

Modifikasi Mesin *Rewinding* Kain *Liner* Berbasis PLC dengan Metode QCC dan Uji T di *Plant ABC*

M. Ridwan Arif Cahyono¹⁾

Program Studi Teknologi Informasi, Politeknik Gajah Tunggal

ridwan@poltek-gt.ac.id

Suharyanti²⁾

Teknologi Informasi, Politeknik Gajah Tunggal

suharyanti@poltek-gt.ac.id

Muhamad Rizqi Saputra³⁾

Prodi Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal

Mrizkisaputra121@gmail.com

ABSTRAK

Produksi *tire* di *Plant ABC* meningkat dari 2100 *tires* per hari pada tahun 2023 menjadi 2500 *tires* pada tahun 2024 dan diproyeksikan mencapai 2700 *tires* pada tahun 2025. Namun, muncul masalah terkait ketersediaan kain *liner* 700 mm dan proses *rewinding* pada mesin RW1. Tantangan ini memerlukan solusi efektif untuk menjaga kelangsungan produksi. Modifikasi mesin *rewinding* dengan menggunakan metode FEA dan sistem kontrol berbasis PLC menjadi solusi yang diterapkan. Sementara itu, pada penelitian ini evaluasi menggunakan metode *Quality Control Circle* (QCC) dan uji T berpasangan untuk memastikan efektivitas modifikasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis hasil modifikasi mesin *rewinding* yang menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) dan sistem kontrol berbasis PLC memberikan solusi untuk meningkatkan efisiensi dan kapasitas produksi di *Plant ABC*. Modifikasi sistem kontrol dan *display* mesin *rewinding* kain *liner* berbasis PLC dan *interface* berupa HMI telah berhasil dilakukan dengan hasil sebagai berikut: Membuat panel kontrol, Menggunakan HMI yang dapat mengontrol dan men-*display* tampilan ukuran panjang kain *liner* dan kapasitas per *shift* serta mengunci akses reset kapasitas, Menggunakan *voltmeter* digital untuk mengetahui tegangan dari *potensiometer*. Modifikasi yang dilakukan semuanya teruji dan berfungsi dengan baik. **Kata Kunci** : *Liner, Kapasitas, Display, Rewinding*

ABSTRAK

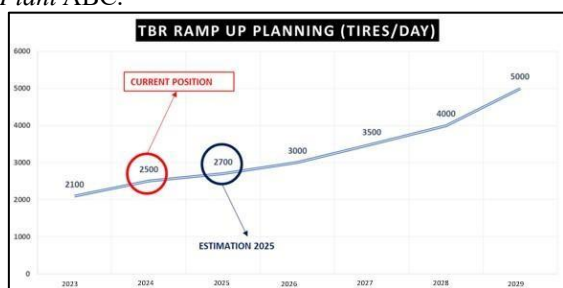
The production of tires at ABC Plant increased from 2100 tires per day in 2023 to 2500 tires in 2024 and is projected to reach 2700 tires in 2025. However, there are issues related to the availability of 700 mm liner fabric and the rewinding process on the RW1 machine. These challenges require an effective solution to maintain production continuity. Modifying the rewinding machine using Finite Element Analysis (FEA) and PLC-based control systems is the solution being implemented. Meanwhile, this study evaluates using the Quality Control Circle (QCC) method and paired T-test to ensure the effectiveness of the modifications. This research aims to analyze the results of modifying the rewinding machine using Finite Element Analysis (FEA) and PLCbased control systems to enhance production efficiency and capacity at the TBR Plant. Modifications to the control system and display of the liner fabric rewinding machine based on PLC and an HMI interface have been successfully completed with the following outcomes: Creating a control panel, using an HMI that can control and display the length size of the liner fabric and shift capacity, and locking reset access to capacity, Using a digital voltmeter to monitor the voltage from the potentiometer. All modifications performed have been tested and function well.

Keywords: *Liner, Capacity, Display, Rewinding*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

PT. XYZ adalah perusahaan yang beroperasi di industri manufaktur sebagai produsen ban terpadu terbesar di Asia Tenggara. Perusahaan ini memproduksi berbagai jenis ban, termasuk ban bias, ban sepeda motor, ban radial untuk mobil penumpang, dan ban radial untuk truk dan bus. Salah satu pabriknya, *Plant ABC*, memproduksi ban radial untuk truk dan bus, dengan salah satu bahan utama berupa kawat baja. Proses produksi di *Plant ABC* melalui tahap bagian material, bagian *building*, dan bagian *curing*. Pada tahun 2023, produksi harian di *Plant ABC* mencapai 2100 ban, meningkat pada tahun 2024 yang mencapai 2500 ban dan diproyeksikan mencapai 2700 ban pada tahun 2024. Berikut ini adalah gambar perencanaan kapasitas produksi ban di *Plant ABC*.



Gambar 1. *Planning* Kapasitas Produksi Ban di *Plant ABC*

Berdasarkan data produksi tersebut, permintaan pasar untuk ban radial truk dan bus diperkirakan akan meningkat secara bertahap dimulai pada tahun 2023 dengan jumlah 2100 ban per hari hingga diproyeksikan mencapai 2700 ban per hari pada tahun 2025. Namun, menurut hasil perhitungan *Industrial Engineering* (IE) untuk perencanaan produksi pada 2700 ban per hari, terdapat masalah kapasitas pada mesin SL1 (mesin *slitting slicer*). Keterbatasan dari ketersediaan kain *liner* dengan lebar 700 mm yang hanya tersedia 40 roll kain *liner* dan berasal dari potongan kain *liner* bekas.

Selain itu, muncul masalah baru yang berkaitan dengan mesin *rewinding*. Mesin RW1 tidak bisa digunakan untuk *rewinding* kain dengan lebar 700 mm karena spesifikasinya hanya mendukung kain *liner* dengan lebar 600 mm. Oleh karena itu, saat ini proses *rewinding* kain *liner* 700 mm dilakukan pada mesin SL1, yang seharusnya digunakan untuk produksi *wrapping slitter*, serta *rewinding* kain dengan lebar 1100 mm dan 1500 mm. Hal ini bisa mengganggu proses utama di mesin SL1.

Berikut adalah hasil perhitungan kapasitas mesin SL1 yang disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kapasitas Mesin SL1 pada Produksi 2500 *Tires/Day*

		Mesin RSC-SL1			
		<i>Wrapping Slitter</i>	<i>Rewinding Liner 1500</i>	<i>Rewinding Liner 1100</i>	<i>Rewinding Liner 700</i>
Kebutuhan	<i>Production (Tires/Day)</i>	2500			
	<i>Requirement (Roll/Day)</i>	24	33	12	20
Hasil Perhitungan	<i>Available Production (Roll/Day)</i>	24	33	12	2
	<i>Kekurangan (Roll/Day)</i>	0	0	0	18

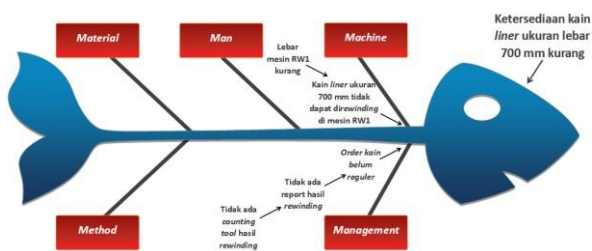
Pada Tabel 1, jumlah output seperti *wrapping slitter*, *rewinding liner* 1500 mm, 1100 mm, dan *rewinding liner* 700 mm yang dihasilkan oleh mesin SL1 dengan angka produksi 2500 ban per hari tidak dapat terpenuhi secara optimal. Karena *rewinding liner* 700 mm hanya mampu mencapai nilai produksi tersedia sebesar 2 roll per hari. Hal ini terjadi karena mesin SL1 digunakan sebagai alternatif untuk proses *rewinding liner* 700 mm. Jika produksi ban pada akhir tahun 2024 atau awal tahun 2025 mencapai 2700 ban per hari, akan lebih berdampak pada terganggunya proses utama di mesin SL1.

Berikut ini disajikan Tabel 2 tentang penggunaan kain *liner* pada mesin produksi. Tabel 2. Penggunaan Kain *Liner*

No.	Size Kain <i>Liner</i> (mm)	Output Material
1	400	<i>Belt</i>
2	500 dan 600	<i>Belt, Double Chafer</i>
3	700	<i>Mother Roll Nylon</i>
4	1100	<i>Body Ply</i>
5	1500	<i>Steel Treatment</i>

Pada Tabel 2, terdapat 5 jenis mesin berdasarkan output material yang menggunakan kain *liner* dengan berbagai ukuran. Kain *liner* 400 untuk *belt*, kain *liner* 500 dan 600 mm untuk *belt* dan *double chafer*, kain *liner* 700 mm untuk *mother roll nylon*. Kain *liner* 1100 mm untuk *body ply*. Sementara itu, kain *liner* 1500 mm untuk *steel treatment*.

Oleh karena itu, permasalahan ini dapat diilustrasikan dalam diagram *fishbone* pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram *Fishbone*

Pada Gambar 2, masalah dipetakan secara terstruktur menggunakan diagram *fishbone*. Beberapa variabel dalam diagram ini adalah *machine*, *man*, *management*, *material*, dan *method*. Ditemukan masalah pada 2 variabel yaitu variabel *machine* dan *management*. Pada variabel *machine* yaitu lebar mesin RW1 yang kurang sehingga kain *liner* ukuran lebar 700 mm tidak dapat direwinding di Mesin RW1. Sedangkan pada variabel *management* yaitu proses *order* kain *liner* belum reguler yang disebabkan karena tidak ada *report* hasil *rewinding*.

Hal ini disebabkan karena tidak adanya *counting tool* hasil *rewinding roll/shift*. Permasalahan ini juga menyebabkan operator kesulitan dalam mengetahui dan merekap data. Dari analisis sebab dan akibat ini masalah yang dapat diselesaikan dengan baik dan hasil optimal adalah pada variabel *machine* dan *management*. Solusi untuk masalah pada mesin telah diidentifikasi. Ada beberapa pilihan solusi yang dapat dilakukan, yaitu:

- Meningkatkan kapasitas dengan menaikkan *speed* motor di SL1
- Memesan mesin baru
- Memodifikasi mesin RW1

Dari tiga opsi solusi untuk meningkatkan kapasitas mesin, hanya modifikasi mesin RW1 yang dapat direalisasikan. Modifikasi ini lebih murah, tidak memerlukan tambahan tenaga kerja, tidak membutuhkan layout mesin baru, dan tidak menambah kebutuhan energi, sehingga diharapkan dapat menunjang penyediaan kain *liner* secara optimal.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah memodifikasi sistem kontrol dan display mesin *rewinding* kain *liner* berbasis PLC dengan bantuan *interface* berupa HMI.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang, permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut: proses *rewinding liner* 700 mm tidak bisa dilakukan di mesin RW1, dan proses produksi *wrapping tape*, suplai kain *liner* 1100 mm, serta suplai kain *liner* 1500 mm terganggu ketika *liner* 700 mm berjalan di mesin SL1.

D. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, pertanyaan penelitian yang timbul adalah sebagai berikut:

- Bagaimana cara untuk memodifikasi mesin RW1 agar dapat me-*rewinding liner* dengan lebar 700 mm?
- Bagaimana cara untuk memodifikasi sistem kontrol dan tampilan pada mesin RW1?
- Bagaimana cara menganalisis kapasitas mesin setelah dimodifikasi?

E. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Penelitian hanya dilakukan pada mesin RW1
- Dalam menghitung material kerangka menggunakan pembebanan *static* pada metode FEA
- Menggunakan PLC *Mitsubishi* tipe FX3U
- Analisis yang digunakan menggunakan metode QCC dan uji T

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- Memenuhi target kebutuhan produksi *wrapping tape*, *supply* kain *liner* 1500 mm, 1100 mm, dan 700 mm
- Menampilkan data aktual panajg kain *liner* dan kapsitas per *shift* di mesin *rewinding*

II. METODE PENELITIAN

A. Kajian Pustaka

Bagian ini memaparkan penelitian pendahulu (dengan tema yang sejenisnya) yang telah dilakukan peneliti lain sebelumnya

Tabel 3. Kajian Sebelumnya

Penulis, tahun	Judul	Hasil
Wahyu etc, 2022	Implementasi <i>length counter</i> system pada mesin <i>bias cutting</i> berbasis plc <i>mitsubishi</i> di pt. Bopabo	Dengan menggunakan PLC <i>Mitsubishi</i> , sistem dapat memonitor dan mencatat panjang material yang diproses secara <i>real-time</i> , sehingga memudahkan pengendalian produksi dan mengurangi kesalahan manual.

B. Landasan Teori

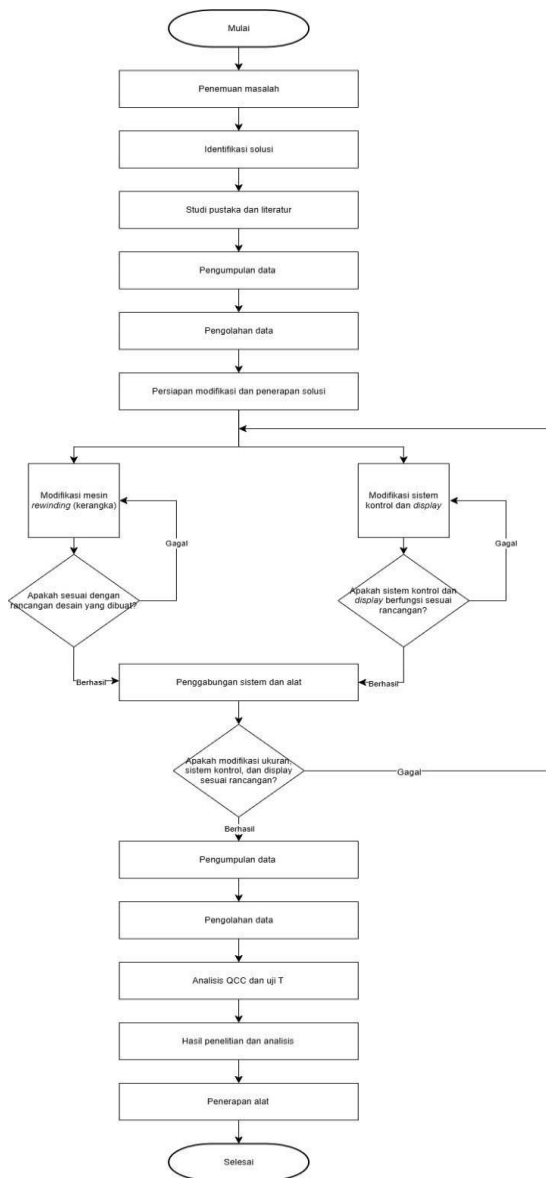
Modifikasi mesin adalah proses mengubah komponen atau fitur mesin untuk meningkatkan kinerja atau efisiensi operasionalnya. Ini dapat mencakup penggantian atau penambahan bagian, perubahan desain, atau pengembangan teknologi untuk mencapai hasil yang diinginkan [1]. Human Machine Interface (HMI) hanya memiliki fitur dasar yang diperlukan untuk mengoperasikan sistem atau mesin dengan baik, seperti kontrol dasar dan informasi yang cukup untuk memonitor kondisi sistem [6]. Sistem pengawasan, pengolahan data, dan pengendalian mesin yang dapat diprogram ulang dapat digunakan dalam industri. Beberapa sistem kontrol yang umum digunakan dalam industri termasuk Programmable Logic Controller (PLC) [4]. Program perintah dalam bentuk Sequential Function Chart (SFC) dan ladder pada PLC Mitsubishi dibuat menggunakan software GX Works. Perintah dasar dalam pemrograman dalam bentuk ladder diagram menggunakan beberapa standar. Sementara simbol (X) menunjukkan input, simbol (Y) menunjukkan output simbol. Selain itu, simbol untuk counter (C) dan timer (T) tersedia [2]. Sensor adalah perangkat yang dapat mendeteksi perubahan keadaan pada suatu benda. Selain itu, sensor juga bertugas sebagai alat konversi menjadi besaran analog agar dapat diproses oleh sistem PLC atau mikrokontroler untuk memberikan perintah ke komponen output [7]. Suatu sistem komponen elektrik yang dikenal sebagai PLC memiliki kemampuan untuk mengoperasikan secara sistematis sesuai dengan program yang telah

dirancang dan juga dapat menyimpan program tersebut dalam memori internal untuk memuat perintah yang diberikan [3]. Daya motor listrik adalah ukuran energi listrik yang diubah menjadi energi mekanik oleh motor dalam satuan waktu, biasanya diukur dalam watt (W), kilowatt (kW), atau horsepower (HP). Daya ini dapat dihitung dengan rumus $P = T \times \omega$, di mana P adalah daya, T adalah torsi, dan ω adalah kecepatan sudut. Efisiensi motor adalah rasio antara daya keluaran dan daya masukan, mengindikasikan seberapa baik motor mengubah energi listrik menjadi energi mekanik [5].

III. METODE PENELITIAN

A. Alur Penelitian

Berikut merupakan alur penelitian yang dilakukan



Gambar 3. Alur Penelitian

B. Detail Alur Penelitian

1. Penemuan Masalah

Ditemukan masalah dalam proses rewinding kain liner pada mesin SL1 yang digunakan untuk produksi nylon chaffer dan kain liner lebar 1500, 1100, serta 700 mm. Mesin ini tidak efektif saat mencapai target produksi ban sebesar 2500 ban/hari. Setelah observasi, peneliti menyimpulkan bahwa modifikasi pada mesin RW1 diperlukan untuk menangani rewinding kain liner lebar 700 mm tanpa mengganggu proses produksi lainnya di mesin SL1.

2. Identifikasi Solusi

Peneliti menemukan solusi dengan berdiskusi dengan mentor dan menggunakan diagram fishbone untuk mencari akar permasalahan. Tujuannya adalah meminimalisir permasalahan dan mencapai target produksi ban sebanyak 2500 tires/hari.

3. Studi Pustaka dan Literatur

Dalam studi pustaka, penulis mempelajari penelitian sebelumnya yang memiliki sistem serupa untuk memberikan pedoman dan dasar teori yang kuat bagi penelitian ini.

4. Modifikasi Sistem Kontrol dan Display

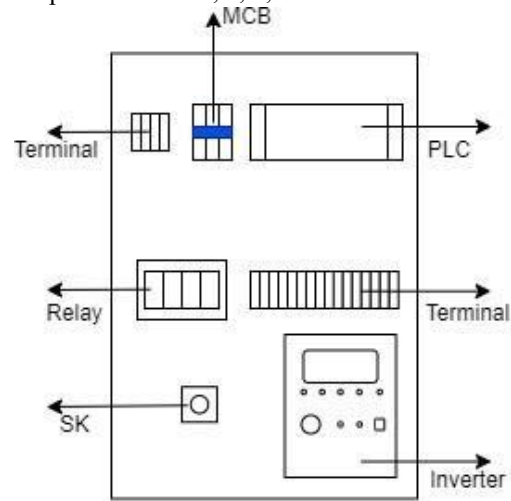
Modifikasi sistem kontrol dan display merupakan bagian dari penelitian ini, dimana fokus utamanya adalah pada pengembangan sistem yang mampu menampilkan data panjang kain per roll dan menghitung kapasitas mesin rewinding per hari. Bisa dilihat di Gambar 4 yang merupakan diagram kontrol yang akan dibuat. Langkah pertama adalah mengukur panjang kain per roll secara otomatis dengan menggunakan sensor (proximity) yang ditempatkan pada titik kunci dalam mesin rewinding. Data yang terkumpul akan diproses oleh unit kontrol utama (PLC) dengan algoritma khusus untuk menghitung panjang kain yang dihasilkan pada setiap roll.



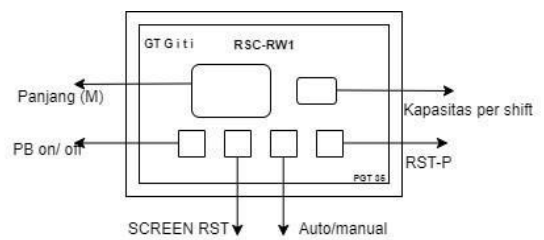
Gambar 4. Diagram Kontrol

Selanjutnya, sistem akan dirancang untuk memantau dan menghitung kapasitas mesin rewinding per hari dengan mengintegrasikan sensor yang memonitor operasi mesin. Salah satu aspek penting dari modifikasi ini adalah integrasi dengan *Human Machine Interface* (HMI) yang akan menjadi antarmuka utama antara operator dan sistem kontrol. HMI akan memungkinkan operator untuk memantau dan mengontrol operasi mesin, serta melihat data yang relevan seperti panjang kain per *roll* dan jumlah

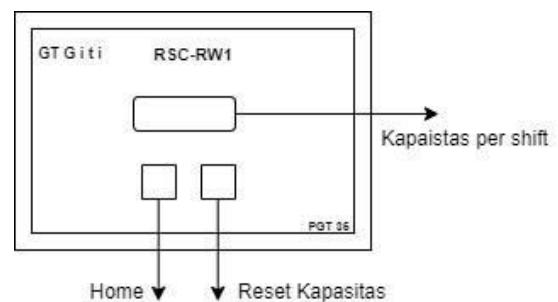
roll per *shift* yang diproduksi. Skema panel kelistrikan, skema HMI dan skema panel kontrol bisa dilihat pada Gambar 5, 6, 7, dan 8.



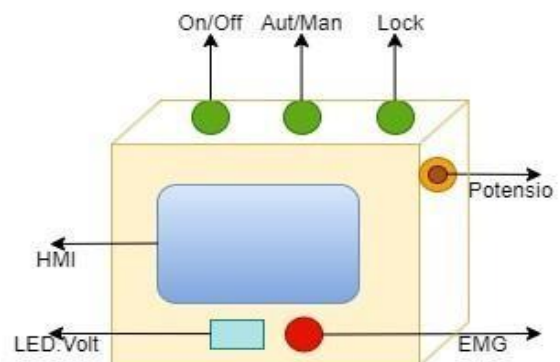
Gambar 5. Skema Panel Kelistrikan



Gambar 6. Layout Design HMI Screen 1



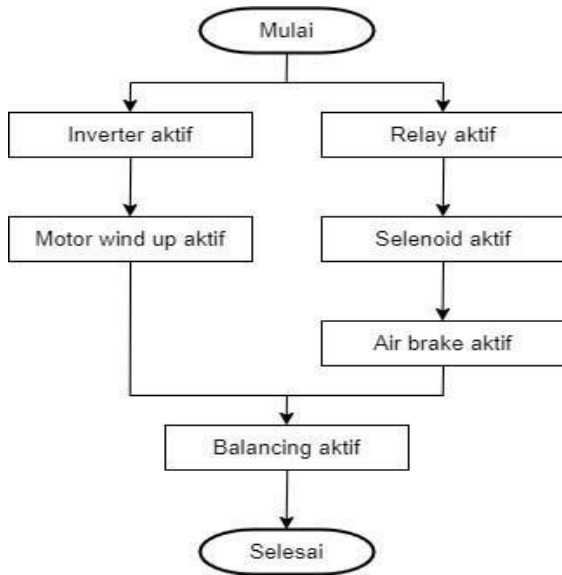
Gambar 7. Layout Design HMI Screen 2



Gambar 8. Layout Panel Kontrol

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

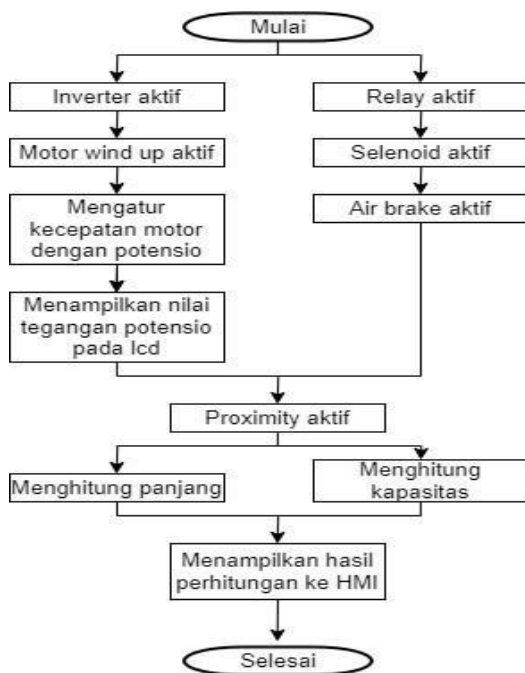
A. Flowchart Sistem Sebelum Modifikasi



Gambar 9. Flowchart Sistem Before Modifikasi

Gambar 9 menunjukkan *flowchart* kerja sistem kontrol mesin *rewinding* sebelum dimodifikasi. Saat mesin *start*, *inverter* dan *relay* langsung aktif. *Inverter* mengatur putaran motor *wind up*, kecepatan, dan frekuensi. *Relay* mengatur solenoid untuk mengendalikan air *brake* yang menahan putaran *roll lett off*. Sensor *balancing* aktif saat material terdeteksi oleh sensor *balancing* dan *photocel*.

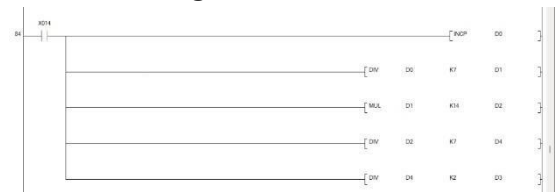
B. Flowchart Sistem Setelah Modifikasi



Gambar 10. Flowchart Sistem After Modifikasi

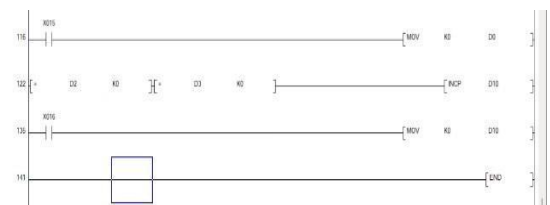
Gambar 10 menunjukkan *flowchart* kerja sistem kontrol mesin *rewinding* setelah dimodifikasi. Saat mesin *start*, *inverter* dan *relay* aktif. *Inverter* mengatur putaran motor *wind up* dengan kecepatan dan frekuensi, serta dapat diatur manual melalui potensio yang menampilkan nilai tegangan pada LCD. *Relay* mengendalikan solenoid untuk air *brake* yang menahan putaran *roll lett off*. Sensor *balancing* dan sensor *photocel* aktif mendeteksi material. Sensor *proximity* menghitung putaran *roll* saat material liner melewati *roll* besi, digunakan juga untuk mengukur panjang kain *liner* dan kapasitas mesin per hari yang ditampilkan di HMI.

C. Ladder Diagram PLC



Gambar 11. Program Hitung Panjang Kain

Gambar 11 merupakan program untuk menghitung panjang kain *liner*. Program untuk menghitung panjang kain *liner* menggunakan beberapa macam intruksi. X14 merupakan *input* berupa sensor *proximity*. Instruksi INCP pada program digunakan untuk menambahkan nilai yang disimpan dalam sebuah register (penyimpanan data). Ketika X14 aktif intruksi INCP D0 otomatis aktif. INCP D0 berarti bahwa setiap INCP aktif nilai 1 akan ditambahkan terus menerus ke D0. Instruksi DIV D0 K7 D1 berarti bahwa nilai D0 dibagi dengan 7, hasilnya masuk ke D1. Instruksi MUL D1 K14 D2 berarti bahwa nilai D1 dikali dengan 14, hasilnya masuk ke D2. Instruksi DIV D2 K7 D34 berarti bahwa nilai D2 dibagi dengan nilai 7, hasilnya masuk ke D4. DIV D4 K2 D3 berarti bahwa nilai D4 dibagi 2 dengan nilai 2, hasilnya masuk ke D3 (panjang dalam meter).

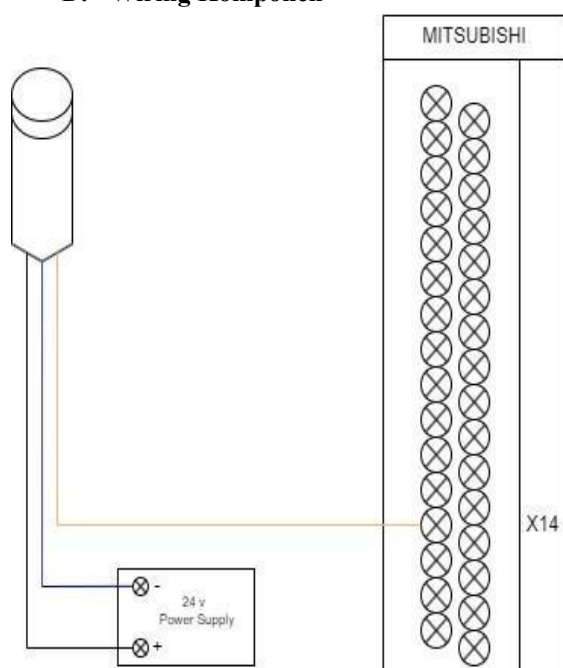


Gambar 12. Program Hitung Kapasitas

Gambar 12 merupakan program untuk menghitung kapasitas *roll* per hari. Program untuk menghitung panjang kain *liner* menggunakan

beberapa macam indtruksi. X15 merupakan input berupa tombol reset yang digunakan untuk mereset panjang kain liner. Instruksi MOV K0 D0 [= D2 K0] [= D3 K0] berarti bahwa nilai dari K0 akan dipindah/diganti menjadi D0 ketika nilai dari D2 sama dengan 0 dan nilai D3 sama dengan 0. Instruksi INCP D5 berarti bahwa nilai 1 akan terus menerus ditambahkan setiap X15 aktif (menghitung kapasitas roll per hari). X16 merupakan input berupa tombol reset yang digunakan untuk mereset perhitungan kapasitas roll per hari. Instruksi MOV K0 D10 berarti bahwa nilai K0 dipindah/diganti menjadi dan masuk ke D10.

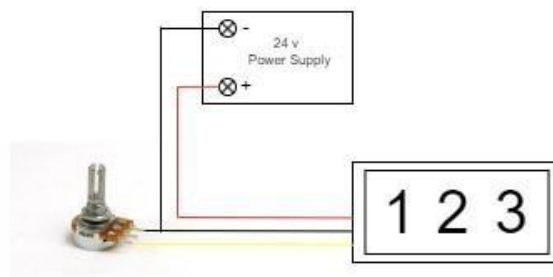
D. Wiring Komponen



Gambar 13. Wiring Sensor Proximity

Pada Gambar 13 menunjukkan wiring dari sensor proximity yang digunakan, Type sensor yang digunakan pada modifikasi adalah proximity induktif E2E-X2F1 yang nanti nya akan mendeteksi besi silinder, pada sensor terdapat 3 buah kabel yang telah terhubung sesuai dengan fungsinya. Kabel berwarna coklat pada sensor proximity 1 terhubung dengan X14. Kabel berwarna biru dan hitam pada sensor terhubung ke powersupply dimana kabel biru terhubung ke negatif 24 dan hitam terhubung pada positif 24 powersupply.

Gambar 14 merupakan wiring digital voltmeter yang digunakan untuk menampilkan nilai tegangan dari potensio. Dengan nilai tegangan yang ter display dapat memudahkan operator untuk menentukan kecepatan motor.

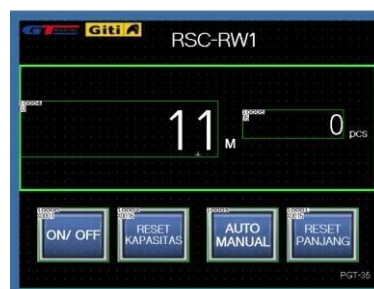


Gambar 14. Wiring Voltmeter Digital

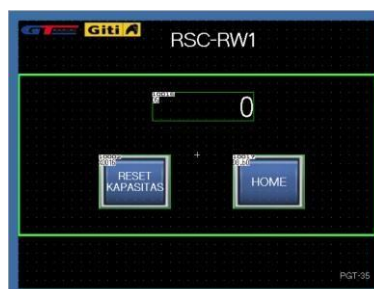
Pada Gambar 87 menggunakan voltmeter digital 12 volt. Voltmeter digital ini mempunyai 3 kabel berwarna kuning, hitam, dan merah. Kabel kuning terhubung dengan gate pada potensio. Kabel berwarna hitam terhubung dengan negatif dari power supply dan negatif dari potensio. Kabel berwarna merah terhubung ke positif dari sumber power supply.

E. Display HMI

Gambar 15-19 menunjukkan HMI dengan tampilan panjang kain liner, kapasitas roll per shift, dan sistem kontrol seperti ON/OFF, reset, dan auto/manual.



Gambar 15. HMI Software Screen 1



Gambar 16. HMI Software Screen 2



Gambar 17. HMI Screen 1



Gambar 18. HMI Screen 2



Gambar 19. HMI Screen Key

F. Panel Sistem Kontrol

Panel tersebut terdapat komponen HMI yang digunakan sebagai kontrol dan *display*, tombol *ON*, selektor untuk auto dan manual, selektor sebagai pengunci, tombol *emergency*, dan LED *voltmeter* sebagai pengukur tegangan. Hasilnya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 20. Panel Before



Gambar 21. Panel After

G. Perhitungan Daya Motor Listrik

1. Data Nameplate Motor Berikut merupakan spesifikasi motor yang digunakan.

Tabel 4. Nameplate Motor

TYPE	AE V F	FRAME	90 L	
POLES	4	OUTPUT	2 HP 1.5 KW	
VOLT	220/380 V	HZ	50	INS F
AMP	6.6/3.8 A	RATING	CONT	IP 55
RPM	1400 r/min	DESIGN	CNS.2954 C4088	
DATE	2022	BEARING	6205/6204	
WEIGHT	25 KG	SER.NO.	0D622040100107055	

2. Analisa Perhitungan

Untuk menentukan besar daya minimum yang dapat digunakan untuk *me-rewinding*, perlu dihitung terlebih dahulu beban yang akan di gerakkan sebagai berikut:

Pada perhitungan ini beban yang dihitung adalah beban muat dari kain *liner* dan beban *break* penahan di bagian *let off*. Beban dari kain *liner* adalah 3 Kg dan beban *break let off* adalah sebesar 2 Pa. Beban tersebut dikonversi ke dalam *Newton*.

$$W = M \times g$$

$$W = 3 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}$$

$$W = 29,43 \text{ N}$$

Beban *break* adalah sebesar 2 Pa sedangkan 1 Pa sama dengan 1 N, maka 2 Pa adalah sebesar 2 N. Setelah beban keseluruhan didapatkan, dan mengetahui diameter roll yaitu sepanjang 0,19 m.

$$T = W \times r$$

$$T = (29,43 + 2) \times 0,19$$

$$T = 5,97 \text{ Nm}$$

Setelah perhitungan beban didapatkan, maka kecepatan sudut juga harus dihitung sebelum mendapatkan nilai daya minimum.

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{2\pi n}{60} \\ &= \frac{2\pi \times 1400}{60} \\ &= 146,61 \text{ rad/s}\end{aligned}$$

Setelah nilai kecepatan sudut didapat, maka perhitungan daya mekanis dapat dihitung.

$$\begin{aligned}P &= T \times \omega \\ &= 5,97 \times 146,61 \\ &= 875,26 \text{ W}\end{aligned}$$

Setelah tiga perhitungan didapatkan, maka perhitungan efisiensi motor dapat dilakukan.

$$\begin{aligned}P &= \frac{P}{\eta} \\ &= \frac{0,87}{0,9} \\ &= 0,96 \text{ KW}\end{aligned}$$

Jadi daya minimum motor untuk menggulung kain *liner* adalah sebesar 0,96 KW. Dengan spesifikasi motor yang sebesar 1,5 KW itu berarti motor yang digunakan sesuai dengan beban yang dipakai.

H. Pengujian Modifikasi Sistem Kontrol dan display

1. Pengujian Akurasi Panjang Kain *Liner*

Pengujian sistem kontrol mesin *rewinding* kain *liner* berbasis PLC menetapkan toleransi pengukuran panjang kain pada $\pm 3\%$ untuk memastikan akurasi dan kehandalan sistem.

Tabel 5. Pengujian Akurasi Panjang

No	Manual	HMI	Ket
1	150	148	Sesuai
2	150	149	Sesuai
3	150	148	Sesuai
4	150	148	Sesuai
5	330	328	Sesuai
6	330	328	Sesuai
7	330	331	Sesuai
8	330	328	Sesuai
9	330	328	Sesuai
10	200	198	Sesuai
11	200	199	Sesuai
12	200	199	Sesuai
13	250	247	Sesuai

14	250	247	Sesuai
15	280	278	Sesuai
16	280	278	Sesuai
17	100	99	Sesuai
18	100	98	Sesuai
19	185	184	Sesuai
20	185	184	Sesuai



Gambar 22. Pengukuran Manual Pengujian menunjukkan pengukuran panjang kain berfungsi baik dengan toleransi $\pm 3\%$

2. Pengujian Kapasitas Mesin Per Hari

Pengujian sistem kontrol mesin *rewinding* kain *liner* berbasis PLC menetapkan toleransi kapasitas produksi harian pada $\pm 0\%$ dari kapasitas aktual untuk memastikan akurasi data HMI guna evaluasi performa dan pengambilan keputusan operasional.

Tabel 6. Pengujian Akurasi Kapasitas

No	Manual	HMI	Ket
1	30	30	Sesuai
2	28	28	Sesuai
3	28	28	Sesuai
4	27	27	Sesuai
5	33	33	Sesuai
6	30	30	Sesuai
7	30	30	Sesuai
8	36	36	Sesuai
9	31	31	Sesuai
10	20	20	Sesuai

11	25	25	Sesuai
12	25	33	Sesuai
13	33	28	Sesuai
14	29	29	Sesuai
15	35	35	Sesuai
16	35	35	Sesuai
17	32	32	Sesuai
18	40	40	Sesuai
19	29	29	Sesuai
20	30	30	Sesuai

Berdasarkan 20 pengujian, pengukuran kapasitas mesin berfungsi dengan baik dan semuanya sesuai dengan fungsinya.

3. Pengujian Reset Panjang

Dalam pengujian ini, keakuratan harus 100%. Setelah tombol reset panjang ditekan, nilai panjang kain *liner* tereset dan kapasitas *roll* per shift bertambah. Standar ini menjaga keakuratan data di HMI.

Tabel 7. Pengujian Akurasi Reset Panjang

No	Reset	Ket
1	Ke-1	Sesuai
2	Ke-2	Sesuai
3	Ke-3	Sesuai
4	Ke-4	Sesuai
5	Ke-5	Sesuai
6	Ke-6	Sesuai
7	Ke-7	Sesuai
8	Ke-8	Sesuai
9	Ke-9	Sesuai
10	Ke-10	Sesuai
11	Ke-11	Sesuai
12	Ke-12	Sesuai
13	Ke-13	Sesuai
14	Ke-14	Sesuai
15	Ke-15	Sesuai
16	Ke-16	Sesuai
17	Ke-17	Sesuai
18	Ke-18	Sesuai
19	Ke-19	Sesuai

20	Ke-20	Sesuai
----	-------	--------

Berdasarkan 20 pengujian yang dilakukan, reset panjang berfungsi dengan baik dan semuanya sesuai dengan fungsinya.

4. Pengujian Reset Kapasitas

Dalam pengujian ini, keakuratan harus 100%. Ini memastikan bahwa setelah tombol reset kapasitas ditekan, nilai kapasitas roll per hari dan semua nilai yang ditampilkan benar-benar ter-reset. Standar ini diterapkan untuk menjaga keakuratan data di HMI.

Tabel 8. Pengujian Akurasi Reset Kapasitas

No	Reset	Ket
1	Ke-1	Sesuai
2	Ke-2	Sesuai
3	Ke-3	Sesuai
4	Ke-4	Sesuai
5	Ke-5	Sesuai
6	Ke-6	Sesuai
7	Ke-7	Sesuai
8	Ke-8	Sesuai
9	Ke-9	Sesuai
10	Ke-10	Sesuai
11	Ke-11	Sesuai
12	Ke-12	Sesuai
13	Ke-13	Sesuai
14	Ke-14	Sesuai
15	Ke-15	Sesuai
16	Ke-16	Sesuai
17	Ke-17	Sesuai
18	Ke-18	Sesuai
19	Ke-19	Sesuai
20	Ke-20	Sesuai

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa reset kapasitas berfungsi dengan baik. Dari 20 pengujian yang dilakukan semuanya sesuai dengan fungsinya.

V. KESIMPULAN

Modifikasi sistem kontrol dan *display* mesin *rewinding* kain *liner* berbasis PLC dan *interface* berupa HMI telah berhasil dilakukan dengan hasil sebagai berikut: Membuat panel kontrol, Menggunakan HMI yang dapat mengontrol dan *display* tampilan ukuran panjang kain *liner* dan kapasitas per *shift* serta mengunci akses reset kapasitas, Menggunakan

voltmeter digital untuk mengetahui tegangan dari *potensiometer*. Modifikasi yang dilakukan semuanya teruji dan berfungsi dengan baik.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Pratama, B. R. Kusumah, E. H. Nugraha, dan E. Koswara, "Modifikasi mesin pakan ikan buatan berbentuk pellet untuk budidaya ikan nila dengan daya listrik rendah," *Jurnal Tropika Bahari (JTBH)*, vol. 1, no. 1, pp. 44-51, 2021.
- [2] Dafa, M., Rezaputra, D., Ridwan, M., & Cahyono, A. (2021). "Perancangan sistem kontrol otomatis press roll berbasis PLC Mitsubishi type-Q pada building tire machine." *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*, 3(2).
- [3] E. Saputro and P. Harahap, "Perancangan sistem kontrol penstabil tegangan menggunakan PLC M221 pada PLTMH Bintang Asih," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 62-70, 2021.
- [4] Fatori, M. M. F. (2022). "Aplikasi IoT pada sistem kontrol dan monitoring tanaman hidroponik." *Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer*, 2(2), 350356.
- [5] Fauzi, "Analisa Konsumsi Daya Motor Listrik Pada Sepeda Motor Hybrid Dengan Variasi Laju Kecepatan Berbasis Microcontroller," *Doctoral dissertation, Universitas Pancasakti Tegal*, 2020.
- [6] G. Wibisono, K. Priyanto, P. Studi Teknik Mesin, S. Politeknik Tinggi Teknologi Warga Surakarta, dan P. Studi Teknik Elektro, "Kontrol dan monitor sistem otomasi automatic water treatment systems berbasis PLC menggunakan HMI WeinTek MT8071iP," 2020.
- [7] Irwandani, "Perancangan alat pengukur jumlah detak jantung menggunakan sensor pulse berbasis Arduino," *SinarFe7*, vol. 4, no. 1, pp. 595-601, 2021.