

MONITORING SUPLAJ TEGANGAN PADA MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO DAN SENSOR TEGANGAN ZMPT101B

¹Putri Ramadhani Adam, ²Drs. Purwanto Gendroyono, ³Nur Hanifah Yuninda
^{1,2,3}Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta
^{1,2,3}Email : putriadam97@gmail.com ; purwanto@unj.ac.id ; hanifah@unj.ac.id

Abstract

The purpose of this study is to create a three-phase induction motor voltage monitoring system based on Arduino Uno microcontroller using a ZMPT101B voltage sensor. In addition, this study aims to determine the percentage of source voltage unbalance entering the 3 phase induction motor based on the National Standard for Electric Power System and Equipment ANSI Std C84.1-1995, NEMA Std MGI.2009 from the results of monitoring equipment that has been made. The research method used by the author is a laboratory experimental method which includes manipulation, control, and observation.

The results showed that the value of the percentage of voltage unbalance, the average for the morning the value is still below 1%. As for the value of the percentage of voltage unbalance in the afternoon and evening, the value is already above 1%. If according to the standard, the percentage of voltage unbalance permitted without derating (decreasing power) based on NEMA is 1%. Meanwhile, the maximum percentage of allowable voltage unbalance is 5%. So, the results of the research data of the three times the safest condition is in the morning. Meanwhile, research data taken during the afternoon and evening conditions are still safe but there will be a decrease in power. In addition, the comparison of the ZMPT101B voltage sensor with a digital AVO meter when detecting the voltage has an average error of 0.07% for the first ZMPT101B voltage sensor, 0.28% for the second ZMPT101B voltage sensor and 0.15% for the sensor the third voltage ZMPT101B. So that it can be said that the voltage monitoring system that is made in accordance with the provisions and can be applied as learning by students of Electrical Engineering Education.

Keywords: *Voltage Unbalance, Monitoring, 3 Phase Induction Motor, Arduino Uno, ZMPT101B Voltage Sensor*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem monitoring suplai tegangan motor induksi tiga fasa berbasis mikrokontroler Arduino Uno menggunakan sensor tegangan ZMPT101B. Selain itu, dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase ketidakseimbangan tegangan sumber yang masuk pada motor induksi 3 fasa berdasarkan standar *The National Standard for Electric Power System and Equipment* ANSI Std C84.1-1995, NEMA Std MGI.2009 dari hasil monitoring alat yang telah dibuat. Metode penelitian yang digunakan penulis yaitu metode eksperimen laboratorium yang meliputi manipulasi, pengendalian, dan pengamatan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai persentase ketidakseimbangan tegangan, rata-rata untuk di waktu pagi nilainya masih di bawah 1%. Sedangkan untuk nilai persentase ketidakseimbangan tegangan di waktu siang dan sore hari nilainya sudah di atas 1%. Jika sesuai dengan standar, persentase ketidakseimbangan tegangan yang diijinkan tanpa melakukan derating (penurunan daya) berdasarkan NEMA adalah 1%. Sedangkan, maksimum persentase ketidakseimbangan tegangan yang diijinkan adalah 5%. Maka, hasil dari data penelitian ketiga waktu tersebut yang paling aman kondisinya adalah di waktu pagi hari. Sedangkan, data penelitian yang diambil saat siang dan sore hari kondisinya masih aman tetapi akan ada penurunan daya. Selain itu, Perbandingan sensor tegangan ZMPT101B dengan alat ukur AVO meter digital saat mendeteksi tegangan memiliki error rata-rata yaitu 0,07 % untuk sensor tegangan ZMPT101B yang pertama, 0,28 % untuk sensor tegangan ZMPT101B yang kedua dan 0,15 % untuk sensor tegangan ZMPT101B yang ketiga. Sehingga dapat dikatakan bahwa sistem monitoring tegangan yang dibuat sesuai dengan ketentuan dan bisa diaplikasikan sebagai pembelajaran mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro.

Kata Kunci: *Ketidakeimbangan Tegangan, Monitoring, Motor Induksi 3 Fasa, Arduino Uno, Sensor Tegangan ZMPT101B*

PENDAHULUAN

Kualitas daya yang tidak baik sudah menjadi permasalahan utama dalam sebuah sistem tenaga listrik. Maka dari itu, masalah kualitas daya sangat penting untuk diperhatikan karena dapat berpengaruh buruk pada suatu peralatan

baik di industri maupun di rumah tangga. Hal ini merupakan upaya mengurangi kemungkinan kerusakan-kerusakan yang akan terjadi pada suatu peralatan dan mencegah timbulnya gangguan lain akibat dari kualitas daya yang buruk. Ketidakseimbangan tegangan merupakan

salah satu masalah yang terjadi terutama pada suplai tegangan salah satu peralatan listrik yaitu motor induksi tiga fasa. Suplai tegangan yang tidak seimbang akan menimbulkan kemungkinan berbagai macam gangguan lain yang terjadi pada motor.

Motor induksi tiga fasa merupakan salah satu mesin listrik yang banyak digunakan di dunia industri. Hal ini dikarenakan banyak keuntungan yang didapat. Dalam dunia industri maupun kampus, penyebab dari kerusakan yang terjadi pada motor listrik yang digunakan yaitu *over heating* (panas berlebih), kondisi dan lingkungan yang kotor dan lembab yang dapat merusak komponen listrik, serta kualitas suplai listrik yang tidak baik sangat menentukan umur motor listrik. Salah satu dari penyebab kualitas suplai listrik yang tidak baik yaitu tegangan 3 *phasa* tidak seimbang yang melebihi harga toleransi yang sudah ditentukan. Hal ini dapat menimbulkan kerusakan pada motor listrik jika terus menerus dibiarkan tanpa adanya penanganan. Apabila tegangan yang disuplai memiliki kualitas yang baik, maka motor induksi tersebut dapat bekerja secara optimal. Sebaliknya tegangan yang disuplai memiliki kualitas yang buruk, maka kinerja dari motor akan terganggu.^[1]

Berdasarkan permasalahan-permasalahan diatas, dibutuhkan suatu penelitian untuk mengetahui nilai ketidakseimbangan tegangan sumber yang masuk pada motor induksi tiga fasa dalam mencegah timbulnya gangguan lain yang terjadi akibat dari permasalahan *Unbalance Voltage*. Dalam penelitian yang akan dibuat hanya berfokus kepada permasalahan mengenai ketidakseimbangan tegangan sumber yang terjadi pada motor induksi 3 fasa yang berada di laboratorium motor listrik prodi Pendidikan Teknik Elektro UNJ. Sistem monitoring suplai tegangan pada motor induksi 3 fasa akan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan sensor tegangan ZMPT101B untuk mendeteksi tegangan sumber 3 fasa tersebut. Selain pembuatan sistem monitoring tegangan tiga fasa, pada penelitian ini akan menghitung nilai ketidakseimbangan tegangan dari hasil monitoring alat yang telah dibuat.

METODE

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem monitoring suplai tegangan pada motor induksi tiga fasa menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan sensor tegangan ZMPT101B serta menghitung ketidakseimbangan tegangan dari hasil monitoring berdasarkan standar *The National Standard for Electric Power System and Equipment* ANSI Std C84.1-1995^[2], NEMA Std MGI.2009^[3].

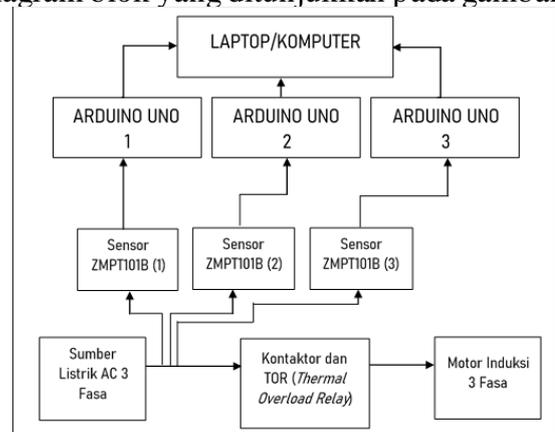
Pengujian dan pembuatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Motor Listrik, Gedung L1 Teknik Elektro Kampus A Universitas Negeri Jakarta. Waktu penelitian dimulai pada semester genap tahun akademik 2019 pada bulan September sampai dengan Januari 2020.

Diagram Blok Alat

Sebelum membuat prototipe pada sistem monitoring suplai tegangan yang masuk pada motor induksi tiga *phasa*, maka terlebih dahulu perlu dibuat rancangan sistem alat monitoring secara keseluruhan agar mengetahui kebutuhan alat yang akan dijadikan sebagai *input*, proses dan *output*.

Diagram blok adalah hubungan antara *input*, proses dan *output* suatu sistem dapat digambarkan dengan suatu blok yang mengandung fungsi transfer suatu sistem control.^[4]

Perancangan sistem monitoring suplai tegangan pada motor induksi tiga fasa menggunakan mikrokontroler Arduino dan sensor tegangan ZMPT101B akan dibuat seperti diagram blok yang ditunjukkan pada gambar 1.



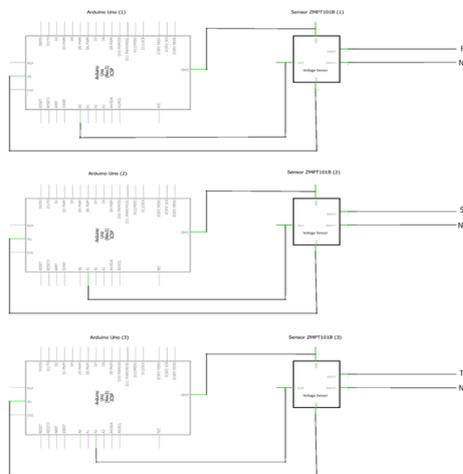
Gambar 1 Diagram Blok Alat

Berdasarkan diagram blok alat yang ditunjukkan pada gambar 1 menjelaskan

mengenai rancangan sistem monitoring yang dikendalikan oleh Mikrokontroler Arduino Uno yang berfungsi sebagai pengendali utama dari sistem monitoring suplai tegangan sumber yang masuk pada motor induksi 3 *phasa*. Hasil deteksi dari masing-masing sensor tegangan ZMPT101B setiap fasanya akan dikendalikan agar data yang terdeteksi dapat dilihat melalui aplikasi Arduino pada laptop. Adapun komponen lainnya seperti kontaktor dan TOR (*Thermal Overload Relay*) berfungsi sebagai pengaman sistem kendali pada motor induksi 3 fasa.

Skematik Alat

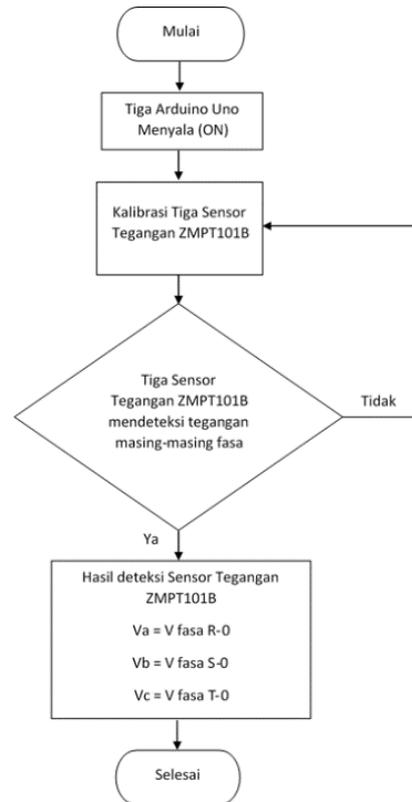
Skematik alat merupakan perancangan rangkaian alat yang akan dibuat untuk kebutuhan alat monitoring suplai tegangan pada motor induksi 3 fasa dari gangguan ketidakseimbangan tegangan sumber berbasis mikrokontroler Arduino Uno dan sensor tegangan ZMPT101B. Gambar 2 menggambarkan rancangan semua rangkaian yang ada di dalam alat monitoring yang akan dibuat, mulai dari penggunaan 3 sensor tegangan ZMPT101B yang dikendalikan melalui 3 Arduino Uno. Semua rangkaian tersebut terintegrasi dan dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno yang telah diprogram dan hasilnya akan ditampilkan melalui aplikasi Arduino pada laptop.



Gambar 2 Skematik Alat

Flowchart Alat

Sistem kerja alat monitoring dibuat berdasarkan *flowchart* alat yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 Flowchart Alat

Flowchart adalah bagan yang terdiri dari simbol-simbol tertentu yang menunjukkan langkah-langkah suatu prosedur atau program dalam keseluruhan pembuatan alat dan cara kerja alat tersebut. [4]

Sistem kerja alat monitoring yang akan dibuat berdasarkan *flowchart* alat yang ditunjukkan pada gambar 3 yaitu mikrokontroler Arduino Uno akan diprogram sesuai dengan rancangan kerja alat yang akan dibuat, mulai dari kalibrasi masing-masing sensor tegangan ZMPT101B, kemudian menghubungkan sensor dengan sumber tegangan 3 fasa yang akan masuk pada motor induksi 3 fasa. Lalu, upload program melalui aplikasi Arduino pada masing-masing sensor dan arduinonya. Selanjutnya, membuka serial monitor yang terdapat pada aplikasi secara bersamaan untuk mengetahui nilai tegangan masing-masing fasa dalam satu waktu.

Hasil deteksi tegangan 3 fasa selanjutnya akan diolah sesuai dengan standar ketidakseimbangan tegangan dari *The National Standard for Electric Power System and Equipment* ANSI Std C84.1-1995, NEMA Std MGI.2009. Persentase ketidakseimbangan tegangan yang diijinkan tanpa melakukan derating berdasarkan NEMA adalah 1 %.

Sedangkan, maksimum persentase ketidakseimbangan tegangan yang diijinkan adalah 5 %.^[5]

HASIL

Hasil Pengujian Mikrokontroler Arduino Uno

Pengujian Arduino Uno ini dilakukan dengan memasukkan atau mengupload program yang telah dibuat ke dalam Arduino IDE dan mengukur Input dan Output Arduino.

Tabel 1 Hasil Pengujian Mikrokontroler Arduino Uno 1

No	Jenis Pengujian	Kriteria Pengujian (VDC)	Hasil Pengujian (VDC)	Pukul (WIB)	ΔV	%Error
1	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,93	15.15	0,07	1,4
2	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,93	15.20	0,07	1,4
3	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,93	15.25	0,07	1,4
4	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,92	15.30	0,08	1,6
5	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,92	15.35	0,08	1,6
6	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,92	15.45	0,08	1,6
7	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,94	15.50	0,06	1,2
8	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,94	15.55	0,06	1,2
9	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,94	16.00	0,06	1,2
10	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,95	16.15	0,05	1

Berdasarkan hasil pengujian yang tertera pada tabel 1 menunjukkan bahwa Kriteria Pengukuran Tegangan pada Arduino Uno 1 adalah 5 V. Sedangkan hasil pengujian yang tertera pada tabel diperoleh tegangan pada Arduino Uno 1 adalah 4,93 V dengan Error 1,4 %, 4,92 dengan Error 1,6 %, 4,94 dengan Error 1,2 % dan 4,95 V dengan Error 1 %. Hasil pengujian ini masih dalam taraf wajar karena tidak jauh dari kriteria pengujian dan komponen ini masih bekerja sesuai dengan ketentuan.

Tabel 2 Hasil Pengujian Mikrokontroler Arduino Uno 2

No	Jenis Pengujian	Kriteria Pengujian (VDC)	Hasil Pengujian (VDC)	Pukul (WIB)	ΔV	%Error
1	Tegangan pada Mikrokontroler	5	5,04	15.15	0,04	0,8
2	Tegangan pada Mikrokontroler	5	5,04	15.20	0,04	0,8
3	Tegangan pada Mikrokontroler	5	5,04	15.25	0,04	0,8
4	Tegangan pada Mikrokontroler	5	5,04	15.30	0,04	0,8
5	Tegangan pada Mikrokontroler	5	5,02	15.35	0,02	0,4
6	Tegangan pada Mikrokontroler	5	5,04	15.45	0,04	0,8
7	Tegangan pada Mikrokontroler	5	5,04	15.50	0,04	0,8
8	Tegangan pada Mikrokontroler	5	5,04	15.55	0,04	0,8
9	Tegangan pada Mikrokontroler	5	5,04	16.00	0,04	0,8
10	Tegangan pada Mikrokontroler	5	5,04	16.15	0,04	0,8

Berdasarkan hasil pengujian yang tertera pada tabel 2 menunjukkan bahwa Kriteria Pengukuran Tegangan pada Arduino Uno 2 adalah 5 V. Sedangkan hasil pengujian yang tertera pada tabel diperoleh tegangan pada Arduino Uno 2 adalah 5,04 V dengan Error 0,8 % dan 5,02 dengan Error 0,4 %, 4,94. Hasil pengujian ini masih dalam taraf wajar karena tidak jauh dari kriteria pengujian dan komponen ini masih bekerja sesuai dengan ketentuan.

Tabel 3 Hasil Pengujian Mikrokontroler Arduino Uno 3

No	Jenis Pengujian	Kriteria Pengujian (VDC)	Hasil Pengujian (VDC)	Pukul (WIB)	ΔV	%Error
1	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,92	15.15	0,08	1,6
2	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,93	15.20	0,07	1,4
3	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,94	15.25	0,06	1,2
4	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,94	15.30	0,06	1,2
5	Tegangan pada Mikrokontroler	5	5,04	15.35	0,04	0,8
6	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,96	15.45	0,04	0,8
7	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,97	15.50	0,03	0,6
8	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,96	15.55	0,04	0,8
9	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,96	16.00	0,04	0,8
10	Tegangan pada Mikrokontroler	5	4,98	16.15	0,02	0,4

Berdasarkan hasil pengujian yang tertera pada tabel data 3 menunjukkan bahwa Kriteria Pengukuran Tegangan pada Arduino Uno 3 adalah 5 V. Sedangkan hasil pengujian yang tertera pada tabel diperoleh tegangan pada Arduino Uno 3 adalah 4,92 dengan Error 1,6 %, 4,93 V dengan Error 1,4 %, 4,94 dengan Error 1,2 %, 5,04 V dengan Error 0,8 %, 4,96 V dengan Error 0,8 %, 4,97 V dengan Error 0,6 % dan 4,98 V dengan Error 0,4 %. Hasil pengujian diatas masih dalam taraf wajar karena tidak jauh dari kriteria pengujian dan komponen ini masih bekerja sesuai dengan ketentuan.

Hasil Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B

Dalam pengumpulan data ini dilakukannya eksperimen pengujian *hardware* pada sensor tegangan. Hasil dari pengujian sensor tegangan akan dibandingkan dengan pembacaan oleh AVO meter digital dengan sumber tegangan yang sama. Berikut adalah pengujian sensor tegangan ZMPT101B yang ditunjukkan pada tabel 4, 5, dan 6.

Tabel 4 Hasil Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B 1

No	AVometer (Volt)	Sensor Tegangan (Volt)	Error
1	222,4	222,47	0,03
2	221,7	222,07	0,17
3	220,2	220,16	0,02
4	222,3	222,24	0,03
5	222,2	222,01	0,09
$\sum error$			0,07

Berdasarkan hasil pengujian yang tertera pada tabel 4 menunjukkan bahwa diketahui nilai keakuratan sensor ZMPT101B yang pertama saat dilihat dari data sheet yaitu memiliki nilai akurasi 0,2. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian yang dilakukan oleh AVO meter digital. Dari lima pengujian yang dilakukan nilai akurasi sensor ZMPT101B secara keseluruhan yaitu tidak lebih dari nilai akurasi berdasarkan data sheet. Hasil pengujian sensor tegangan ZMPT101B yang pertama menggunakan AVO meter digital rata-rata nilai error adalah 0.07 % . Maka dapat dikatakan bahwa sensor tegangan ZMPT101B 1 yang digunakan peneliti bisa dikatakan akurat.

Tabel 5 Hasil Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B 2

No.	Sensor Tegangan (Volt)			Waktu (Detik ke-)	% V _{Uab} Hitung	Keterangan
	R (Va)	S (Vb)	T (Vc)			
1	223,93	222,02	223,66	10	0,53	Aman tanpa derating
2	223,92	221,46	223,50	20	0,67	Aman tanpa derating
3	223,74	221,66	223,95	30	0,65	Aman tanpa derating
4	223,30	221,14	223,42	40	0,66	Aman tanpa derating
5	223,52	220,78	223,74	50	0,85	Aman tanpa derating
6	223,68	221,08	227,30	60	1,31	Aman tetapi akan terjadi derating

Berdasarkan hasil pengujian yang tertera pada tabel 5 menunjukkan bahwa diketahui nilai keakuratan sensor ZMPT101B yang kedua saat dilihat dari data sheet yaitu memiliki nilai akurasi 0,2. Hal ini sesuai dengan hasil

pengujian yang dilakukan oleh AVO meter digital. Dari lima pengujian yang dilakukan nilai akurasi sensor ZMPT101B secara keseluruhan yaitu tidak jauh dari nilai akurasi berdasarkan data sheet. Hasil pengujian sensor tegangan ZMPT101B yang kedua menggunakan AVO meter digital rata-rata nilai error adalah 0.28 % . Maka dapat dikatakan bahwa sensor tegangan ZMPT101B 2 yang digunakan peneliti masih bisa dikatakan akurat.

Tabel 6 Hasil Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B 3

No	AVometer (Volt)	Sensor Tegangan (Volt)	Error
1	224,8	225,42	0,28
2	221,6	222,07	0,21
3	222,1	222,48	0,17
4	221,3	221,43	0,06
5	218,3	218,26	0,02
$\sum error$			0,15

Berdasarkan hasil pengujian yang tertera pada tabel data 6 menunjukkan bahwa diketahui nilai keakuratan sensor ZMPT101B yang ketiga saat dilihat dari data sheet yaitu memiliki nilai akurasi 0,2. Dari lima pengujian yang dilakukan nilai akurasi sensor ZMPT101B secara keseluruhan yaitu tidak terlalu jauh dari nilai akurasi berdasarkan data sheet. Hasil pengujian sensor tegangan ZMPT101B yang ketiga menggunakan AVO meter digital rata-rata nilai error adalah 0.15 % . Maka dapat dikatakan bahwa sensor tegangan ZMPT101B 3 yang digunakan peneliti dikatakan akurat.

Hasil Pengujian Alat Keseluruhan

Pengujian alat monitoring ini secara keseluruhan yaitu pengujian menggunakan tiga Arduino Uno dan tiga sensor tegangan ZMPT101B sebagai pendeteksi tegangan masing-masing fasa. Pengambilan data tegangan secara serentak menggunakan mikrokontroler Arduino Uno melalui tampilan dari aplikasi

Arduino IDE yang dapat dilihat pada satu laptop. Hasil monitoring tegangan masing-masing fasa selanjutnya dianalisa menggunakan rumus ketidakseimbangan tegangan sehingga dapat diketahui persentase ketidakseimbangan tegangan yang terjadi sesuai hasil penelitian.

Tabel 7 Hasil Pengujian ke-1 (Pagi)

No.	Sensor Tegangan (Volt)			Waktu (Detik ke-)	% V_{Unb} Hitung	Keterangan
	R (Va)	S (Vb)	T (Vc)			
1	223,31	224,37	218,95	10	1,47	Aman tetapi akan terjadi derating
2	224,34	224,02	218,47	20	1,71	Aman tetapi akan terjadi derating
3	223,82	224,72	219,2	30	1,52	Aman tetapi akan terjadi derating
4	224,28	225,04	219,09	40	1,67	Aman tetapi akan terjadi derating
5	224,2	225,4	219,02	50	1,73	Aman tetapi akan terjadi derating
6	224,45	224,47	218,72	60	1,72	Aman tetapi akan terjadi derating

Berdasarkan tabel 7 menunjukkan bahwa hasil perhitungan dari pengujian monitoring tegangan yang dilakukan pagi hari (Pukul 10.00 WIB) menggunakan rumus ketidakseimbangan tegangan menghasilkan nilai persentase rata rata di bawah 1 % diantaranya pada detik ke 10 sampai dengan detik ke 50, kondisi ini dapat dikatakan aman, motor bisa bekerja sebagaimana mestinya tanpa terjadi penurunan daya. Sedangkan pada detik ke 60, nilai persentase ketidakseimbangan tegangannya masih di atas 1 %, dimana kondisi ini terbilang aman tetapi akan terjadi penurunan daya. Hal ini berdasarkan standar ketidakseimbangan tegangan dari NEMA.

Tabel 8 Hasil Pengujian ke-2 (Siang)

No.	Sensor Tegangan (Volt)			Waktu (Detik ke-)	% V_{Unb} Hitung	Keterangan
	R (Va)	S (Vb)	T (Vc)			
1	215,83	225,24	221,83	10	2,32	Aman tetapi akan terjadi derating
2	215,74	225,55	222,51	20	2,50	Aman tetapi akan terjadi derating
3	215,75	225,55	221,32	30	2,32	Aman tetapi akan terjadi derating
4	216,34	226,13	224,06	40	2,63	Aman tetapi akan terjadi derating
5	216,66	224,57	223,88	50	2,27	Aman tetapi akan terjadi derating
6	216,9	224,93	222,42	60	2,04	Aman tetapi akan terjadi derating

Berdasarkan tabel 8 menunjukkan bahwa hasil perhitungan dari pengujian monitoring tegangan yang dilakukan siang hari (Pukul 13.00 WIB) menggunakan rumus ketidakseimbangan tegangan menghasilkan nilai persentase rata rata di atas 1 % diantaranya pada detik ke 10 sampai dengan detik ke 60, kondisi ini dapat dikatakan masih aman tetapi akan terjadi penurunan daya. Hal ini berdasarkan standar ketidakseimbangan tegangan dari NEMA.

Tabel 9 Hasil Pengujian ke-3 (Sore)

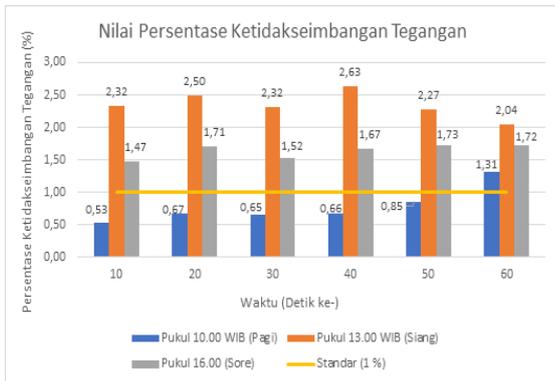
No	AVOmeter (Volt)	Sensor	Error
		Tegangan (Volt)	
1	218,8	218,31	0,22
2	219,9	219,96	0,03
3	221,1	221,65	0,25
4	223,5	222,10	0,63
5	219,5	220,04	0,25
$\sum error$			0,28

Berdasarkan tabel 9 menunjukkan bahwa hasil perhitungan dari pengujian monitoring tegangan yang dilakukan sore hari (Pukul 16.00 WIB) menggunakan rumus ketidakseimbangan tegangan menghasilkan nilai persentase rata rata di atas 1 % diantaranya pada detik ke 10 sampai dengan detik ke 60, kondisi ini dapat dikatakan masih aman tetapi akan terjadi penurunan daya. Hal ini berdasarkan standar ketidakseimbangan tegangan dari NEMA.

Rekapitulasi Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil analisis data penelitian yang sudah dijelaskan, terdapat perbedaan persentase ketidakseimbangan tegangan dari tiga kali pengujian yang waktu pengambilan datanya berbeda diantaranya pada saat pagi (10.00 WIB), siang (13.00 WIB), dan sore hari (16.00 WIB).

Berikut rekapitulasi hasil analisis data penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Grafik Hasil Rekapitulasi Nilai Persentase Ketidakseimbangan Tegangan Sumber

Berdasarkan gambar 4 menunjukkan bahwa berdasarkan rekapitulasi data penelitian yang diambil dalam tiga waktu (pagi, siang, dan sore) maka nilai persentase ketidakseimbangan tegangan rata rata untuk di waktu pagi nilainya masih di bawah 1 %. Sedangkan untuk nilai persentase ketidakseimbangan tegangan di waktu siang dan sore hari nilainya sudah di atas 1 %. Jika sesuai dengan standar, persentase ketidakseimbangan tegangan yang diijinkan tanpa melakukan derating (penurunan daya) berdasarkan NEMA adalah 1 %. Sedangkan, maksimum persentase ketidakseimbangan tegangan yang diijinkan adalah 5 %. Maka, hasil dari data penelitian ketiga waktu tersebut yang paling aman kondisinya adalah di waktu pagi hari (10.00 WIB). Sedangkan, data penelitian yang diambil saat siang dan sore hari kondisinya masih aman tetapi akan ada penurunan daya.

Aplikasi Hasil Penelitian

Dari segi keilmuan, hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat terhadap pembelajaran mahasiswa program studi Pendidikan Teknik Elektro, konsentrasi otomasi industri sebagai salah satu media pembelajaran. Selain itu, sistem monitoring yang dibuat dari mikrokontroler Arduino dan penggunaan sensor tegangan ZMPT101B sebagai pendeteksi tegangan 3 fasa dapat menjadi salah satu solusi

yang cukup hemat dalam hal biaya dan efektif dari cara kerjanya. Kemudian, sistem monitoring ini mampu memberikan kemudahan dalam mengetahui nilai tegangan suplai yang masuk pada motor induksi tiga fasa, sehingga dapat dihitung presentase ketidakseimbangan tegangannya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan pembuatan sistem monitoring suplai tegangan motor induksi tiga fasa berbasis mikrokontroler Arduino Uno menggunakan sensor tegangan ZMPT101B dapat disimpulkan bahwa:

1. Pembuatan sistem monitoring suplai tegangan pada motor induksi 3 fasa dengan menggunakan tiga Arduino Uno dan tiga Sensor ZMPT101B sebagai pendeteksi masing-masing tegangan fasa sudah berhasil dibuat. Adapun tahapan pembuatan sistem monitoring ini yaitu:
 - a. Pembuatan *hardware* alat, mulai dari pemasangan sistem kontrol untuk motor induksi tiga fasa pada panel, lalu pembuatan instalasi dan pemasangan masing-masing sensor dengan Arduino Uno.
 - b. Pembuatan *software* alat, sebelum membuat program untuk sistem monitoring alat ini, maka pastikan sudah menginstal aplikasi Arduino IDE. Selanjutnya, membuat program kontrol menggunakan *software* Arduino IDE yang sudah diinstal. Setelah program selesai, lalu masuk ke proses *compiling* untuk mengecek apakah program yang dibuat sudah benar sehingga dapat diproses oleh mikrokontroler. Kemudian *upload* program pada masing-masing Arduino Uno.
2. Persentase ketidakseimbangan tegangan dapat diketahui berdasarkan perhitungan hasil data monitoring alat menggunakan rumus dari *The National Standard for Electric Power System and Equipment ANSI Std C84.1-1995, NEMA Std MGI.2009*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai persentase ketidakseimbangan tegangan rata rata untuk di waktu pagi nilainya masih di bawah 1 %. Sedangkan untuk nilai persentase

ketidakseimbangan tegangan di waktu siang dan sore hari nilainya sudah di atas 1 %. Jika sesuai dengan standar, persentase ketidakseimbangan tegangan yang diijinkan tanpa melakukan derating (penurunan daya) berdasarkan NEMA adalah 1 %. Sedangkan, maksimum persentase ketidakseimbangan tegangan yang diijinkan adalah 5 %. Maka, hasil dari data penelitian ketiga waktu tersebut yang paling aman kondisinya adalah di waktu pagi hari. Sedangkan, data penelitian yang diambil saat siang dan sore hari kondisinya masih aman tetapi akan ada penurunan daya.

Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan di atas, maka dapat dikemukakan saran sebagai berikut:

1. Sistem monitoring suplai tegangan dapat dikembangkan lagi menjadi sistem monitoring dari ketidakseimbangan tegangan yang masuk pada motor induksi tiga fasa, sehingga dapat langsung diketahui persentase ketidakseimbangan tegangannya dari monitoring alat langsung dan bisa ditambahkan tanda bahaya (*output*) saat terjadi ketidakseimbangan tegangan.
2. Sistem alat dapat dikembangkan lagi menjadi sistem proteksi motor induksi tiga fasa dari ketidakseimbangan tegangan sumber yang masuk. Sehingga ketika terjadi ketidakseimbangan tegangan, alat proteksi mampu memutuskan aliran listrik yang masuk pada motor induksi tiga fasa secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aulia A.M., Pane Z. (2014). Pengaruh Variasi Ketidakseimbangan Tegangan terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fasa dengan Nilai Faktor Ketidakseimbangan Tegangan yang Sama. *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)*.
- [2] *The National Standard for Electric Power System and Equipment ANSI Std C84.1-1995*.
- [3] National Electrical Manufactures Association (NEMA) Publication No. MGI-2009 Motors and Generators.
- [4] Elma, U. 2017. Prototipe Sistem Kontrol Untuk Perangkat Elektronik Dengan *Smarthome* Berbasis ArduinoMega 2560 Menggunakan *Wifi* [skripsi]. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- [5] Ramang, I. & Utomo, A.R. 2014. Simulasi Pengaruh Tegangan Suplai Tak Seimbang terhadap Kinerja Motor Induksi 3 Fasa Berdasarkan Definisi NEMA, IEEE, dan IEC [skripsi]. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.