

PROTOTYPE SISTEM MONITORING ARUS, TEGANGAN, DAN SUHU PADA TRANSFORMATOR TIGA FASA BERBASIS ARDUINO MENGGUNAKAN MODUL 3DR

Alfiyas Buyung Sulaksono

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: alfiyasbuyung95@gmail.com

Achmad Imam Agung

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: achmadimam@unesa.ac.id

Abstrak

Transformator merupakan salah satu bagian yang digunakan pada sistem jaringan distribusi untuk proses penyaluran tenaga listrik. Transformator tiga fasa dapat dipantau jarak jauh secara nirkabel dengan modul antenna sebagai pengirim dan penerima hasil *monitoring*. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan sistem *monitoring* transformator tiga fasa untuk arus, tegangan, dan suhu menggunakan MATLAB berbasis arduino dan mengetahui hasil pengujian sistem *monitoring* transformator tiga fasa untuk arus, tegangan, dan suhu agar mengetahui hasil kondisi kinerja transformator. Hasil penelitian adalah sebuah *prototype* sistem *monitoring* arus, tegangan, dan suhu pada transformator tiga fasa yang dapat mengirimkan data sejauh 50 meter sampai 110 meter. Hasil pembacaan arus, tegangan, dan suhu dengan beban *rheostat* slide memiliki rerata kesalahan pengukuran atau *error* yang dihasilkan sistem *monitoring* menggunakan modul radio dengan *software* GUI MATLAB terhadap alat ukur standar, dengan pengujian *error* sensor arus per fasa adalah R = 1,40 %, S = 1,14 %, T = 0,71 %, sedangkan pengujian *error* sensor tegangan per fasa adalah R = 1,32 %, S = 1,49 %, T = 1,38 %, dan akurasi *error* sensor suhu yakni 1,66 %. Secara keseluruhan hasil pembacaan sensor-sensor memiliki tingkat keakurasian cukup baik dan sistem *monitoring* transformator berfungsi dengan baik.

Kata Kunci: Monitoring, Arus, Tegangan, Suhu, Arduino, MATLAB, Modul Radio

Abstract

The transformer is one part which is used in distribution network systems for the process of electricity distribution. The three-phase transformer can be monitored from the long-distance range wirelessly with the antenna module as the sender and the receiver of monitoring results. The purposes of this research are to produce a three-phase transformer monitoring system for currents, voltages, and temperatures using an Arduino-based MATLAB and to find out the results of the test form the three-phase transformer monitoring system for currents, voltages, and temperatures in order to know the results of the transformer's performance conditions. The result of the research is a prototype of the current, voltage and temperature monitoring system on the three-phase transformer that can transmit data as far as 50 meters to 110 meters. The results of current, voltage and temperature readings with a slide rheostat load have an average measurement mistake or error which is generated by monitoring system using radio module using MATLAB GUI software toward a standard measuring instrument, with the error current sensor testing per phase is R = 1,40 %, S = 1,14 %, T = 0,71 %, while the voltage sensor error testing per phase is R = 1,32 %, S = 1,49 %, T = 1,38 %, and the temperature sensor error accuracy is 1,66 %. Overall, the results of the readings of the sensors have a pretty good level of accuracy and the transformer monitoring system functions is running well.

Keywords : Monitoring, Current, Voltage, Temperature, Arduino, MATLAB, Radio Module

PENDAHULUAN

Energi listrik memegang peranan yang vital dalam kehidupan manusia. Dapat dikatakan bahwa listrik telah menjadi sumber utama.. Energi listrik disalurkan melalui kabel dari proses pembangkitan, transmisi, dan distribusi sampai ke beban. Hal ini membuat pada operasi penyaluran tenaga listrik dalam perkembangannya, proses distribusi memiliki peran yang penting. Pada proses

distribusi penyaluran tenaga listrik, transformator merupakan alat yang sangat penting untuk proses penyaluran tenaga listrik. Untuk mengetahui kondisi transformator, maka cara perawatan harus dilakukan dengan baik untuk menjaga kinerja transformator agar dapat bekerja menyalurkan energi listrik dan dapat bekerja secara optimum. Gangguan pada transformator dapat menyebabkan rusaknya dan menurunnya kinerja dari transformator. Contoh penyebab dari rusaknya

transformator adalah *overload* dan beban tidak seimbang. *Overload* terjadi karena beban yang terpasang pada transformator melebihi kapasitas maksimum dari transformator dimana arus beban melebihi arus beban penuh dari transformator. Transformator juga dapat mengalami *overload* walaupun arus beban belum melebihi arus beban penuh dikarenakan suhu sudah melebihi batas yang diijinkan. (Winardi, 2017).

Untuk mengembangkan dan mempermudah perawatan pada transformator distribusi agar dapat dilakukan pemeriksaan dengan mudah sistem *monitoring* arus, tegangan, dan suhu pada transformator secara nirkabel maka digunakan *transmitter* dan *receiver*. Tujuan dari adanya sistem *monitoring* pada transformator tiga fasa digunakan untuk memberitahukan informasi kondisi kinerja transformator pada operator sebagai bahan analisis dan mencegah adanya kondisi abnormal pada transformator.

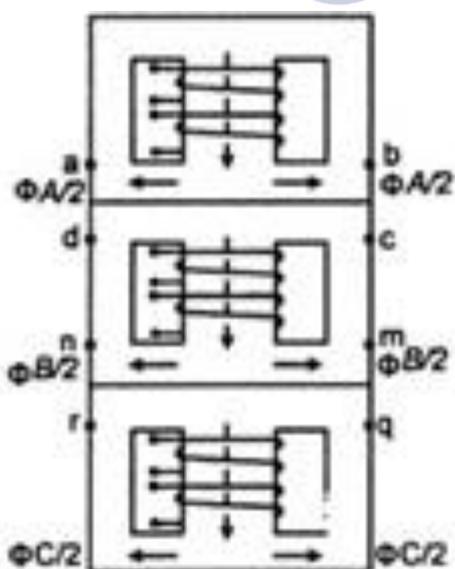
KAJIAN PUSTAKA

Sistem Monitoring

Menurut Whendy Chandra Prasetya (2011), *Monitoring* yang baik dibutuhkan pengawasan secara *realtime* dikarenakan kita tidak dapat mengetahui kapan akan terjadinya masalah dalam jaringan computer (Firmansyah, 2015).

Transformator Tiga Fasa

Pada transformator tiga fasa terdapat 3 (tiga) buah kumparan primer dan 3 (tiga) buah kumparan sekunder. Dari ketiga kumparan (primer/sekunder) dapat dibuat hubungan bintang maupun segitiga (Sumanto, 1991). Berikut Gambar 2.4 menunjukkan 3 buah transformator fasa tunggal tipe cangkang disusun ke atas.



Gambar 1. Transformator Tiga Fasa yang Disusun dari 3 Buah Transformator Satu Fasa (Sumber : Zuhail, 2004)

Prinsip kerja dari transformator adalah dasar dari prinsip kerja hukum faraday induksi elektromagnetik. Induksi elektromagnetik terjadi ketika kawat atau penghantar dengan panjang tertentu ketika digulung menjadi sebuah koil maka tercipta induktor dasar. Jika induktor tersebut dialiri arus listrik maka tercipta medan elektromagnetik disekitarnya. Besaran arus listrik tersebut apabila berubah maka medan elektromagnetik disekitar induktor itu juga akan berubah. Sehingga ketika dua atau lebih kumparan saling berdekatan satu sama lain dan dialiri arus listrik maka tercipta medan elektromagnetik melalui satu kumparan, dari kumparan tersebut menginduktasikan tegangan ke kumparan lain meskipun tidak ada sambungan listrik diantara setiap kumparan (Bakshi MV dan Bakshi Uday A, 2008: 1).

Daya transformator bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$S = \sqrt{3}.V.I \tag{1}$$

(Short T, 2014)

Dimana:

- S : daya transformator (kVA)
- V : tegangan sisi primer trafo (kV)
- I : arus jala-jala (A)

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (*full load*) dapat menggunakan rumus :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}.V} \tag{2}$$

(Short T, 2014)

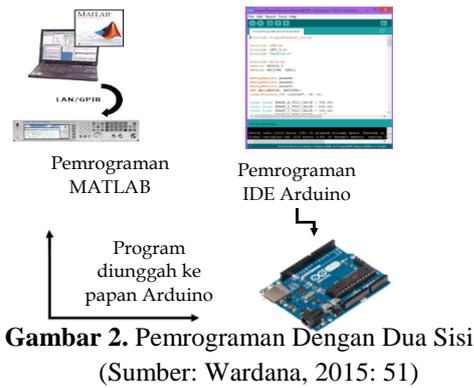
Dimana:

- I_{FL} : Arus beban penuh (A)
- S : Daya transformator (kVA)
- V : Tegangan sisi sekunder transformator (kV)

Arduiono dan MATLAB

Arduiono adalah *prototyping platform* sebuah paket berupa papan (*board*) elektronik (*hardware*) dan lingkungan pengembangan (*software*) yang memanfaatkan kemampuan mikrokontroler jenis tertentu Atmega 328 (Wardana, 2015: 7).

Dasar komunikasi MATLAB dengan arduino adalah komunikasi secara serial yang terhubung melalui kabel ataupun *wireless*. Dengan cara ini bisa dilakukan memprogram dikedua sisi, yaitu pada sisi MATLAB dan Arduino (Wardana, 2015:45).



Gambar 2. Pemrograman Dengan Dua Sisi (Sumber: Wardana, 2015: 51)

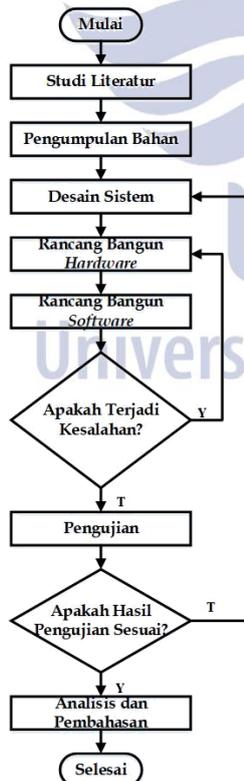
METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan menggunakan pendekatan kuantitatif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk *me-monitoring* kinerja transformator tiga fasa dalam kondisi bekerja, agar dapat mengetahui variabel arus, tegangan, dan suhu pada transformator secara *real time* melalui pembacaan sensor yang kemudian akan dikirimkan menggunakan jaringan nirkabel yaitu modul radio 3DR sebagai *transmitter* lalu akan diterima oleh user sebagai *receiver* melalui laptop pada *software* MATLAB.

Rancangan Penelitian

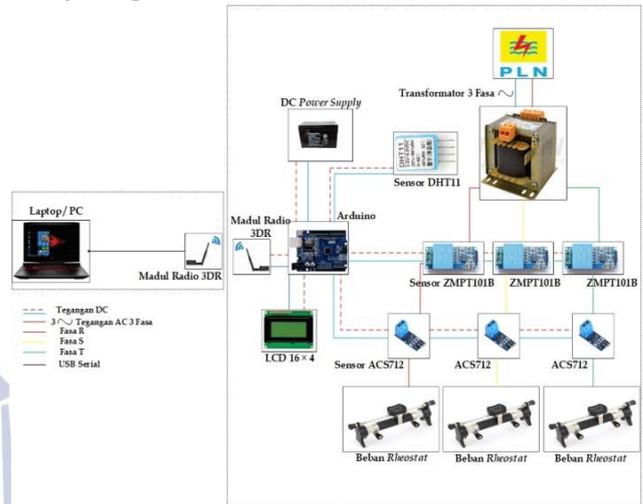
Tahapan perancangan penelitian ini secara garis besar di jelaskan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Langkah-langkah Rancangan Penelitian

Diagram Hardware System

Rancang bangun *hardware* pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rancang Bangun Hardware Prototype

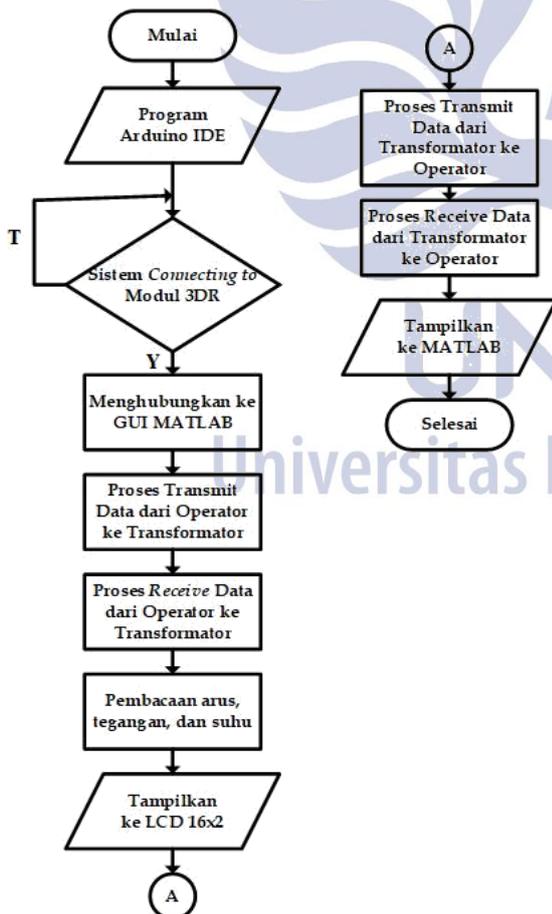
Pada Gambar 4 merupakan *prototype* perancangan sistem monitoring arus, tegangan, dan suhu pada transformator tiga fasa menggunakan modul radio 3DR. Dimana terdiri dari dua bagian yaitu operator dan transformator. Pada penelitian ini laptop / PC yang sudah diinstal IDE arduino sebagai *software* olah data dan juga masukan sinyal perintah. Terdapat GUI MATLAB sebagai *interface*. Sedangkan dibagian *prototype* transformator tiga fasa, terdapat sensor arus ACS712, sensor tegangan ZMPT101B, sensor suhu DHT11, dan LCD 16 x 4. Sensor tersebut akan bekerja untuk *memonitoring* kinerja *prototype* transformator tiga fasa agar dapat mengetahui data berupa arus, tegangan, dan suhu yang ada pada transformator kemudian akan di transmisikan kepada *user* menggunakan modul radio 3DR.

Sinyal perintah akan dikirimkan melalui laptop / PC dengan *software* IDE arduino kemudian sinyal perintah dikirimkan untuk membaca *monitoring* arus, tegangan, dan suhu pada transformator. Sensor arus ACS712 digunakan untuk pembacaan nilai arus pada transformator dengan menggunakan beban *rheostat*. Sensor ZMPT101B juga akan membaca tegangan yang ada pada *prototype* transformator tiga fasa pada sisi sekunder. Kemudian sensor DHT11 akan menampilkan pembacaan suhu dan kelembaban yang dialami pada transformator. Hasil pembacaan akan diteruskan ke arduino, dan arduino akan mengirimkannya kembali ke operator untuk menerima *transreceiver* data dan bagian LCD untuk proses *monitoring* dan pengolahan data. MATLAB diintegrasikan dengan IDE arduino dalam bentuk GUI yang digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan *monitoring* arus, tegangan, dan suhu pada transformator.

Rancang Bangun Software

Diagram alir dari software *prototype* sistem *monitoring* arus, tegangan, dan suhu menggunakan 3DR berbasis arduino dan MATLAB dapat dilihat pada Gambar 5.

Secara umum dapat dijelaskan bahwa sistem *monitoring* di program menggunakan mikrokontroler arduino, kemudian akan di koneksikan menggunakan modul radio 3DR. Setelah itu maka sistem *monitoring* akan terhubung dengan *software* GUI MATLAB untuk melakukan pembacaan *monitoring* arus, tegangan, dan suhu pada saat kondisi berbeban. Hasil pembacaan sensor arus dan tegangan yang dibaca oleh sensor ACS712 dan ZMPT101B dikirimkan ke arduino kemudian dikonversikan ke dalam bentuk besaran arus (A) dan tegangan (V), untuk ditampilkan ke LCD 16x4. Temperatur *prototype* juga dibaca oleh sensor DHT11 untuk pembacaan suhu dan kelembaban pada *prototype* transformator tiga fasa. Apabila sistem *monitoring* tidak berjalan dengan baik maka operator akan memeriksa apakah program dan konektifitas pada sistem *monitoring* terdapat masalah yang perlu untuk diperbaiki. Data yang sudah didapat oleh arduino dikirimkan kembali ke operator dan ditampilkan ke laptop atau PC sebagai pengolahan data.



Gambar 5. Rancang Bangun Software *Prototype*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Keseluruhan Sistem

Dari seluruh pengujian blok sistem pada rangkaian keseluruhan yang telah dijalankan bertujuan untuk mengetahui akurasi sistem untuk memonitor arus, tegangan, dan suhu dari transformator tiga fasa dan hasil pembacaan akan ditampilkan ke LCD yang kemudian dikirimkan ke bagian operator untuk ditampilkan di GUI MATLAB. Ketika sistem *monitoring* pada *software* GUI dijalankan maka akan menampilkan pembacaan dari pengukuran arus, tegangan, dan suhu menggunakan modul radio 3DR dengan indikasi pada MATLAB tertulis *connect* dan *online*. Berikut adalah hasil pengujian keseluruhan sistem yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

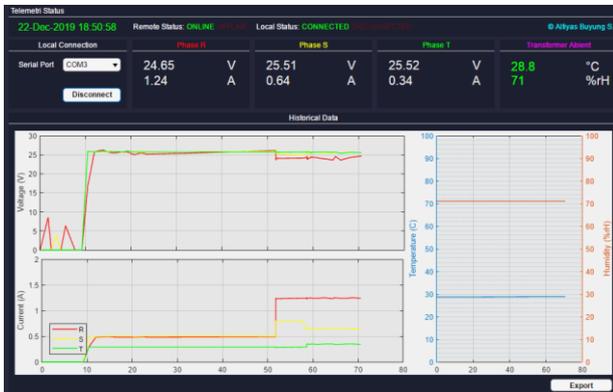
Tabel 1. Hasil Pengujian Keseluruhan Arus dan Suhu

(Ω)	V_{AC} (V)	Arus (Ampere)						Suhu (°C)
		Prototype			Alat Ukur			
		R	S	T	R	S	T	
13	26	1,74	1,74	1,74	1,73	1,73	1,73	40,4
15	26	1,52	1,52	1,52	1,51	1,51	1,51	40
20	26	1,16	1,16	1,15	1,15	1,15	1,15	39,5
25	26	0,94	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	39
30	26	0,79	0,80	0,78	0,79	0,79	0,79	38,7
35	26	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,68	38,1
40	26	0,60	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61	37,6
45	26	0,54	0,55	0,54	0,54	0,54	0,54	36,9
50	26	0,50	0,50	0,48	0,49	0,49	0,49	36
55	26	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45	0,45	35,4
60	26	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42	34
65	26	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	32,8
70	26	0,37	0,36	0,37	0,36	0,36	0,36	31,6
75	26	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	31
80	26	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	30,2
85	26	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	29,7
90	26	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	29,3
95	26	0,28	0,27	0,28	0,27	0,27	0,27	29
100	26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	29

Tabel 2. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem (Tegangan)

(Ω)	V_{AC} (V)	Tegangan (Volt)					
		Prototype			Alat Ukur		
		R	S	T	R	S	T
13	26	22	22	22	21,8	21,8	21,8
15	26	22	22	23	22	22	22,8
20	26	23	23	24	23,6	23,8	23,9
25	26	24	24	24	24	24,1	24,3
30	26	24	24	24	24,4	24,4	24,5
35	26	24	25	24	24,6	24,6	24,7
40	26	24	25	24	24,7	24,7	24,9
45	26	24	25	25	24,9	24,8	25
50	26	25	25	25	25	25	25
55	26	25	25	25	25,01	25,2	25,12
60	26	25	25	25	25,04	25,26	25,28
65	26	25	26	25	25,10	25,29	25,33
70	26	25	26	25	25,15	25,30	25,35
75	26	25	26	25	25,21	25,35	25,40
80	26	25	26	25	25,27	25,44	25,50
85	26	26	26	25	25,33	25,47	25,54
90	26	26	26	26	25,37	25,49	25,57
95	26	26	26	26	25,42	25,59	25,62
100	26	26	26	26	25,9	25,8	25,76

Pengujian diatas menggunakan pembebanan dengan nilai hambatan mulai dari 13Ω - 100Ω. Sistem *monitoring* pada *prototype* transformator tiga fasa berjalan dengan baik sesuai dengan pengukuran alat ukur digital AVO meter yang digunakan untuk pengukuran arus, tegangan, dan suhu yang terbaca. Ketika *prototype* sudah terhubung dengan *software* GUI MATLAB maka akan menampilkan status “connect” dan “online”. Status konektivitas yang ditampilkan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Interface monitoring arus, tegangan, dan suhu transformator tiga fasa pada *software* GUI MATLAB 2017a

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2 menyatakan bahwa hasil pembacaan sistem berbeda dengan hasil pembacaan alat ukur terstandarisasi. Dari hasil pengujian tersebut dapat dihitung nilai *error* untuk menganalisis keakurasian dari sistem. Nilai *error* dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Nilai terbaca} - \text{Nilai sebenarnya}}{\text{Nilai terbaca}} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

Nilai Terbaca : Hasil pengujian sistem *monitoring*

Nilai Sebenarnya : Hasil pembacaan alat ukur

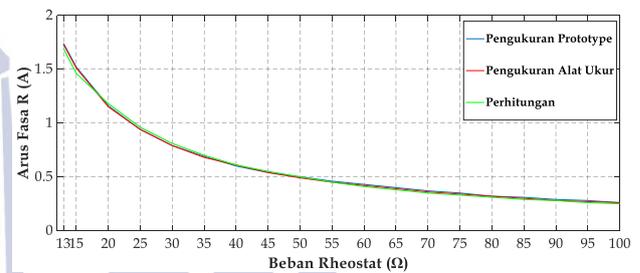
Dari hasil perhitungan *error* pembacaan arus pada fasa R, S, dan T menggunakan *prototype* dan alat ukur dengan nilai hambatan yang bervariasi. Hasil perhitungan *error* pembacaan sensor arus dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Error* Arus Fasa R

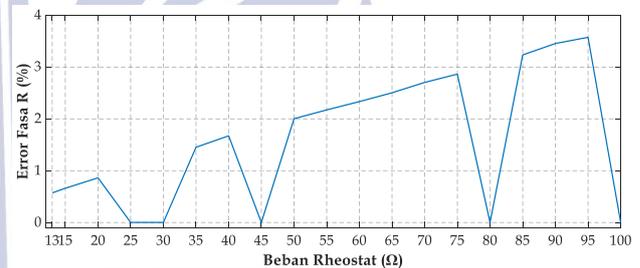
(Ω)	Pengukuran Prototype (A)	Pengukuran Alat Ukur (A)	Perhitungan (A)	Error (%)
13	1,74	1,73	1,69	0,57
15	1,52	1,51	1,46	0,66
20	1,16	1,15	1,18	0,86
25	0,94	0,94	0,96	0
30	0,79	0,79	0,81	0
35	0,69	0,68	0,70	1,45

Lanjutan Tabel 3. Hasil Perhitungan *Error* Arus Fasa R

40	0,60	0,61	0,61	1,67
45	0,54	0,54	0,55	0
50	0,50	0,49	0,50	2
55	0,46	0,45	0,45	2,17
60	0,43	0,42	0,41	2,33
65	0,40	0,39	0,38	2,5
70	0,37	0,36	0,35	2,70
75	0,35	0,34	0,33	2,86
80	0,32	0,32	0,31	0
85	0,31	0,30	0,29	3,23
90	0,29	0,28	0,28	3,45
95	0,28	0,27	0,26	3,57
100	0,26	0,26	0,25	0
Rata - rata				1,40



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Arus Fasa R



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Akurasi Arus Fasa R

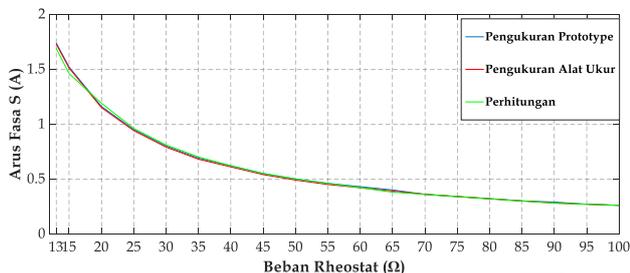
Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 7 dan 8 dapat diketahui nilai terendah dari hasil pengukuran *prototype* adalah 0,26 A dan nilai tertinggi adalah 1,74 A. Sedangkan nilai terendah dari hasil pengukuran alat ukur adalah 0,26 A dan nilai tertinggi adalah 1,73 A. Sehingga nilai rata-rata *error* yang dimiliki sensor ACS712 pada fasa R sebesar 1,40 %.

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Error* Arus Fasa S

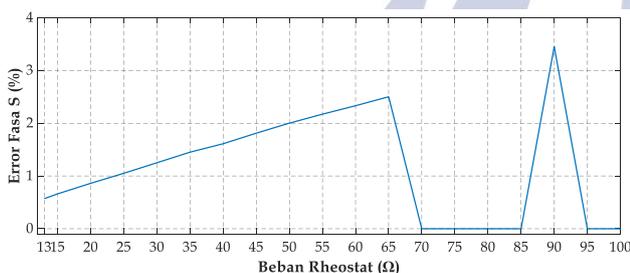
(Ω)	Pengukuran Prototype (A)	Pengukuran Alat Ukur (A)	Perhitungan (A)	Error (%)
13	1,74	1,73	1,69	0,57
15	1,52	1,51	1,46	0,66
20	1,16	1,15	1,19	0,86
25	0,95	0,94	0,96	1,05
30	0,80	0,79	0,81	1,25
35	0,69	0,68	0,70	1,45
40	0,62	0,61	0,62	1,61
45	0,55	0,54	0,55	1,81
50	0,50	0,49	0,50	2
55	0,46	0,45	0,46	2,17
60	0,43	0,42	0,42	2,33
65	0,40	0,39	0,38	2,5
70	0,36	0,36	0,36	0

Lanjutan Tabel 4. Hasil Perhitungan Error Arus Fasa S

75	0,34	0,34	0,34	0
80	0,32	0,32	0,32	0
85	0,30	0,30	0,30	0
90	0,29	0,28	0,28	3,45
95	0,27	0,27	0,27	0
100	0,26	0,26	0,26	0
Rata - rata				1,14



Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian Arus Fasa S

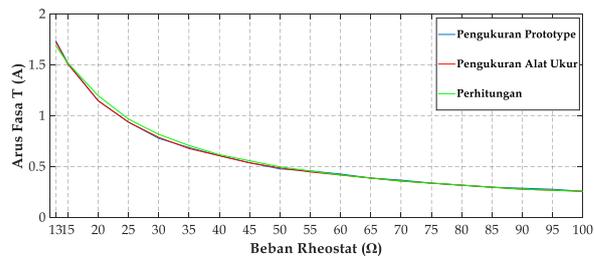


Gambar 10. Grafik Hasil Pengujian Akurasi Arus Fasa S

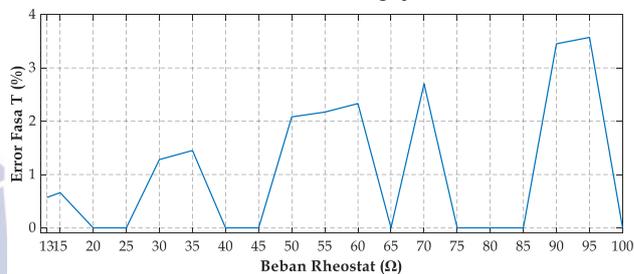
Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 9 dan 10 dapat diketahui nilai terendah dari hasil pengukuran *prototype* adalah 0,26 A dan nilai tertinggi adalah 1,74 A. Sedangkan nilai terendah dari hasil pengukuran alat ukur adalah 0,26 A dan nilai tertinggi adalah 1,73 A. Sehingga nilai rata-rata *error* yang dimiliki sensor ACS712 pada fasa S sebesar 1,14 %.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Error Arus Fasa T

(Ω)	Pengukuran Prototype (A)	Pengukuran Alat Ukur (A)	Perhitungan (A)	Error (%)
13	1,74	1,73	1,69	0,57
15	1,52	1,51	1,52	0,66
20	1,15	1,15	1,20	0
25	0,94	0,94	0,97	0
30	0,78	0,79	0,82	1,28
35	0,69	0,68	0,71	1,45
40	0,61	0,61	0,62	0
45	0,54	0,54	0,56	0
50	0,48	0,49	0,50	2,08
55	0,46	0,45	0,46	2,17
60	0,43	0,42	0,42	2,33
65	0,39	0,39	0,39	0
70	0,37	0,36	0,36	2,70
75	0,34	0,34	0,34	0
80	0,32	0,32	0,32	0
85	0,30	0,30	0,30	0
90	0,29	0,28	0,28	3,45
95	0,28	0,27	0,27	3,57
100	0,26	0,26	0,26	0
Rata - rata				0,71



Gambar 11. Grafik Hasil Pengujian Arus Fasa T



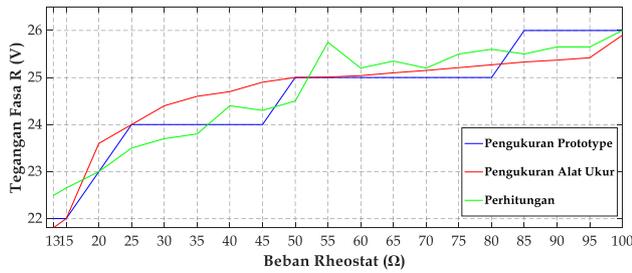
Gambar 12. Grafik Hasil Pengujian Akurasi Arus Fasa T

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 11 dan 12 dapat diketahui nilai terendah dari hasil pengukuran *prototype* adalah 0,26 A dan nilai tertinggi adalah 1,74 A. Sedangkan nilai terendah dari hasil pengukuran alat ukur adalah 0,26 A dan nilai tertinggi adalah 1,73 A. Sehingga nilai rata-rata *error* yang dimiliki sensor ACS712 pada fasa T sebesar 0,71 %.

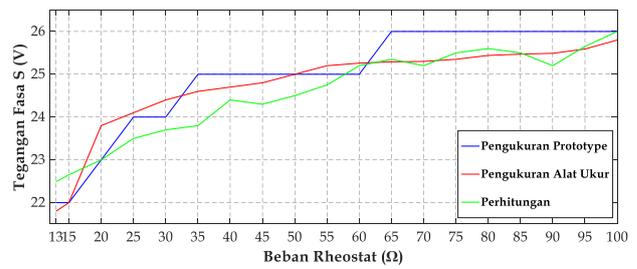
Dari hasil perhitungan *error* pembacaan tegangan pada fasa R, S, dan T menggunakan *prototype* dan alat ukur dengan nilai hambatan yang bervariasi. Hasil perhitungan *error* pembacaan sensor tegangan dapat dilihat pada Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Perhitungan Error Tegangan Fasa R

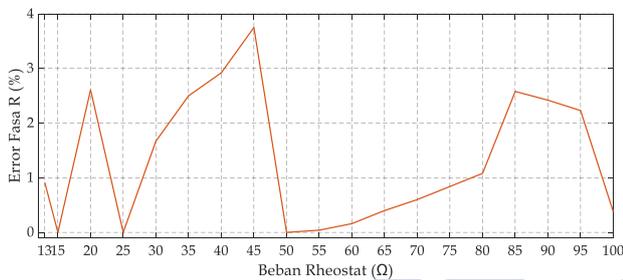
(Ω)	Pengukuran Prototype (V)	Pengukuran Alat Ukur (V)	Perhitungan (V)	Error (%)
13	22	21,8	22,49	0,91
15	22	22	22,65	0
20	23	23,6	23	2,61
25	24	24	23,5	0
30	24	24,4	23,7	1,67
35	24	24,6	23,8	2,5
40	24	24,7	24,4	2,92
45	24	24,9	24,3	3,75
50	25	25	24,5	0
55	25	25,01	25,75	0,04
60	25	25,04	25,2	0,16
65	25	25,10	25,35	0,4
70	25	25,15	25,2	0,6
75	25	25,21	25,5	0,84
80	25	25,27	25,6	1,08
85	26	25,33	25,5	2,58
90	26	25,37	25,65	2,42
95	26	25,42	25,65	2,23
100	26	25,9	26	0,38
Rata - rata				1,32



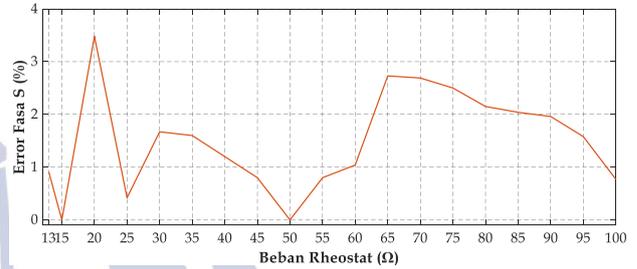
Gambar 13. Grafik Hasil Pengujian Tegangan Fasa R



Gambar 15. Grafik Hasil Pengujian Tegangan Fasa S



Gambar 14. Grafik Hasil Pengujian Akurasi Tegangan Fasa R



Gambar 16. Grafik Hasil Pengujian Akurasi Tegangan Fasa S

Berdasarkan Tabel 6 dan Gambar 13 dan 14 dapat diketahui nilai terendah dari hasil pengukuran *prototype* adalah 22 V dan nilai tertinggi adalah 26 V. Sedangkan nilai terendah dari hasil pengukuran alat ukur adalah 21,8 V dan nilai tertinggi adalah 25,9 V. Sehingga nilai rata-rata *error* yang dimiliki sensor ZMPT101B pada fasa R sebesar 1,32 %.

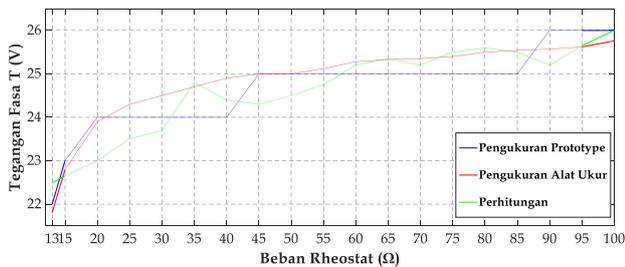
Berdasarkan Tabel 7 dan Gambar 15 dan 16 dapat diketahui nilai terendah dari hasil pengukuran *prototype* adalah 22 V dan nilai tertinggi adalah 26 V. Sedangkan nilai terendah dari hasil pengukuran alat ukur adalah 21,8 V dan nilai tertinggi adalah 25,8 V. Sehingga nilai rata-rata *error* yang dimiliki sensor ZMPT101B pada fasa S sebesar 1,49 %.

Tabel 7. Hasil Perhitungan *Error* Tegangan Fasa S

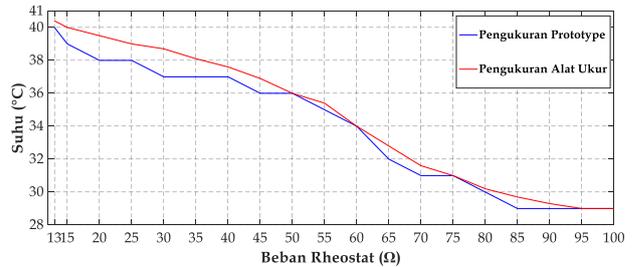
Pengukuran (Ω)	Pengukuran Prototype (V)	Pengukuran Alat Ukur (V)	Perhitungan (V)	Error (%)
13	22	21,8	22,49	0,91
15	22	22	22,65	0
20	23	23,8	23	3,48
25	24	24,1	23,5	0,42
30	24	24,4	23,7	1,67
35	25	24,6	23,8	1,6
40	25	24,7	24,4	1,2
45	25	24,8	24,3	0,8
50	25	25	24,5	0
55	25	25,2	24,75	0,8
60	25	25,26	25,2	1,04
65	26	25,29	25,35	2,73
70	26	25,30	25,2	2,69
75	26	25,35	25,5	2,5
80	26	25,44	25,6	2,15
85	26	25,47	25,5	2,04
90	26	25,49	25,2	1,96
95	26	25,59	25,65	1,58
100	26	25,8	26	0,77
Rata - rata				1,49

Tabel 8. Hasil Perhitungan *Error* Tegangan Fasa T

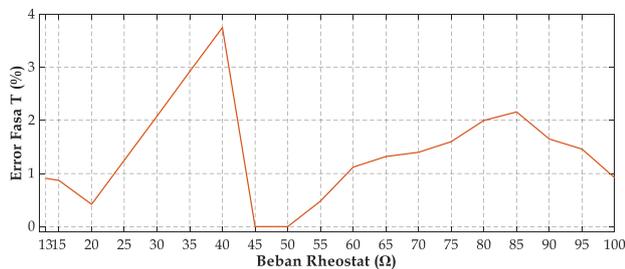
Pengukuran (Ω)	Pengukuran Prototype (V)	Pengukuran Alat Ukur (V)	Perhitungan (V)	Error (%)
13	22	21,8	22,49	0,91
15	23	22,8	22,65	0,87
20	24	23,9	23	0,42
25	24	24,3	23,5	1,25
30	24	24,5	23,7	2,08
35	24	24,7	24,8	2,92
40	24	24,9	24,4	3,75
45	25	25	24,3	0
50	25	25	24,5	0
55	25	25,12	24,75	0,48
60	25	25,28	25,2	1,12
65	25	25,33	25,35	1,32
70	25	25,35	25,2	1,4
75	25	25,40	25,5	1,6
80	25	25,50	25,6	2
85	25	25,54	25,5	2,16
90	26	25,57	25,2	1,65
95	26	25,62	25,65	1,46
100	26	25,76	26	0,92
Rata - rata				1,38



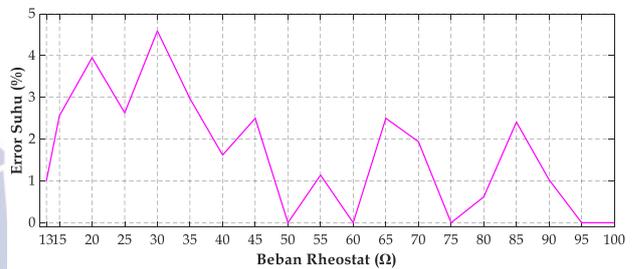
Gambar 17. Grafik Hasil Pengujian Tegangan Fasa T



Gambar 19. Grafik Hasil Pengujian Akurasi Suhu



Gambar 18. Grafik Hasil Pengujian Akurasi Tegangan Fasa T



Gambar 20. Grafik Hasil Pengujian Akurasi Suhu

Berdasarkan Tabel 8 dan Gambar 17 dan 18 dapat diketahui nilai terendah dari hasil pengukuran *prototype* adalah 22 V dan nilai tertinggi adalah 26 V. Sedangkan nilai terendah dari hasil pengukuran alat ukur adalah 21,8 V dan nilai tertinggi adalah 25,76 V. Sehingga nilai rata-rata *error* yang dimiliki sensor ZMPT101B pada fasa T sebesar 1,38 %.

Kemudian dari hasil perhitungan *error* pembacaan suhu pada *body* transformator menggunakan *prototype* dan alat ukur dengan nilai hambatan yang bervariasi dapat dilihat pada Tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil Perhitungan *Error* Sensor Suhu

Beban Rheostat (Ω)	Pengukuran Prototype (°C)	Pengukuran Alat Ukur (°C)	Error (%)
13	40	40,4	1
15	39	40	2,56
20	38	39,5	3,95
25	38	39	2,63
30	37	38,7	4,59
35	37	38,1	2,97
40	37	37,6	1,62
45	36	36,9	2,5
50	36	36	0
55	35	35,4	1,14
60	34	34	0
65	32	32,8	2,5
70	31	31,6	1,94
75	31	31	0
80	30	30,2	0,62
85	29	29,7	2,41
90	29	29,3	1,03
95	29	29	0
100	29	29	0
Rata - rata			1,66

Berdasarkan Tabel 9 dan Gambar 19 dan 20 dapat diketahui nilai terendah dari hasil pengukuran *prototype* adalah 29 °C dan nilai tertinggi adalah 40 °C. Sedangkan nilai terendah dari hasil pengukuran alat ukur adalah 29 °C dan nilai tertinggi adalah 40,4 °C. Sehingga nilai rata-rata *error* yang dimiliki sensor DHT11 sebesar 1,66 %.

PENUTUP

Simpulan

Setelah dilakukan pengujian alat yang telah dibuat dan terdapat hasil analisa data, dapat disimpulkan *Prototype* sistem *monitoring* arus, tegangan, dan suhu pada transformator tiga fasa berbasis arduino menggunakan modul radio 3DR berhasil dibuat yang mampu mendeteksi perubahan arus, tegangan, dan suhu secara *real time* dengan pertukaran data melalui *software* GUI MATLAB. Hasil pengujian sistem *monitoring* menggunakan GUI MATLAB, bahwa *prototype* alat sistem dapat bekerja dengan baik. Respon sensor terhadap *interface* yang terdapat pada *software* GUI MATLAB menggunakan modul radio 3DR sangat bergantung kepada jarak yang tersedia, dengan pengujian jarak sejauh 50 m sampai 110 m. Rata – rata kesalahan pengukuran atau *error* yang dihasilkan sistem *monitoring* menggunakan modul radio 3DR dengan *software* GUI MATLAB terhadap alat ukur standar, dengan pengujian *error* sensor arus per fasa adalah R = 1,40 %, S = 1,14 %, T = 0,71 %, sedangkan pengujian *error* sensor tegangan per fasa adalah R = 1,32 %, S = 1,49 %, T = 1,38 %, dan akurasi *error* sensor suhu yakni 1,66 %.

Saran

Sistem *monitoring* yang dilakukan lebih baik pada kedua sisi bagian transformator, sehingga bagian primer

transformator juga dapat diketahui hasil *monitoring*-nya. Pada pembebanan yang dilakukan lebih baik menggunakan beban berupa lampu atau motor listrik. Hasil monitoring dapat dilihat menggunakan *software* MATLAB yang dapat dibuka menggunakan PC/Laptop, alangkah lebih baik dikembangkan sistemnya secara *online* berbasis IoT sehingga bisa dilihat menggunakan *smartphone* dan tidak terbatas jarak. Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi pada transformator didapatkan nilai sebesar 50,60 %, alangkah lebih baik apabila menggunakan transformator yang memiliki efisiensi minimal 90 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakshi, Uday A and Bakshi, Mayuresh V. 2008. Electromechanical Energy Conversion. *Pune : Techincal Publications Pune.*
- Firmansyah, Riza Agung dkk. 2015.” Perancangan Alat Monitoring dan penyimpan Data Pada panel Hubung Tegangan Rendah Di Trafo Gardu Distribusi Berbasis Mikrokontroler” *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III.*
- Kadir, Abdul. 2010. *Transformator*. Edisi Kedua. Pradnya Paramita: Jakarta.
- Short, T. 2014. *Electric Power Distribution Handbook*. Second Edition. London.
- Sumanto. 1991. *Teori Transformator*. Andi Offset : Yogyakarta.
- Wardana, I Nyoman Kusuma. 2015. *Teknik Antarmuka MATLAB dan Arduino*. Denpasar: Vaikutha
- Winardi, Bambang. 2017. “Perancangan Monitoring Suhu Transformator Tenaga 150/20 KV Berbasis Arduino Mega 2560”. *Transmisi*. Vol 19 No 3. Hal : 121-124.
- Zuhal, dan Zhanggiscan. 2004. *Prinsip Dasar Elektroteknik*. Gramedia Pusaka Utama: Jakarta.