

PROTOTYPE SISTEM MONITORING GARDU DISTRIBUSI JARINGAN TEGANGAN RENDAH BERBASIS ARDUINO MEGA 2560

PTOTOTYPE OF MONITORING SYSTEM FOR LOW VOLTAGE NETWORK DISTRIBUTION SUBSTATION BASED ON ARDUINO MEGA 2560

Prayoga Hidayat¹, Supriyatna², dan A. Sjamsjiar Rachman³
E-mail : prayoga063@gmail.com, supri1990@yahoo.com, asrachman@unram.ac.id

ABSTRAK

Prototype sistem monitoring gardu distribusi jaringan tegangan rendah terdiri dari sensor tegangan ZMPT101B untuk pengukuran tegangan, sensor arus SCT-013-0100A untuk pengukuran arus, arduino mega2560 sebagai mikrokontroler yang berfungsi mengkonversi data masukan sensor menjadi keluaran digital dan modul sim800L untuk mengirim data-data yang telah diolah oleh arduino ke sistem penerima.. Sedangkan nilai daya dan ketidakseimbangan didapat dari perhitungan menggunakan deret fourier. Sistem monitoring ini dapat menampilkan bentuk besaran-besaran listrik seperti tegangan, arus, daya, arus netral dan ketidakseimbangan. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan didapatkan rata-rata *error* dari sistem monitoring untuk Vrms, Irms dan daya, dengan menggunakan kombinasi beban resistor-induktor berturut-turut Vrms 0.40%, Irms 3.25% dan Daya 4.13%. Beban rumah tangga berturut- Fasa R (Vrms 0.139%, Irms 3.666% dan Daya 3.803%), Fasa S (Vrms 0.193%, Irms 6.618% dan Daya 6.425%) dan Fasa T (Vrms 0.052%, Irms 4.426% dan Daya 4.412%). Dalam penelitian ini, dengan menggunakan Arduino Mega 2560, hasil monitoring data berhasil ditampilkan di layar LCD dan bisa dikirim ke sistem penerima menggunakan modul gsm sim800L.

Kata Kunci : Sumber tiga fasa, sensor tegangan, sensor arus, gsm sim800, Arduino Mega2560

ABSTRACT

The prototype monitoring system of low voltage network distribution substations consists of a ZMPT101B voltage sensor for voltage measurement, current sensor SCT-013-0100A for current measurement, arduino mega2560 as a microcontroller which functions to convert sensor input data into digital output and sim800L module to send data has been processed by Arduino to the receiving system. Whereas the power value and imbalance are obtained from calculations using Fourier series. This monitoring system can display forms of electrical quantities such as voltage, current, power, neutral currents and imbalances. Based on the results of testing and calculation, the average error of the monitoring system is obtained for Vrms, Irms and power, using a combination of resistor-inductor loads, respectively Vrms 0.40%, Irms 3.25% and Power 4.13%. Consecutive household loads - Phase R (Vrms 0.139%, Irms 3.666% and Power 3.803%), Phase S (Vrms 0.193%, Irms 6.618% and Power 6.425%) and Phase T (Vrms 0.052%, Irms 4.426% and Power 4.412 %). In this study, using Arduino Mega 2560, the results of monitoring data were successfully displayed on the LCD screen and could be sent to the receiving system using the GSM SIM800L module.

Keywords: *Three phase source, voltage sensor, current sensor, gsm sim800, Arduino Mega2560.*

PENDAHULUAN

Jaringan distribusi merupakan jaringan yang berhubungan langsung dengan konsumen dalam pelayanan. Sebelum menuju konsumen listrik dihasilkan dari PTL (Pembangkit Tenaga Listrik) yang disalurkan melalui jaringan transmisi atau melalui GI (Gardu Induk) dinaikkan tegangannya agar rugi-rugi tegangan dapat dikurangi kemudian diturunkan kembali menuju gardu distribusi untuk menuju ke konsumen. Untuk menjaga kelangsungan penyaluran sistem tenaga listrik agar konsumen tidak merasa dirugikan saat terjadi gangguan baik gangguan

yang diakibatkan karna faktor internal maupun eksternal maka penyaluran perlu dipantau setiap saat agar mempermudah informasi mengenai keadaan saluran tanpa petugas harus terjun kelapangan setiapuntuk mengecek kondisi seistem.

Sistem Distribusi Tenaga Listrik

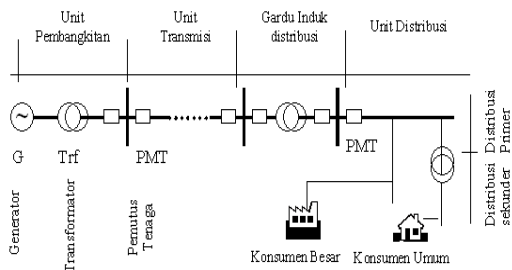
Struktur tenaga listrik atau sistem tenaga listrik sangat besar dan kompleks karena terdiri atas komponen peralatan atau mesin listrik seperti generator, transformator, beban dan alat-alat pengaman dan pengaturan yang saling dihubungkan membentuk suatu sistem yang

digunakan untuk membangkitkan, menyalurkan, dan menggunakan energi listrik. Namun secara mendasar sistem tenaga listrik dapat dikelompokkan atas 4 bagian utama yaitu:

1. Sistem Pembangkitan
Pusat pembangkit tenaga listrik (*electric power station*) biasanya terletak jauh dari pusat-pusat beban dimana energi listrik digunakan.
2. Sistem Transmisi
Energi listrik yang dibangkitkan dari pembangkit listrik yang jauh disalurkan melalui kawat-kawat atau saluran transmisi menuju Gardu Induk (GI).
3. Gardu induk
Energi listrik yang disalurkan dari saluran transmisi akan diturunkan tegangannya lalu akan disalurkan kembali ke saluran distribusi.
4. Sistem Distribusi
Energi listrik dari gardu-gardu induk akan disalurkan oleh sistem distribusi sampai kepada konsumen.

Sebuah sistem tenaga listrik yang baik harus mencakup:

1. Biaya pembangkitan yang minimal.
2. Dapat memenuhi kebutuhan energi konsumen.
3. Menghasilkan energi listrik yang berkualitas dan andal.



Gambar 2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik (Sumber: Abrar Tanjung, 2012)

Bagian-Bagian Dasar Sistem Distribusi

Secara umum yang termasuk ke dalam sistem distribusi antara lain:

- a. Gardu Induk (GI).
- b. Jaringan Distribusi Primer.
- c. Gardu Distribusi (Transformator).
- d. Jaringan Distribusi Sekunder.
- e. Tegangan Distribusi

Gardu Induk (GI)

Pada bagian ini jika sistem pendistribusian tenaga listrik dilakukan secara langsung, maka bagian pertama dari sistem distribusi tenaga listrik adalah Pusat pembangkit tenaga listrik dan umumnya terletak di pinggiran kota. Untuk menyalurkan tenaga listrik ke pusat-pusat beban

(konsumen) dilakukan dengan jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder.

Jaringan Distribusi Primer

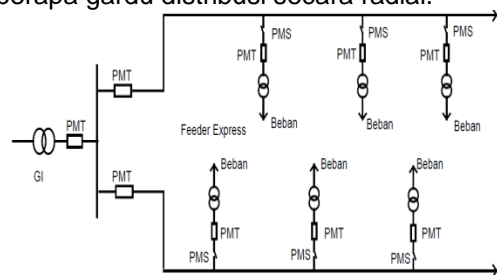
Jaringan distribusi primer merupakan awal penyaluran tenaga listrik dari Gardu Induk (GI) ke konsumen untuk sistem pendistribusian langsung. Sedangkan untuk sistem pendistribusian tak langsung merupakan tahap berikutnya dari jaringan transmisi dalam upaya menyalurkan tenaga listrik ke konsumen.

Pada jaringan distribusi primer terdapat 4 jenis dasar yaitu:

- a. Sistem jaringan radial.
- b. Sistem jaringan *tie line*.
- c. Sistem loop.
- d. Sistem spindle.

Sistem Radial

Sistem distribusi dengan pola radial seperti Gambar 2.2 adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.



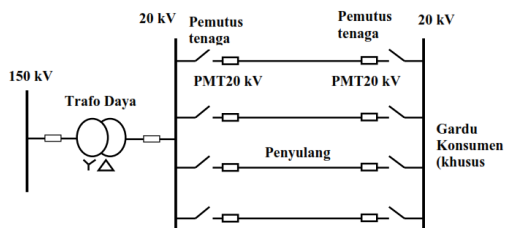
Gambar 2.2 Konfigurasi Jaringan Radial (Sumber: Abrar Tanjung, 2012)

Keterangan gambar:

- GI = Gardu Induk
- PMT = Pemutus
- PMS = Pemisah
- GD = Gardu Distribusi

Sistem Hantaran Penghubung (Tie Line)

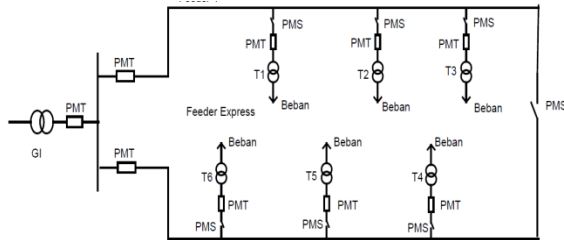
Sistem distribusi *Tie Line* seperti gambar 2.3, umumnya digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (Bandar Udara, Rumah Sakit, dan lain- lain).



Gambar 2.3 Konfigurasi Tie Line (Hantaran Penghubung) (Sumber: Abrar Tanjung, 2012)

Sistem jaringan Loop

Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan ring. Susunan rangkaian saluran membentuk ring, seperti terlihat gambar 2.4 dibawah yang memungkinkan titik beban terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena drop tegangan dan rugi daya saluran menjadi lebih kecil.



Gambar 2.4 Konfigurasi Sistem Loop
(Sumber: Abrar Tanjung, 2012)

Keterangan gambar:

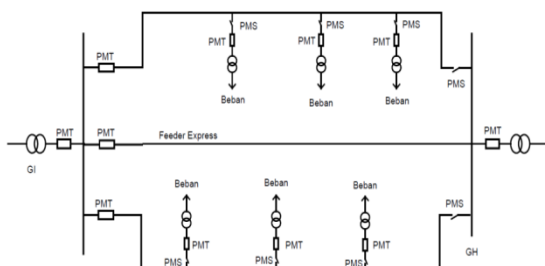
- GI = Gardu Induk
- PMT = Pemutus
- PMS = Pemisah
- GD = Gardu Distribusi
- T = Trafo

Bentuk sistem jaringan distribusi loop ini ada dua macam yaitu:

1. Bentuk *open loop*, bila dilengkapi dengan normally open switch yang terletak pada salah satu bagian gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.
2. Bentuk *close loop*, bila dilengkapi dengan normally close switch yang terletak pada salah satu bagian diantara.

Sistem Jaringan Spindel

Sistem *spindel* seperti pada gambar 2.5 adalah suatu pola kombinasi jaringan dari pola radial dan ring. *Spindel* terdiri dari beberapa penyulang (*feeder*) yang tegangannya diberikan dari gardu induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung (GH).

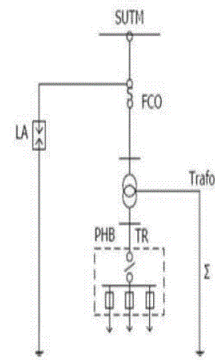


Gambar 2.5 Konfigurasi *Spindle*
(Sumber: Abrar Tanjung, 2012)

Keterangan gambar:

- GI = Gardu Induk
- PMT = Pemutus
- PMS = Pemisah
- GH = Gardu Hubung

Gardu Distribusi atau Trafo Distribusi



Gambar 2.6 Jaringan Distribusi Jenis Tiang
(Sumber: Abrar Tanjung, 2012)

Gardu distribusi (trafo distribusi) berfungsi merubah tegangan listrik dari jaringan distribusi primer menjadi tegangan terpakai yang digunakan untuk konsumen dan disebut sebagai jaringan distribusi sekunder.

Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder atau jaringan distribusi tegangan rendah merupakan jaringan tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen. Oleh karena itu besarnya tegangan untuk jaringan distribusi sekunder ini adalah 130/230 V dan 130/400 V untuk sistem lama, atau 380/220 V untuk sistem baru.



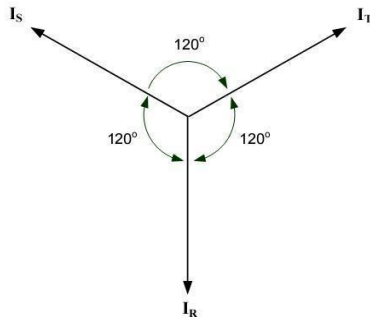
Gambar 2.7 Konfigurasi Jaringan Tegangan Rendah
(Sumber: Abrar Tanjung, 2012)

Ketidakseimbangan Beban

Pengertian tentang beban seimbang adalah:

1. Ketiga vektor arus maupun tegangan adalah sama besar

2. Ketiga vektor saling membentuk sudut 120° satu sama lain, dapat dilihat pada gambar 2. 9 berikut.

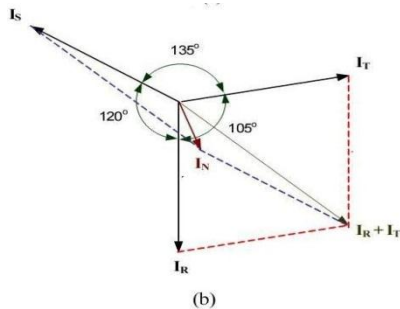


Gambar 2.8 Vektor Diagram Arus Keadaan Seimbang

(Sumber: Yoakim Simamora, 2014)

Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah dimana keadaan salah satu atau kedua syarat keadaan tidak seimbang tidak terpenuhi. Kemungkinan keadaan tidak seimbang ada tiga:

1. Ketiga vektor sama besar tapi tidak membentuk sudut 120° satu sama lain
2. Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120° satu sama lain
3. Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut 120° satu sama lain



Gambar 2.9 Vektor Diagram Arus Keadaan Tidak Seimbang
(Sumber: Yoakim Simamora, 2014)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini membuat sistem monitoring besaran-besaran listrik pada gardu distribusi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) berbasis Arduino Mega2560. Pada penelitian ini akan memonitoring besaran-besaran listrik seperti tegangan, arus, daya dan faktor daya pada tiap-tiap saluran fasa.

Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian sistem monitoring ini digunakan beberapa peralatan dan bahan untuk pembuatan dan pengujian sistem monitoring yang tertulis secara terperinci pada tabel 3.1 dan tabel 3.2.

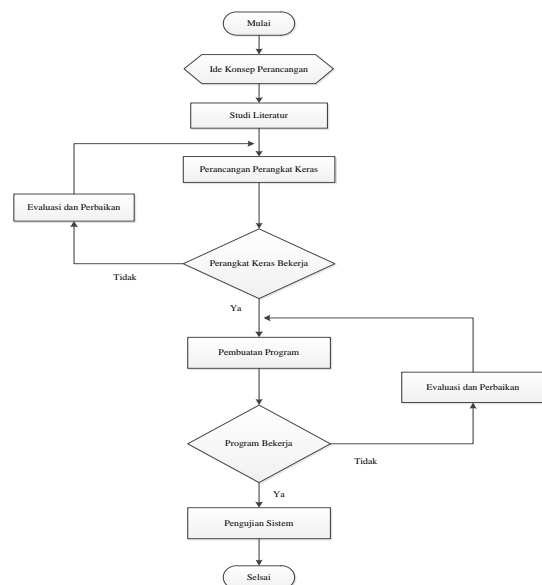
Tabel 3.1 Daftar Alat Penelitian.

No	Nama Alat	Jumlah	Keterangan
1	Laptop Linovo	1	Pembuatan Laporan
2	Regulator Tegangan (725 77)	1	Catu Daya
3	Resistor Murni (733 10)	1	Beban
4	Induktor Murni (732 42)	1	Beban
5	Multimeter Digital LM 2330 13S	1	Kalibrasi
6	Clamp Meter Fluke -345 dan 375	1	Pengujian

Tabel 3.2 Daftar Bahan Penelitian.

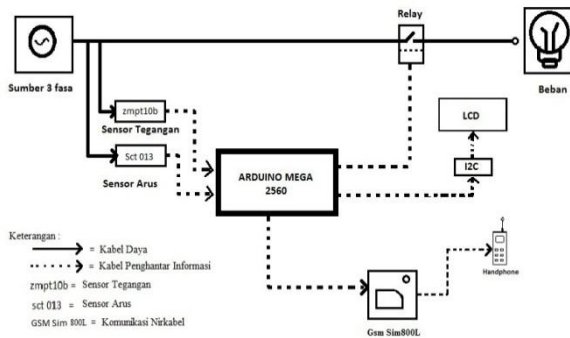
No	Nama Alat	Jumlah	Keterangan
1	Arduino Mega2560	1	Modul Mikrokontroler
2	ZMPT101B 250V	1	Sensor Tegangan
3	SCT 013-0100A	1	Sensor Arus
4	Relay 4 channel	1	Pemutus Saluran
5	GSM sim800L	1	Media Pengirim informasi
6	LCD 20x4	1	Tampilan Sistem Monitoring

Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Blok Diagram Sistem



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

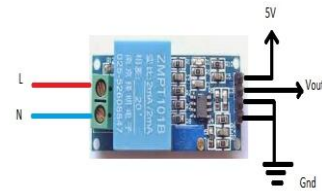
Dari blok diagram diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Power supply 3 fasa berfungsi sebagai sumber yang digunakan untuk penelitian ini, sumber 3 fasa ini akan dihubungkan dengan beban-beban listrik yang ada di Laboratorium Sistem Tenaga Listrik.
2. Arduino Mega2560 berfungsi untuk mengolah data yang terbaca oleh sensor baik input atau output.
3. Sensor Tegangan berfungsi untuk mengukur tegangan AC (*Alternating Current*) yang terbaca pada sistem.
4. Sensor Arus berfungsi untuk mengukur arus AC (*Alternating Current*) yang terbaca pada sistem.
5. Pada sistem ini juga terdapat sebuah *relay* yang berfungsi sebagai saklar pemutus dan penghubung sistem apabila terjadi gangguan.
6. LCD (*Liquid Crystal Display*) berfungsi untuk menampilkan nilai-nilai variabel yang sudah ditentukan seperti tegangan, arus dan lain-lain.
7. Gsm Sim800L berfungsi mengirimkan data-data yang sudah diolah oleh arduino ke sistem monitoring yakni *handphone*.
8. *Handphone* berfungsi sebagai media komunikasi antara sistem alat dengan penerima (*handphone*).

Perancangan Perangkat Keras

Rangkaian Sensor Tegangan ZMPT101B

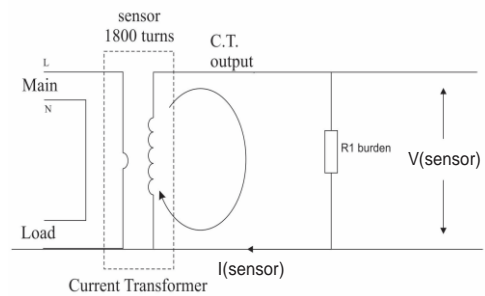
Sensor tegangan ZMPT101B memiliki masukan sumber AC sehingga bisa dihubungkan langsung dengan sumber PLN. Tegangan yang mampu diukur oleh sensor ini berkisar dari 0-250V AC. Keluaran dari sensor ini mengirim sinyal informasi berupa data analog. Karena Arduino Mega hanya bisa membaca sinyal digital maka keluaran sensor tegangan dikonversikan kedalam analog digital konverter pada arduino.



Gambar 3.3 Sensor Tegangan ZMPT101B.

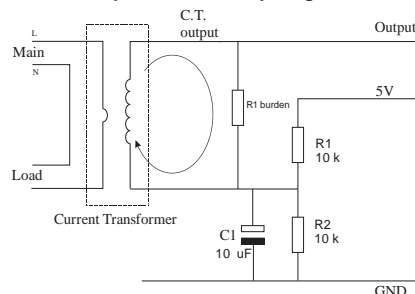
Rangkaian Sensor Arus SCT 013-0100A

Pada sensor arus SCT 013-0100A prinsip kerja yang digunakan adalah mengukur arus bolak-balik dari kabel beban tegangan AC yang melewati *current transformer* (CT) yang terdapat pada komponen didalam sensor arus ini. Tegangan input yang digunakan sebesar 5V. Keluaran dari sensor arus ini adalah tegangan yang dikarenakan didalam sensor SCT 013-0100A terdapat tahanan burden yang dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut.



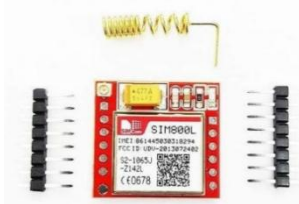
Gambar 3.4 Skema Hambatan Resistor Burden Pada Sensor Arus.

Rangkaian pengkondisi sinyal yang digunakan dalam perancangan ini adalah rangkaian *clamped*, hanya dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan dengan menggunakan resistor untuk mendapatkan seberapa besar level DC yang dinaikkan. Dan juga digunakan komponen kapasitor polar untuk meloloskan frekuensi rendah dari sinyal DC arus yang masuk.



Gambar 3.5 Skema Rangkaian Burden Resistor dan Rangkaian Pembagi Tegangan

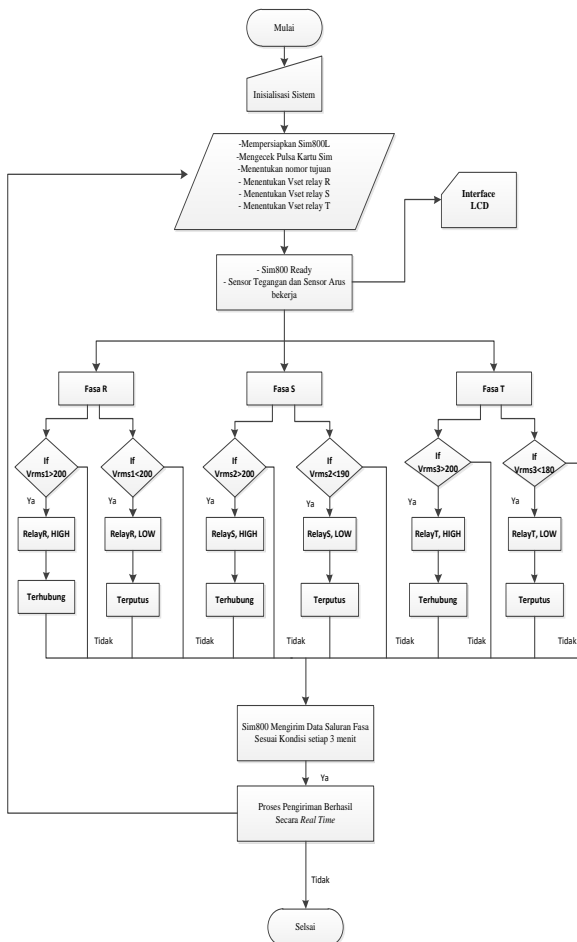
Modul Gsm Sim800L



Gambar 3.6 Modul GSM Sim800L

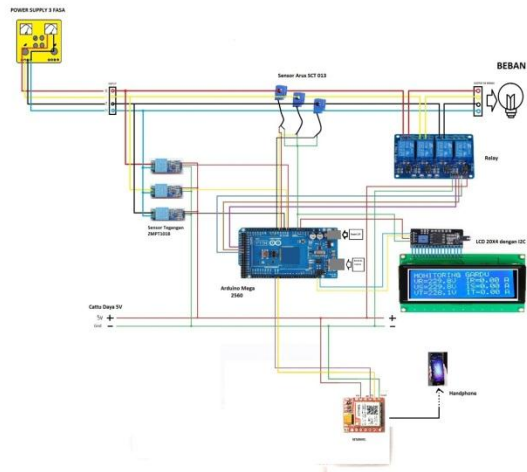
Gambar 3.6 merupakan bentuk fisik modul Gsm Sim800L yang digunakan sebagai pengirim data berupa SMS yang diterima sebagai beberapa karakter yang akan diolah oleh mikrokontroller dan kemudian digunakan sebagai monitoring data beban pada masing-masing fasa dan perintah lainnya. Modul Gsm Sim800L terhubung dengan arduino menggunakan dua alur komunikasi yaitu TX dan RX yang terdapat pada board arduino dan modul ini bekerja dengan supply tegangan sebesar 3.7 V - 4.2 V DC.

Algoritma Pemrograman Sistem



Gambar 3.7 Diagram Alir Perancangan Sistem

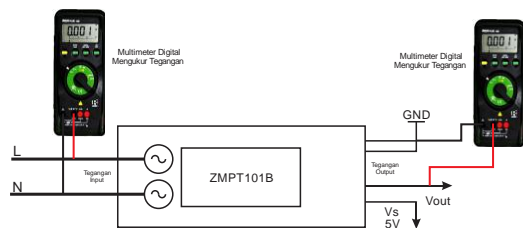
HASIL DAN ANALISIS Perancangan Sistem



Gambar 4.1 Perancangan Alat

Kalibrasi Sensor Tegangan ZMPT101B

Pengujian linieritas sensor tegangan dilakukan dengan cara mengukur tegangan output sensor dengan tegangan input sensor yang berubah-ubah dengan menggunakan multimeter digital, kemudian membandingkan hasil pengukuran tegangan output sensor dan tegangan input sensor. Cara pengukuran dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 4.2 Rangkaian pengujian sensor tegangan ZMPT101B.

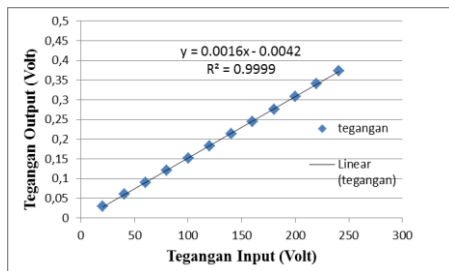
Pengujian linieritas sensor tegangan bertujuan untuk mengetahui apakah sensor tegangan yang digunakan baik atau tidak, jika output linier dengan input maka sensor tegangan tersebut baik digunakan, dan jika tidak linier maka tidak baik digunakan sebagai sensor tegangan.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Linieritas Sensor Tegangan

Uji Sensor Tegangan ZMPT101B			
No	V_{input} (V)	V_{output} (V)	Skala
1	20.46	0.029	705.51724
2	40.4	0.060	673.33333
3	60.4	0.090	671.11111
4	80.3	0.121	663.63636
5	100.1	0.151	662.91390
6	120.3	0.183	657.37704
7	140.3	0.214	655.60747
8	160.0	0.244	655.73770
9	180.3	0.276	653.26086

10	200.1	0.306	649.67532
11	220.0	0.338	645.16129
12	240.7	0.370	645.30831
Minimum			645.16129
Maksimum			705.51724
Rata-Rata			661.55333

Untuk membuktikan apakah data pada Tabel 1 tersebut linier atau tidak digunakan metode regresi linier. Dengan menggunakan *software microsoft excel* dapat diperoleh rumus regresi linier, koefisien korelasi R, serta grafiknya yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.

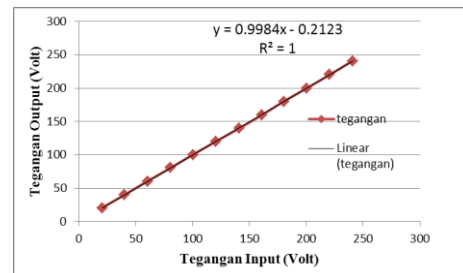


Gambar 4.3 Grafik Linieritas Sensor Tegangan.

Setelah didapatkan nilai kalibrasi, maka dilakukan pengujian sensor tegangan dengan alat ukur yang dapat dilihat pada tabel 4. 2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Tingkat Akurasi Sensor Tegangan

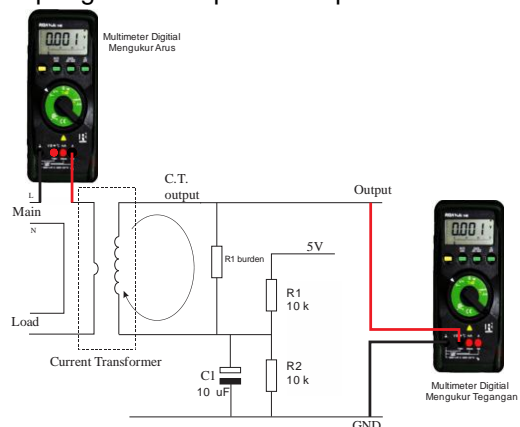
No	Uji Sensor Tegangan ZMPT101B		
	V_{input} (V)	V_{output} (V)	Skala
1	20.46	0.029	705.51724
2	40.4	0.060	673.33333
3	60.4	0.090	671.11111
4	80.3	0.121	663.63636
5	100.1	0.151	662.91390
6	120.3	0.183	657.37704
7	140.3	0.214	655.60747
8	160.0	0.244	655.73770
9	180.3	0.276	653.26086
10	200.1	0.306	649.67532
11	220.0	0.338	645.16129
12	240.7	0.370	645.30831
Minimum			645.16129
Maksimum			705.51724
Rata-Rata			661.55333



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B

Kalibrasi Sensor Arus SCT 013-0100A

Pengujian linieritas sensor arus dilakukan dengan cara memberikan beban listrik yang berubah-ubah dengan sumber tegangan yang sama, selanjutnya mengukur tegangan output sensor dan arus input sensor yang berubah-ubah dengan menggunakan multimeter digital, kemudian membandingkan hasil pengukuran tegangan output sensor dan arus input sensor. Cara pengukuran dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 4.5 Rangkaian pengujian sensor arus SCT 013-010V.

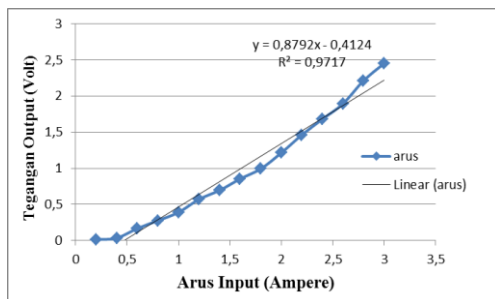
Pengujian linieritas sensor arus bertujuan untuk mengetahui apakah sensor arus yang digunakan baik atau tidak, jika keluaran linier dengan input maka sensor arus tersebut baik digunakan, dan jika tidak linier maka tidak baik digunakan sebagai sensor arus.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Linieritas Sensor Arus

No	Uji Sensor Arus SCT 013 100A		
	I_{input} (A)	V_{output} (V)	Skala
1	0.2	0.012	16.66666
2	0.4	0.035	11.42857
3	0.6	0.167	3.59281
4	0.8	0.276	2.90909
5	1	0.390	2.56410
6	1.2	0.571	2.10157
7	1.4	0.695	2.01438
8	1.6	0.854	1.87353
9	1.8	0.993	1.81268

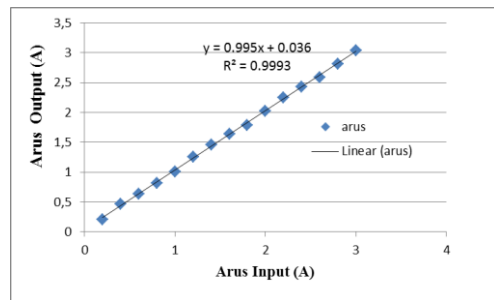
10	2	1.214	1.64744
11	2.2	1.463	1.50375
12	2.4	1.682	1.42687
13	2.6	1.895	1.37203
14	2.8	2.214	1.26467
15	3	2.454	1.22249
Minimum			1.22249
Maksimum			16.66666
Rata-Rata			3.55934

Untuk membuktikan apakah data pada Tabel 1 tersebut linier atau tidak digunakan metode regresi linier. Dengan menggunakan *software microsoft excel* dapat diperoleh rumus regresi linier, koefisien korelasi R, serta grafiknya yang dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik Linieritas Sensor Arus.
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Tingkat Akurasi Sensor Arus

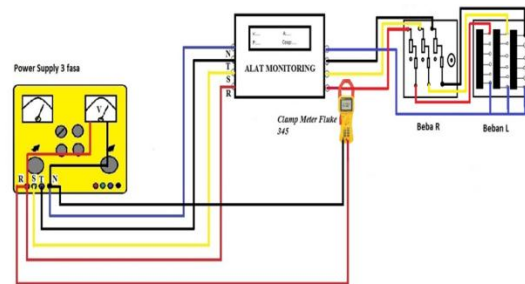
No	Uji Sensor Arus SCT 013 100A		% Error
	Clamp Meter Fluke 375 (A)	Sensor Arus SCT 013 (A)	
1	0.2	0.21	4.7619
2	0.4	0.46	13.0434
3	0.6	0.63	4.7619
4	0.8	0.82	2.4390
5	1	1.01	0.9901
6	1.2	1.26	4.7619
7	1.4	1.46	4.1095
8	1.6	1.64	2.4390
9	1.8	1.79	0.5586
10	2	2.02	0.9901
11	2.2	2.25	2.2222
12	2.4	2.43	1.2347
13	2.6	2.59	0.3861
14	2.8	2.81	0.3558
15	3	3.04	1.3157
Minimum			0.3558
Maksimum			13.0434
Rata-Rata			1.6450



Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian Sensor Arus

Pengujian Sistem Monitoring Kombinasi Beban Resistif dan Induktif

Pengambilan data pengujian sistem monitoring dilakukan dengan sumber tegangan power supply, beban resistif dan beban induktif yang bervariasi. Pengujian ini dilakukan untuk melihat kinerja dari sistem monitoring yang dibuat. Rangkaian pengujian sistem monitoring kombinasi beban resistor dan beban induktor dapat dilihat pada gambar 4.8



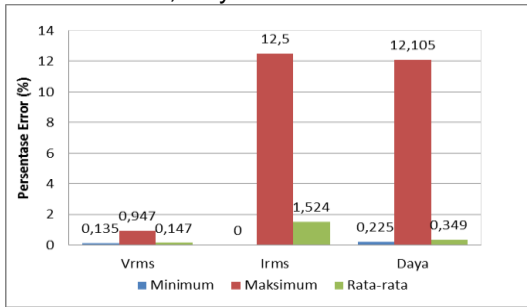
Gambar 4.8 Rangkaian Pengujian Beban Resistif dan Beban Induktif.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sistem Monitoring Kombinasi Beban Resistif dan Induktif

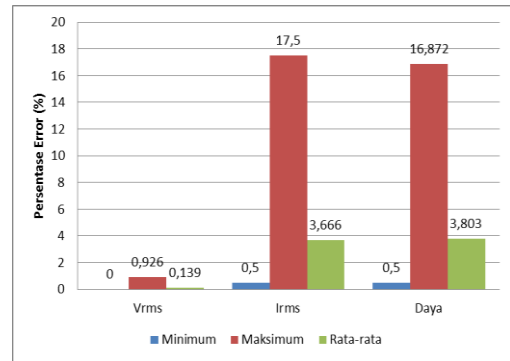
No	Beban		Alat Ukur			Alat Monitoring			Persentase error (%)		
	R (Ω)	L (H)	Vrms (V)	Irms (A)	Daya (W)	Vrms (V)	Irms (A)	Daya (W)	Vrms (V)	Irms (A)	Daya (W)
1	2.4	221.5	0.26	57	220.3	0.27	59.46	0.541	3.848	3.283	
2	4.8	221.9	0.19	42	222.4	0.20	44.48	0.225	5.263	5.500	
3	6.0	221.8	0.16	35	221.1	0.15	33.16	0.315	6.250	6.545	
4	2.4	221.6	0.24	53	223.7	0.25	55.92	0.947	4.166	5.153	
5	4.8	221.8	0.17	37	222.1	0.16	35.54	0.135	5.882	5.755	
6	6.0	221.9	0.15	33	222.7	0.16	35.53	0.360	6.666	7.051	
7	2.4	221.9	0.25	55	221.4	0.25	55.35	0.225	0	0.225	
8	4.8	222	0.16	35	223.0	0.14	31.22	0.450	12.50	12.105	
9	6.0	221.9	0.16	35	222.3	0.15	33.34	0.180	6.250	6.081	
Minimum									0.135	0	0.225
Maksimum									0.947	12.50	12.105
Rata-Rata									0.147	1.524	1.080

Pengambilan data pengujian sistem monitoring yang dibuat menggunakan kombinasi beban RL dengan alat ukur *Fluke Power Quality 345* dapat dilihat pada tabel 4.5, hal ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari sistem monitoring yang dibuat dapat bekerja dengan baik atau tidak. Hasil pengujian didapat selisih pengukuran antara sistem monitoring yang dibuat dengan pengukuran alat ukur. Persentase Error rata-rata

yang didapat V_{rms} sebesar 0.147%, I_{rms} sebesar 1.524%, Daya 1.080%.

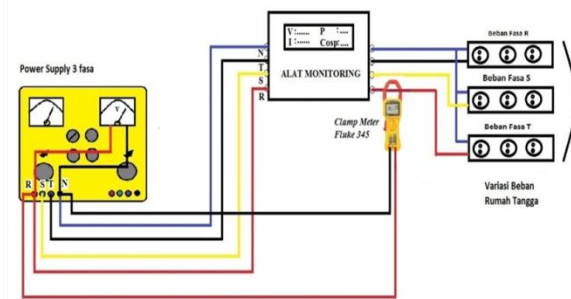


Gambar 4.9 Grafik Persentase Error Hasil Kombinasi Beban Resistif dan Induktif



Gambar 4.11 Grafik Persentase Error Kombinasi Beban Rumah Tangga Fasa R

Pengujian Sistem Monitoring Kombinasi Beban Rumah Tangga



Gambar 4.10 Rangkaian Pengujian Beban Rumah Tangga

Tabel 4.6 Hasil Sistem Monitoring Kombinasi Beban Rumah Tangga Fasa R

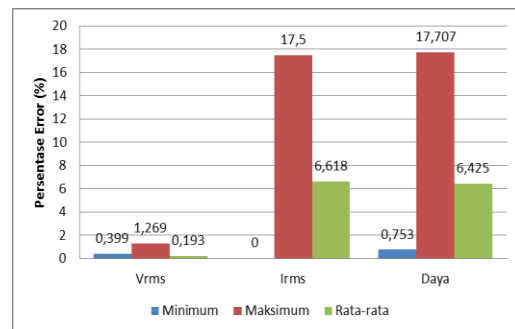
No	Beban	Alat Ukur			Alat Monitoring			Persentase Error (%)		
		Vrms (V)	Irms (A)	Daya (W)	Vrms (V)	Irms (A)	Daya (W)	Vrms (%)	Irms (%)	Daya (%)
1	Lampu 1x100W	224.8	0.4	89	223.6	0.47	105.09	0.534	17.5	16.872
2	Lampu 1x160W, 1x100W	222.2	1.3	289	222.9	1.35	300.15	0.315	3.846	4.173
3	Lampu 1x160W	223.3	0.8	177	223.6	0.86	192.32	0.134	7.5	7.644
4	Kulkas, Laptop, Kipas Angin, Lampu 1x160W dan 1x100W	225.7	2	450	225.7	1.99	449.14	0	0.5	0.5
5	Lampu 1x15W dan 1x25W, Penyedot Debu	226.7	4.2	953	228.8	4.35	995.28	0.926	3.571	4.531
6	Penyedot Debu	223.8	3.9	873	223.5	3.5	782.25	0.134	10.256	10.378
7	Rice Cooker	223.6	1.5	335	224.2	1.56	349.77	0.268	4	4.279
		Minimum						0.399	0	0.753
		Maksimum						0.926	17.5	17.707
		Rata-Rata						0.139	3.666	3.803

Pengambilan data pengujian sistem monitoring yang dibuat menggunakan beban rumah tangga dengan alat ukur *Fluke Power Quality 345* dapat dilihat pada tabel 4.6, hal ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari sistem monitoring yang dibuat dapat bekerja dengan baik atau tidak dengan menggunakan beban rumah tangga. Hasil pengujian didapat selisih pengukuran antara sistem monitoring yang dibuat dengan pengukuran alat ukur *Fluke Power Quality 345*. Persentase Error rata-rata yang didapat V_{rms} sebesar 0.139%, I_{rms} sebesar 3.666% dan Daya 3.803%.

Tabel 4.7 Hasil Sistem Monitoring Kombinasi Beban Rumah Tangga Fasa S

No	Beban	Alat Ukur			Alat Monitoring			Persentase Error (%)		
		Vrms (V)	Irms (A)	Daya (W)	Vrms (V)	Irms (A)	Daya (W)	Vrms (%)	Irms (%)	Daya (%)
1	Lampu 1x160W	225.7	0.8	180	224.4	0.86	192.98	0.708	7.5	6.880
2	Lampu 1x100W	226.5	0.4	91	226.9	0.53	120.26	0.927	17.5	17.707
3	Lampu 1x160W, 1x100W	225.6	1.3	293	227.3	1.3	295.45	0.886	0	0.753
4	Hair Dryer	223.7	2.6	580	225.2	2.68	606.21	0.399	3.07	3.488
5	Kipas Angin dan Lampu 1x160W	227.4	1.1	250	225.8	1.17	264.18	0.705	6.563	5.615
6	Lampu 1x140W, Kipas Angin dan Kulkas	227.9	0.9	205	225.5	0.89	200.69	0.921	1.111	2.153
7	Kulkas, Laptop, Kipas Angin, Lampu 1x160W dan 1x100W	228.4	2	457	227.6	1.96	446.09	1.269	2	2.345
		Minimum						0.399	0	0.753
		Maksimum						1.269	17.5	17.707
		Rata-Rata						0.139	6.618	6.425

Pengambilan data pengujian sistem monitoring yang dibuat menggunakan beban rumah tangga dengan alat ukur *Fluke Power Quality 345* dapat dilihat pada tabel 4.7, hal ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari sistem monitoring yang dibuat dapat bekerja dengan baik atau tidak dengan menggunakan beban rumah tangga. Hasil pengujian didapat selisih pengukuran antara sistem monitoring yang dibuat dengan pengukuran alat ukur *Fluke Power Quality 345*. Persentase Error rata-rata yang didapat V_{rms} sebesar 0.193%, I_{rms} sebesar 6.618% dan Daya 6.425%.

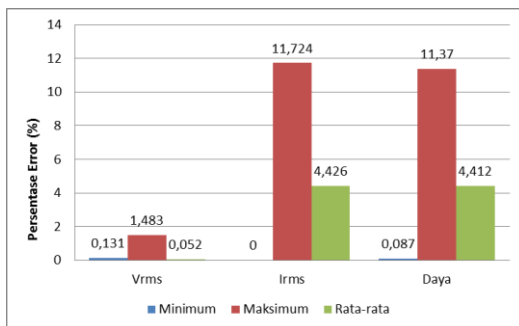


Gambar 4.12 Grafik Persentase Error Kombinasi Beban Rumah Tangga Fasa S

Tabel 4.8 Hasil Sistem Monitoring Kombinasi Beban Rumah Tangga Fasa T

No	Beban	Alat Ukur			Alat Monitoring			Persentase Error (%)		
		Vrms (V)	Irms (A)	Daya (W)	Vrms (V)	Irms (A)	Daya (W)	Vrms (V)	Irms (A)	Daya (W)
1	Lampu 1x160W, 1x100W	227.3	1.3	295	227.5	1.3	295.49	0.131	0	0.087
2	Lampu 1x160W	229.3	0.8	183	225.9	0.88	198.79	1.483	10	8.368
3	Lampu 1x100W	228.3	0.4	91	230.1	0.39	89.73	0.788	2.5	1.733
4	Setrika	226.4	1.8	407	227.5	1.78	404.95	0.483	1.111	0.631
5	Kulkas, Laptop, Kipas Angin, Lampu 1x160W, 1x100W dan Setrika	223.9	3.7	828	223.4	3.39	757.32	0.223	8.378	8.583
6	Lampu 1x100W, 1x160W dan Setrika	225.6	2.9	654	226.3	1.97	446.20	0.396	11.724	11.370
7	Hair Dryer	225.3	2.6	579	226.2	2.68	606.21	0.399	3.076	3.488
Minimum								0.131	0	0.087
Maksimum								1.483	11.724	11.370
Rata-Rata								0.052	4.426	4.412

Pengambilan data pengujian sistem monitoring yang dibuat menggunakan beban rumah tangga dengan alat ukur *Fluke Power Quality 345* dapat dilihat pada tabel 4.8, hal ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari sistem monitoring yang dibuat dapat bekerja dengan baik atau tidak dengan menggunakan beban rumah tangga. Hasil pengujian didapat selisih pengukuran antara sistem monitoring yang dibuat dengan pengukuran alat ukur *Fluke Power Quality 345*. Persentase Error rata-rata yang didapat Vrms sebesar 0,052%, Irms sebesar 4,426% dan Daya 4,412%.



Gambar 4.13 Grafik Persentase Error Beban Rumah Tangga Fasa T

Pengujian Modul Sim800L

Pengujian modul Sim800L bertujuan untuk mengetahui apakah modul dapat bekerja mengirim data yang di monitoring pada sistem alat seperti Tegangan, Arus, Daya dan Faktor Daya yang terbaca pada LCD kemudian dikirim menggunakan SMS (*Short Message Service*) ke *Handphone*.



Gambar 4.14 Hasil Monitoring Besaran Listrik Pada Lcd



Gambar 4.15 Hasil Monitoring Besaran Listrik Pada *Handphone*

Pengujian Sim800L Saat Terjadi Gangguan

Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah sim800 dapat bekerja mengirimkan informasi berupa kondisi sistem saat normal dan kondisi terjadi gangguan apabila salah satu fasa, dua fasa atau bahkan ketiga fasa terputus baik diakibatkan oleh drove tegangan atau hubung singkat yang di tandai dengan lampu indikator mati.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Sistem Saat Terjadi Gangguan

Kondisi Sistem	Tampilan		Status Terkirim
	Lampu Indikator	Handphone	
Fasa R, S dan T Terhubung		GARDU UNRAM JTR Fase R,S,T Terhubung VR= 226.59, VS= 235.03, VT= 217.82, IR= 0.04, IS= 0.02, IT= 0.04, PR= 9.67, PS= 4.83, PT= 8.19, IN= 0.05, Ktdkseimbangan=-0.00	✓
Fasa R Terputus dan Fasa S, T Terhubung		GARDU UNRAM JTR Fasa R Terputus, Fasa S & T Terhubung VR=19.13, VS= 230.69, VT= 226.99, IR= 0.05, IS= 0.02, IT= 0.04, PR= 1.00, PS= 4.19, PT= 10.03, IN= 0.05, Ktdkseimbangan=0.00	✓
Fasa T Terhubung dan Fasa R, S Terputus		GARDU UNRAM JTR Fase T Terhubung, Fase R & S Terputus VR= 16.65, VS= 18.51, VT= 233.89, IR= 0.05, IS= 0.02, IT= 0.04, PR= 0.87, PS= 0.31, PT= 10.24, IN= 0.05, Ktdkseimbangan=0.00	✓
Fasa R, S dan T Terputus		GARDU UNRAM JTR Fase R,S,T Terputus VR= 13.50, VS= 13.17, VT= 16.32, IR= 0.03, IS= 0.02, IT= 0.04, PR= 0.40, PS= 0.29, PT= 0.70, IN= 0.05, Ktdkseimbangan=-0.00	✓

PENUTUP

Kesimpulan

Setelah melakukan analisa data dan pengujian dari alat yang dibuat, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa persentase error saat monitoring *prototype* gardu distribusi dengan kombinasi beban Resistif dan Induktif yaitu Vrms 0.40%, Irms 3.25% dan Daya 4.13%.
2. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa persentase error rata-rata saat monitoring *prototype* gardu distribusi dengan kombinasi beban rumah tangga pada masing-masing fasa yaitu Fasa R (Vrms 0.139%, Irms 3.666% dan Daya 3.803%), Fasa S (Vrms 0.193%, Irms 6.618% dan Daya 6.425%) dan Fasa T (Vrms 0.052%, Irms 4.426% dan Daya 4.412%).
3. Dari hasil pengujian ketidakseimbangan beban didapat persentase ketidakseimbangan beban rata-rata antara alat ukur dengan alat monitoring sebesar 35.112% dan 33.63%.

Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih terdapat kekurangan dan kelemahan, agar sistem monitoring besaran listrik ini dapat dikembangkan menjadi sistem yang lebih baik dan komplit, terdapat beberapa saran sebagai berikut:

1. Sistem yang dibuat masih menggunakan SMS Gateway (*Short Message Service*) dalam mengirim data, sehingga akan lebih baik jika dalam pengiriman data menggunakan jaringan internet atau web, karena penggunaan sms beberapa kali akan lebih banyak menghabiskan pulsa dalam pengiriman.
2. Sistem yang dibuat hanya mengirimkan data-data yang sifatnya sementara dan tidak disimpan, untuk mendapatkan hasil yang maksimal dibutuhkan komponen pendukung seperti Memori, RTC dan GPRS guna menghindari kesalahpahaman dalam pembacaan data ulang dan mengetahui lokasi gangguan.
3. Sistem monitoring yang dibuat hanya menampilkan arus, tegangan, daya, arus netral dan ketidakseimbangan beban. Sistem akan lebih baik jika ditambah dengan tampilan nilai cosphi

masing-masing fasa guna memperbaiki kualitas daya dalam penyaluran.

4. Perlunya ketelitian dalam mengkalibrasi sensor agar pembacaan sensor lebih tepat dan akurat antara alat ukur dan *interface* dengan mengacu ke data *sheet* tiap-tiap sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhuna N.K., Purnomo, M.H., Priyadi, A., 2012, *Perancangan Prototipe Monitoring Parameter-Parameter Transformator Daya Secara Online Berbasis Mikrokontroler*, Jurnal Teknik Pomits Vol. 1, No. 1 Institut Teknologi Sepuluh November.
- Afrizal, dkk., 2016, *Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway*, Jurnal Rekayasa dan Teknologi Vol 10 no 2, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Firmansyah, R.A., Suheta, T., Antoni, D., 2015, *Perancangan Alat Monitoring dan Penyimpanan Data Pada Panel Hubung Tegangan Rendah Di Trafo Gardu Distribusi Berbasis Mikrokontroler*, Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Hartono, R., 2016, *Rancang Bangun Sistem Monitoring Arus dan Tegangan pada Sistem Tenaga Listrik Tiga Fasa Berbasis Lab View*, Tugas Akhir, pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Industry, Interplus., 2014, *ZMPT101B Ultra Voltage Transformer*, China:Shen Zhen, Online,tersedia dihttp://www.interplusindustry.if/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=173&lang=en#.
- Iskandar, D., 2011, *Sistem Informasi Gardu Induk dan Gardu Distribusi PLN*. Seminar Nasional Informatika 2011.
- Kurniawan, A., 2015, *Monitoring Besaran Listrik dari Jarak Jauh pada Jaringan Listrik 3 Fasa Berbasis Single Board Computer BCM2835*, JITET, Vol.2, No 3.
- Laksana, B.S., 2012, *Prototipe Receiver Sistem Monitoring Trafo Distribusi Tenaga Listrik melalui Link PLC (Power Line Communication) Tegangan Rendah Berbasis Cenelec-c*. Tugas Akhir Sarjana Institusi Teknologi Telkom,Bandung.
- Nicegear. Split-Core Current Transformer, <https://nicegear.co.nz/obj/pdf/SCT-013-datasheet.pdf>.
- Setiawan, A.H., Soedjarwanto, N., Anggara, J., Haris, A., 2016, *Rancanag Bangun Alat Monitoring Ketidakseimbangan Beban*

Pada Jaringan Tegangan Menengah.
Jurusan Teknik Elektro, Universitas
Lampung.

Sujito., 2009, *Sistem Deteksi Hilang Daya Pada
Gardu Trafo Tiang Jaringan Tegangan
Rendah Pelanggan PLN.* TEKNO, Vol. 12,
Universitas Negeri Malang.

Waluyanti, S., 2008, *Alat Ukur dan Teknik
Pengukuran,* Penerbit Direktorat
Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
Jakarta.