

**Simulasi Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa Terhadap Gangguan
Menggunakan *Programmable Logic Controller (PLC) Omron CP1H Berbasis
Cx-Programmer 9.6***

Chandra Purianto Juwono

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : chandra.18047@mhs.unesa.ac.id

Joko, Bambang Suprianto, Endryansyah

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : joko@unesa.ac.id, bambangsuprianto@unesa.ac.id, endryansyah@unesa.ac.id

Abstrak

Pada era industri 5.0 perkembangan teknologi sangat pesat, penggunaan motor induksi tiga fasa di industri juga meningkat untuk menunjang pada industri, maka dari itu dibutuhkan sistem proteksi. Penelitian ini bertujuan membuat simulasi proteksi pada motor induksi tiga fasa menggunakan *Programmable Logic Controller (PLC)* sebagai kontrol, untuk terhindar dari gangguan-gangguan seperti suhu berlebih, arus berlebih, tegangan berlebih dan tegangan kurang yang dapat menyebabkan kerusakan pada motor induksi tiga fasa. Tujuan dari proteksi yaitu dapat meningkatkan kinerja dari motor induksi tiga fasa. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen melalui simulasi yang menggunakan CX-Programmer sebagai pemrograman dan CX-Designer sebagai visualisasi. Teknik analisis dengan membandingkan hasil simulasi dengan perhitungan. Untuk memproteksi motor induksi tiga fasa dibutuhkan komponen yaitu *Temperature Controller (TC)*, *Over Current Relay (OCR)* dan *Phase Failure Relay (PFR)*. Batas maksimum atau minimum pada TC sebesar 50 °C , OCR sebesar 3,421 A dan PFR sebesar 399 V untuk tegangan maksimum, dan 342 V untuk tegangan minimum, jika melebihi atau kurang dari nilai tersebut maka komponen-komponen tersebut mengirimkan sinyal pada PLC ketika terjadi gangguan untuk mematikan motor induksi tiga fasa, hasil penelitian pada simulasi dijalankan, ketika besaran-besaran pada motor listrik melebihi dan atau kurang dari batas-batas yang ditetapkan maka motor listrik berhenti bekerja. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi untuk merancang alat proteksi pada motor induksi tiga fasa.

Kata Kunci : PLC, CX-Programmer, CX-Designer, Motor Induksi Tiga Fasa, Proteksi

Abstract

In the industrial era 5.0, technological developments are very rapid, the use of three-phase induction motors in industry is also increasing to support industry, therefore a protection system is needed. This study aims to create a protection simulation on a three-phase induction motor using a Programmable Logic Controller (PLC) as a control, to avoid disturbances such as excessive temperature, overcurrent, overvoltage and undervoltage that can cause damage to a three-phase induction motor. The purpose of protection is to improve the performance of a three-phase induction motor. The method used in this research is an experimental research method through simulation using CX-Programmer as programming and CX-Designer as visualization. The analysis technique is to compare the simulation results with calculations. To protect a three-phase induction motor, components are needed, namely Temperature Controller (TC), Over Current Relay (OCR) and Phase Failure Relay (PFR). The maximum or minimum limit for TC is 50 , OCR is 3,421 A and PFR is 399 V for maximum voltage, and 342 V for minimum voltage. turn off the three-phase induction motor, the results of the research on the simulation run, when the quantities in the electric motor exceed and or are less than the specified limits, the electric motor stops working. The results of this study can be used as a reference for designing protective devices for three-phase induction motors.

Key : PLC, CX-Programmer, CX-Designer, Three-Phase Induction Motor, Protection

PENDAHULUAN

Pada era industri 5.0 perkembangan teknologi sangat pesat. Penggunaan motor induksi tiga fasa juga meningkat untuk menunjang produksi pada industri.

Motor induksi tiga fasa merupakan perangkat yang mengonversikan energi listrik menjadi energi mekanik yang banyak dipergunakan pada industri. Penggunaan motor induksi tiga fasa dalam jangka

panjang dapat menyebabkan kerusakan pada motor induksi tiga fasa (Syukur dan Sultan, 2021).

Beberapa gangguan pada motor induksi tiga fasa seperti arus yang melebihi dari kinerja arus motor induksi tiga fasa, kelebihan beban ketika motor induksi tiga fasa bekerja menyebabkan terjadi panas berlebih, dan terjadi variasi tegangan yang disebabkan besar tegangan antar fasa tidak setara pada sudut fasa R, S, dan T mengakibatkan beban tidak merata (Darmawansyah, dkk, 2020). Untuk mengurangi kerugian yang ditimbulkan akibat gangguan-gangguan tersebut, maka dari itu diperlukannya sistem proteksi untuk mengamankan motor induksi tiga fasa (Sembodo dan Rochman, 2012).

Rumusan masalah dipenelitian ini yaitu bagaimana cara mencegah motor induksi tiga fasa terhindar dari kerusakan yang diakibatkan dari suhu, arus dan tegangan. Dari permasalahan inilah maka dibuatlah sistem proteksi menggunakan *Programmable Logic Controller* yang diharapkan motor induksi tiga fasa bisa bekerja menjadi lebih baik.

Penelitian ini bertujuan mengetahui kinerja simulator proteksi motor induksi tiga fasa yang dibuat untuk simulasi program ini bertujuan sebagai media visualisasi agar lebih muda untuk mengetahui cara kerja sistem proteksi pada motor induksi tiga fasa. Untuk pemrograman penulis menggunkan *software CX-Programmer* dan untuk mensimulasikan penulis menggunakan *software CX-Designer*

KAJIAN PUSTAKA

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan perangkat yang mudah digunakan (*user friendly*) dengan fungsi kontrol untuk berbagai jenis. Prinsip kerja PLC yaitu memeriksa status perangkat *input* dan analisis selanjutnya sesuai kebutuhan *programmer* untuk mengontrol keadaan *output* (Hatmojo, 2015). Gambar PLC omron CP1H pada Gambar 1.



Gambar 1. PLC Omron CP1H
(Sumber: Omron, 2022)

Bahasa pemrograman pada PLC menggunakan *Ladder diagram* atau diagram tangga. Dalam *ladder diagram* secara umum menggunakan logika-logika sederhana yaitu logika AND dan logika OR. Logika AND sebagai kontak *Normally Open* (NO) pada rangkaian seri dan logika OR sebagai kontak *Normally Open* (NO) pada rangkaian *parallel*. (Setiawan, 2006).

Tujuan mendasar dari sistem proteksi merupakan guna memberikan isolasi dari wilayah yang bermasalah dalam sistem daya secara kilat, sehingga guncangan ke segala sistem diminimalkan serta sebanyak bisa jadi yang tersisa masih utuh. Relay pelindung berperan cuma sehabis keadaan *abnormal* ataupun tidak tertahankan berlangsung, pada indikasi yang lumayan buat membolehkan operasi dimulai. Dengan demikian proteksi bukan berarti penangkalan, melainkan, meminimalkan durasi permasalahan serta menghalangi kehancuran, waktu pemadaman, serta permasalahan terpaut yang bisa menyebabkan kebalikannya (Blackburn dan Domin, 2007).

Salah satu pemicu kerap kegagalan motor listrik 3 fasa merupakan hilangnya arus serta tegangan satu fasa, Ketika hilang tegangan listrik hilang satu fasa sehingga sudut fasa berubah yang berarti motor bekerja terlalu cepat serta cepat panas sehingga isolasi kumparan stator rusak serta terjadi korsleting antar kumparan sehingga dapat membakar motor listrik maka dari itu pengaman yang digunakan adalah *Phase Failure Relay* (PFR) (Purwanto, dkk, 2018). *Phase failure relay* adalah perangkat untuk memantau urutan fasa, kehilangan fasa, ketidakseimbangan fasa, tegangan lebih, dan tegangan kurang dalam kelistrikan tiga fasa, contoh gambar PFR pada Gambar 2. Untuk menghitung tegangan yang diperbolehkan dari masing-masing fasa adalah dengan menggunakan persamaan berikut (Putra, dkk, 2021).

Batas tegangan bawah:

$$V_R = V_P - V_P \times 10\% \quad (1)$$

Batas tegangan atas;

$$V_R = V_P + V_P \times 5\% \quad (2)$$

Keterangan:

V_R = Tegangan yang diperbolehkan (volt)

V_P = Tegangan dari masing-masing fasa (volt)



Gambar 2. *Phase Failure Relay*
(Sumber : Omron, 2022)

OCR ataupun singkatan dari *Over Current Relay* merupakan relai yang berperan buat mengetahui terdapatnya arus lebih yang melewati dari batasan arus setting lewat CT ataupun transformator arus serta mengirimkan sinyal trip mengarah PMT ataupun pemutus tenaga, Contoh OCR pada Gambar 3. (Dermawan dan Nugroho, 2017). Untuk menentukan setting OCR terdapat pertimbangan yaitu dari arus nominal motor listrik pada kondisi bintang (Y) sebesar 3,11 A maka berdasarkan rumus.

$$I_{set} = I_n \times 110\% \quad (3)$$

Keterangan
 I_{set} = Arus setting (ampere)
 I_n = Arus Nominal (ampere)



Gambar 3. *Over Current Relay*
(Sumber : Yumpu, 2022)

Temperature Controller (TC) ialah sesuatu perlengkapan elektronik yang memiliki guna selaku regulator temperatur. TC bekerja dengan metode membandingkan dua sinyal ialah sinyal sensor dengan sinyal rujukan yang berikutnya dicoba penghitungan deviasi yang digunakan. TC memiliki dua tata cara kontrol ialah PID serta ON/ OFF (Aulia, dkk, 2021). Contoh *temperature controller* pada Gambar 4.



Gambar 4. *Temperature Controller*
(Sumber : Omron, 2022)

METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen, yaitu dengan simulasi sebagai visualisasi dari sebuah sistem proteksi motor induksi tiga fasa yang bekerja *semi-automatic programmable logic controller* dibantu dengan menggunakan *software CX-Programmer* sebagai pemrograman dan *software CX-Designer* sebagai simulasinya. Bagan rancangan penelitian pada Gambar 5.



Gambar 5. Bagan Rancangan Penelitian

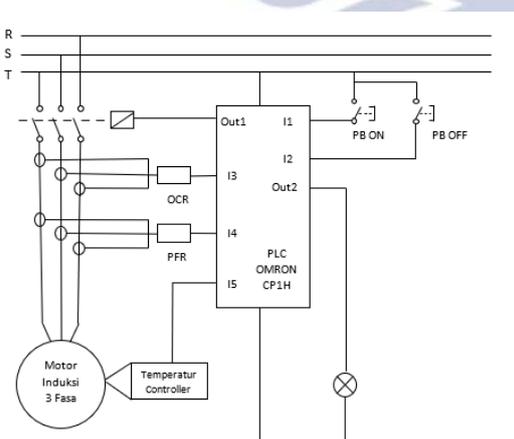
Pada persamaan (1) dapat dihasilkan batas tegangan bawah yaitu 342 V, persamaan (2) dapat dihasilkan batas tegangan atas yaitu 399 V dan persamaan (3) dapat dihasilkan batas arus lebih yaitu 3,421 A.

Berdasarkan kenaikan suhu menurut NEMA yaitu kenaikan suhu diatas *ambient* suhu ruangan. Motor induksi umumnya kelas F. Tabel spesifikasinya.

Tabel 1. Spesifikasi *temperature* motor listrik

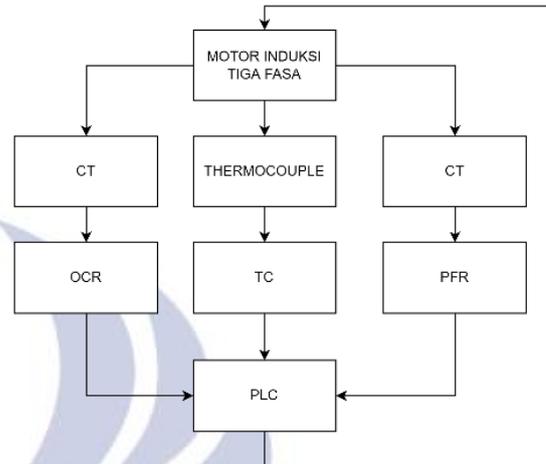
No	Motor Rating	Insulation Class and Temperature Rise °C			
		A	B	F	H
1	All horsepower (or kW) ratings	60	80	105	125
2	1500 HP (1120 kW) an less	70	90	115	140
3	Over 1500 HP (1120 kW) and 7000 volt or less	65	85	110	135
4	Over 1500 HP (1120 kW) and over 700 volt	60	80	105	125

Setting pada *temperature controller* yaitu 50°C Untuk terhindar dari kerusakan pada isolasi lilitan. Diagram pengkabelan adalah gambar pengkabelan pada instalasi listrik, yang menggambarkan posisi kabel dan simbol kelisrikan. Gambar ini merupakan representasi visual dari komponen dan kabel terkait dengan sambungan listrik. Untuk diagram pengkabelan sistem proteksi motor induksi tiga fasa pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Pengkabelan Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa

Diagram blok simulasi sistem proteksi motor induksi 3 fasa, sistem ini dibikin guna memproteksi motor induksi 3 fasa dari kendala temperatur, arus serta tegangan. OCR serta PFR tersambung pada tiap-tiap CT serta TC hendak tersambung pada *thermocouple* serta dikontrol oleh PLC. Gambar diagram blok simulasi sistem proteksi motor induksi 3 fasa pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Blok Simulasi Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa

HASIL DAN PEMBAHASAN

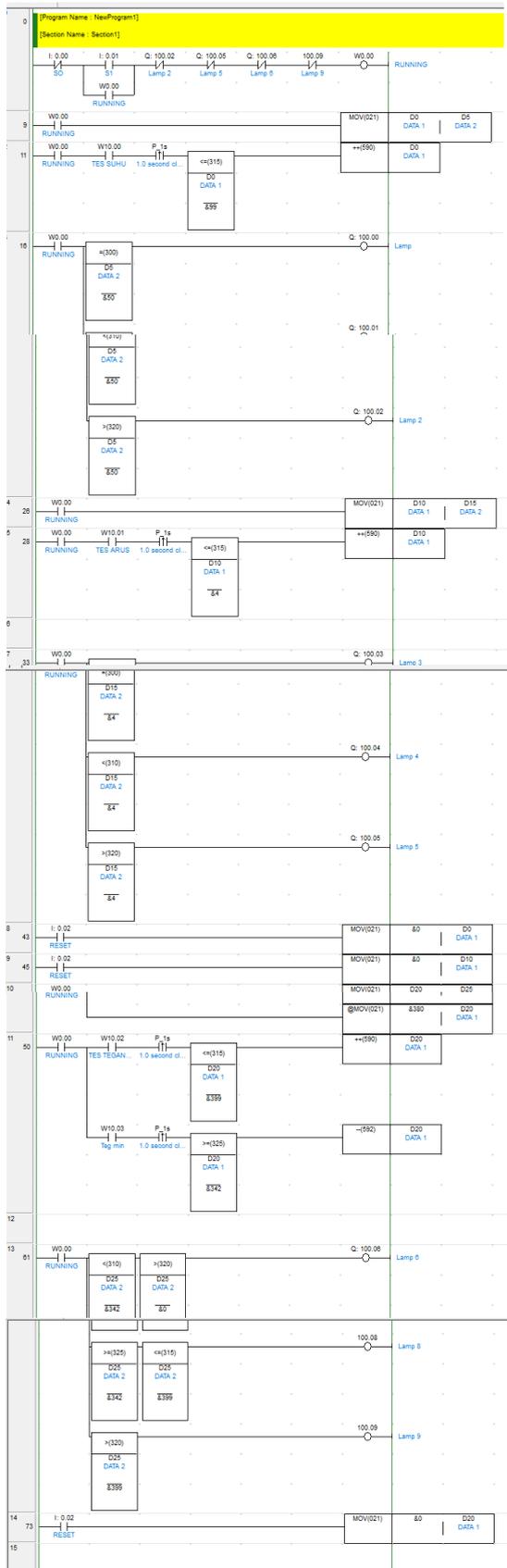
Sebelum melakukan simulasi menggunakan software *CX-Designer*, penulis melakukan pemrograman terlebih dahulu menggunakan Bahasa pemograman *ladder diagram* dengan menggunakan software *CX-Programmer*, alamat pada setiap simbol harus tepat dan harus sesuai dengan perencanaan dari awal sampai akhir. Sebelum melakukan simulasi memastikan alamat sudah benar dan tidak ada kesalahan pada setiap alamat yang digunakan, karena jika ada alamat yang salah maka program tidak berjalan. Gambar 8 merupakan *ladder diagram* menggunakan *CX-Programmer*.

Data batasan maksimal atau minimum untuk menonaktifkan motor induksi tiga fasa, jika melebihi batasan maka motor induksi tiga fasa akan non aktif atau mati. untuk melihat data batasan maksimal atau minimum pada tabel 2.

Tabel 2. data batasan maksimal atau minimum

Tegangan maks	Tegangan min	Suhu maks	Arus maks
399 V	342 V	50 °C	4 A

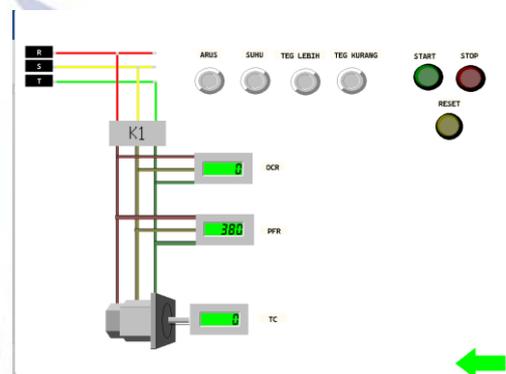
Simulasi Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa Terhadap Gangguan Menggunakan *Programmable Logic Controller (PLC) Omron CPH Berbasis Cx-Programmer 9.6*



Gambar 8. Ladder Diagram CX-Programmer

Pemrograman diawali dengan pembuatan *push button ON* dan *OFF*, selanjutnya yaitu pembuatan program sensor suhu, sensor arus dan sensor tegangan lebih atau kurang dengan menggunakan fungsi MOV, fungsinya adalah untuk menyalin atau mencopy data. Fungsi MOV adalah sebagai membandingkan data nilai maksimal dari sensor suhu, sensor arus, dan sensor tegangan, jika melebihi data nilai maksimal maka mematikan motor induksi tiga fasa.

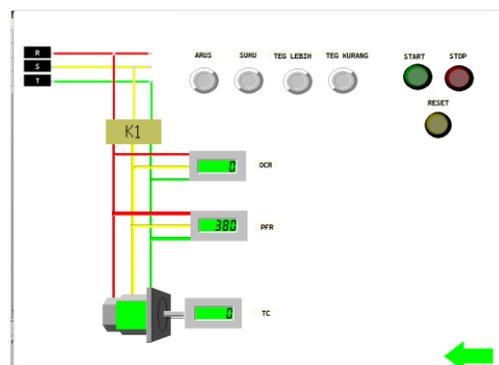
Setelah pemrograman selesai dan dapat dijalankan berlanjut ketahap selanjutnya yaitu penerapan ke hasil pemrograman ke simulasi pada *software CX-Designer*. Desain simulasi pada *CX-Designer* dilihat menurut Gambar 9.



Gambar 9. Desain Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa pada CX-Designer

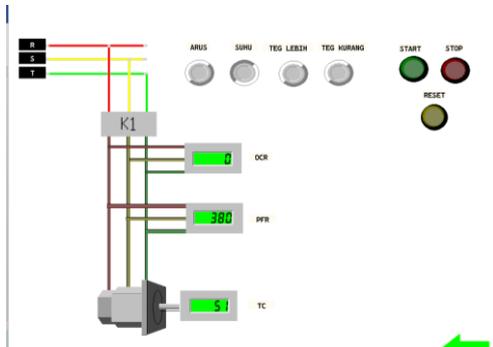
Selanjutnya menjalankan program yang sudah di buat dengan *CX-Designer*. Jika pada simulasi *CX-Designer* sudah bisa berarti maka program yang dimasukkan sudah benar.

Tekan *start* pada panel kontrol untuk mensimulasikan program sistem proteksi motor induksi tiga fasa, tekan *stop* untuk mematikan sistem dan tekan reset untuk mereset data yang dimasukkan kembali keangka nol. Ketika menekan tombol *start* pada panel kontrol maka motor induksi tiga fasa bekerja dan motor induksi tiga fasa berwarna hijau, pada Gambar 10.



Gambar 10. Motor Induksi Tiga Fasa Bekerja

Pada percobaan pertama untuk mendeteksi suhu berlebih, TC akan mematikan motor induksi tiga fasa jika data yang dimasukkan lebih dari 50 °C. Gambar motor induksi tiga fasa mati ketika sensor suhu membaca data lebih dari 50 °C pada Gambar 11.

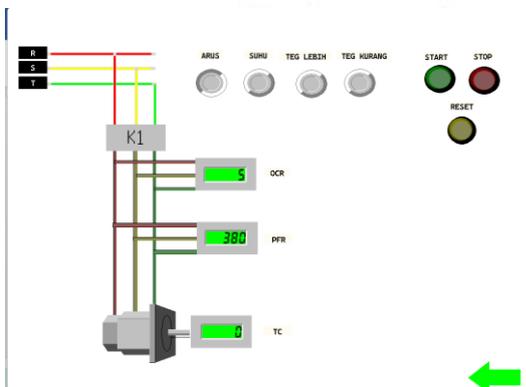


Gambar 11. Motor Induksi Tiga Fasa Mati Ketika Temperature Controller Membaca Data Lebih Dari 50 °C

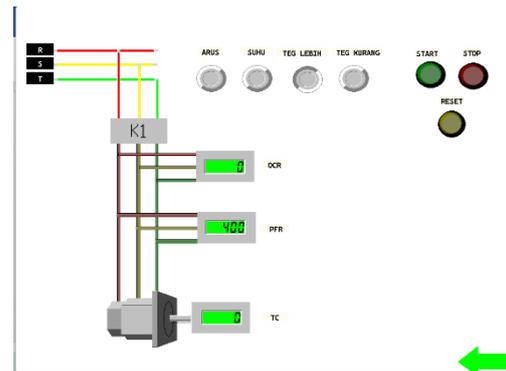
Untuk melakukan percobaan kedua dan seterusnya perlu untuk menekan tombol reset untuk mereset ulang data yang sudah dimasukkan kembali menjadi nol agar motor induksi tiga fasa akan kembali bekerja ketika tombol *start* ditekan karena sistem bekerja *semi-automatic*

Percobaan kedua untuk mendeteksi arus berlebih maka OCR akan mematikan motor induksi tiga fasa jika data yang dimasukkan pada panel kontrol lebih dari 4 A. Gambar motor induksi tiga fasa mati ketika OCR membaca data lebih dari 4 A pada Gambar 12.

Percobaan ketiga untuk mendeteksi tegangan berlebih maka PFR akan mematikan motor induksi tiga fasa jika data yang dimasukkan pada panel kontrol lebih dari 399 V. Gambar motor induksi tiga fasa mati ketika PFR membaca data lebih dari 399 V pada Gambar 15.

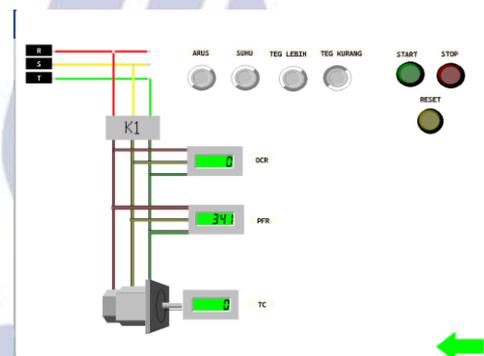


Gambar 12. Motor Induksi Tiga Fasa Mati Ketika OCR Membaca Data Lebih Dari 4 A



Gambar 13. Motor Induksi Tiga Fasa Mati Ketika PFR Membaca Data Lebih Dari 399 V.

Percobaan keempat untuk mendeteksi tegangan kurang maka PFR akan mematikan motor induksi tiga fasa jika data yang dimasukkan pada panel kontrol kurang dari 342 V. Gambar motor induksi tiga fasa mati ketika PFR membaca data kurang dari 342 V pada Gambar 14.



Gambar 14. Motor Induksi Tiga Fasa Mati Ketika PFR Membaca Data Kurang Dari 342 V

Tabel 3. hasil percobaan pada simulasi

No	Tombol Start/Stop	(°C)	(A)	(V)	Motor Bekerja/Motor Tidak Bekerja
1	Start	0	0	0	Bekerja
2	Stop	0	0	0	Tidak Bekerja
3	Start	51	0	0	Tidak Bekerja
4	Start	0	5	0	Tidak Bekerja
5	Start	0	0	400	Tidak Bekerja
6	Start	0	0	341	Tidak Bekerja

Berdasarkan tabel di atas apabila tombol *start* ditekan maka motor listrik bekerja, dan jika tombol *stop* ditekan maka motor listrik tidak bekerja, jika suhu di atas 100 °C maka motor listrik tidak bekerja, jika arus lebih dari 4 A maka motor listrik tidak bekerja, jika tegangan lebih dari 399 V maka motor listrik tidak bekerja, dan jika tegangan kurang dari 342 V maka motor listrik tidak bekerja.

Hasil penelitian ini memperkuat hasil penelitian yang relevan sebelumnya yang berjudul simulasi aplikasi PLC sebagai sistem proteksi arus dan temperature lebih pada motor induksi tiga fasa

(Aulia, dkk, 2021) menyimpulkan bahwa pada penelitian sebelumnya hanya terdapat dua variabel dan simulasi tidak ada data masukkan dan batas setting pada motor listrik.

SIMPULAN

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan dapat diambil simpulan bahwa pada simulasi dapat mendeteksi arus lebih, suhu lebih, tegangan lebih dan tegangan kurang untuk mematikan motor induksi tiga fasa agar terhindar dari kerusakan.

Pada saat tombol *start* ditekan motor listrik bekerja, jika tombol *stop* ditekan motor listrik tidak bekerja, dan tombol *reset* untuk mengatur ulang data masukkan pada motor listrik, saat memasukkan data suhu lebih dari 50°C maka motor listrik akan tidak bekerja, saat memasukkan data arus lebih dari 4 A maka motor listrik tidak bekerja. saat memasukkan data tegangan kurang dari 342 V atau lebih dari 399 V maka motor listrik tidak bekerja.

SARAN

Penulis menyadari bahwa pada simulasi ini dapat dikembangkan lagi. Oleh karena itu saran untuk mengembangkan simulasi ini dengan menggunakan *software factory.io* agar proses simulasi terlihat lebih nyata atau gambar tiga dimensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, Sophia Latifah, Tohir. Toto, dan Kartono. W. 2021. *Simulasi Aplikasi PLC Sebagai Sistem Proteksi Arus dan Temperature Lebih Pada Motor Induksi Tiga Fasa*. Jurnal Polban. Vol. 12.
- Blackburn. J. Lewis dan Domin. Thomas J. 2007. *Protective Relaying Principles dan Applications Third Edition*. CRC Press : Amerika Serikat.
- Darmawansyah, Rosa. M. Khairul Amri, dan Anggra ini. Ika Novia. 2020. *Sistem Proteksi Motor Induksi 3 Fasa Terhadap Berbagai Gangguan Menggunakan Mikrokontroler*. Jurnal amplifier. Vol. 10 (No. 1).
- Dermawan. Erwin dan Nugroho. Dimas. 2017. *Anali A Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Disistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 Kv Jabadeka*. Jurnal Elektum. Vol. 14 (No. 2).
- Hatmojo. Yuwono Indro. 2015. *Programmable Logic Controller*. Makalah. Jurusan Pendidikan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Purwanto. Nurjan Didik, Wiyono. Puji, dan Yusfiar. 2018. *Antisipasi Kerusakan Motor Listrik 3 Fasa Pada Peralatan Laboratorium Pendidikan dan Unit Produksi Sabutret Menggunakan Pengaman Phase Failure Relay*. Jurnal Polinela Vol. 7
- Putra. I Kadek Dwi Artika, Wijaya. Wayan Arta, dan Janardana. I Gusti Ngurah. 2021. *Simulasi Sistem Proteksi Motor Induksi 3 Fasa Terhadap Suplai Tegangan Tidak Seimbang Dengan Metoda Simulink*. Jurnal Spektrum. Vol. 8 (No. 3).
- Sembodo. Budi Prijo dan Rochman. Sagita. 2012. *Studi Perencanaan Proteksi Motor Listrik 3 Fasa*. Jurnal Wahana. Vol. 58. (No. 1).
- Setiawan. Iwan. 2006. *Programmable Logic Controller dan Teknik Perancangan Sistem Kontrol*. Penerbit Andi Yogyakarta : Yogyakarta
- Syukur. Abdul dan Sultan. Andrianto. 2021. *Studi Sistem Proteksi Motor Induksi Di Pabrik PT. Semen Bosowa Maros*. Skripsi. Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Omron Industrial Automation. Product PLC Omron CP1H. <https://industrial.omron.eu/en/products/cp1h> (Diakses pada 10 April 2022)
- Omron Industrial Automation. Product Phase Failure Relay. <https://www.ia.omron.com/products/family/3373> (Diakses pada 10 April 2022)
- Yumpu. Product Over Current Relay. <https://www.yumpu.com/en/document/view/17341142/overcurrent-relay-ras70-3b-industrial-x-supply-coldt-website> (Diakses pada 12 April 2022)