Jurnal MOSFET
Vol. 06 No. 02, Juli – Desember 2026, pp. 86-96, eISSN: 2775-5274
http://jurnal.umpar.ac.id/index.php/jmosfet
DOI: https://doi.org/10.31850/jmosfet.v6i2.4576

Studi Eksperimental Prototipe Sistem Proteksi Motor Listrik 3 Fasa berbasis Programmable Logic Controller (PLC)

Fatmawati Azis[1*], Syahrul Mustafa[2]

[1,2]Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Bosowa, Makassar, Indonesia
*Email: *fatmawati.azis@politeknikbosowa.ac.id*

Abstract: Three-phase induction motors are widely used as primary driving machines in industrial applications due to their simple construction, high efficiency, and relatively low maintenance requirements. However, three-phase induction motors are susceptible to various faults, such as overcurrent, overvoltage, undervoltage, phase loss, phase reversal, and overtemperature, which may cause severe damage to the motor. This study aims to design and develop a PLC-based protection system for a three-phase induction motor using the Mitsubishi FX3U-14MR PLC as the main controller, the EOCR-DS3 as the overcurrent protection device, the CHINT XJ3-D as the voltage and phase protection relay, and the REX-C100 Temperature Controller for motor temperature monitoring.The research employed an experimental method involving the design of a control panel, integration of protection devices, PLC programming, and system testing under various fault conditions. The overvoltage test results showed that the protection relay generated a trip signal when the average three-phase (R-S-T) voltage reached 402 V with the overvoltage setting adjusted to 400 V. The relay also generated a trip signal when the average three-phase voltage reached 403 V with the overvoltage setting adjusted to 415 V. In the undervoltage tests, the relay generated a trip signal when the three-phase voltage dropped to 372 V with the undervoltage setting at 380 V, and when the voltage decreased to 359 V with the undervoltage setting at 360 V. The phase loss tests on phases R, S, and T demonstrated that the protection relay successfully detected the loss of each phase based on the measured voltage conditions. The test results indicate that all protection devices and sensors operated properly and successfully detected fault conditions according to the predetermined settings. Therefore, the proposed three-phase induction motor protection system based on PLC was proven to function effectively and can improve the reliability and operational safety of the motor.

Keywords: three-phase; induction motor; protection; PLC

1. PENDAHULUAN

Motor induksi tiga fasa merupakan salah satu jenis motor listrik yang banyak digunakan sebagai penggerak utama berbagai peralatan di sektor industri, seperti pompa, kompresor, konveyor, blower, dan mesin produksi lainnya (Muhammad Iqbal Naufal & Irwanto Irwanto, 2023). Penggunaan motor induksi tiga fasa yang luas didukung oleh konstruksinya yang sederhana, memiliki efisiensi yang baik, serta biaya perawatan yang relatif rendah sehingga mampu beroperasi secara kontinyu dalam berbagai proses industri. Meningkatnya penggunaan motor induksi pada berbagai proses industri, keandalan operasinya menjadi aspek yang sangat penting untuk diperhatikan (Sijabat et al., 2025), oleh karena itu, diperlukan sistem proteksi yang mampu menjaga motor tetap

beroperasi secara aman sehingga keandalan operasi motor dapat dipertahankan dan risiko kerusakan dapat diminimalkan (Sawidin et al., n.d.).

Pengoperasian motor induksi tiga fasa tidak lepas dari berbagai gangguan kelistrikan maupun gangguan termal, seperti arus lebih (*overcurrent*), kehilangan salah satu fasa (*phase failure*), ketidak seimbangan tegangan (*voltage unbalance*), serta kenaikan suhu motor yang berlebihan (*overtemperature*). Gangguan-gangguan tersebut dapat menyebabkan peningkatan arus, kenaikan temperatur, penurunan performa motor, hingga kerusakan pada belitan motor, hingga kerusakan lilitan apabila tidak segera ditangani. Adanya gangguan-gangguan tersebut sehingga diperlukan sistem proteksi yang mampu mendeteksi kondisi abnormal secara cepat dan tepat sehingga kerusakan motor dapat dicegah (Gunawan & Sahar, 2024).

Kerusakan motor induksi tiga fasa akibat berbagai gangguan dapat direduksi dengan sistem proteksi yang terdiri atas beberapa perangkat sesuai dengan jenis gangguan yang terjadi. *Over Current Relay* (OCR) digunakan untuk mendeteksi arus lebih dan memberikan sinyal proteksi apabila arus melebihi nilai yang telah ditentukan. Selain itu, *Phase failure relay* (PFR) berfungsi mendeteksi kehilangan fasa, kesalahan urutan fasa, ketidakseimbangan tegangan, serta kondisi tegangan lebih dan tegangan kurang. Sementara itu, *Temperature Controller* digunakan untuk memantau suhu motor dan memberikan sinyal proteksi apabila suhu melebihi batas yang telah ditetapkan. Penggunaan beberapa perangkat proteksi tersebut bertujuan untuk menjaga motor tetap beroperasi secara aman serta mengurangi risiko kerusakan akibat gangguan kelistrikan maupun kenaikan suhu (Komang et al., 2024).

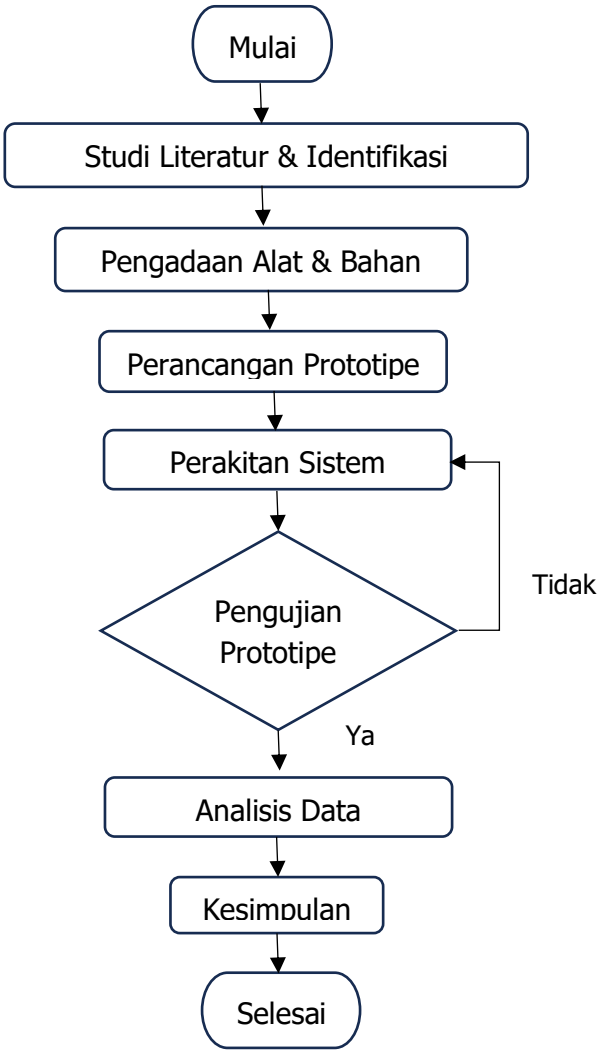
Perkembangan teknologi otomasi industri mendorong penerapan PLC sebagai pusat pengendali dalam sistem proteksi motor induksi tiga fasa. PLC mampu menerima sinyal dari berbagai perangkat proteksi, memprosesnya berdasarkan program yang telah dirancang, kemudian mengendalikan perangkat keluaran sesuai dengan kondisi gangguan yang terdeteksi. Dengan kemampuan tersebut, PLC dapat mengintegrasikan berbagai perangkat proteksi ke sistem sehingga proses pengendalian menjadi lebih terstruktur, mudah dipantau, dan lebih fleksibel untuk dikembangkan sesuai kebutuhan sistem proteksi motor (Buwarda et al., 2023).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem proteksi motor induksi tiga fasa berbasis PLC yang mengintegrasi OCR dan PFR dapat meningkatkan keandalan serta keamanan pengoperasian motor listrik. Selain itu, penambahan proteksi suhu menggunakan sensor atau *Temperature Controller* dapat memberikan perlindungan tambahan terhadap kerusakan motor akibat panas berlebih yang tidak selalu terdeteksi oleh proteksi arus (Buwarda et al., 2023).

Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini focus pada studi karakteri sistem proteksi motor 3 fasa berbasis PLC dengan memanfaatkan OCR, PFR, serta proteksi suhu. Sistem yang dirancang diharapkan mampu memperlihatkan karakteristik parameter tegangan, arus, serta suhu saat beroperasi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini berdasarkan studi eksperimental pembuatan alat penelitian berupa sistem proteksi motor 3 fasa berbasis PLC. Lokasi penelitian dan proses perancangan alat hingga pembuatan alat yang berkaitan dengan penelitian pengerjaannya di dalam area kampus politeknik bosowa yang berlokasi di JL. Kapasa Raya No.23 Kec. Tamalanrea, Kota Makassar Sulawesi Selatan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Diagram alir penelitian dimulai dari studi literatur dan identifikasi masalah selanjutnya pengadaan alat dan bahan. Perancangan hardware dan software PLC serta perakitan sistem dilakukan secara berturut-turut. Pengujian alat dilakukan setelah perakitan sistem, jika berhasil maka akan lanjut ke analisis data dan Kesimpulan.



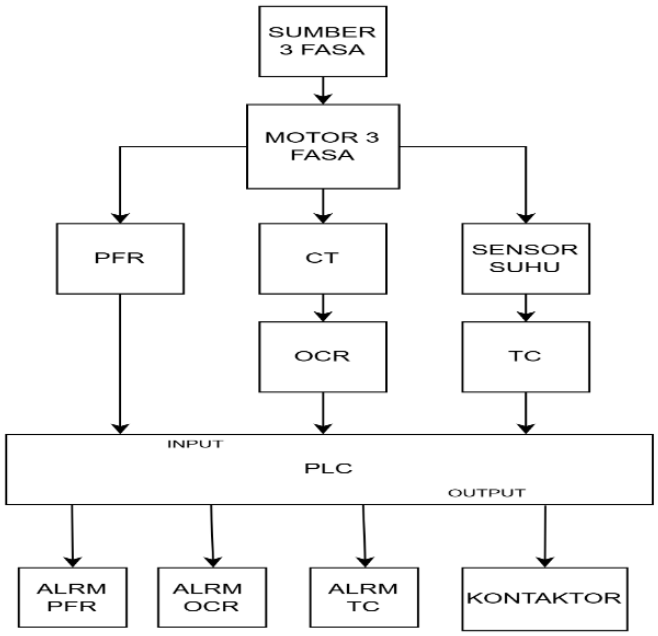
Gambar 1. Diagram alir penelitian

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator ke kumparan rotornya. Bila kumparan stator motor induksi 3 fasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3 fasa, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis-garis gaya fluks (φ) yang diinduksikan dari

kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul *electro motif force* atau gaya gerak Listrik (ε) dalam satuan volt yang dapat dilihat pada Persamaan 1, dimana N adalah jumlah lilitan, $d\varphi$ adalah perubahan fluks dalam satuan weber dan perubahan waktu dt dalam satuan sekon.

$$\varepsilon = -N\frac{d\varphi}{dt}$$

Diagram blok dan pengawatan prototipe masing-masing dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. CT adalah singkatan dari *current* trafo, sedangkan TC adalah *temperature control*. Diagram blok memperlihatkan secara runut instalasi hardware dan Software PLC. Prosesnya dimulai dari sumber arus 3 fasa sebagai input dari motor 3 fasa yang dihubungkan ke PFR, CT dan sensor suhu. Output PFR sebagai input PLC dan seterusnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Penelitian

PLC digunakan untuk mengelola sinyal masukan dari perangkat proteksi, yaitu OCR, PFR, dan TC. PLC akan memproses kondisi setiap perangkat proteksi sesuai dengan program yang telah dibuat. Apabila terdeteksi gangguan PLC akan memberikan perintah kepada kontaktor untuk memutus suplai listrik ke motor sehingga motor berhenti secara otomatis

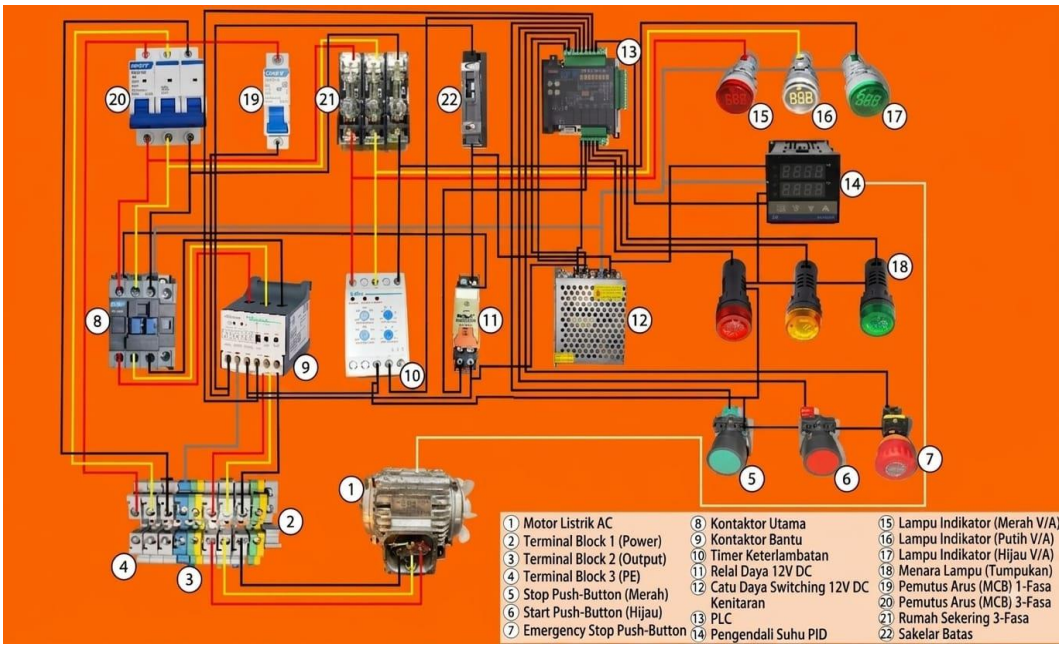
PFR digunakan untuk mendeteksi gangguan berupa tegangan lebih, tegangan kurang, kehilangan fasa, dan pembalikan urutan fasa. Apabila salah satu gangguan terdeteksi, PFR akan mengirim sinyal ke PLC untuk menghentikan operasi motor secara otomatis melalui kontaktor sehingga motor terlindungi dari kerusakan.

OCR digunakan untuk memantau besarnya arus yang mengalir ke motor secara terus-menerus. Apabila arus melebihi nilai *setpoint* yang telah ditentukan, OCR akan

mengirim sinyal ke PLC selanjutnnya PLC memberikan perintah kepada kontaktor untuk memutus suplai ke motor sehingga motor berhenti secara otomatis. Arus nominal setting pada relai dihitung dengan Persamaan 2 (Tiya Puspita & Ilham Akbar Darmawan, 2023).

$$I = \frac{P_{in}}{\sqrt{3}xVxcos\theta}$$

TC dipasang pada bodi motor untuk mendeteksi perubahan suhu selama motor beroperasi. Nilai suhu yang terukur dikirim ke TC sebagai masukan. Apabila suhu melebihi nilai *setpoint* yang telah ditentukan TC akan mengirim sinyal ke PLC sehingga PLC memutus kontaktor dan menghentikan operasi motor secara otomatis (Amri Rosa & Novia Anggraini, 2020)



Gambar 3. Diagram Pengawatan Sistem Proteksi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran pada kondisi normal tanpa beban motor listrik 3 fasa yang terlihat pada Tabel 1, diperoleh nilai tegangan antar fasa R-S sebesar 404 V, S-T sebesar 405 V, dan R-T sebesar 404 V. Nilai tegangan tersebut menunjukkan bahwa sistem suplai berada dalam kondisi stabil dan seimbang sehingga status motor adalah "*running*". Selain itu, arus motor dalam kondisi tanpa beban pada masing-masing fasa yaitu 2,5 A pada fasa R.

Tabel 1. Kondisi Normal Motor 3 Fasa

Parameter	Hasil Nilai Pengukuran	Status Motor	Parameter
TEGANGAN (R-S)	404 V	RUNNING	TEGANGAN (R-S)
TEGANGAN (S-T)	405 V	RUNNING	TEGANGAN (S-T)
TEGANGAN (R-T)	404 V	RUNNING	TEGANGAN (R-T)
ARUS (R)	2,5 A	RUNNING	ARUS (R)
ARUS (S)	2,4 A	RUNNING	ARUS (S)
ARUS (T)	2,4 A	RUNNING	ARUS (T)

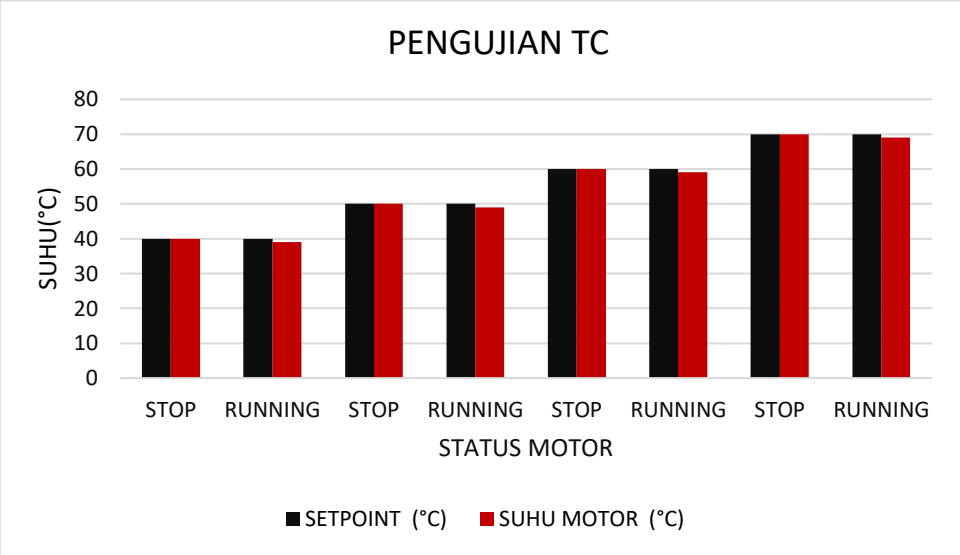
2,4 A pada fasa S, dan 2,4 A pada fasa T. Stator motor berada pada kondisi jalan pada setiap parameter pengukuran. Hal ini menunjukkan bahwa motor listrik 3 fasa beroperasi secara normal tanpa adanya gangguan tegangan maupun arus yang dapat mempengaruhi sistem.

Pengujian TC dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi kenaikan suhu motor serta respon PLC terhadap kondisi suhu yang melebihi nilai *setpoint*. Pengujian diawali dengan memastikan seluruh komponen sistem telah terhubung sesuai dengan *wiring diagram* dan program *ladder diagram* yang telah dirancang. Selanjutnya TC diatur pada beberapa variasi nilai *setpoint* pemilihan variasi setpoint tersebut bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sistem proteksi dalam mendeteksi kenaikan suhu motor secara bertahap. Nilai 40°C dipilih sebagai batas suhu awal karena masih berada pada kondisi temperatur yang relatif rendah sehingga dapat digunakan untuk memverifikasi respon awal sistem. Setelah sistem diaktifkan dan motor beroperasi, TC diberikan sumber panas hingga suhu yang terbaca pada displai mencapai atau melebihi nilai *setpoint*. Selama proses pengujian diamati perubahan status TC, status input PLC, status PLC, waktu respon sistem sejak kondisi trip terdeteksi hingga PLC memberikan perintah penghentian motor, serta kondisi motor setelah menerima sinyal proteksi. Seluruh hasil pengamatan dicatat sebagai data pengujian untuk mengetahui apakah sistem proteksi suhu bekerja sesuai dengan perancangan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data Pengujian TC

Setpoint (°C)	Tm (°C)	Output TC	Output PLC	Time (s)	Status Motor
40°C	40°C	ON	ON	1	STOP
40°C	39°C	OFF	OFF	-	RUNNING

Setpoint (°C)	Tm (°C)	Output TC	Output PLC	Time (s)	Status Motor
50°C	50°C	ON	ON	1	STOP
50°C	49°C	OFF	OFF	-	RUNNING
60°C	60°C	ON	ON	1	STOP
60°C	59°C	OFF	OFF	-	RUNNING
70°C	70°C	ON	ON	1	STOP
70°C	69°C	OFF	OFF	-	RUNNING



Gambar 4. Hasil Pengujian TC

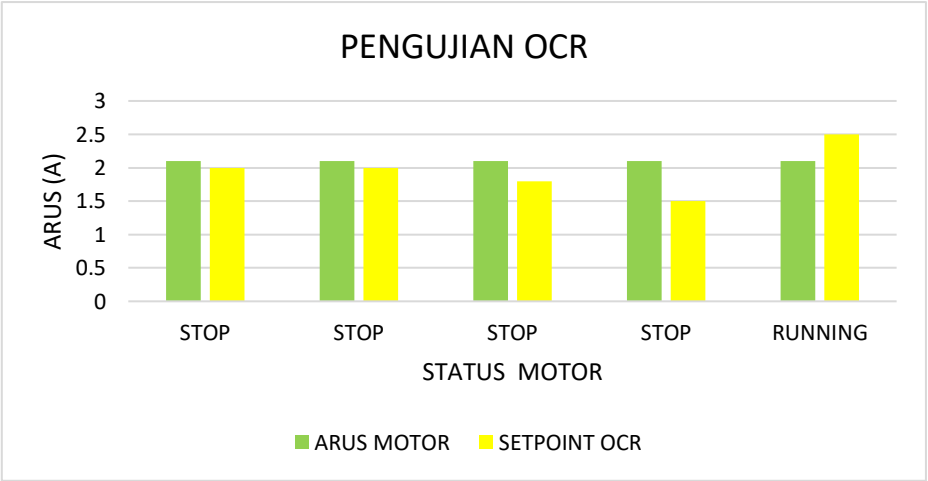
Hasil pengujian TC, sistem mampu mendeteksi suhu motor sesuai dengan nilai *setpoint* yang telah ditentukan. Ketika suhu motor mencapai nilai *setpoint* TC mengirim sinyal trip ke PLC sehingga PLC memutus kontaktor dan motor berhenti beroprasi. Sebaliknya, ketika suhu motor masih berada dibawah nilai *setpoint*, PLC tidak menerima sinyal trip sehingga motor tetap beroperasi. Berdasarkan Tabel 2,diperoleh rata-rata waktu respon sistem sebesar 1 detik dengan persentase error 0%, yang menunjukkan bahwa waktu respon aktual sesuai dengan waktu yang di harapkan. Gambar 4, terlihat bahwa nilai suhu motor yang terdeteksi memiliki kesesuaian dengan nilai *setpoint* pada setiap pengujian. Hal tersebut menunjukkan bahwa TC mampu mendeteksi suhu motor dengan baik serta memberikan respon yang konsisten terhadap perubahan suhu.

Tabel 3. Data Pengujian OCR

I Motor	Setpoint OCR	Output OCR	Output PLC	Waktu Respon (s)	Status Motor
2,1 A	2 A	ON	ON	5	STOP
2,1 A	2 A	ON	ON	5	STOP
2,1 A	1,8 A	ON	ON	5	STOP
2,1 A	1,5 A	ON	ON	5	STOP
2,1 A	2,5 A	OFF	OFF	-	RUNNING

Tabel 4. Rata-Rata Perbandingan Waktu Respon dan Setting OCR

No	Waktu Respon (s)	Set Delay (s)	Error (%)
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
Rata-rata	5	5	0



Gambar 5. Grafik Pengujian OCR

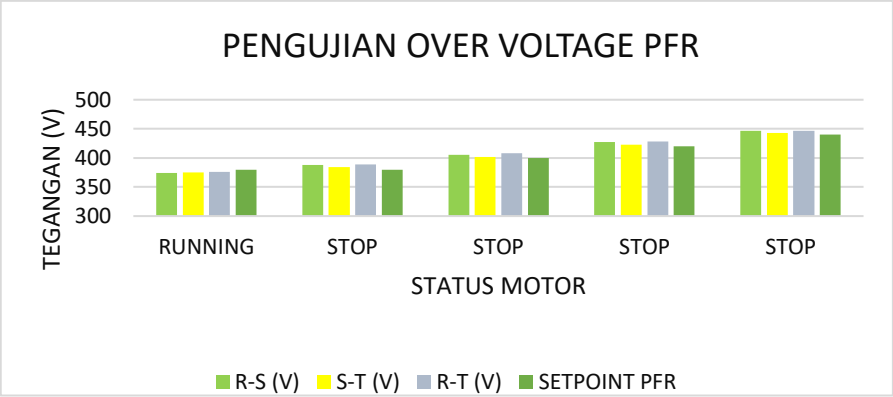
Hasil pengujian OCR, sistem mampu mendeteksi kondisi arus lebih sesuai dengan nilai *setpoint* yang telah ditentukan. Ketika arus motor mencapai atau melebihi nilai *setting* OCR, relay mengirim sinyal trip ke PLC sehingga PLC memutus kontaktor dan menghentikan motor. Berdasarkan Tabel 3. diperoleh rata-rata waktu respon sistem sebesar 5 detik, sesuai dengan nilai set delay OCR yang diatur sebesar 5 detik. Hasil perbandingan antara waktu respon aktual dan set delay menunjukkan persentase error sebesar 0%, yang menandakan bahwa sistem bekerja sesuai dengan pengaturan waktu tunda yang telah ditetapkan. Selain itu, berdasarkan Gambar 5. terlihat bahwa sistem memberikan respon trip ketika arus motor mencapai atau melebihi nilai *setpoint* OCR, sedangkan pada kondisi arus berada dibawah *setpoint*, motor tetap beroperasi normal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi OCR dengan PLC mampu memberikan respon proteksi arus lebih secara konsisten dan sesuai dengan perancangan sistem.

Tabel 5. Data Pengujian PFR Overvoltage

R-S (V)	S-T (V)	R-T (V)	Setpoint PFR	Output PFR	Output PLC	Waktu Respon (s)	Status Motor
374	375	376	380 V	OFF	OFF	-	RUNNING
388	384	389	380 V	ON	ON	3,1	STOP
405	402	408	400 V	ON	ON	3,1	STOP
427	423	428	420 V	ON	ON	3,1	STOP
447	443	447	440 V	ON	ON	3,1	STOP

Tabel 6. Persentase *Error* PFR

No	Waktu Respon (s)	*Set Delay* (s)	*Error* (%)
1	3,1	3	3,3
2	3,1	3	3,3
3	3,1	3	3,3
4	3,1	3	3,3



Gambar 6. Hasil Pengujian PFR *Over Voltage*

Hasil pengujian *overvoltage* pada Tabel 4, sistem proteksi mampu mendeteksi kondisi tegangan yang melebihi nilai *setpoint* yang telah ditentukan pada PFR. Pengujian dilakukan dengan menaikkan tegangan menggunakan regulator tiga fasa hingga melebihi nilai *setpoint*. Setelah tegangan melampaui batas yang telah ditentukan, PFR mengirim sinyal trip ke PLC sehingga PLC memutus kontaktor dan motor berhenti beroperasi. Tabel 5 adalah persentase error PFR, diperoleh rata-rata waktu respon sebesar 3,1 detik, sedangkan nilai *set delay* yang diatur pada PFR adalah 3 detik. Hasil perbandingan menunjukkan persentase *error* sebesar 3,3%, yang menandakan bahwa waktu respon aktual sangat mendekati waktu tunda yang telah diatur.Gambar 6 memperlihatkan bahwa sistem memberikan respon trip ketika tegangan ketiga fasa melebihi nilai *setpoint* PFR, sedangkan pada kondisi tegangan masih berada di bawah *setpoint*, motor tetap beroperasi normal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem proteksi overvoltage bekerja secara konsisten dan sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa sistem proteksi *overvoltage* mampu mendeteksi kondisi tegangan yang melebihi nilai *setpoint* dan mengirimkan sinyal trip kepada PLC sesuai dengan pengaturan pada PFR.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian sistem simulasi proteksi motor induksi tiga fasa berbasis Programmable Logic Controller (PLC), dapat disimpulkan bahwa sistem berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan mengintegrasikan parameter proteksi gangguan fasa, arus lebih, dan suhu. Sistem mampu mendeteksi gangguan overvoltage, undervoltage, hilang fasa, fasa terbalik, overcurrent, dan overtemperature, serta memberikan sinyal proteksi untuk menghentikan motor melalui kontaktor secara otomatis. Program PLC yang dikembangkan juga mampu memproses sinyal masukan dari Phase Failure Relay (PFR), Over Current Relay (OCR), dan Temperature Controller (TC) menjadi keluaran berupa aktivasi alarm dan pemutusan kontaktor sesuai dengan logika proteksi yang telah ditetapkan. Hasil pengujian menunjukkan kinerja sistem yang baik, dengan rata-rata waktu respons TC sebesar 1 detik dan error 0%, OCR sebesar 5 detik dan error 0%, serta overvoltage sebesar 3,1

detik dan error 5%. Pengujian gangguan hilang fasa dan fasa terbalik juga menunjukkan akurasi deteksi sebesar 100%, sehingga sistem dapat memberikan respons proteksi terhadap berbagai kondisi gangguan sesuai dengan parameter waktu respons dan akurasi yang telah ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

Amri Rosa, Mk., & Novia Anggraini, I. (2020). SISTEM PROTEKSI MOTOR INDUKSI 3 FASA TERHADAP BERMACAM GANGGUAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER. *Jurnal Amplifier Mei*, *10*(1).

Buwarda, S., Ainul Yaqin, M., Otomasi Sistem Permesinan, J., & ATI Makassar, P. (2023). *MONITORING SUHU, VIBRASI DAN ARUS MOTOR INDUKSI 3 FASA*. *12*(02).

Gunawan, A., & Sahar, M. (2024). Rancang Bangun Sistem Proteksi Dan Monitoring Overcurrent Dan Over / Under Voltage Terhadap Motor 3 Fasa Berbasis Arduino. *Jurnal Karya Ilmiah Multidisiplin (JURKIM)*, *4*(1), 30–39.

Komang, I., Sukawijana, G., Mahardika, W., Wiratama, P., & Kunci, K. (2024). *PENGGUNAAN FASA FAILURE RELAY DALAM MENGATASI UNBALANCE VOLTAGE PADA INSTALASI MOTOR TIGA FASA Informasi Artikel ABSTRAK* (Vol. 13, Number 1). https://doi.org/10.23887

Muhammad Iqbal Naufal, & Irwanto Irwanto. (2023). Motor Listrik 3 Fasa Sebagai Sistem Penggerak Motor Roll Pada Mesin Case Sealer di Pt. Matahari Megah. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, *2*(1), 32–45. https://doi.org/10.58169/saintek.v2i1.132

Sijabat, R. W., Tharo, Z., Gunawan, H., Sains, F., Teknology, D., Pembangunan, U., & Budi, P. (2025). ANALISIS PENGGUNAAN MOTOR INDUKSI PADA SISTEM KONVEYOR INDUSTRI. *Jurnal Nasional Teknologi Komputer*, *5*(3).

Tiya Puspita, & Ilham Akbar Darmawan. (2023). Thermal Overload Relay (TOR) Sebagai Sistem Proteksi Motor Induksi 3 Fasa Pada Mesin Molding Biofuel Pelletizer Di PT. Sejin Lestari Furniture. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika*, *2*(2), 168–181. https://doi.org/10.55606/jtmei.v2i2.1773