sistem otomatis dan sensor SN04-N sebagai pemacu jumlah lilitan kawat, yang diterapkan sebagai sistem otomatisnya yaitu pada penghitung jumlah lilitan kawat, ketika kawat dengan jumlah lilitan telah mencapai batas yang diinginkan, maka secara otomatis mesin penggulung lilitan kawat akan berhenti (Gemilang, Nurpulaela, & Saragih, 2020).

Outseal PLC (Programmable Logic Controller) adalah sebuah teknologi otomasi karya anak bangsa yang dibuat berbasis arduino *bootloader* dengan menggunakan mikrokontroler arduino. Untuk PLC *Outseal Mega V.3* merupakan keluaran versi ke 3 dan didukung *modbus* sebagai komunikasi dengan HMI (Lucky Fernando Soleman, Heru Pratomo, & Wibisono, 2022)

Penggunaan PLC *Outseal* sebagai sistem kendali alat penggulung lilitan kawat secara otomatis masih belum digunakan, tetapi untuk penggunaan PLC *Outseal* terdapat pada penelitian lainnya yaitu pemilah otomatis dan penghitung otomatis, yang diambil dari penelitian tersebut adalah proses penghitung otomatisnya. Pada penelitian ini, PLC *Outsel* digunakan sebagai sistem kendali *input* dan *output* dari alat dengan menggunakan diagram tangga. Nantinya PLC ini akan membaca data *input* 0 maupun 1, lalu data tersebut akan diolah di dalam PLC dan diteruskan untuk dikeluarkan menjadi data *output* 0 maupun 1 (Setyawan & Rahayu, 2020). PLC *Outseal Mega V.3* ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2. PLC *Outseal Mega V.3*.

HMI (*Human Machine Interface*) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. HMI *Haiwell* memiliki pengendalian dan visualisasi secara manual maupun visualisasi komputer yang bersifat *real time* yang memiliki *platform Internet of Things Cloud* (IoT) sehingga dapat diakses melalui *multi* perangkat sekaligus yaitu *smart device*, terdapat *input* tegangan sekitar 24V DC serta didukung *port* komunikasi RS232 dan *port* RS485 (Hidayah & Irawan, 2024).

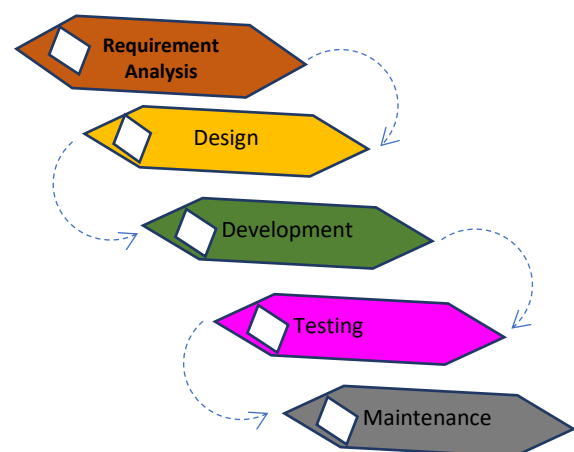
HMI *Haiwell* digunakan sebagai kontrol dan *monitoring* dengan PLC *Outseal* sebagai sistem kendali, yang nantinya HMI *Haiwell* akan dihubungkan dengan PLC *Outseal* menggunakan komunikasi *modbus RS232* dan RS485. Dengan adanya *platform IoT Cloud* pada HMI *Haiwell*, maka akses untuk kontrol dan *monitoring* dapat diakses melalui beberapa *smart device*. HMI *Haiwell* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. HMI *Haiwell*.

III. METODE PENELITIAN

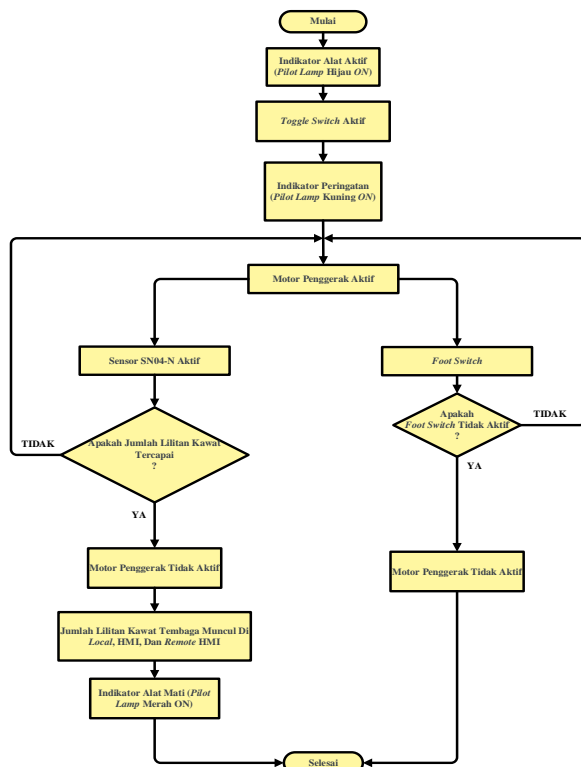
Metode Penelitian merupakan cara pemecahan permasalahan yang sedang terjadi yang dilakukan secara terencana dan terstruktur serta cermat dalam memahami dan mendalami objek sasaran implementasinya. Metode yang akan digunakan dalam penyelesaian masalah ini menggunakan *Waterfall*. Metode *Waterfall* adalah metode yang memberi gambaran fase-fase secara berurutan yang wajib diselesaikan satu per satu sebelum menuju tahapan berikutnya (Ihsan & Wahyu Aditya, 2023). Seperti pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Metode *Waterfall*

Metode *Waterfall* memiliki lima tahapan, termasuk analisis kebutuhan dan desain. Analisis kebutuhan merupakan tahap memahami dan menganalisis, kebutuhan produk dan komponen. Sedangkan desain merupakan tahapan dalam proses

perencanaan dan pemecahan masalah (Syahwil, 2020). Pada bagian ini sistem kerja alat meliputi perancangan alat dengan diagram alir, seperti terlihat pada Gambar 5, berikut dibawah ini:

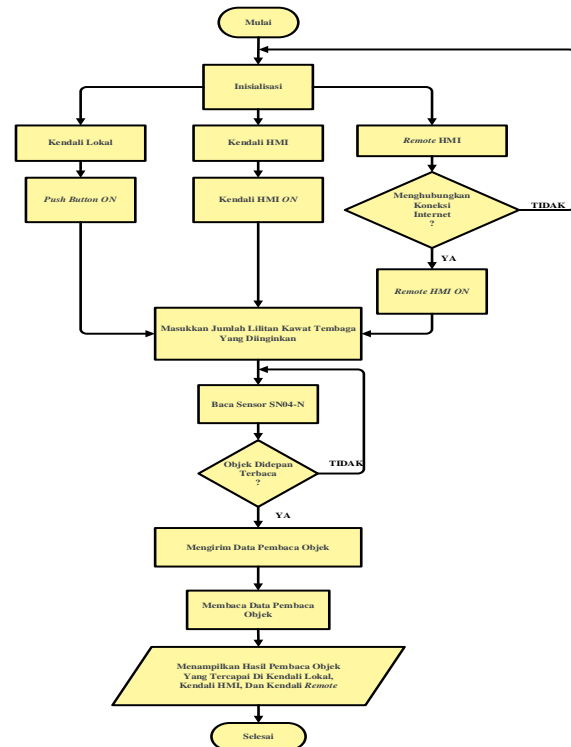


Gambar 5. Diagram Alir Rancangan Alat

Berdasarkan rancangan alat pada Gambar 5, maka dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Ketika alat dinyalakan (mulai), indikator alat aktif akan hidup (*Pilot Lamp Hijau*), *toggle switch*, sensor sn04-n, dan motor penggerak akan dalam posisi *standby*.
2. *Toggle switch* akan memutar balikan arah putaran motor penggerak.
3. Ketika *toggle switch* aktif maka indikator peringatan aktif (*Pilot Lamp Kuning*).
4. Jika *foot switch* aktif (ditekan), maka motor penggerak tetap aktif, sebaliknya, jika *foot switch* tidak aktif (tidak ditekan), maka motor penggerak tidak aktif.
5. Sensor SN04-N akan membaca jumlah lilitan kawat tembaga dan hasil pembaca tersebut akan di tampilkan di lokal, HMI, dan *remote HMI*.
6. Ketika jumlah maksimum telah terpenuhi, maka motor penggerak tidak akan aktif dan indikator alat mati akan aktif (*Pilot Lamp Merah*).

Berikut merupakan Gambar 6 rancangan pemrograman alat yang dibuat pada penelitian ini.

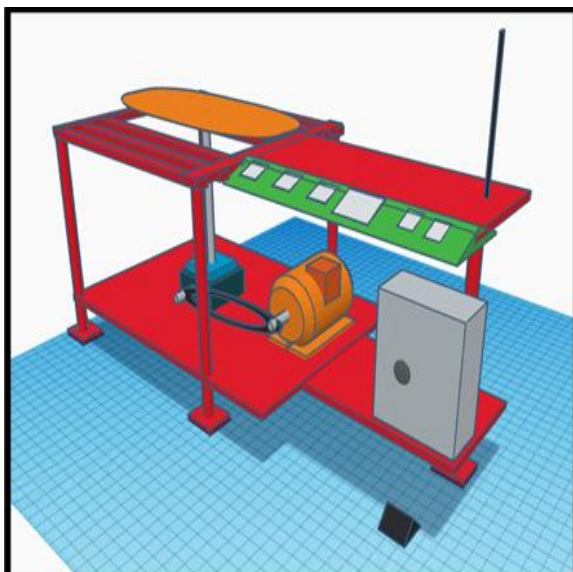


Gambar 6. Rancangan Pemrograman Alat

Berdasarkan rancangan pemrograman alat pada Gambar 6, maka dapat dijelaskan sebagai berikut:

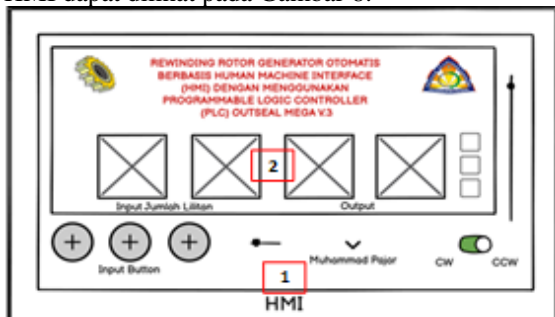
1. Proses pertama dimulai dengan inisialisasi program yang terjadi pada PLC, serta persiapan *input*, *output* dan HMI.
2. Selanjutnya masuk ke pemilihan kendali seperti kendali lokal, kendali HMI, dan kendali *remote HMI*, ketika menggunakan kendali lokal, maka *input* menyalakan alat aktif dan indikator alat juga aktif, ketika menggunakan kendali HMI, maka kendali HMI akan aktif serta indikator alat akan aktif, apabila menggunakan kendali *remote HMI*, maka kendali *remote HMI* akan aktif begitu pula indikator alat akan aktif ketika telah terhubung dengan *internet*.
3. Memasukkan jumlah lilitan kawat tembaga yang diinginkan, selanjutnya data pembacaan objek tersebut akan diproses oleh PLC.
4. Setelah proses pembacaan data selesai maka akan ada *output* pemrosesan data, data yang terbaca akan muncul di kendali lokal, kendali HMI, dan kendali *remote HMI*.

Desain rancangan alat Model 3D tampak dari luar. Pada desain alat ini bahwa alat yang akan dirancang memiliki beberapa komponen seperti HMI, *toggle switch*, *push button*, dan *foot switch* yang berfungsi sebagai sistem komunikasi dari alat, sedangkan komponen yang berada di dalam alat yaitu motor 1-fasa, *gearbox*, sensor, *box panel* (PLC, MCB, *relay*, dan lain - lain) sebagai pengendali dan penggerak alat seperti pada Gambar 7.



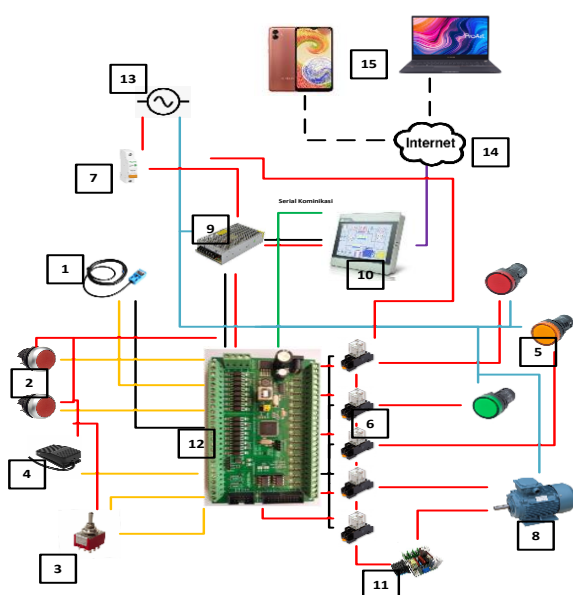
Gambar 7. Model 3D Alat

Adapun gambar dari desain rancangan *software* HMI dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Desain Tampilan Monitoring dan Sistem Control Pada HMI

Gambar topologi rancangan alat baik *hardware* maupun *software* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Topologi Perancangan Alat Keseluruhan (Hardware dan Software)

Dari gambar topologi perancangan alat keseluruhan baik *hardware* dan *software*. Dapat dijelaskan beberapa komponen dan fungsinya yaitu Sensor SN04-N sebagai pembaca jumlah lilitan kawat tembaga (Dermawan Tamboenan et al., 2024), *Push Button* berfungsi sebagai pemicu untuk menghidupkan dan mematikan alat, serta memicu beberapa *output* dari PLC, *Toggle Switch* sebagai pemicu untuk menggerakkan putaran motor dari searah jarum jam menjadi berlawanan arah jarum jam, *Foot Switch* berfungsi untuk menghentikan putaran motor, *Pilot Lamp* sebagai indikator pada alat, *Relay* yang digunakan tersebut difungsikan sebagai pemutus tegangan yang mengalir pada outputnya, Motor Induksi 1-Fasa sebagai penggerak untuk menggulung lilitan kawat tembaga, HMI yang digunakan berfungsi untuk memonitoring dan mengontrol alat, dan PLC *Outseal Mega V.3* difungsikan sebagai pemrosesan data (Al barqah et al., 2023).

Pada alat dilakukan pengujian dan verifikasi apakah alat memenuhi standar. Pada tahap pengujian untuk melihat apakah sistem alat bereaksi saat seluruh komponen saling terhubung. Pada tahap pengujian ini penulis mencoba sistem yang telah dibuat, agar alat yang telah dirancang ini sesuai dengan yang di harapkan, pengujian alat dilakukan agar memastikan bahwa alat tersebut dapat berfungsi dan berkerja dengan semestinya (Monika, 2021).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode sistem monitoring dan kontrol yang digunakan pada penggulangan lilitan kawat rotor generator menggunakan dua (2) sistem kendali, yaitu kendali lokal, kendali HMI, dan kendali Remote HMI. Berikut dapat dijelaskan dari dua (2) sistem kendali masing-masing diatas.

Kendali Lokal

Sistem kendali lokal merupakan sistem kendali yang dikontrol oleh pengguna berhadapan langsung dengan alat, dikarenakan penggunaan sistem kendali lokal harus menggunakan *switch* tekan dibagian kaki untuk menggerakkan motor penggerak, sehingga pengguna alat penggulang kawat tidak dapat meninggalkan pekerjaan pada saat mengerjakan suatu unit yang akan digulung, hasil *counter* jumlah lilitan akan ditampilkan di modul tambahan yaitu modul SCN-PS41A. Kendali lokal pada PLC (*Programmable Logic Controller*) mengacu pada pengendalian sistem otomatis yang dilakukan secara langsung melalui perangkat PLC di tempat, tanpa melibatkan kontrol dari lokasi yang jauh (*remote control*). Dalam sistem kendali lokal, operator atau teknisi dapat memantau dan mengontrol proses industri secara langsung melalui antarmuka seperti panel operator atau HMI (*Human-Machine*

Interface) yang terhubung dengan PLC. Kendali lokal ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Kendali Lokal

Kendali HMI

Sistem kendali HMI merupakan sistem kendali yang dikontrol oleh pengguna langsung melalui perangkat HMI, pada sistem kendali ini pengguna alat tidak harus menggunakan *switch* tekan dibagian kaki untuk menggerakkan motor penggerak dikarenakan penggunaan dapat menekan tombol *hold* pada kendali HMI, sehingga pengguna alat penggung kawat dapat meninggalkan pekerjaan pada saat mengerjakan suatu unit yang akan digulung.

HMI akan terhubung langsung dengan PLC Outseal untuk melakukan komunikasi menggunakan perantara *modbus* RS485, *counter* jumlah lilitan akan ditampilkan di layer HMI dan hasil *counter* yang ditampilkan akan sesuai dengan hasil *counter* yang ada pada kendali lokal dan *remote* HMI. Kendali HMI ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Kendali HMI

Pengujian Sistem Kendali

Pada tahap pengujian ini adalah melakukan pengujian sistem kendali yang digunakan baik kendali lokal, kendali HMI, dan kendali *remote* HMI untuk mengetahui apabila terjadi suatu kegagalan pada salah satu sistem kendali, maka akan ada sistem kendali yang dapat digunakan (*backup*). Pengujian sistem kendali ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian sistem kendali

No	Sistem Kendali	
	Lokal	HMI
1	Enable	Enable
2	Enable	Enable
3	Enable	Disable
4	Enable	Disable
5	Disable	Enable
6	Disable	Enable
7	Disable	Disable

$$\text{Efisiensi}(\%) = ((\text{Waktu manual} - \text{Waktu otomatis}) / \text{Waktu manual}) \times 100$$

$$\text{Efisiensi}(\%) = ((7 \text{ hari} - 3 \text{ hari}) / 7 \text{ hari}) \times 100$$

$$\text{Efisiensi}(\%) = (4 \text{ hari} / 7 \text{ hari}) \times 100$$

$$\text{Efisiensi}(\%) = 0.5714 \times 100$$

$$\text{Efisiensi}(\%) = 57.14\%$$

Hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa sistem kendali yang dimiliki dapat saling melakukan *backup* apabila terjadi suatu masalah pada salah satu sistem kendali. Tampilan sistem kendali ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Tampilan Sistem Kendali.

Akurasi Sistem Monitoring dan Kontrol

Pada tahap pengujian ini adalah melakukan pengujian sistem *monitoring* dan kontrol HMI Haiwell dan PLC Outseal dengan komunikasi *Modbus* RS485. *Delay* komunikasi *Modbus* RS485 antara HMI Haiwell dan PLC Outseal dapat bervariasi tergantung pada beberapa faktor, seperti kecepatan *baudrate* yang digunakan, jarak fisik antara perangkat, kualitas kabel dan instalasi, serta beban lalu lintas jaringan, kecepatan *baudrate* yang digunakan antara HMI Haiwell dengan PLC Outseal berkisar 57600 *baudrate* dan panjang kabel

Error:

Delay Error Kontrol HMI

$$(a-b)/b \times 100\% = (0.12 - 0.1) / 0.12 \times 100 = 16.66\%$$

Delay Error Kontrol Remote

$$(a-b)/b \times 100\% = (0.25 - 0.12) / 0.25 \times 100 = 52\%$$

penghubung menggunakan kabel AWG 24 dengan panjang 120cm. Pengujian sistem *monitoring* dan kontrol HMI *Haiwell* dan PLC *Outseal* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Sistem Monitoring dan Kontrol HMI *Haiwell* dan PLC *Outseal*

No	PLC <i>Outseal</i>	Delay Kontrol Lokal	Delay Kontrol HMI
1	<i>CW Motor</i>	0.12 s	0.15 s
2	<i>CCW Motor</i>	0.14 s	0.20 s
3	<i>Hold</i>	0.10 s	0.23 s
4	<i>Motor Stop</i>	0.14 s	0.18 s
5	<i>Reset</i>	0.10 s	0.12 s
	Rata-rata	0.12 s	0.176 s

Efisiensi Waktu Penggulangan Kawat

Pada tahap pengujian ini adalah melakukan perbandingan antara proses penggulangan kawat secara manual dengan bantuan tangan manusia dan menggunakan alat penggulangan kawat yang telah dirancang dengan sistem *counter*. Hasil pengujian efisiensi waktu penggulangan kawat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel Hasil Pengujian Efisiensi Waktu Penggulangan Kawat

No	Jenis Rotor	Metode Penggulangan Kawat			
		Manual	Waktu	Alat	Waktu
1.	<i>Rotor Mesin Las</i>	2.440 lilitan	7 Hari	2.440 lilitan	3 Hari

Efisiensi waktu dari penggulangan kawat menggunakan alat yang telah dirancang berkisar 3 hari dan sistem manual yang berkisar 7 hari adalah sekitar 57.14%. Artinya penggulangan kawat dengan alat yang telah dirancang memerlukan hanya sekitar 57.14% dari waktu yang dibutuhkan dalam penggulangan kawat dengan sistem manual untuk menyelesaikan tugas yang sama. Dengan demikian, penggulangan kawat dengan sistem otomatis lebih efisien dalam hal waktu dibandingkan dengan sistem manual. Penggulangan kawat menggunakan alat penggulangan yang telah dirancang ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Alat Penggulangan Kawat

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan dan pengujian pada sistem penggulangan lilitan kawat untuk menggulangan lilitan kawat *rotor generator* dengan menggunakan PLC dan HMI yang dipergunakan untuk memudahkan pekerjaan penggulangan lilitan *rotor generator*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dalam pengujian, alat penggulangan dapat bekerja sesuai yang telah di rancang, sistem *monitoring* dari HMI sesuai dengan keluaran dari sistem lokal, *delay* yang dimiliki oleh HMI dikarenakan panjang kabel penghubung menuju ke *modbus RS485* sehingga mempengaruhi komunikasi antara PLC dengan HMI dengan menggunakan HMI sebagai sistem kontrol akan memberikan keuntungan bagi pengguna, saat terjadi kesalahan atau kegagalan pada salah satu sistem kendali, maka sistem kendali lainnya akan melakukan *backup* sehingga alat dapat digunakan kembali.
2. Dari segi efisiensi sangat terlihat penggulangan kawat dengan alat yang telah dirancang cukup 3 hari sedangkan manual selama 7 hari untuk menyelesaikan tugas yang sama atau dengan selisih sekitar 57.14%

Saran

Menambahkan sistem kontrol jarak jauh berbasis *Internet of Things*, adanya pengaman pada alat untuk menghindari terjadinya kecelakaan kerja pada saat menggunakan kendali lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahyar, M., & Irdam. (2019). Perancangan Mesin Penggulangan Kumparan Motor Listrik Sistem Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Keteknikan dan Sains (JUTEKS)-LPPM UNHAS*, 2(1), 8-13.
- Al barqah, F., Topan, P. A., & Aulia, M. (2023). Rancang Simulasi Automatic Transfer Switch (ATS) genset berbasis outseal plc. *Journal Altron; Journal of Electronics, Science & Energy Systems*, 2(01), 61–68. <https://doi.org/10.51401/altron.v2i01.1794>
- Dermawan Tamboenan, F., Mokhammad Syafaat, Ade Setiawan, Dekki Widiatmoko, & Rafi Maulana Al-farizi. (2024). Implementation of the SN04 roko metal sensor on a 5.56 mm caliber portable magazine feeder. *TEKNOSAINS: Jurnal Sains, Teknologi Dan Informatika*, 11(2), 306–311. <https://doi.org/10.37373/tekno.v11i2.1073>.
- Gemilang, B., Nurpulaela, L., & Saragih, Y. (2020). Implementasi outseal plc Pada automatic duck egg washing machine. *MULTINETICS*, 6(2), 117–127. doi:10.32722/multinetics.v6i2.3054
- Hidayah, A., & Irawan, D. (2024). Implementasi

- fuzzy logic pada kontrol solar tracker dual axis berbasis haiwel clouds scada. *Techno.Com*, 23(2), 400–410. doi:10.62411/tc.v23i2.10356
- Hidayah, F., & Gusnita, N. (2023). Analisis Jumlah Lilitan Dan Variasi material Inti Besi stator rotor terhadap Efisiensi permanent magnet synchronous generator 24 slot 16 Pole fluks radial. *JURNAL AL-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, 8(3), 234. <https://doi.org/10.36722/sst.v8i3.1925>
- Ihsan, I., & Wahyu Aditya, A. (2023). Penerapan internet of things (IOT) Sebagai Sistem Monitoring Dan Controller Pada Kematangan kerupuk bandung. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 22(2), 113–119. <https://doi.org/10.23917/emitor.v22i2.22017>
- Janwardi, T.I. (2019). Rancang Alat Rewinding Motor Listrik dengan Kendali PLC. *Jurnal Elektronika Listrik dan Teknologi Informasi Terapan*, 1(2), 1-7. <https://doi.org/10.37338/elti.v1i2.176>
- Kurniati, S. (2022). Pengaruh Variasi penambahan lapisan magnet Dan Jarak celah Udara Rotor Terhadap kinerja motor DC magnet permanen. *Elektrika Borneo*, 8(1). doi:10.35334/jeb.v8i1.2363
- Lucky Fernando Soleman, B., Heru Pratomo, L., & Wibisono, A. (2022). Implementasi plc outseal Untuk Mengendalikan tegangan Keluaran AC-AC konverter. *Seminar Nasional Teknik Elektro, Informatika Dan Sistem Informasi*, 1(1). doi:10.35842/sintaks.v1i1.20
- Monika, D. (2021b). Miniature penentuan Kediaan Parkir otomatis 3 Lantai Berbasis plc Dan Hmi. *ELECTRICES*, 3(1), 21–27. <https://doi.org/10.32722/ees.v3i1.3919>
- Repi, V. V., Priyatna, D. S., & Asmawi, A. (2023). DESAIN Sistem human machine interface – programmable logic control pada otomasi mini plant PENGENDALI Suhu Dan Level. *Instrumentasi*, 47(1), 69. doi:10.31153/instrumentasi.v47i1.322
- Sadiq, F. H., & Amri, H. (2021). Sistem Otomasi Pada Automatic Motor Coil Winding Machine Berbasis Human Machine Interface. *Jurnal INOVTEK Seri ELEktro*, 3(3), 89-98. <https://doi.org/10.35314/ise.v3i3.2117>
- Setyawan, O., & Rahayu, E. S. (2020). Perangkat monitoring Dan Kontrol Fasilitas Utility Menggunakan Outseal plc & smartphone. *Jurnal Teknologi*, 8(1), 46–56. doi:10.31479/jtek.v1i8.58
- Syahwil, M. (2020). Modifikasi Alat penggulung Dinamo sistem manual menjadi Otomatis Berbasis Arduino. *Indonesian Journal of Laboratory*, 3(1), 46. <https://doi.org/10.22146/ijl.v3i1.61545>