

RANCANG BANGUN PROTEKSI OVER CURRENT RELAY DAN PHASE FAILURE RELAY BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)

Muhammad Abdurrahman 'Arif ¹, Muzni Sahar, S.S.T., M.Eng ², Syahrizal, S.T., M.T. ³, Arif Gunawan, S.T., M.T ⁴.

1234Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknologi Industri, Politeknik Caltex Riau, Pekanbaru 28265, Indonesia

Corresponding Author: abdurrahman21tl@mahasiswa.pcr.ac.id

Riwayat Artikel

Diserahkan : Tanggal, Bulan, Tahun
Diterima : Tanggal, Bulan, Tahun
Direvisi : Tanggal, Bulan, Tahun
Dipublikasi : Tanggal, Bulan, Tahun
Tersedia online: Tanggal, Bulan, Tahun

Abstrak

Alat proteksi yang dirancang ini menggunakan Programmable Logic Controller (PLC) sebagai pusat pengendali sistem pengaman motor tiga fasa. PLC berfungsi menerima sinyal dari dua perangkat proteksi utama, yaitu Over Current Relay (OCR) dan Phase Failure Relay (PFR), untuk kemudian mengatur kondisi hidup atau matinya kontaktor dan lampu indikator secara otomatis. OCR berfungsi mendeteksi arus lebih pada sistem dan terbukti mampu mengenali arus sebesar 12,5 A serta memberikan perintah pemutusan arus dalam waktu 2,5 detik. Sementara itu, PFR bertugas memantau kestabilan tiga fasa (R, S, T) dan akan mengirim sinyal ke PLC jika salah satu fasa hilang, agar motor segera dimatikan untuk mencegah kerusakan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa PLC bekerja dengan baik dan stabil sebagai pusat kontrol, serta dapat diandalkan dalam mengelola sistem proteksi motor secara otomatis dan responsif terhadap kondisi gangguan listrik.

Kata Kunci: PLC, Over Current Relay (OCR), Phase Failure Relay (PFR), Proteksi Motor, Motor 3 Fasa, Kontaktor, Arus Lebih, Kehilangan Fasa, Otomatisasi.

Abstract

The protection device developed in this project utilizes a Programmable Logic Controller (PLC) as the central control unit for a three-phase motor protection system. The PLC receives signals from two main protective components: the Over Current Relay (OCR) and the Phase Failure Relay (PFR), then automatically controls the activation of the contactor and indicator lamps. The OCR successfully detects overcurrent conditions at 12.5 A and sends a signal to the PLC to disconnect the circuit within 2.5 seconds. Meanwhile, the PFR monitors the stability of the three phases (R, S, T) and sends a signal to the PLC to deactivate the contactor if any phase is lost. Test results show that the PLC performs reliably and effectively as a central controller, ensuring stable and responsive motor protection against electrical faults.

Keywords: PLC, Over Current Relay (OCR), Phase Failure Relay (PFR), Motor Protection, Three-Phase Motor, Contactor, Overcurrent, Phase Loss, Automation.

1. Pendahuluan

Over Current Relay dirancang untuk melindungi perangkat dari kerusakan yang disebabkan oleh arus berlebih. Arus berlebih, yang dapat terjadi akibat kondisi seperti korsleting atau beban berlebih, berpotensi merusak peralatan dan menyebabkan kegagalan sistem. Over Current Relay bekerja dengan memantau arus yang mengalir dalam sistem dan secara otomatis memutuskan aliran listrik ketika arus melebihi batas yang telah ditentukan, sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan lebih lanjut.

Sementara itu, Phase Failure Relay (PFR) berfungsi untuk melindungi sistem tiga fasa dari gangguan kegagalan fasa yang dapat menimbulkan ketidakseimbangan beban dan kerusakan pada peralatan. Kegagalan fasa, yang bisa disebabkan oleh terputusnya salah satu kabel fasa atau gangguan pada sumber daya, berisiko menyebabkan operasi peralatan menjadi tidak stabil hingga mengalami kerusakan serius. Phase Failure Relay mendeteksi hilangnya satu atau lebih fasa dan secara otomatis memutuskan aliran listrik untuk menghindari kerusakan pada peralatan yang terhubung.

Dengan mengkoordinasikan proteksi Over Current Relay dan Phase Failure Relay ke dalam sistem monitoring berbasis Programmable Logic Controller (PLC), proses pemantauan dan pengendalian terhadap kondisi kelistrikan menjadi lebih efektif. Sistem ini mampu memberikan respon yang cepat terhadap kondisi abnormal serta memastikan tingkat perlindungan yang lebih optimal bagi motor induksi tiga fasa maupun peralatan listrik lainnya dalam lingkungan industri.

2. Metode

Penelitian ini terdapat beberapa tahapan yaitu studi literatur, perancangan sistem, realisasi sistem, pengujian dan analisa. Pada bab ini akan menguraikan setiap tahapan secara rinci.

2.1 Studi Literatur

(Yuda, Budiarta, & R, 2018) Penelitian ini membuat “Rancang Bangun Sistem Kontrol Jarak Jauh Pada Motor Induksi 1 Fasa Menggunakan Wireless Untuk Pengaman dari Arus Listrik AC (Alternating Current) Berlebih” Tujuan dari jurnal tersebut adalah untuk membahas rancang bangun dan pengujian sistem kontrol jarak jauh pada motor induksi 1 fasa menggunakan sensor arus, mikrokontroler Arduino, modul nirkabel, dan smartphone. Sistem ini dirancang untuk mengontrol dan memonitor listrik motor, termasuk pengamanan dari arus listrik AC yang berlebih, serta memastikan alat berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan.

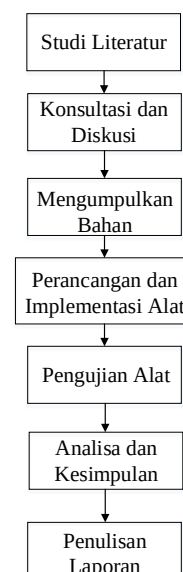
(Daud, 2019) Penelitian ini membuat Rancang Bangun Modul Proteksi Arus Beban Lebih dan Hubung Singkat. Hasil dari perancangan penelitian ini yang dapat di ambil, Rele proteksi arus lebih untuk motor 3 fasa bekerja dengan baik sesuai dengan setting arus yang diatur. Alat proteksi ini

menggunakan sensor arus, modul relay, LCD, kontrol dan indikator, serta modul Arduino UNO. Pengujian yang dilakukan dengan variasi beban dan arus setting menunjukkan bahwa rele proteksi memiliki waktu tunda 200 ms dan kurva karakteristik menunjukkan kinerja yang baik dengan waktu kerja yang singkat.

(Amirullah, 2021) melakukan penelitian tentang Analisa Sistem Proteksi Over Current Relay Pada Motor Draft Fan Sisi Sekunder (6kV) di PLTU Keban Agung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sistem proteksi over current relay pada motor draft fan sisi sekunder (6kV) di PLTU Keban Agung dan memastikan bahwa setting relay yang terpasang masih bekerja dalam batas toleransinya.

(Zulfarhain, Supriyanto, & Hikmat, 2022) Penelitian yang akan dilakukan berjudul Proteksi Arus Lebih Gangguan Fasa dan Gangguan Tanah Untuk Simulator Koordinasi Proteksi Pada Transformator Tenaga. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang proteksi arus lebih untuk simulator koordinasi proteksi pada transformator tenaga. Penelitian ini menggunakan relai arus lebih (OCR) dan relai gangguan tanah (GFR) sebagai metode proteksi arus lebih. Dengan merancang proteksi yang tepat, penelitian ini bertujuan untuk memastikan bahwa transformator tenaga dapat terlindungi secara efektif dari gangguan arus lebih. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setting yang tepat untuk OCR dan GFR sangat penting agar relai ini dapat bekerja secara efektif dalam melindungi transformator tenaga dari gangguan arus lebih.operasional.

2.2 Perancangan



Gambar 1 Alur Penelitian

2.2.1 Alur Penelitian

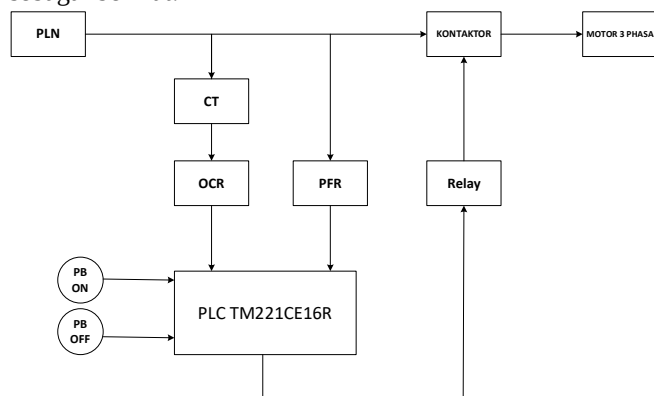
Pada alur pengerjaan penelitian dimulai dari studi literatur. Pada tahap ini dilakukan pembelajaran terhadap buku-buku jurnal dan paper penelitian terdahulu yang dapat dijadikan

referensi dalam pembuatan proyek akhir ini. Kemudian melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing dan juga berdiskusi dengan orang yang mengerti di bidang terkait agar mendapatkan masukan masukan yang dapat dijadikan pertimbangan dalam proyek akhir ini. Setelah itu mengumpulkan bahan-bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan proyek akhir ini yaitu komponen dan alat-alat serta kebutuhan untuk pembuatan Rancang Bangun Proteksi Over Current Relay dan Phase Failure Relay Berbasis Programmable Logic Controller (PLC), Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan telah terkumpul, selanjutnya dilakukan perancangan untuk mengimplementasikan alat proyek akhir ini. Setelah setiap bagian sistem ini dirancang dan diimplementasikan, kemudian tiap bagian dirangkai menjadi sistem yang utuh, kemudian metode pengujian dilakukan. Setelah itu maka dilakukan pengambilan data hasil pengujian untuk dapat dianalisis dan diambil kesimpulan. Selanjutnya langkah terakhir yaitu menyusun laporan proyek akhir Cara Mengutip Daftar Pustaka

Penulisan daftar pustaka mengikuti format IEEE. Daftar pustaka ditunjukkan dengan penulisan nomor rujukan yang diletakkan di akhir kalimat. Nomor rujukan harus ditulis berurutan di dalam tanda kurung siku (misalnya [1]). Pengacuan beberapa rujukan dapat dilakukan seperti contoh berikut ini: [1, 2], [2-4] atau [2-4, 6] untuk nomor artikel yang tidak berurutan. Utamakan penggunaan pustaka terbaru yang terbit dalam kurun waktu 10 tahun terakhir. Jumlah minimal pustaka adalah 10. Sitasi dan penulisan daftar pustaka dapat menggunakan aplikasi manajemen referensi seperti Zotero atau Mendeley.

2.2.2 Diagram Blok

Rancang Bangun Proteksi Over Current Relay dan Phase Failure Relay Berbasis Programmable Logic Controller (PLC), dapat dilihat cara kerjanya melalui diagram blok sebagai berikut:



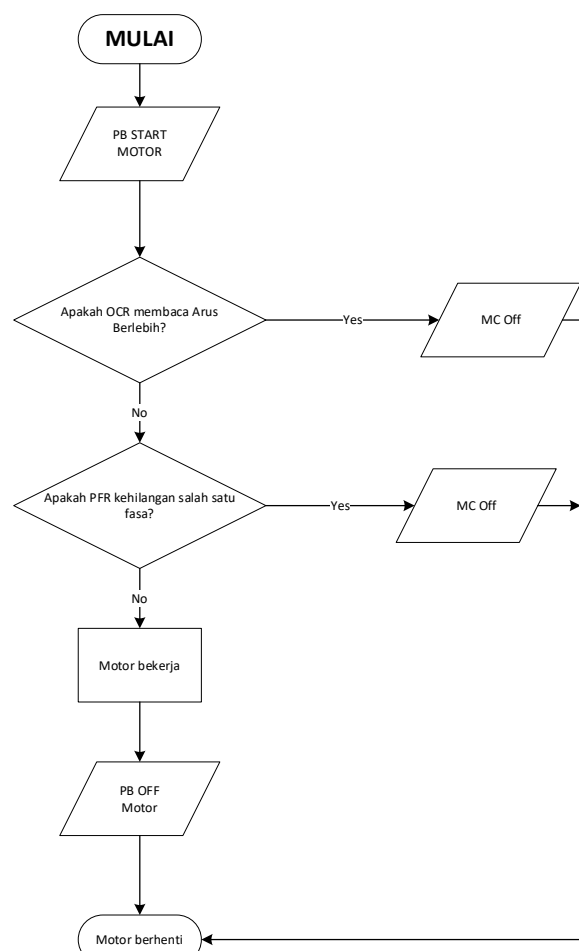
Gambar 2 Blok Diagram

Blok Diagram yang ditampilkan pada Gambar 3.2, menggambarkan sistem kontrol untuk motor tiga fasa yang terhubung dengan sumber listrik PLN. Sumber listrik ini disalurkan ke berbagai komponen, termasuk Current Transformer (CT) yang mengukur arus dalam sistem. Arus yang terdeteksi oleh CT kemudian dipantau oleh Over Current Relay (OCR), yang berfungsi mendeteksi jika arus melebihi batas yang ditentukan. Jika terdeteksi arus berlebih, OCR akan mengirimkan sinyal untuk melindungi sistem dengan memutus daya, sehingga mencegah kerusakan pada motor.

Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan Phase Failure Relay (PFR), yang bertugas mendeteksi kegagalan atau ketidakseimbangan fasa serta urutan fasa dengan benar. PFR memastikan bahwa semua tiga fasa listrik berfungsi dengan benar. Sinyal dari OCR dan PFR dikirim ke Programmable Logic Controller (PLC), dalam hal ini model TM221CE16R, yang mengontrol keseluruhan sistem. PLC ini menerima input dari sensor dan relay, memproses data, dan kemudian mengontrol output seperti mengaktifkan atau menonaktifkan kontaktor, yang berfungsi sebagai saklar untuk motor tiga fasa. Push Button (PB) ON/OFF yang terhubung ke PLC memungkinkan pengoperasian sistem secara manual, memberikan kontrol langsung untuk menyalakan atau mematikan motor induksi 3 fasa. Relay dalam sistem ini berfungsi memberikan sinyal kontrol tambahan, memastikan bahwa motor tiga fasa beroperasi sesuai dengan kondisi yang aman dan diinginkan. Dengan demikian, diagram ini menunjukkan bagaimana berbagai komponen bekerja bersama untuk melindungi dan mengendalikan operasi motor tiga fasa dalam sistem kelistrikan.

2.2.3 Flowchart

Flowchart dari Rancang Bangun Proteksi Over Current Relay dan Phase Failure Relay Berbasis Programmable Logic Controller (PLC):



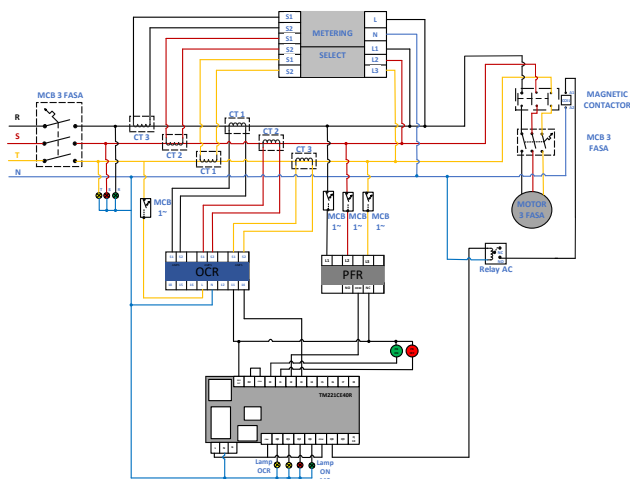
Gambar 3 Flowchart

Pada Flowchart di atas menggambarkan proses kerja sistem kontrol motor tiga fasa dengan langkah-langkah yang berlanjut. Proses dimulai dengan menekan tombol start (PB START MOTOR), yang mengaktifkan sistem. Selanjutnya, sistem

memeriksa apakah Over Current Relay (OCR) mendeteksi arus berlebih. Jika OCR mendeteksi arus berlebih, sistem akan mematikan motor (MC Off) untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Jika tidak ada arus berlebih, sistem kemudian memeriksa apakah Phase Failure Relay (PFR) mendeteksi kehilangan salah satu fasa. Kehilangan fasa bisa menyebabkan ketidakseimbangan dan potensi kerusakan pada motor. Jika PFR mendeteksi kehilangan fasa, motor juga akan dimatikan. Namun, jika tidak ada masalah yang terdeteksi oleh OCR atau PFR, motor akan terus bekerja secara normal. Pengguna dapat mematikan motor secara manual dengan menekan tombol PB OFF Motor, yang kemudian menghentikan operasi motor. Flowchart ini menunjukkan bagaimana sistem kontrol motor dirancang untuk melindungi perangkat dari kerusakan akibat arus berlebih atau kegagalan fasa, sekaligus memungkinkan kontrol manual melalui tombol start dan stop.

2.2.4 Perancangan Desain Rangkaian

Pada perancangan ini PLC bertanggung jawab untuk menerima sinyal dari OCR dan PFR untuk memprosesnya, untuk rangkaian dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4 Gambar Rangkaian

Berdasarkan perancangan pada Gambar 4 yaitu gambar rangkaian, sistem proteksi motor tiga fasa berbasis PLC ini menggabungkan dua perangkat utama, yaitu Over Current Relay (OCR) dan Phase Failure Relay (PFR), untuk memberikan perlindungan terhadap kondisi abnormal seperti arus lebih dan kehilangan salah satu fasa. Tegangan tiga fasa (L1, L2, L3) terlebih dahulu dialirkan melalui Current Transformer (CT) yang bertugas membaca arus di setiap fasa. Hasil pengukuran ini kemudian diteruskan ke OCR, yang akan mendeteksi apabila terjadi kelebihan arus. Jika nilai arus melebihi ambang batas yang telah disetel, OCR akan memberikan sinyal ke input PLC sebagai indikator gangguan. Di sisi lain, PFR dipasang langsung pada ketiga jalur fasa dan berfungsi memonitor kestabilan tegangan antar fasa. Apabila terdeteksi adanya fasa yang hilang atau tidak seimbang, PFR akan mengirimkan sinyal peringatan ke PLC. PLC kemudian memproses kedua jenis sinyal dari OCR dan PFR serta

mengatur kerja dari kontaktor magnetik (MC). Saat kondisi sistem normal, PLC akan mengaktifkan kontaktor sehingga motor dapat beroperasi. Sebaliknya, jika ditemukan gangguan, PLC secara otomatis akan memutuskan daya ke motor untuk mencegah kerusakan. Selain itu, PLC juga mengendalikan dua indikator lampu; hijau menandakan motor aktif, sedangkan merah menunjukkan adanya gangguan.

Sebagai tambahan, sistem ini dilengkapi dengan modul metering dan selector switch untuk keperluan pemantauan manual oleh teknisi. Secara umum, rangkaian ini memungkinkan perlindungan otomatis terhadap motor tiga fasa dengan mengandalkan kontrol logika dari PLC yang menerima input dari perangkat pendeteksi gangguan. Dengan pendekatan ini, keandalan sistem meningkat dan risiko kerusakan pada peralatan listrik dapat diminimalisir.

3. Pengujian Data dan Hasil

3.1 Pengujian Arus Lebih dengan Menggunakan Beban Motor 3 Phase

Pada Pengujian Arus Lebih dengan Menggunakan Beban Motor 3 Phase dapat menggunakan Over Current Relay Cromphton, Relay ini akan aktif apabila arus melewati batas arus pengaturan pada relay dan batas waktu delay nya.

Cara mengatur relay ini mengubah setingan arusnya menjadi 40% dan mengatur delay nya menjadi 2.5 s dengan memutar tuas yang tertera bagian depan OCR sehingga 40% di OCR akan membaca dengan CT yang sudah kita tentukan yaitu 30/5 A. Pada delay OCR di setingan 2.5s akan memproteksi didalam waktu yang sudah di tentukan. Pengambilan data ini bertujuan untuk membuktikan kebenaran dari teori yang sudah kita hitung. Berikut data yang di tampilkan:

Tabel 1 Tabel Data Pengujian Over Current VAF Metering

No	Waktu (s)	Setting Arus(%)	Setting Arus(A)	Setting Time	Data Pengujian Over Current		
					Arus Load VAF Metering (A)	Over Current Relay	Status
1	0	40%	12.0	2.5 s	0.0	Tidak Aktif	Normal
	7	40%	12.0	2.5 s	3.6	Tidak Aktif	Normal
	13	40%	12.0	2.5 s	3.7	Tidak Aktif	Normal
	17	40%	12.0	2.5 s	8.0	Tidak Aktif	Normal
	22	40%	12.0	2.5 s	8.1	Tidak Aktif	Normal
	28	40%	12.0	2.5 s	12.4	Tidak Aktif	Normal
	31	40%	12.0	2.5 s	12.5	Aktif	Arus Berlebih
	32	40%	12.0	2.5 s	0.0	Aktif	Trip

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian relay arus lebih saat motor dinyalakan dengan cara melihat dari metering. Tujuannya untuk melihat apakah relay bekerja saat arus melebihi batas. Pada detik ke-0, sistem belum diberi beban sehingga motor belum menyala dan arus yang terbaca adalah 0 A. Artinya, sistem masih dalam kondisi diam dan relay proteksi belum aktif. Ketika masuk ke detik ke-7 hingga 13, motor 7,5 HP dinyalakan, tapi tidak diberikan beban kerja. Arus yang tercatat hanya sekitar 3,7 A, lebih rendah dari arus nominalnya (10,6 A). Karena arus ini belum melewati batas setting dan tidak berlangsung cukup lama, maka relay tidak aktif.

Kemudian, pada detik ke-17 sampai 22, motor yang sama dinyalakan kembali dengan kondisi tanpa beban. Arus naik menjadi sekitar 8 A, kemungkinan karena arus awal saat motor menyala. Namun karena arus tinggi ini tidak berlangsung lama, relay tetap tidak aktif dan sistem dianggap normal.

Selanjutnya, pada detik ke-28 sampai 31, motor 5 HP

digunakan. Walaupun tanpa beban, arus yang terbaca cukup tinggi, yaitu 12,4 A dan naik menjadi 12,5 A. Karena arus ini melewati batas setting dan bertahan lebih dari 2,5 detik, relay akhirnya aktif di detik ke-31. Ini menunjukkan adanya arus lebih dan pada detik 32 sistem berhasil mendeteksinya dan motor berhenti.

Tabel 2 Tabel Data Pengujian Over Current Tang Ampere

Data Pengujian Over Current						
No	Waktu (s)	Setting Arus (%)	Setting Arus (A)	Setting Time	Arus Load Alat Ukur (A)	Status
2	0	40%	12.0	2.5 s	0.00	Normal
	6	40%	12.0	2.5 s	3.76	Tidak Aktif
	9	40%	12.0	2.5 s	3.79	Tidak Aktif
	12	40%	12.0	2.5 s	7.65	Tidak Aktif
	15	40%	12.0	2.5 s	7.70	Tidak Aktif
	17	40%	12.0	2.5 s	12.55	Tidak Aktif
	20	40%	12.0	2.5 s	12.52	Aktif
	21	40%	12.0	2.5 s	0.00	Aktif
						Trip

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian relay arus lebih dengan motor 3 phase yang sama seperti sebelumnya. Arus diukur menggunakan tang ampere, dan hasilnya menunjukkan peningkatan arus hingga melewati batas setting. Relay aktif saat arus lebih bertahan sesuai waktu tunda yang telah ditetapkan. Pada awal pengujian (0 detik), motor belum dinyalakan sehingga arus masih 0 A dan relay dalam kondisi tidak aktif. Mulai detik ke-6 hingga 15, motor dinyalakan namun tetap tanpa beban mekanis, sehingga arus beban yang terbaca bertahap naik dari 3,76 A hingga 7,70 A, masih dalam kondisi aman dan relay tidak aktif.

Namun pada detik ke-17, arus tiba-tiba melonjak menjadi 12,55 A yang melebihi ambang batas setting (sekitar 12 A). Meski pada saat itu relay belum langsung aktif, karena masih berada dalam waktu tunda (2,5 detik). Akhirnya, pada detik ke-20, arus masih tinggi (12,52 A), dan relay aktif, menandakan kondisi arus berlebih telah terdeteksi pada detik ke-21 sehingga motor berhenti.

Tabel 3 Monitoring Arus Berlebih

Monitoring Arus Berlebih		
VAF Metering	Alat Ukur	Selisih Arus (%)
3.6 A	3.76 A	4.44%
3.7 A	3.79 A	2.43%
8.0 A	7.65 A	4.38%
8.1 A	7.70 A	4.94%
12.4 A	12.55 A	1.21%
12.5 A	12.52 A	0.16%

Cara menentukan selisih arus dari Tabel 3 sebagai berikut:

$$\text{Selisih Arus (\%)} = \left| \frac{\text{VAF Metering} - \text{Alat Ukur}}{\text{Alat Ukur}} \right| \times 100$$

$$\text{Selisih Arus (\%)} = \left| \frac{3.6 - 3.76}{3.76} \right| \times 100 = 4.44\%$$

Menghitung selisih arus dalam persen berguna untuk mengetahui seberapa besar arus beban melebihi batas setting relay. Nilai ini membantu memperkirakan seberapa serius kondisi arus lebih yang terjadi dan seberapa cepat relay akan merespons. Selain itu, selisih ini juga penting untuk evaluasi sistem proteksi, agar dapat dipastikan relay bekerja sesuai pengaturan.

3.2 Data Pengujian Phase Failure Relay

Pada pengujian kehilangan phasa terhadap motor, tujuan

utama adalah untuk mengetahui apakah sistem rangkaian kontrol berbasis PLC dapat berfungsi dengan baik dalam memantau kehilangan pada ketiga fasa motor. Berikut merupakan gambar saat dilakukan pengujian kehilangan phasa motor:

Tabel 4 Tabel Pengujian PFR

Data Pengujian PFR						
No	Kondisi Input Tegangan			Status Phase Failure	Status Motor 3 Phase	Keterangan
	R	S	T			
1	227	230	231	Normal	Hidup	Fasa Lengkap
2	0	231	230	Scarcity	Mati	Kehilangan Fasa R
3	228	0	231	Scarcity	Mati	Kehilangan Fasa S
4	227	230	0	Scarcity	Mati	Kehilangan Fasa T
5	0	0	231	Scarcity	Mati	Kehilangan Fasa R.S
6	0	230	0	Scarcity	Mati	Kehilangan Fasa R.T
7	227	0	0	Scarcity	Mati	Kehilangan Fasa S.T
8	0	0	0	Scarcity	Mati	Kehilangan Fasa R.S.T

Data Pengujian PFR							
No	MCB			Kontaktor	Tampilan SoMachine PLC		Status
	R	S	T		Sesuai	Tidak Sesuai	
1	1	1	1	Aktif	√	⊗	Motor Hidup
2	0	1	1	Tidak Aktif	√	⊗	PFR aktif, Motor Mati
3	1	0	1	Tidak Aktif	√	⊗	PFR aktif, Motor Mati
4	1	1	0	Tidak Aktif	√	⊗	PFR aktif, Motor Mati
5	0	0	1	Tidak Aktif	√	⊗	PFR aktif, Motor Mati
6	0	1	0	Tidak Aktif	√	⊗	PFR aktif, Motor Mati
7	1	0	0	Tidak Aktif	√	⊗	PFR aktif, Motor Mati
8	0	0	0	Tidak Aktif	√	⊗	PFR aktif, Motor Mati

Dari hasil pengujian pada tabel 4, bisa dilihat bahwa alat Phase Failure Relay (PFR) tipe TG30s dapat bekerja dengan baik saat terjadi kehilangan salah satu atau lebih fasa pada motor tiga fasa. Saat semua fasa (R, S, dan T) mendapat tegangan normal, motor bisa hidup dan PFR menunjukkan kondisi normal. Tapi, ketika salah satu fasa dimatikan (misalnya fasa R = 0 Volt), PFR langsung mendeteksi ada fasa yang hilang dan motor pun mati secara otomatis. Hal ini menunjukkan bahwa PFR bisa mendeteksi gangguan dengan cepat dan langsung memberikan perlindungan pada motor.

Selain itu, pengujian juga menunjukkan bahwa tampilan pada SoMachine PLC sesuai dengan kondisi yang terjadi. Jika motor hidup, maka lampu indikator menyala hijau dan PLC menampilkan status motor hidup. Sebaliknya, saat terjadi kehilangan fasa, PFR aktif, motor mati, lampu indikator berubah jadi kuning, dan PLC menunjukkan bahwa motor dalam keadaan mati. Artinya, tampilan di PLC dan indikator lampu bekerja sesuai dengan kondisi sebenarnya.

Dari semua hasil pengujian ini, bisa disimpulkan bahwa sistem proteksi dengan PFR yang dirancang sudah bekerja dengan baik. Alat ini bisa mendeteksi gangguan fasa dengan cepat, mematikan motor saat terjadi gangguan, dan memberikan informasi yang jelas lewat PLC dan lampu indikator. Sistem ini sangat membantu untuk menjaga motor tetap aman dari kerusakan akibat kehilangan fasa.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan data dan analisa yang telah dilakukan pada Rancang Bangun Proteksi Over Current Relay Phase Failure Relay berbasis Programmable Logic Controller (PLC).Maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat proteksi yang dibuat berhasil menjalankan fungsi PLC sebagai pusat pengontrol, yang menerima sinyal dari OCR dan PFR, lalu mengatur hidup-matinya kontaktor dan lampu indikator secara otomatis.
2. Over Current Relay (OCR) mampu mengenali saat arus melebihi yaitu 12.5 A, lalu memberi perintah ke PLC untuk memutuskan arus dalam waktu 2.5 s.

3. Phase Failure Relay (PFR) bekerja untuk mendeteksi jika ada salah satu fasa R,S atau T yang hilang, PFR mengirim sinyal ke PLC agar relay dapat memutus kontaktor.
4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa PLC mampu bekerja sebagai relay yang stabil terhadap 2 proteksi yang andal menjaga motor 3 fasa.

4.2 Saran

Beberapa saran untuk pengembangan dan penyempurnaan sistem ini antara lain:

1. Akan lebih baik jika alat ini dilengkapi dengan layar HMI atau LCD, agar operator bisa lebih mudah melihat kondisi arus dan status fasa memudahkan dalam monitoring.
2. Disarankan untuk menambahkan UPS (cadangan listrik) agar PLC tetap menyala jika listrik utama tiba-tiba padam, supaya sistem tetap bisa melindungi.
3. Penambahan fitur proteksi lebih lanjut, misalnya proteksi terhadap *undercurrent*, *frequency* dapat meningkatkan keamanan sistem secara menyeluruh.

Daftar Pustaka

- [1]. Aceng Daud. 2019. Rancang Bangun Modul Proteksi Arus Beban Lebih Dan Hubung Singkat. Jurnal Teknik Energi, Volume 9 Nomor 1.
- [2]. Amirullah. 2021. Analisa Sistem Proteksi Over Current Relay Pada Motor Draft Fan Sisi Sekunder (6kv) Di Pltu Keban Agung. JTERAF (Jurnal Teknik Elektro Raflesia).Vol 1, No 2, Tahun 2021, Politeknik Raflesia.
- [3]. Chandra Purianto Juwono, Joko, Bambang Suprianto, Endryansyah. 2022. Simulasi Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa Terhadap Gangguan Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC) Omron CP1H Berbasis Cx-Programmer 9.6. Jurnal Teknik Elektro. Volume 11 Nomor 03 Tahun 2022, 409-415
- [4]. Muhammad Maulana Zulfarhain, Supriyanto, Yudi Prana Hikmat. 2022. Proteksi Arus Lebih Gangguan Fasa dan Gangguan Tanah Untuk Simulator Koordinasi Proteksi Pada Transformator Tenaga. Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung, 13-14 Juli 2022.
- [5]. Ramadhan Rangga Yuda, Usman Budiarta, Tumpal Ojahan R. 2018. Rancang Bangun Sistem Kontrol Jarak Jauh Pada Motor Induksi 1 Fasa Menggunakan Wireless Untuk Pengaman Dari Arus Listrik Ac (Alternating Current) Berlebih. Jurnal Mahasiswa Teknik Volume 1 Nomor 1.
- [6]. Pratama, G. (2022, Agustus 12). Apa Itu Unbalance Voltage? Retrieved from Si Paling Elektro:<https://sipalingelektro.com/apa-itu-unbalancevoltage/>.
- [7]. Bima Awaluddin Amri, D. S. (2020). Open Phase Transformator Protection (OPTP) Sebagai Sistem Proteksi Ketidakseimbangan Sisi Sekunder Transformator. JMTE, 1-9.
- [8]. ALKINDI, M. K. (2018). PERANCANGAN ALAT DETEKTOR KEGAGALAN FASA SEBAGAI PROTEKSI BEBAN 3 FASA. Jurnal UMSU.
- [9]. Osea Zebua, E. K. (2021). Rancang Bangun Alat Monitoring Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi Berbasis Internet of 46.
- [10]. Things. ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, 146-152.

