

Desain HMI *GT Designer* Untuk *Monitoring* Motor Listrik 1 Phase

M. Farhan¹, Akmal Arif Ridhi Putra², Abdul Hadi³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis, Riau, Indonesia

email: farhancover4@gmail.com¹, akmalariff337@gmail.com², abdulhadi@polbeng.ac.id³

Intisari - penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring motor listrik 1 fasa berbasis *Human Machine Interface* (HMI) menggunakan PLC Mitsubishi FX5U dan mikrokontroler Arduino Uno. Sistem ini mengintegrasikan software GX Works3, GT Designer3, dan GT SoftGOT2000 untuk memantau performa motor secara *real-time*. PLC berfungsi sebagai pengendali utama untuk operasi *start/stop* melalui relay dan membaca kecepatan putaran motor (RPM) menggunakan sensor *rotary encoder* yang dikonversi melalui modul *frequency to voltage*. Sementara itu, Arduino Uno digunakan untuk mengakuisisi data kelistrikan dari sensor PZEM-004T yang ditampilkan pada LCD 20x4. PZEM-004T, dan *Rotary Encoder*) telah berhasil terintegrasi dengan perangkat lunak (GX Works3 dan GT SoftGOT2000) sehingga sistem monitoring motor listrik 1 fasa dapat berfungsi dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan sistem integrasi berjalan dengan baik, di mana sensor PZEM-004T memiliki tingkat akurasi tinggi dengan rata-rata *error* tegangan 0,59% dan daya 0,61%. Meskipun pembacaan RPM memiliki selisih *error* sebesar 4.94% yang memerlukan kalibrasi lebih lanjut, secara keseluruhan sistem ini berhasil menyediakan antarmuka monitoring yang informatif dan kontrol mesin yang efektif untuk kebutuhan industri kecil maupun sarana praktikum.

Kata Kunci - Sistem Monitoring, Motor Listrik 1 Fasa, *Human Machine Interface*

Abstrack - This research aims to design and implement a monitoring system for single-phase electric motors based on a Human Machine Interface (HMI) using a Mitsubishi FX5U PLC and an Arduino Uno microcontroller. The system integrates GX Works3, GT Designer3, and GT SoftGOT2000 software to monitor motor performance in real-time. The PLC serves as the main controller for start/stop operations via a relay and reads the motor's rotational speed (RPM) through a rotary encoder sensor, which is converted using a frequency to voltage module. Meanwhile, the Arduino Uno is utilized to acquire electrical data from the PZEM-004T sensor, which is then displayed on a 20x4 LCD. The hardware components (PLC, Arduino, PZEM-004T, and Rotary Encoder) were successfully integrated with the software, ensuring the monitoring system functions as intended. Testing results indicate that the integrated system operates effectively, with the PZEM-004T sensor demonstrating high accuracy, showing an average error of 0.59% for voltage and 0.61% for power. Although the RPM reading showed an error margin of 4.94% requiring further calibration, the system overall successfully provides an informative monitoring interface and effective machine control for small-scale industrial needs and laboratory practical applications.

Keywords - Monitoring System, Single Phase Electric Motor, Human Machine Interface.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan pergerakan dalam sistem mekanik dalam industri selalunya menggunakan motor listrik. Motor listrik merupakan salah satu komponen penting dalam dunia industri dan berbagai aplikasi teknik lainnya. Motor listrik 1 fasa khususnya banyak digunakan untuk industri yang berada pada skala kecil hingga menengah. Ketika perannya digunakan pada industri-industri kecil dan menengah, tentu saja banyak UMKM yang membutuhkan. Ketika

UMKM membutuhkan tentu diharapkan sebuah sistem yang disiapkan mampu untuk jangka panjang sehingga tidak menguras operasional industrinya. Peran motor listrik yang sangat vital ini dalam menunjang proses kerja suatu sistem, sehingga pemantauan (monitoring) kondisi motor secara real-time menjadi kebutuhan utama demi menjaga performa dan mencegah kerusakan.

Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan teknologi otomasi industri berkembang sangat pesat. Salah satunya adalah penggunaan *Human Machine Interface* (HMI) sebagai media interaksi antara manusia dan mesin. Tanpa adanya HMI seolah banyak hal penting di dalam mesin tidak dapat kita lihat dan verifikasi. HMI memungkinkan operator untuk memantau dan mengendalikan proses secara efisien. Salah satu perangkat lunak HMI yang banyak digunakan adalah GX Developer dan GT Designer (atau GX Works dan GT Designer untuk versi lebih baru) yang merupakan bagian dari sistem Mitsubishi PLC.

Dengan mengintegrasikan HMI (*Human Machine Interface*) dan PLC, operator dapat melihat status kerja motor, seperti tegangan, arus, suhu, atau kondisi on/off secara langsung melalui layar. Hal ini sangat membantu dalam meningkatkan efektivitas operasional, mencegah kerusakan dini, dan mempermudah troubleshooting.

Namun, dalam praktiknya, tidak semua sistem monitoring motor listrik menggunakan HMI (*Human Machine Interface*) yang terintegrasi. Beberapa masih menggunakan metode manual atau hanya bergantung pada indikator sederhana. Oleh karena itu, perlu dilakukan perancangan sistem monitoring motor listrik 1 fasa berbasis HMI (*Human Machine Interface*) menggunakan perangkat lunak GT SoftGOT2000 dan GT Designer.

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana mendesain HMI menggunakan GT Simulator dan GT Designer untuk memonitor kondisi motor listrik 1 fasa, bagaimana mengidentifikasi dan menampilkan apa saja parameter penting pada motor melalui layar HMI, serta bagaimana mengintegrasikan antara PLC Mitsubishi FX5U menggunakan Gx Works 3, Sensor Encoder, HMI GT Designer dan GT SoftGOT2000.

II. METODE

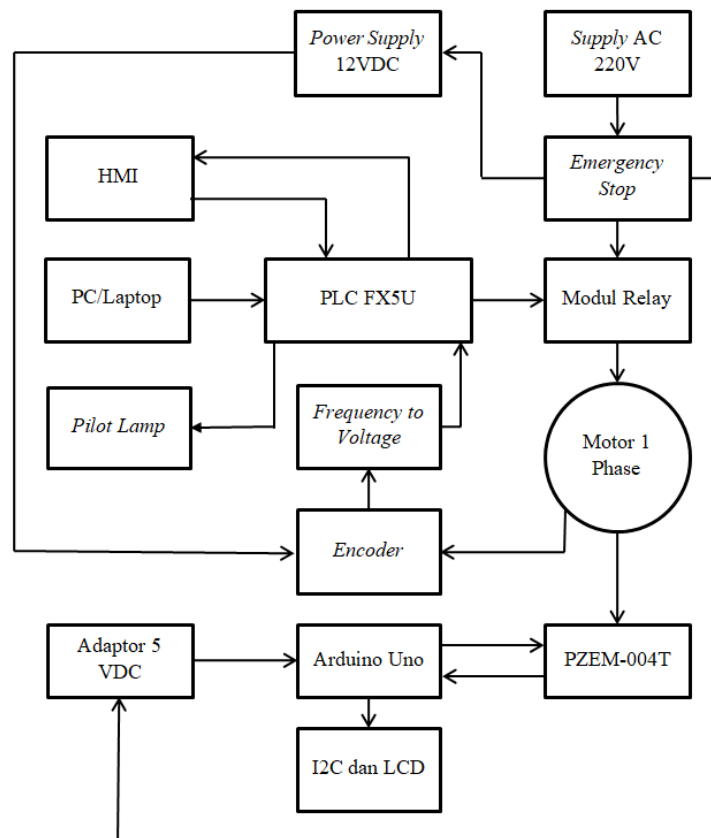
A. Sistem Kerja Alat Secara Keseluruhan

Penelitian Dalam perancangan sistem PLC berbasis *Human Machine Interface* yang memberikan suatu gambaran kondisi mesin atau alat video, grafik, lampu, dan lain-lain. Di mana pada tampilan tersebut operator dapat melihat suatu sistem yang sedang beroperasi secara real time. Pemograman sistem ini membutuhkan *software* yaitu GX Works3 untuk memasukan program agar terhubung ke PLC FX5U dan *software* GT Designer3 yang digunakan untuk desain *interface* yang dihubungkan ke PLC FX5U dan GT SoftGOT2000 untuk menampilkan sistem yang sedang beroperasi serta untuk menjalankan alat. Kemudian untuk membaca tegangan, arus, daya, dan frekuensi dirancang menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama yang menerima data dari sensor PZEM-004T melalui komunikasi serial untuk mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan frekuensi secara real-time, kemudian hasil pengukuran ditampilkan pada LCD 20x4 yang terhubung menggunakan modul I2C sehingga lebih efisien dalam penggunaan pin secara keseluruhan, sistem ini bekerja dengan prinsip PZEM-004T mendeteksi nilai listrik AC, Arduino mengolah data tersebut, lalu menampilkannya secara langsung pada layar sehingga memudahkan pemantauan konsumsi listrik secara sederhana, praktis, dan portabel. Penggunaan Arduino Uno ini disebabkan input analog dari PLC FX5U hanya satu dan digunakan untuk membaca RPM.

B. Blok Diagram Sistem

Blok diagram merupakan gambaran urutan keseluruhan kerja secara umum dari suatu sistem. Tujuan yaitu untuk memudahkan dalam melihat proses yang berlangsung dalam suatu

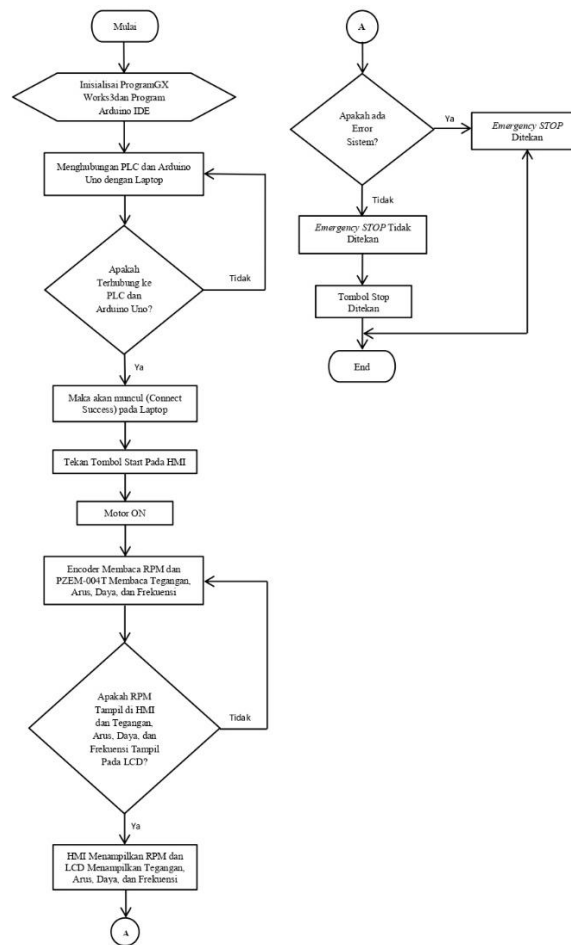
sistem yang dibuat. Penelitian ini bertujuan untuk menguraikan blok diagram dari dua platform kontrol yang paling dominan saat ini: PLC (*Programmable Logic Controller*), yang menjadi standar industri, dan Arduino Uno, yang dikenal luas dalam dunia prototipe dan pendidikan. Melalui visualisasi ini, pembaca dapat memahami bagaimana data mengalir dari perangkat masukan menuju unit pemrosesan pusat hingga menghasilkan respon pada perangkat keluaran secara sistematis. Pemahaman yang mendalam mengenai diagram blok ini menjadi sangat krusial karena setiap platform memiliki karakteristik arsitektur yang berbeda dalam menangani sinyal dan logika pemrograman, sehingga analisis ini akan memberikan gambaran jelas mengenai batasan *operasional* serta keunggulan masing-masing perangkat dalam *implementasi* nyata di lapangan. Blok Diagram penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Blok Diagram

C. Flowchart

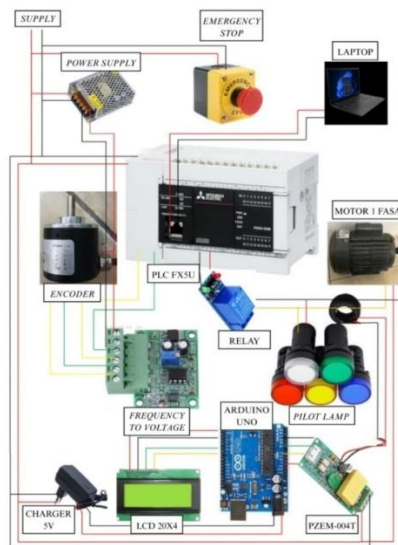
Dalam membuat rancangan sisitem, ada beberapa tahap yang harus dilakukan agar perangkat dapat bekerja dengan maksimal dan sesuai prosedur. *Flowchart* untuk sistem PLC (*Programmable Logic Controller*) berfokus pada logika kontrol proses industri yang kompleks. Rancangan *hardware* dari alat yang dibuat dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Flowchart

D. Rancangan Hardware

Rancangan *hardware* dimulai dengan merancang blok diagram dan prinsip kerja alat, kemudian dilanjutkan dengan merancang rangkaian alat dengan menggabungkan beberapa perangkat menjadi sebuah sistem. Rancangan *hardware* dari alat yang dibuat dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Rancangan Hardware

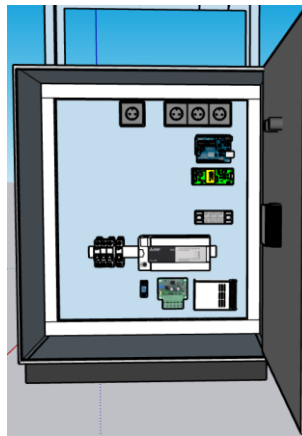
E. Rancangan Software

Rancang *Software* memerlukan bahasa pemrograman yang dirancang untuk mengontrol proses otomatis, mengirim data ke HMI dan menerima perintah dari HMI. PLC fx5u diprogram menggunakan *software* GX Works3, yang dihubungkan dengan kabel LAN. Kemudian perlu dilakukan perancangan awal tampilan HMI menggunakan GT Designer3, yang mencakup tombol *start*, tampilan RPM dan lain-lain yang dibutuhkan untuk memantau serta mengendalikan sistem. Setelah desain selesai, pengujian dilakukan menggunakan GT Simulator3 untuk memastikan fungsi berjalan dengan baik tanpa perlu HMI fisik. Tahapan ini penting agar sistem lebih efisien dan mudah digunakan sebelum diimplementasikan ke perangkat sebenarnya. Kemudian *software* Arduino IDE digunakan untuk memprogram arduino uno sebagai pembaca sensor PZEM-004T yang akan ditampilkan pada LCD 20x4 yang dihubungkan melalui I2C guna untuk meminimalkan pin yang digunakan pada Arduino Uno. Rancang *Software* diruntujakn pada gambar 4.

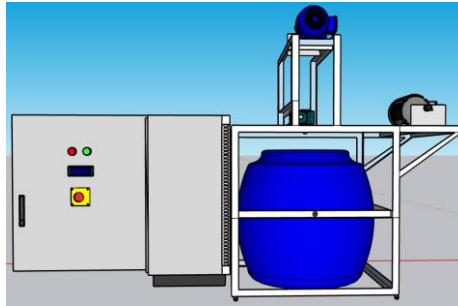


Gambar 4 Rancangan *Software*

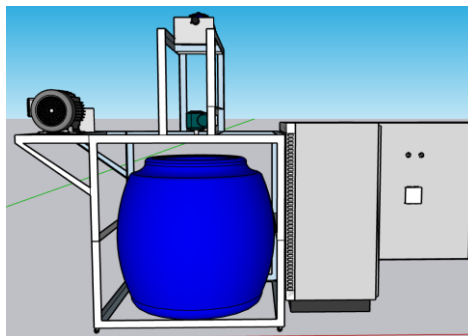
F. Sistem Kerja Alat Secara Keseluruhan



Gambar 5 Sistem Kerja Alat Secara Keseluruhan Tampak Dalam



Gambar 6 Sistem Kerja Alat Secara Keseluruhan Tampak Samping Kanan



Gambar 7 Sistem Kerja Alat Secara Keseluruhan Tampak Samping Kiri

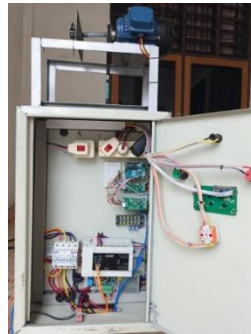
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Alat

Hasil perancangan dari alat monitoring motor listrik 1 fasa menggunakan PLC FX5U dan arduino uno berbasis *human machine interface* ini, yang perlu diperhatikan adalah memastikan semua komponen terpasang dengan baik, agar dapat berfungsi dengan baik supaya tidak terjadi kerusakan yang tidak diinginkan. Komponen yang digunakan antara lain yaitu: PLC FX5U, arduino uno, motor induksi 1 fasa, *frequency to voltage converter*, *rotary encoder*, PZEM-004T, I2C, LCD 20x4, modul relay, *power supply* 5 V, *emergency stop*, *pilot lamp*, dan laptop. Tujuan dari HMI untuk meningkatkan interaksi mesin dengan operator melalui tampilan layar. Pemograman PLC FX5U membutuhkan software yaitu GX Works3 dan software GT Designer3 yang digunakan untuk desain interface yang dihubungkan ke PLC FX5U dan GT SoftGOT2000 untuk menampilkan sistem yang sedang beroperasi serta untuk menjalankan alat. Kemudian untuk membaca tegangan, arus, daya, dan frekuensi dirancang menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama yang menerima data dari sensor PZEM-004T melalui komunikasi serial untuk mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan frekuensi secara real-time, kemudian hasil pengukuran ditampilkan pada LCD 20x4 yang terhubung menggunakan modul I2C sehingga lebih efisien dalam penggunaan pin secara keseluruhan. Sedangkan sensor *rotary encoder* berfungsi untuk mendeteksi kecepatan putaran motor. *Frequency to voltage converter* berfungsi untuk menerima frequency dari *rotary encoder* dan merubahnya menjadi tegangan yang kemudian tegangan tersebut akan diterima oleh PLC FX5U yang kemudian akan diproses sehingga menghasilkan RPM motor yang ditampilkan pada HMI. Kemudian relay digunakan sebagai pemutus dan penghubung supply listrik kepada motor induksi 1 fasa yang kemudian bisa di kontrol dengan HMI untuk menghidupkan dan mematikan motor. Bentuk perancangan alat monitoring motor listrik 1 phase menggunakan PLC FX5U dan arduino uno berbasis *human machine interface* dapat dilihat pada gambar 8, gambar 9, dan gambar 10.



Gambar 8 Hasil Perancangan Alat Tampak Depan



Gambar 9 Hasil Perancangan Alat Tampak Dalam



Gambar 10 Hasil Perancangan Alat Tampak Dari Samping Kanan

B. Data Pengujian

1. Pengujian Sensor Rotary Encoder

Pengujian pada sensor *rotary encoder* bertujuan untuk mengetahui *frequency* pada saat alat digunakan. Pengukuran *frequency* pada sensor *rotary encoder* bertujuan untuk mengukur kecepatan putaran (RPM) dari poros yang terhubung dengan motor induksi 1 fasa yang kemudian *frequency* tersebut akan dimasukan kedalam *frequency to voltage converter*. Data hasil pengujian sensor *rotary encoder* dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1. PENGUJIAN SENSOR ROTARY ENCODER

No	Pengukuran Sensor Rotary	
Pengujian 1	Mendeteksi	Tidak Mendeteksi
	8.85 KHz	-
Pengujian 2	Mendeteksi	Tidak Mendeteksi
	8.92KHz	-

2. Pengujian Frequency to Voltage

Pengujian pada *frequency to voltage converter* bertujuan untuk mengetahui hasil dari konversi frekuensi menjadi *voltage* yang masukannya *frequency* dari *rotary encoder* yang kemudian keluaran dari *frequency to voltage converter* berupa tegangan. Data hasil pengujian *frequency to voltage converter* dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2. PENGUJIAN FREQUENCY TO VOLTAGE

No	Pengukuran Frequency to Voltage	
Pengujian 1	Mendeteksi	Tidak Mendeteksi
	8.42 V	-
Pengujian 2	Mendeteksi	Tidak Mendeteksi
	8.51 V	-

3. Pengujian Relay

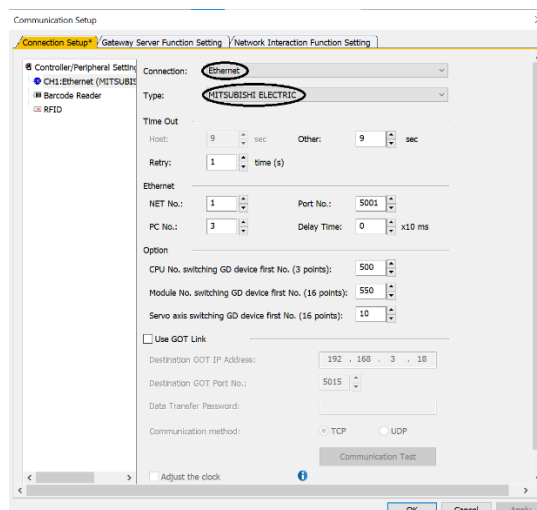
Pengujian *relay* dilakukan untuk mengetahui apakah *relay* bekerja dengan baik dan mengetahui tegangan input pada *relay*, pengujian *relay* dengan memberikan tegangan ke *coil* sehingga kontak berpindah dari *normaly open* (NO) ke *normaly close* (NC). Sebaliknya, saat *coil* tidak diberi tegangan maka kontak berpindah dari *normaly close* (NC) ke *normaly open* (NO). Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3. PENGUJIAN RELAY

Pengujian	Kondisi Relay	
	<i>High</i>	<i>Low</i>
1	11.3 V	0 V
2	11.8 V	0 V

4. Pengujian Komunikasi PLC dan HMI

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa data dapat dipertukarkan secara real-time antara Programmable Logic Controller (PLC) dan Human Machine Interface (HMI). Fokus utama dari tahapan ini adalah memvalidasi konfigurasi alamat (*addressing*) dan protokol komunikasi yang digunakan agar instruksi dari HMI dapat dieksekusi oleh PLC, serta status dari PLC dapat ditampilkan secara akurat pada layar HMI. Pengujian komunikasi dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Komunikasi PLC Ke HMI

5. Pengujian Button

Pengujian button pada HMI dilakukan dengan *software* GT SoftGOT2000. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah HMI pada *software* GT SoftGOT2000 sudah berjalan sesuai program yang telah dimasukkan kedalam PLC. Pengujian ini dilakukan dengan menekan tombol pada HMI, apabila tombol *start* ditekan maka motor akan berputar dan apabila tombol *stop* ditekan maka motor berhenti berputar. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

TABEL 4. PENGUJIAN PUSH BUTTON

<i>Push Button ON</i>	Ditekan	Motor Menyala
	Tidak ditekan	Motor Tidak Berputar
<i>Push Button OFF</i>	Ditekan	Motor Berhenti Berputar
	Tidak ditekan	Motor Berputar

6. Pengujian PZEM-004T

Pengujian sensor PZEM-004T ini dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan, arus, daya, dan frekuensi yang tampil pada LCD 20x4, kemudian akan dibandingkan dengan pengukuran multimeter. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

TABEL 5. PENGUJIAN SENSOR PZEM-004T

Parameter Listrik	Pengukuran	PZEM-004T	Error (%)
Tegangan	218.4 Volt	219.7 Volt	0.59
Arus	3.85 Ampere	3.64 Ampere	5.45
Power	211.3 Watt	210 Watt	0.61
Frekuensi	50 Hz	50 Hz	0

7. Pengujian RPM Motor

Pengujian RPM ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan pada putaran motor 1 fasa yang tampil pada HMI, kemudian akan dibandingkan dengan pengukuran tachometer. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.

TABEL 6. PENGUJIAN RPM MOTOR

Pengujian	HMI	Tachometer	Error (%)
1	1421	1495	4.94
2	1420	1488	4.56

C. Analisa Perhitungan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berhasil atau tidaknya alat yang telah dibuat. Setelah melakukan pengujian setiap komponen dan proses perakitan alat, maka dilakukan proses pengujian alat secara keseluruhan. Sebelum menjalankan sistem, komponen yang terpasang diberi tegangan sesuai dengan ketentuannya.

Pada pengujian keseluruhan alat ini, PLC fx5u digunakan untuk merancang kontrol otomasi industry, *software* yang digunakan adalah GX Works3, untuk melakukan pengujian alat memerlukan *software* gt SoftGOT2000 untuk menjalankan alat lewat PC/Laptop sebagai pengganti HMI. Pada pengujian alat ini terdapat 3 pengujian yaitu:

1. Pengujian 1

Pada pengujian ini, *input* PLC fx5u terhubung ke *button* yang ada dalam HMI dengan *output* yang terhubung ke relay dan *pilot lamp*. Setelah rangkaian terhubung, PLC fx5u mengirim perintah kerja alat dan HMI akan menampilkan data yang telah di desain pada

software GT Designer. HMI juga bisa memberi perintah pada rangkaian untuk *start* dan *stop* alat. Untuk hasil pengujian 1 dapat dilihat pada Tabel 7.

TABEL 7. PENGUJIAN 1

<i>Push Button</i>	<i>Kondisi Button</i>	<i>Kondisi Relay</i>	<i>Kondisi Motor</i>
<i>Push Button ON</i>	Ditekan	<i>ON</i>	Berputar
	Tidak Ditekan	<i>OFF</i>	Diam
<i>Push Button OFF</i>	Ditekan	<i>OFF</i>	Berhenti
	Tidak Ditekan	<i>ON</i>	Berputar

Berdasarkan Tabel 7 dapat dijelaskan bahwa, jika *push button Start* ditekan maka relay akan *on* dan motor akan berputar dan pada saat *push button Start* tidak ditekan maka relay *off* dan motor diam. Kemudian jika *push button Stop* ditekan maka relay *off* dan motor berhenti berputar dan pada saat *push button Stop* tidak ditekan maka relay *on* dan motor masih berputar.



Gambar 12 Tampilan HMI Pada GT SoftGOT2000

2. Pengujian 2

Pada pengujian 2 ini adalah menganalisa *error* komponen *rotary encoder* dan *frequency to voltage converter*. Analisa *error* kedua komponen ini dilakukan karena sensor *rotary encoder* menghasilkan *frequency* yang kemudian *frequency* nya dimasukkan ke komponen *frequency to voltage converter* dan akan menghasilkan *output* sebuah tegangan. Anallisa *error* dapat dilihat pada perhitungan pada bawah ini :

$$Error = \frac{\text{Nilai Frequency encoder} - \text{Nilai Tegangan converter}}{\text{Nilai Frequency encoder}} \times 100\% \quad (1)$$

$$a) \quad Error \text{ Pengujian 1} = \frac{8.85 - 8.42}{8.85} \times 100 = 4,85\%$$

$$b) \quad Error \text{ Pengujian 2} = \frac{8.92 - 8.51}{8.92} \times 100 = 4,59\%$$

Gambar 13 Hasil Pengukuran Frekuensi *encoder*Gambar 14 Hasil Pengukuran *Output Converter*

3. Pengujian 3

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan, arus, daya, dan frekuensi yang tampil pada LCD 20x4, kemudian akan dibandingkan dengan pengukuran multimeter untuk tegangan dan frekuensi. Kemudian arus dibandingkan dengan tang ampere dan power dibandingkan dengan power meter. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.8.

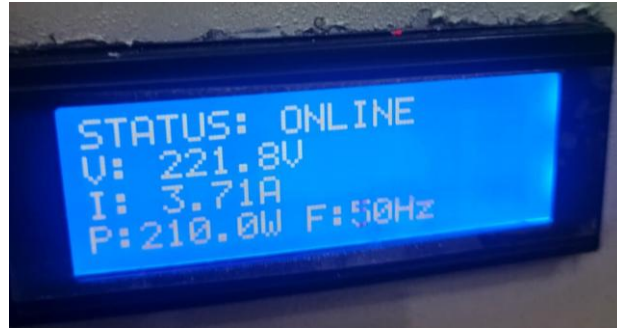
TABEL 8. PENGUJIAN 3

Parameter Listrik	Pengukuran	PZEM-004T	Error (%)
Tegangan	218.4 Volt	219.7 Volt	0.59
Arus	3.85 Amper	3.64 Amper	5.45
Power	211.3 Watt	210 Watt	0.61
Frekuensi	50 Hz	50 Hz	0

Berdasarkan Tabel 8 diatas dapat dijelaskan analisa error dengan rumus :

$$Error = \frac{\text{Nilai Pengukuran} - \text{Nilai PZEM-004T}}{\text{Nilai Pengukuran}} \times 100 \% \quad (2)$$

- a) $Error\ Tegangan = \frac{218.4 - 219.7}{218.4} \times 100 = 0.59 \%$
- b) $Error\ Arus = \frac{3.85 - 3.64}{3.85} \times 100 = 5.45 \%$
- c) $Error\ Power = \frac{211.3 - 210}{211.3} \times 100 = 0.61 \%$
- d) $Error\ Frequency = \frac{50 - 50}{50} \times 100 = 0 \%$



Gambar 15 Hasil PZEM-004T

4. Pengujian 4

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan arus dan daya dengan pengujian tanpa vanbelt, memberi beban berupa air 30 liter, beban air 50 liter. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.9.

TABEL 9. PENGUJIAN 3

Pengujian	Volume	Arus(Ampere)	Daya(Watt)
Tanpa Vanbelt	-	3.61	154.8
Beban Air	30 Liter	3.58	200.8
Beban Air	50 Liter	3.61	205.3



Gambar 16 Hasil PZEM-004T



Gambar 17 Hasil PZEM-004T



Gambar 18 Hasil PZEM-004T

IV. KESIMPULAN

Dalam penelitian tugas akhir ini telah dilakukan serangkaian pengujian dari tiap-tiap komponen hingga pengujian secara keseluruhan pada rangkaian rancang bangun desain hmi gt designer untuk monitoring motor listrik 1 phase. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, penulis menyimpulkan bahwa:

1. Seluruh komponen perangkat keras (PLC FX5U, Arduino Uno, Sensor PZEM-004T, dan *Rotary Encoder*) telah berhasil terintegrasi dengan perangkat lunak (GX Works3 dan GT SoftGOT2000) sehingga sistem monitoring motor listrik 1 fasa dapat berfungsi sesuai dengan perancangan awal.
2. Pengujian komunikasi antara PLC dan HMI menggunakan GT SoftGOT2000 menunjukkan hasil yang sangat baik. Sistem mampu melakukan pertukaran data secara *real-time*, di mana instruksi dari tombol HMI (*Start/Stop*) dapat mengeksekusi *relay*.
3. Sensor PZEM-004T memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam membaca parameter kelistrikan. Berdasarkan hasil pengujian, rata-rata *error* untuk tegangan (0,59%), daya (0,61%), dan frekuensi (0%) sangat kecil, meskipun terdapat *error* arus yang sedikit lebih tinggi sebesar 5,45%. Hal ini menunjukkan Arduino Uno sukses berperan sebagai unit akuisisi data listrik.
4. Pengukuran kecepatan putaran motor (RPM) melalui konversi frekuensi ke tegangan (*Frequency to Voltage Converter*) menunjukkan adanya selisih (*error*) rata-rata sebesar 18,6% dibandingkan dengan alat ukur standar (Tachometer). Hal ini mengindikasikan perlunya kalibrasi lebih lanjut pada modul *converter* atau penyesuaian konstanta pada program PLC untuk meningkatkan akurasi pembacaan RPM.
5. Pengujian pada komponen kendali menunjukkan bahwa *relay* bekerja dengan presisi pada tegangan *high* (11,3V–11,8V) dan sistem *emergency stop* serta *pilot lamp* berfungsi dengan baik sebagai fitur keamanan dan indikator operasional alat.

REFERENSI

- [1] Azhar, A. R., Setiawan, D. A., Yasmin, N. A. A., Putri, T. A., & Nama, G. F. (2024). Sistem monitoring kapasitas air dan pengisian otomatis berbasis IoT menggunakan modul ESP8266. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(1).
- [2] Ginting, E. (2015). Pengaruh Faktor Budaya, Sosial, Pribadi Dan Psikologis Terhadap Keputusan Pembelian Laptop Merek “Asus”(Studi Kasus Pada Mahasiswa Universitas Budi Luhur) Periode September–Desember 2014. *Jurnal Ekonomika dan Manajemen*, 4(2).
- [3] Harrizal, I. S., Syafri, S., & Prayitno, A. (2017). *Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin Cnc Milling 3 Axis Menggunakan Close Loop System* (Doctoral dissertation, Riau University).
- [4] Irwan, H. (2024). Perancangan Arduino Uno pada Design Mesin Pick and Place Sorting Colour Automation untuk Meningkatkan Produktivitas. *Journal of Manufacturing in Industrial Engineering & Technology*, 3(2), 72-82.
- [5] Jati, I. S., & Rivai, M. (2019). Implementasi thermal camera pada pengaturan pendingin ruangan. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), 2337-3539.
- [6] Mulyawati, N. Z. D. L., Aliansyah, A. N., & Alam, W. O. S. N. (2023). Sistem Monitoring Mesin Pemilah Barang Berbasis PLC Mitsubishi Menggunakan MS. Excel. *Jurnal Fokus Elektroda: Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika dan Kendali*, 8(1), 49-55.

- [7] Pela, M. F., & Pramudita, R. (2021). Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Internet of Things Pada Rumah Dengan Menggunakan Aplikasi Blynk. *Infotech: Journal of Technology Information*, 7(1), 47-54.
- [8] Sirait, F., Supegina, F., & Herwiansya, I. S. (2017). Peningkatan Efisiensi Sistem Pendistribusian Air Dengan Menggunakan IoT. *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana*, 8(3), 234-239.
- [9] Siregar, L., & Sibarani, A. N. (2020). Studi Analisis Perubahan Putaran Motor Induksi 1 Fasa Akibat Output PLTS Aplikasi Kipas Angin. *Jurnal ELPOTECs*, 3(2), 7-14.
- [10] Sulistyawan, P. M. (2021). Perancangan Sistem pemantau Tekanan Darah Dengan Sensor Tekanan MPX5100GP Berbasis STM32F103. *SinarFe7*, 4(1), 165-170.
- [11] Turnip, H., Amanda, R. R., & Sembiring, M. (2023). PENGONTROLAN MOTOR 1 FASA MENGGUNAKAN PLC SCHNEIDER. *Prosiding Konferensi Nasional Social & Engineering Polmed (KONSEP)*, 4(1), 491-499.
- [12] Virgono, A., Sunarya, U., & Jauhariah, S. W. (2016). Perancangan Sistem Pengendali dan Monitoring Kecelakaan Mobil Berbasis Vehicular Ad Hoc Network (Vanet) Menggunakan Sensor Limit Switch dan Rotary Encoder. *e-Proceeding of Engineering*, 3(1).
- [13] Widiyanto, W., Sumbodo, W., & Al Janan, D. H. (2012). analisis perancangan dan pembuatan program PLC pembacaan encoder pada sistem robot record and replay. *JMEL: Journal of Mechanical Engineering Learning*, 1(1).
- [14] Yosua, P., Santoso, D. B., & Stefanie, A. (2021). Rancang Bangun Automatic Washing and Drying System untuk Mesin Pencuci Cylinder Block Motor. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 7(4), 430-444.
- [15] Yuhendri, D. (2018). Penggunaan PLC Sebagai Pengontrol Peralatan Building Automatis. *Journal of Electrical Technology*, 3(3), 121-127.