

**MONITORING, STARTING AND SAFETY INDUCTION MOTOR SYSTEM 3 PHASE
BERBASIS MIKROKONTROLLER ATmega328**

**Maulana Torikil Huda¹⁾, Bambang Dwi Sulo²⁾, M. Jasa Afroini³⁾
21401053026**

^{1),2),3)} **Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang
Jl. MT Haryono 193-Dinoyo-Lowokwaru-Malang
thoriqhuda65@gmail.com**

ABSTRAKSI

Safety pada motor induksi tiga fasa sangat penting, karena motor induksi membutuhkan perawatan dalam penggunaannya, selain menjaga usia motor induksi lebih panjang nilai ekonomis juga diperoleh bila perawatan motor induksi dilakukan dengan benar. Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah untuk merancang sebuah pengaman dan mengetahui kinerja motor induksi tiga fasa dengan sistem monitoring menggunakan mikrokontroler ATmega328 (Arduino Nano) dan Programmable Logic Controller (PLC). Untuk menampilkan data tegangan, arus dan kecepatan (RPM) peneliti menggunakan Liquid Crystal Display (LCD) 20x4. Adapun starting system yang digunakan pada motor induksi tiga fasa adalah star-delta baik mode auto maupun manual. Beberapa pengaman yang digunakan sebagai safety pada sistem antara lain hilangnya satu atau lebih fasa pada jaringan tiga fasa, naik atau turunnya tegangan secara tidak normal dan arus lebih. Ada beberapa Sensor yang digunakan pada sistem untuk melihat sinyal tegangan, arus dan kecepatan antara lain sensor ZMPTB101B yang berfungsi sebagai pembaca tegangan, Sensor SCT-013-000 yang berfungsi sebagai pembaca arus dan Sensor IR OBSTACLE FLYING FISH yang berfungsi sebagai pembaca kecepatan (RPM). Sistem pengontrolan utama menggunakan PLC, pada saat bersamaan PLC juga mengamankan dari gangguan hilangnya satu atau lebih fasa pada jaringan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring, starting dan safety yang telah dirancang dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

Kata kunci: Monitoring, Starting, Safety, Motor Induksi 3 Fasa, Mikrokontroler, Programmable Logic Controller.

Pendahuluan

Pada zaman ini kebutuhan-kebutuhan manusia sudah banyak menggunakan teknologi dan mesin, salah satunya di dunia industri. Contohnya seperti mesin motor induksi 3 fasa. Motor induksi 3 fasa merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang sering dijumpai pada setiap aplikasi industri seperti *conveyor*, *lift*, *water pump* dan lain-lain. Peranan penting motor induksi 3 fasa pada bidang industri sangat besar, karena memiliki nilai efisiensi yang cukup tinggi dibandingkan mesin-mesin lain. Secara umum motor induksi dioperasikan secara baik dengan sistem pengasutan dan pengamanan yang benar agar usia motor dapat berusia lebih lama dan lebih ekonomis. Dalam pengaplikasiannya motor listrik 3 fasa membutuhkan peralatan *monitoring* untuk mengawasi, kontrol sebagai pengendali *starting* (*start* dan *delta*) dan *proteksi* terhadap gangguan misalnya gangguan tegangan (naiknya voltase di atas nilai standart) dari masing-masing fasa, *overload* beban dan kehilangan fasa sebelum terjadi hubung singkat antar fasa atau dari

masing-masing fasa. Dengan sistem kontrol ini diharapkan motor induksi 3 fasa dapat beroperasi dengan baik.

Mikrokontroler merupakan sebuah chip IC (*Intergrated Circuit*) yang memiliki kemampuan untuk mengolah serta memproses data sekaligus dan dapat digunakan sebagai unit kendali. Input pada mikrokontroler dapat dimanfaatkan untuk membaca sinyal analog maupun digital dari hasil baca sensor, misalnya sensor arus, tegangan, infrared dan lain-lain. Output pada mikrokontroler dapat digunakan untuk mengaktifkan Relay (On/Off) yang bisa sinkron dengan PLC sehingga dapat menjadi suatu sistem baru.

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan sebuah perangkat elektronik yang beroperasi secara digital dan didesain untuk pemakaian di lingkungan industry, dimana sistem ini menggunakan memory yang dapat diprogram untuk menyimpan secara internal instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi seperti logika, perwaktuan, urutan, pencacahan dan operasi aritmatik

untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog.

Rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain;

1. Bagaimana mengimplementasikan Mikrokontroler ATmega328 dan PLC SR2B201FU dalam monitoring, starting, and safety induction motor 3 fasa ?
2. Bagaimana kinerja Mikrokontroler ATmega328 dan PLC SR2B201FU dalam safety induction motor 3 fasa?
3. Bagaimana hasil pengujian sistem tersebut ?

Dasar Teori

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (ac) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke rotornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.



Gambar 1 Motor induksi

(Sumber : www.id.wikipedia.org)

Arduino Nano 328 adalah papan pengembangan mikrokontroller yang berbasis chip ATmega328. Board ini memiliki pin I/O sejumlah 22 buah digital I/O pin (6 pin diantaranya adalah PWM), 8 pin analog input, 4 pin UART (serial port hardware). Arduino Nano 328 dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroller. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, tinggal menghubungkan

power dari USB ke PC atau melalui adaptor AC/DC ke jack DC.



Gambar 2 Arduino Nano 328

(Sumber :

www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoNano328)

Layar LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah modul tampilan elektronik untuk berbagai macam aplikasi. Layar LCD adalah modul yang sangat mendasar dan sangat umum digunakan di berbagai perangkat dan sirkuit. Modul ini lebih disukai dari tujuh segmen dan segmen LED multi segmen lainnya. Alasannya adalah LCD ekonomis, mudah diprogram tidak memiliki batasan untuk menampilkan karakter, animasi dan sebagainya (tidak seperti tujuh segmen).

Sensor SCT-013 berguna sebagai sensor arus untuk menggantikan transformator arus yang relatif besar dalam hal ukuran. Pada prinsipnya SCT-013 sama dengan sensor *efek hall* lainnya yaitu dengan memanfaatkan medan magnetik disekitar arus kemudian dikonversi menjadi tegangan yang linier dengan perubahan arus. Nilai variabel dari sensor ini merupakan input untuk mikrokontroler yang kemudian diolah. Keluaran dari sensor ini masih berupa sinyal tegangan AC, agar dapat diolah oleh mikrokontroler maka sinyal tegangan AC ini disearahkan oleh rangkaian penyearah.

Sensor tegangan ZMPTB101B menggunakan transformator tegangan sebagai penurun tegangan dari 220 ke 5 Volt AC kemudian disearahkan menggunakan jembatan diode untuk mengubah tegangan AC ke tegangan DC, kemudian difilter menggunakan kapasitor setelah itu masuk ke rangkaian pembagi tegangan untuk menurunkan tegangan. Tegangan yang dihasilkan tidak lebih dari 5 Volt DC sebagai inputan ke mikrokontroler.

IR Obstacle Sensor adalah sensor yang dapat merasakan keberadaan suatu benda tanpa menyentuh benda tersebut yaitu dengan menggunakan infrared. Sensor ini hanya dapat

mendeteksi apakah ada benda yang menghalangi atau tidak ada dengan jangkauan jarak 5-30 cm, kekurangan sensor ini yaitu, tidak dapat mengetahui jarak ke benda tersebut. *Transmitter* dan *receiver* yang ada di dalam sensor tersebut menghadap ke arah yang sama, di mana *receiver* akan menerima pantulan sinar *infrared* dari *transmitter*.

Sebuah PLC (*Programmable Logic Controller*) adalah sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan sederetan relay yang ada pada sistem kontrol konvensional. PLC bekerja dengan cara mengamati masukan (melalui sensor), kemudian melakukan proses dan melakukan tindakan sesuai yang dibutuhkan, berupa menghidupkan atau mematikan keluaran. Program yang digunakan adalah berupa ladder diagram yang kemudian harus dijalankan oleh PLC. Dengan kata lain PLC menentukan aksi apa yang harus dilakukan pada instrument keluaran yang berkaitan dengan status suatu ukuran atau besaran yang diamati. Proses yang dikontrol ini dapat berupa regulasi variabel secara kontinu seperti pada sistem - sistem servo, atau hanya melibatkan kontrol dua keadaan (on/off) saja, tetapi dilakukan secara berulang-ulang seperti umum dijumpai pada mesin pengeboran, sistem konveyor dan lain sebagainya.

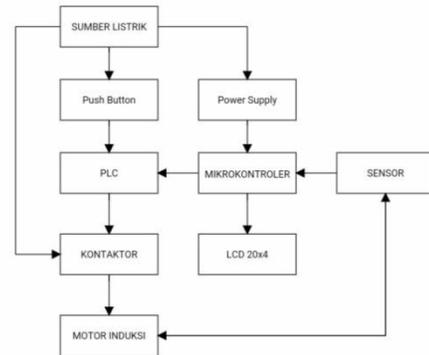


Gambar 3 PLC Zelio

(Sumber : www.schneider-electric.com/en/)

Metodologi Penelitian

a) Blog Diagram Sistem

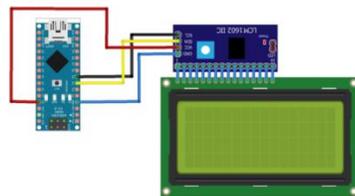


Gambar 4 Blok Diagram Sistem
(Sumber : Perancangan)

Pada blok diagram di atas listrik menjadi sumber utama berjalannya sistem, untuk menjalankan motor induksi menggunakan push button, ketika PLC telah menjalankan kontaktor maka motor induksi akan ON kemudian sensor akan mendeteksi tegangan, arus dan kecepatan. Hasil baca sensor diolah mikrokontroler dan ditampilkan ke LCD, jika sensor mendeteksi problem maka mikrokontroler akan menghidupkan relay dan relay memberi sinyal ke PLC.

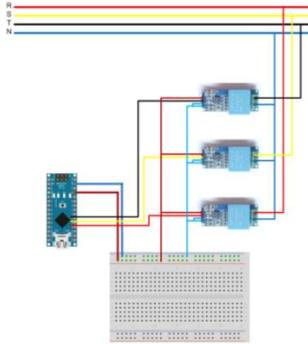
b) Rangkaian Sistem

Rangkaian pada gambar 5 berfungsi menampilkan hasil baca sensor ke LCD 20x4, dan yang ditampilkan yaitu Tegangan, Arus dan RPM..



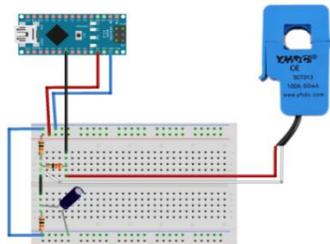
Gambar 5 Rangkaian Monitoring
(Sumber : Perancangan)

Rangkaian pada gambar 6 berfungsi untuk mendeteksi beda fasa tegangan (R, S, T) terhadap netral menggunakan sensor tegangan ZMPT101B yang kemudian hasil baca sensor diolah menggunakan mikrokontroler.

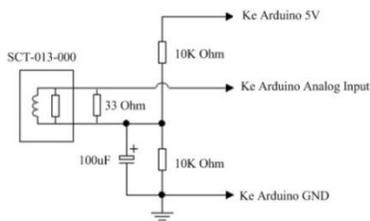


Gambar 6 Rangkaian Sensor Tegangan
(Sumber : Perencanaan)

Rangkaian pada gambar 7 berfungsi untuk mendeteksi arus pada motor induksi 3 fasa, kemudian hasil baca sensor akan diolah mikrokontroller.



Gambar 7 Rangkaian Sensor Arus
(Sumber : Perancangan)



Gambar 8 Rangkaian Konversi Sensor Arus
(Sumber : Perancangan)

Arus transformer output = 50 mA
 = 70 mA Puncak
 = 141,4 mA Puncak ke Puncak
 Maka menghasilkan tegangan,
 = 141,4 mA x 33 ohm
 = 4,666 V Puncak-Puncak (Input Pin Arduino)

Rangkaian pada gambar 9 berfungsi untuk mendeteksi putaran (RPM) motor induksi 3 fasa dengan sensor IR Obstacle

floating fish, kemudian hasil baca sensor diolah oleh mikrokontroller.



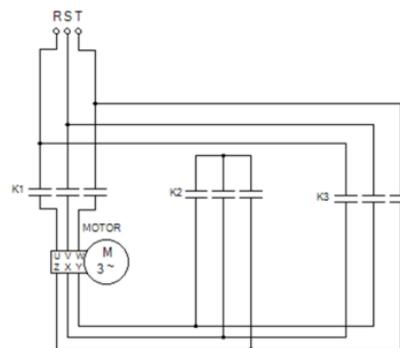
Gambar 9 Rangkaian Sensor Kecepatan
(Sumber : Perancangan)

Rangkaian pada gambar 10 merupakan rangkaian pengontrol kontaktor dengan PLC Zelio.



Gambar 10 Rangkaian PLC Ke Kontaktor
(Sumber : Perancangan)

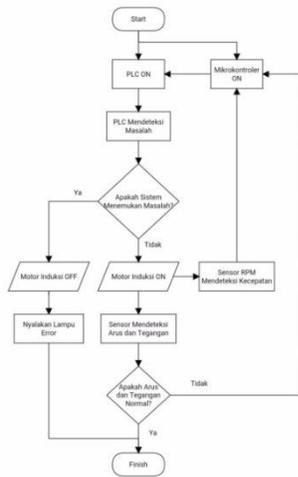
Rangkaian pada gambar 11 merupakan perancangan rangkaian *Starting* Pengasutan Star Delta pada Motor Induksi 3 Fasa.



Gambar 11 Rangkaian Star Delta
(Sumber : Perancangan)

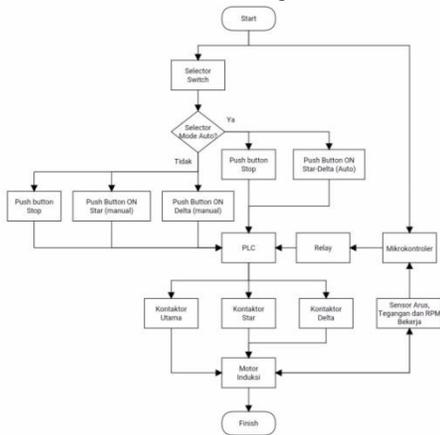
c) Flowchart Rangkaian

- 1) Flowchart Rangkaian Sistem



Gambar 12 Flowchart Rangkaian Sistem
(Sumber : Perancangan)

2) Flowchart Rangkaian Kontrol



Gambar 13 Rangkaian PLC Ke Kontaktor
(Sumber : Perancangan)

1. Sebelum menekan Tombol Push Button pada rangkaian hal yang harus dilakukan adalah memilih Mode pada Selektor Switch.
2. Jika pada Selektor Switch menunjukkan Mode Auto maka Tombol Push Button (Tombol Warna Kuning) akan berfungsi sebagai penghubung rangkaian Star-Delta secara otomatis.
3. Jika pada selector Switch menunjukkan Mode Manual maka Tombol Push Button (Tombol Warna Kuning) akan berfungsi sebagai penghubung rangkaian Star saja.

4. Jika ingin menghubungkan rangkaian Delta maka lakukan langkah no 3, kemudian menekan Tombol Push Button (Tombol Warna Hijau) maka rangkaian Delta akan terhubung.
5. Untuk mematikan rangkaian dapat menekan tombol Push Button Stop.
6. Relay pada Mikrokontroler akan bekerja jika sensor mendeteksi permasalahan, kemudian PLC akan mengamankan sistem dengan mematikan keseluruhan Kontaktor dan menyalakan Lampu Error.
7. Untuk mematikan Lampu Error dan memulai atau menjalankan sistem dari awal setelah Lampu Error menyala, maka tekan Tombol Reset.



Gambar 14 Gambar Panel Tampak Depan
(Sumber : Perancangan)

ANALISIS SISTEM

System yang dibuat adalah safety motor induksi 3 fasa yang dilengkapi monitor LCD sebagai penampil hasil baca sensor, berikut hasil yang diperoleh dari penelitian.

Dari hasil baca Neraca alat ukur dan sensor yang digunakan, maka diperoleh perbedaan atau disebut Error.

$$E = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

E = Presentase Error

P1 = Pembacaan pada Neraca Alat Ukur

P2 = Pembacaan pada Sensor

A) Pengujian Tegangan Menggunakan Multimeter dan Sensor Tegangan ZMPTB101B

Dari hasil pengujian Tegangan yang telah dilakukan maka dapat dilihat perbandingan pada tabel berikut:

Tabel 1 Hasil Perbandingan Pengujian Menggunakan Multimeter dan Sensor Tegangan

No	Pengujian	Multimeter			Sensor Tegangan			Error (%)		
		R-N	S-N	T-N	R-N	S-N	T-N	R-N	S-N	T-N
1	Ke 1	218.2	232.3	216.9	216.7	231.3	218.3	0.68744	0.43048	-0.6455
2	Ke 2	218.1	232	217.1	217.2	230.8	217.7	0.41265	0.51724	-0.2764
3	Ke 3	217.8	232.1	216.4	218.8	231.8	217	-0.4591	0.12925	-0.2773
4	Ke 4	217.5	231.9	217	216.9	231.5	217.3	0.27586	0.17249	-0.1382
5	Ke 5	218	231.9	217.3	217.3	232	217	0.3211	-0.0431	0.13806
6	Ke 6	216.9	232	216.4	216.8	230.9	216.7	0.0461	0.47414	-0.1386
7	Ke 7	217.7	232.4	217	216.4	231.5	216.3	0.59715	0.38726	0.32258
8	Ke 8	217.8	232	216.4	217	231	217	0.36731	0.43103	-0.2773
9	Ke 9	218	231.9	216.3	217.8	232.2	218.3	0.09174	-0.1294	-0.9246
10	Ke 10	217.8	231.7	217	216.8	231.2	217.8	0.45914	0.2158	-0.3687
Rata-rata		217.78	232.02	216.78	217.17	231.42	217.34	0.2801	0.2586	-0.2583

(Sumber : Perancangan)

B) Pengujian Arus Menggunakan Tang Ampere dan Sensor Arus SCT-013

Dari hasil pengujian Arus Star dan Arus Delta yang telah dilakukan maka dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2 Hasil Perbandingan Pengujian menggunakan Tang Ampere Sensor Arus

No	Pengujian	Tang Ampere		Sensor Arus		Error (%)	
		Star	Delta	Star	Delta	Star	Delta
1	Ke 1	0.43	2.02	0.4	2.18	6.9767	-7.921
2	Ke 2	0.42	2.03	0.39	2.19	7.1429	-7.882
3	Ke 3	0.43	2	0.4	2.17	6.9767	-8.5
4	Ke 4	0.43	2.04	0.41	2.22	4.6512	-8.824
5	Ke 5	0.41	2.02	0.4	2.16	2.439	-6.931
6	Ke 6	0.42	2.01	0.39	2.18	7.1429	-8.458
7	Ke 7	0.41	2	0.39	2.2	4.878	-10
8	Ke 8	0.4	2.03	0.38	2.2	5	-8.374
9	Ke 9	0.43	2.02	0.4	2.23	6.9767	-10.4
10	Ke 10	0.4	2.02	0.39	2.24	2.5	-10.89
Rata-rata		0.418	2.019	0.395	2.197	5.5024	-8.816

(Sumber : Perancangan)

C) Pengujian Kecepatan Menggunakan Tachometer dan Sensor IR Obsracle

Dari hasil pengujian Kecepatan (RPM) yang telah dilakukan maka dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3 Hasil Perbandingan Pengujian menggunakan Tachometer dan IR Obstacle

No	Pengujian	Tachometer	Sensor Kecepatan	Error (%)
1	Ke 1	1440	1452	-0.8333333
2	Ke 2	1447	1453	-0.414651
3	Ke 3	1428	1452	-1.6806723
4	Ke 4	1433	1453	-1.3956734
5	Ke 5	1424	1453	-2.0365169
6	Ke 6	1456	1452	0.27472527
7	Ke 7	1462	1454	0.54719562
8	Ke 8	1447	1453	-0.414651
9	Ke 9	1441	1452	-0.7633588
10	Ke 10	1456	1453	0.20604396
Rata-rata		1443.4	1452.7	-0.6510892

(Sumber : Perancangan)

D). Pengujian Starting Mode Manual

Berikut merupakan hasil 10 kali Pengujian Starting (Star-Delta) dengan mode Manual.

Tabel 4 Hasil Pengujian Starting (Star-Delta) Mode Manual

No	Percobaan	Selector Switch Manual			Hasil (Motor ON)
		Push Button Manual			
		Star	Delta	Stop	
1	Ke 1	1	0	0	1
2	Ke 2	1	1	0	1
3	Ke 3	0	1	0	0
4	Ke 4	1	1	1	0
5	Ke 5	0	0	0	0
6	Ke 6	1	1	0	1
7	Ke 7	1	0	0	1
8	Ke 8	0	1	0	0
9	Ke 9	1	1	1	0
10	Ke 10	0	0	0	0

(Sumber : Perancangan)

E). Pengujian Starting Mode Auto

Berikut merupakan hasil 10 kali Pengujian Starting (Star-Delta) dengan mode Auto.

Tabel 5 Hasil Pengujian Starting (Star-Delta) Mode Manual

No	Percobaan	Selector Switch Auto		Hasil
		Push Bottom		
		Star-Delta	Stop	
1	Ke 1	1	0	1
2	Ke 2	1	0	1
3	Ke 3	1	0	1
4	Ke 4	1	1	0
5	Ke 5	0	1	0
6	Ke 6	0	1	0
7	Ke 7	1	0	1
8	Ke 8	1	0	1
9	Ke 9	1	0	1
10	Ke 10	1	1	0

(Sumber : Perancangan)

F). Pengujian Starting Mode Auto

Gangguan terhadap hilangnya 1 fasa atau lebih dapat membuat motor cepat panas dan menimbulkan arus yang tinggi, oleh karena itu sistem memberi pengaman antar fasa yang hilang. Berikut pada tabel di bawah ini:

Tabel 6 Pendeteksi Fasa Hilang

No	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Hasil
1	1	1	1	1
2	1	1	0	0
3	1	0	1	0
4	0	1	1	0
5	0	0	0	0

(Sumber : Perancangan)

G). Pengujian Terhadap Tegangan Kurang dan Tegangan Lebih

Gangguan tegangan lebih dan tegangan kurang dapat membuat umur motor lebih pendek karena motor memiliki batas maksimal dan minimal tegangan seperti yang tertera pada *name plat* motor. Pada sistem dibatasi nilai tegangan max yaitu 245V dan tegangan min 180V (Fasa ke Netral), bila tegangan telah berada di luar batas nilai max dan min maka relay akan ON dan PLC akan menunggu selama 7 detik. Apabila nilai tegangan max dan min di atas 7 detik maka Lampu Error akan menyala dan sistem akan diamankan. Berikut Hasil yang diperoleh:

Tabel 7 Pengaman Motor Dari Tegangan Kurang Dan Tegangan Lebih

No	Batas Tegangan Min (<180) & Max (>245)			Status Relay		Motor Induksi
	R-N	S-N	T-N	t < 7 detik	t > 7detik	
1	220	220	220	0	0	1
2	175	220	220	1	0	1
3	220	175	220	0	1	0
4	248	220	220	1	0	1
5	220	220	248	0	1	0
6	220	175	248	1	0	1
7	175	250	175	0	1	0

(Sumber : Perancangan)

H). Pengujian Terhadap Arus Lebih

Gangguan arus lebih berdampak pada panas motor yang semakin meningkat, oleh karena itu arus pada motor induksi di batasi pada nilai maksimal. Sistem membatasi nilai arus Max yang dibaca yaitu 4A, jika sensor membaca > 4A selama 7 detik maka Lampu Error akan menyala dan sistem akan diamankan.

Tabel 8 Pengaman Motor Dari Arus Lebih

No	Batas Arus Max > 4 Ampere	Status Relay		Motor Induksi
		t < 7 detik	t > 7 detik	
1	2 Ampere	0	0	1
2	4.5 Ampere	1	0	1
3	4.3 Ampere	0	1	0
4	4 Ampere	1	0	1
5	4.1 Ampere	0	1	0

(Sumber : Perancangan)

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan LCD 20x04, Sensor Tegangan (ZMPTB101B), Sensor Arus (SCT-013-00) dan Sensor Kecepatan (IR OBSTACLE) maka Mikrokontroler dan PLC Zelio dapat menjadi suatu sistem untuk monitoing (Tegangan, Arus dan Kecepatan), starting (Star-Delta) dan safety (Gangguan Tegangan, Arus dan Fasa Hilang) pada motor induksi 3 fasa.
2. Dari pengujian yang telah dilakukan ketika nilai (Tegangan, Arus dan Fasa Hilang) di luar batas yang ditentukan selama $t > 7$ (Tabel 7 dan Tabel 8) dan satu atau lebih fasa yang hilang (Tabel

- 6), maka perangkat sistem akan mematikan (OFF) motor induksi 3 fasa.
- Perangkat sistem yang dirancang memiliki akurasi dalam pengukuran tegangan 0.265% (error), pengukuran arus Star 5.5% serta Delta -8.8 (error) dan pengukuran kecepatan -0.651% (error), dibutuhkan kalibrasi sensor untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian ini terdapat beberapa kekurangan yang mungkin bisa dikembangkan lagi kedepannya.

- Perangkat Sistem belum dilengkapi oleh penangkal petir.
- Sensor Tegangan yang digunakan hanya dapat mengukur tegangan 1 fasa L-N (220V).
- Untuk menjalankan sistem masih menggunakan tombol fisik (Push Button), kedepannya dapat menggunakan remote control atau handphone sebagai alternative tombol fisik.
- Untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan satu mikrokontroler (Arduino).
- Sistem monitoring yang digunakan untuk penelitian selanjutnya bisa memanfaatkan media internet.

Daftar Pustaka

- Berlianti, Rahmi. 2015. Analisis Motor Induksi Fasa Tiga Tipe Rotor Sangkar Sebagai Generator Induksi Dengan Variasi Hubungan Kapasitor Untuk Eksitasi. Jurnal Nasional Teknik Elektro, Politeknik Negri Pada. Vol: 4, No. 1, Maret 2015.
- Elektric, General. 2005-2006. *PLC Training for Mechatronics*.
- Fadillah, Kismet dan Wurdono. 1997. Instalasi Motor-Motor Listrik Jilid 2. Bandung: Angkasa.
- Husodo, Budi Yanto dan Effendi Ridwan. 2013. Perancangan Sistem Kontrol Dan Pengaman Motor Pompa Air Terhadap Gangguan Tegangan Dan Arus Berbasis Arduino. Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana. Vol.4 No.2 Mei.
- Kuswoyo, Didit Very. 2016. Sistem Proteksi Motor Induksi 3 Fasa Dari Gangguan Tidak Seimbang Dan Temperatur Lebih Menggunakan Mikrokontroler. Skripsi Teknik Elektro Universitas Lampung.
- Prasetya, Pambudi. 2004. Sistem Cepat Belajar Elektronika (Pemula). Surabaya : Amanah.
- Richardo Natalis Hengky, Junaidi dan Hiendro Ayong. 2017. Rancang Bangun Sistem Proteksi Arus Lebih Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler ATmega16. Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura. Volume 1, No. 1, Maret.
- Sudiarta, Wijaya Arta dan Agung Raka. 2015. Rancang Bangun Pengaman Motor Induksi 3 Fasa Terhadap *Unbalance Voltage* Dan *Overload* Dengan Sistem Monitoring. Jurnal Teknik Elektro Universitas Udayana. Volume 2, No. 1, Maret.
- Widyantoro, Fernandus Dendi. 2015. Programmable Logic Controller (PLC) Dan Human Machine Interface (HMI) Sebagai System Kendali Pada Mesin Cuci. Skripsi Teknik Elektro Universitas Sanata Dharm.
- Yulianto, Anang. 2006. Panduan Praktik Belajar PLC (Program Logic Controller). Jakarta : Kelompok Gramedia.
www.arduino.cc/ (Diakses 31 april 2018)
www.id.wikipedia.org (Diakses 20 Maret 2018)
www.schneider-electric.com (Diakses 18 April 2018)
www.ydhc.com (Diakses 15 Mei 2018)
www.researchdesignlab.com (Diakses 15 Mei 2018)