

RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI DAN *MONITORING* ATS/AMF DALAM PENGALIHAN SUMBER ENERGI LISTRIK MELALUI JARINGAN INTERNET

Andi Wawan Indrawan, Hamdani, Nuraminah,

Electrical Engineering, Politeknik Negeri Ujung Pandang,
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Makassar, 90245, Indonesia
email: andi_wawan@poliupg.ac.id, hamdani.pnup@gmail.com, gnuraminah@gmail.com,

Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sebuah perangkat Automatic Transfer Switch/Automatic Main Failure (ATS/AMF) agar suplai listrik ke beban serta energi listrik yang dikonsumsi dapat termonitor dan terjaga kontinuitasnya. Mikrokontroler AVR ATmega16 digunakan sebagai pusat dari sistem kontrol yang secara otomatis mendeteksi dan memastikan ketersediaan suplai listrik yang bersumber dari catu daya utama (PT.PLN) atau catu daya alternatif yaitu GENSET. Informasi data terkait konsumsi energi dan sumber energi yang melayani dapat termonitor pada ruang operator dan dari tempat yang terkoneksi jaringan internet secara real time. Informasi tersebut dikirim melalui media radio frekuensi, Modul radio frekuensi YS1020UB, ke ruang operator yang selanjutnya diolah oleh computer server agar dapat dilihat dan dimonitor secara visual melalui layar monitor pada komputer operator dan computer yang terkoneksi jaringan LAN dengan *computer server*. Hasil pengujian rancangan memperlihatkan pengalihan suplai energi listrik ketika terjadi gangguan atau hilang suplai energi listrik dari catu daya utama (PT.PLN) ke catu daya alternatif (GENSET) membutuhkan waktu ± 22 detik, sebaliknya tidak terdapat delay waktu pengalihan ketika catu daya utama kembali normal. Data hasil pengukuran dapat diterima dengan baik pada *computer server* dengan jarak maksimal antara panel pada ruang bersekat ± 30 meter. Selain itu data pengukuran dapat termonitor dari komputer operator dan komputer yang terkoneksi dengan jaringan LAN dan internet .

Kata Kunci : Mikrokontroler ATmega16, ATS/AMF, PLN, GENSET, YS 1020 UB, computer server, Web Browser

I. PENDAHULUAN

Ketersediaan suplai energi listrik yang kontinyu masih menjadi permasalahan utama pada industri, gedung pemerintahan, rumah sakit, dan penyedia layanan komunikasi mengingat masih sering terjadinya gangguan hilang suplai energi listrik dari penyedia utamanya yaitu PT.PLN (persero).

Agar suplai listrik dapat dipastikan tetap terjaga, maka butuh suatu peralatan yang dapat mengalihkan suplai listrik dari catu daya utama yaitu PLN ke catu daya cadangan dalam hal ini Genset. Untuk daya kecil, seperti pada perumahan dan industri kecil peralatan transfer alih dapat dilakukan secara manual, akan tetapi untuk daya yang lebih besar sebaiknya digunakan perangkat ATS/AMF (*Automatic Transfer Switch/ Automatic Main Failure*) yang beroperasi secara otomatis untuk mengalihkan suplai listrik dari PLN ke Genset atau sebaliknya [1][2][3].

Tulisan ini bertujuan untuk membuat ATS/AMF yang dapat memonitor suplai listrik

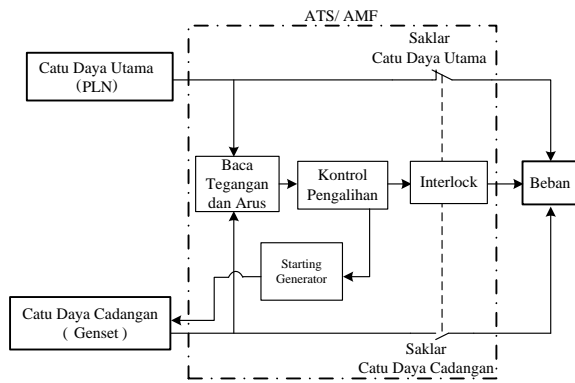
dari ruang yang berbeda dengan memanfaatkan modul radio frekuensi dan jaringan internet untuk mengirimkan data informasi yang terkait konsumsi energi dan penyedia energi listrik yang melayani beban ke operator .

II. DASAR TEORI

Automatic Transfer Switch/Automatic Main Failure

AMF merupakan peralatan yang berfungsi menurunkan dan meningkatkan keandalan sistem catu daya listrik. AMF dapat mengendalikan *transfer Circuit Breaker* (CB) atau alat sejenis, dari catu daya utama (PLN) ke catu daya cadangan (genset) dan sebaliknya. ATS merupakan pelengkap dari AMF dan bekerja secara bersama-sama [1][3][4][5].

AMF dapat mengendalikan *transfer* suatu alat dari suplai utama ke suplai cadangan atau dari suplai cadangan ke suplai utama. Untuk lebih jelasnya berikut ini akan digambarkan dengan blok diagram proses kerja AMF/ATS.



Gambar. 1 Blok diagram proses kerja AMF/ATS [1]

Saat catu daya utama (PLN) mengalami gangguan yang menyebabkan tidak adanya aliran listrik yang dapat digunakan untuk mengoperasikan perangkat listrik. Dalam kondisi tersebut, AMF akan beroperasi dengan mengalihkannya ke catu daya cadangan saat tidak adanya suplai energi listrik dari PLN dan mengembalikannya ke *main supply* ketika suplai utama tersedia.

Mikrokontroler AVR ATmega16

Dalam perancangan ini, Mikrokontroler AVR ATmega16 digunakan sebagai kontrol yang telah dilengkapi dengan ROM (*Read Only Memory*), RAM (*Read Access Memory*), beberapa port I/O, dan beberapa *peripheral* seperti Timer, ADC (*Analog to digital converter*) dan serial komunikasi [7].

GENSET

Genset atau generator set terdiri dari satu set peralatan gabungan *engine sebagai penggerak* dan generator atau alternator yang berfungsi membangkitkan energi listrik.

Adapun tipe dan spesifikasi genset yang digunakan dalam perancangan ATS/AMF berbasis mikrokontroler adalah: Merek Power Link, Model WPS20S, Primer Power 20 kVA, Standby Power 22 kVA, Voltage 380/220 V, Frequency 50 Hz, Power Factor 0,8 cos, RPM 1500, Ampere 30 A [1][8].

DELPHI

Delphi bukan suatu bahasa pemrograman (*development language*), tetapi perangkat lunak yang menyediakan seperangkat alat untuk membantu seorang *programmer* dalam merancang suatu aplikasi program.

Delphi termasuk dalam pemrograman bahasa tingkat tinggi (*high level language*). Maksud dari bahasa tingkat tinggi yaitu perintah programnya menggunakan bahasa yang dapat dipahami dengan mudah oleh manusia. Bahasa pemrograman Delphi disebut bahasa prosedural artinya mengikuti urutan tertentu. Dalam membuat aplikasi perintah, Delphi menggunakan lingkungan pemrograman visual[15].

MYSQL

MySQL adalah sebuah perangkat lunak sistem manajemen basis data SQL (bahasa Inggris: database management system) atau DBMS yang multithread dan multi-user. MySQL adalah Relational Database Management System (RDBMS) yang didistribusikan secara gratis dibawah lisensi *GPL (General Public License)*. Dimana setiap orang bebas untuk menggunakan MySQL[2][15].

Sebagai database server, MySQL merupakan perangkat lunak yang paling sering digunakan dalam pengolahan database termasuk dalam penelitian ini.

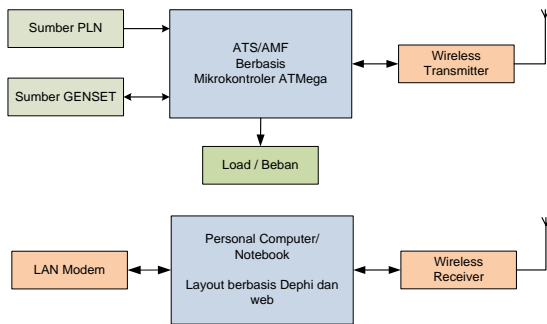
PHP

PHP merupakan bahasa scripting yang terpasang di HTML dengan bahasa ataupun tata cara penulisannya mirip dengan bahasa C, Java dan Perl. Tujuan utama dari bahasa ini adalah untuk memungkinkan programmer web atau web developer menulis halaman web dinamik dengan cepat.

Kelebihan yang utama dari PHP sendiri adalah bersifat open source dan dalam konektivitasnya dengan sistem database didalam web mendukung beberapa sistem database seperti Oracle, MySQL, PostgreSQL, Sybase dan lain-lain[2].

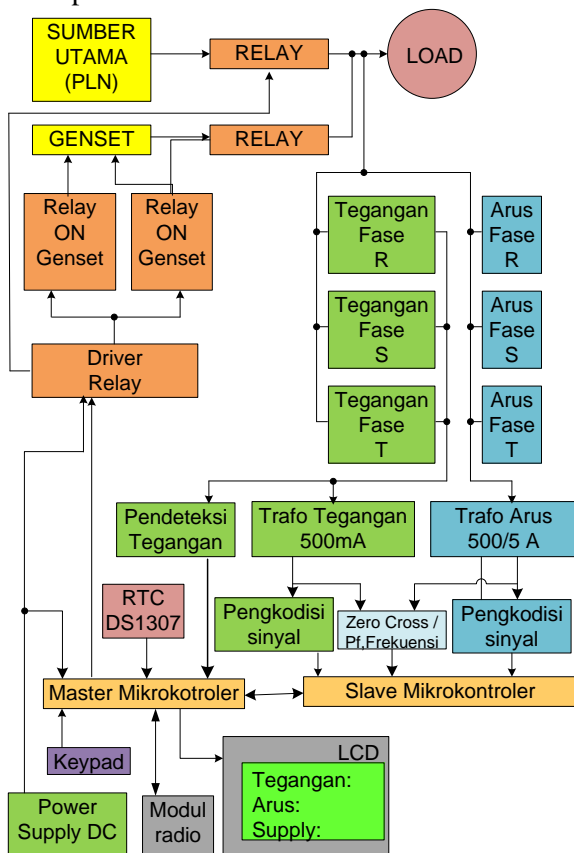
III. PERANCANGAN SISTEM

Desain sistem keseluruhan dari rancangan panel ATS/AMF yang akan dibangun adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Blok diagram sistem

Dari gambar desain sistem diatas, panel ATS/AMF berbasis mikrokontroler ATmega16 akan mendeteksi ada tidaknya catu daya utama yang melayani beban dan mengalihkannya secara otomatis ke catu daya cadangan begitupula sebaliknya. Informasi terkait besar energi yang dikonsumsi beserta sumber energi listrik yang melayani beban terdokumentasi pada PC server dengan cara panel ATS/AMF yang dirancang mengirim informasi data tersebut melalui media komunikasi Radio Frekuensi ke PC server dengan memanfaatkan modul RF YS1020UB. Pada PC, data akan disimpan pada database dan kemudian dapat diakses dan ditampilkan melalui web browser.



Gambar 3. Blok diagram ATS/AMF berbasis Mikrokontroler AVR ATmega

Perancangan Sensor

Sensor tegangan, transformator step down 1Ø, 500mA digunakan untuk untuk menurunkan tegangan agar besaran tegangan dapat disesuaikan dengan input analog mikrokontroler. Agar besaran analog dari output transformer dapat dibaca oleh mikro maka output trafo disearahkan terlebih dahulu dengan menggunakan rangkaian pengkondisi sinyal.

Sensor arus, untuk membaca besar arus yang mengalir ke beban digunakan *Current Transformer (CT)* dengan ratio 50/5 A sebanyak 3 unit pada masing-masing fasanya. Seperti halnya sensor tegangan, sensor arus digunakan untuk medeteksi besar arus yang lewat dengan memberikan sebuah tahanan pada kedua kaki terminal CT sehingga beda potensial yang ditimbulkan dapat dijadikan acuan perubahan arus yang mengalir pada fasa yang diukur. Dikarenakan tegangan yang ditimbulkan berupa tegangan ac, maka dilakukan pengkondisian sinyal agar dapat di baca oleh mikrokontroler.

Sensor frekuensi, nilai frekuensi di dapat dengan cara menghitung selang waktu on dan off dari sinyal tegangan yang dikondisikan menjadi sinyal pulsa.

Sensor pendeteksi beda fasa, untuk mendapatkan nilai beda fasa diperlukan dua buah *zero crossing detector* dari arus dan tegangan. Selisih waktu dari kedua sinyal arus dan tegangan dihitung dan dikonversi oleh mikrokontroler menjadi nilai faktor daya.

Sensor pendeteksi ada tidaknya tegangan, digunakan IC opto isolator PS2505L-1 yang berfungsi mendeteksi ada tidaknya tegangan yang masuk melewati terminal 1 dan 2 dengan memberikan sinyal output pada terminal 3 dan 4 berupa logika 1 dan 0.

Persentase Kesalahan

Untuk mengetahui margin error dari hasil pembacaan sensor tegangan dan arus maka dilakukan perbandingan hasil pengukuran dengan alat ukur AVO meter secara manual dengan hasil pengukuran alat yang dirancang dengan menggunakan persamaan berikut [1]:

$$\% \text{ Error} = \frac{A - S}{S} \times 100\%$$

A = Hasil pengukuran alat ukur (Avo meter)
S = Hasil Pembacaan sensor

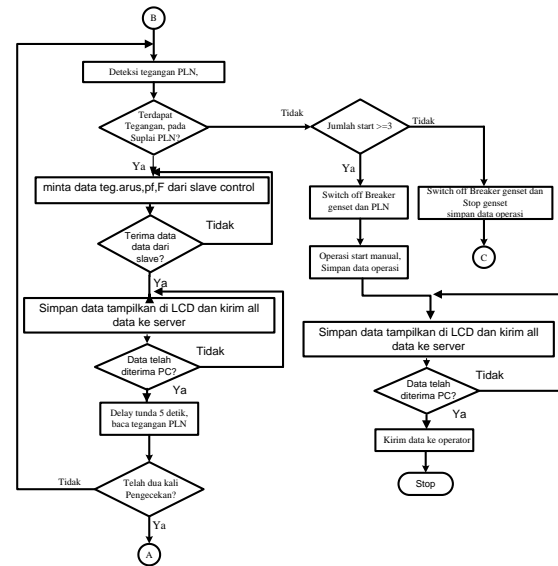
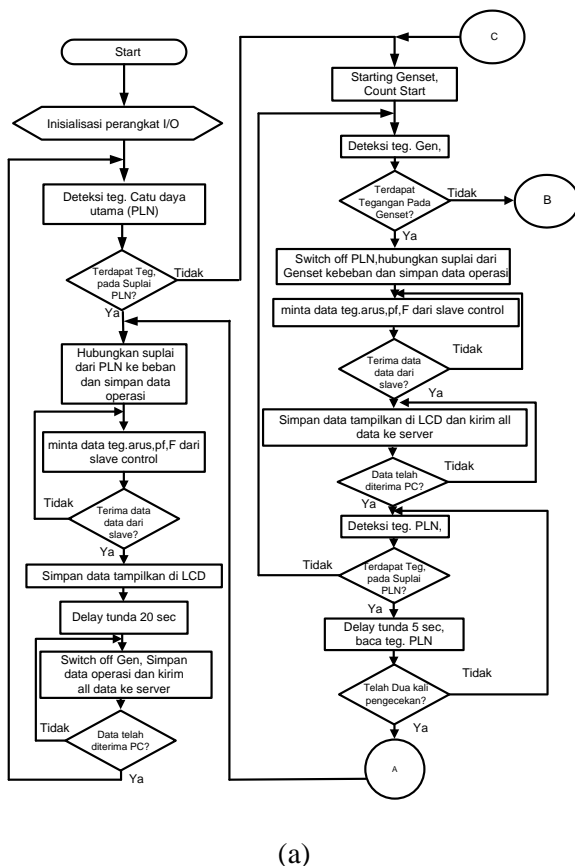
IV. METODE PENELITIAN

Terdapat komponen utama dalam perancangan panel ATS/AMF ini, yaitu :

mikrokontroler ATMEGA16 sebagai master dan slave controller dari sistem yang dibangun, relay sebagai saklar elektronik, pembatas arus MCB tiga fasa, modul radio frekuensi YS 1020 UB sebagai perangkat untuk komunikasi data tanpa kabel, Hub/router, serta sebuah komputer server sebagai pengolah data agar dapat diakses oleh operator secara visual melalui layar monitor dari ruang operator atau dari tempat lain yang terkoneksi jaringan internet.

Terdapat dua metode perancangan yaitu perancangan perangkat keras (*Hardware*) yang ditempatkan pada panel listrik berukuran 60x40 cm dan perancangan perangkat lunak (*Software*) yang terdiri dari aplikasi perangkat lunak untuk menjalankan sistem yang dirancang melalui mikrokontroler AVR ATmega16 pada panel ATS/AMF dan aplikasi perangkat lunak untuk menampilkan data pada komputer server di ruang kontrol dan halaman web agar dapat di akses dari tempat yang berbeda .

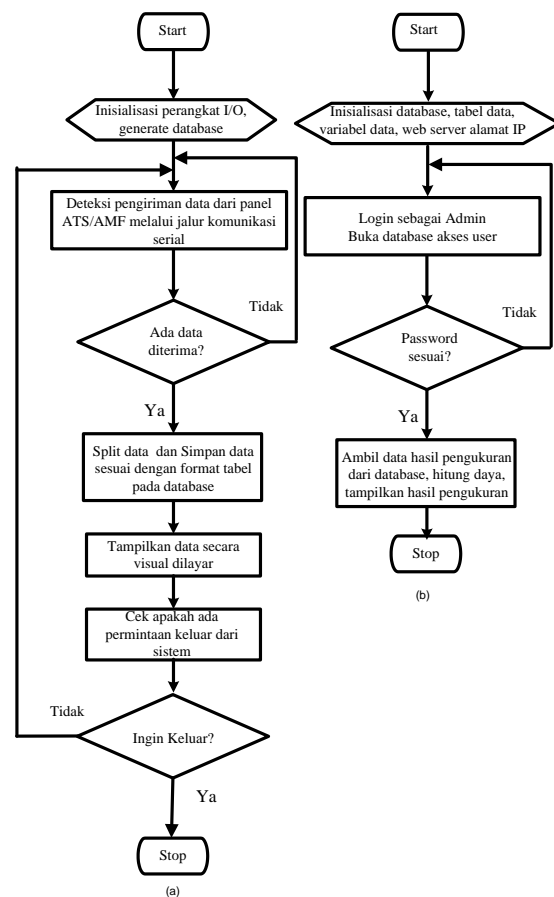
Lebih jelasnya, berikut diagram alir kerja ATS/AMF berbasis mikrokontroler AVR ATmega16:



(b)

Gambar 4.

Diagram alir kerja ATS/AMF yang dirancang[1]



(a)

Gambar 5.

Diagram alir kerja interface penerimaan data PC dengan panel ATS/AMF menggunakan perangkat lunak Delphi (a) dan PHP (b)

V. HASIL DAN PENGUJIAN

Untuk mengetahui unjuk kerja dari hasil rancangan panel ATS/AMF yang dibuat maka dilakukan beberapa tahap pengujian dengan tujuan untuk melihat apakah perangkat keras dan perangkat lunak yang dibangun yang telah dibuat sesuai dengan rancangan.

Tabel 1. Pengujian panel ATS/AMF ketika terdapat aliran listrik dari sumber utama PLN dan kemudian terputus.

No.	Teg. PLN	Teg. Genset	Relay PLN	Relay Genset	Waktu Delay (detik)	Status
1	On	Off	On	Off	-	Suplai didapatkan dari PLN on
2.	Off	Off	Off	Off	22	10 Deteksi tegangan Genset /PLN off
3.	Off	Off	Off	Off		2 Starting Genset
4.	Off	On	Off	Off	20	Pemanasan Genset
5.	Off	On	Off	On	-	Tegangan Genset Masuk
6	On	On	Off	On	10	Suplai berasal dari genset
7.	On	On	Off	Off	0.7	Pengalihan dari genset ke PLN
8.	On	Off	On	Off	30	Genset di OFF-kan dan tegangan PLN masuk

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketika tidak terdapat gangguan suplai listrik dari PLN alat ATS/AMF hasil rancangan tidak melakukan pengalihan catu dayanya dari PLN ke GENSET. Akan tetapi ketika secara tiba-tiba suplai listrik PLN terputus (no urut kerja 2 dari table 1), maka secara otomatis juga sistem mendeteksi adanya tegangan pada genset sebelum men-start genset untuk memastikan tidak terjadi starting genset saat genset sementara bekerja. Adapun total delay waktu yang dibutuhkan untuk memastikan ada tidaknya aliran listrik dari PLN, starting, hingga pemanasan adalah 20 detik, terdiri dari 10 detik untuk deteksi tegangan dari PLN, disaat bersamaan terjadi starting Genset 2 detik, dan waktu Pemanasan Genset 20 detik. Urutan hasil kerja dapat dilihat pada nomor urut kerja 2 hingga 5 tabel 1.

Pengujian selanjutnya (nomor urut 6 hingga 7) merekayasa kondisi saat genset dalam kondisi running dan melayani beban secara tiba-tiba terdeteksi adanya tegangan dari catu daya yang bersumber dari PLN. Sistem hasil rancangan akan secara langsung mengalihkan catu daya dari genset ke catu daya utama dan mematikan genset setelah 30 detik untuk memastikan bahwa suplai dari PLN telah benar tersedia.

Terkadang gangguan-gangguan terkait proses starting genset menyebabkan waktu kerusakan perangkat geset menjadi lebih cepat. Hal ini dapat disebabkan tidak terkontrolnya pemakaian bahan bakar, accu, atau pengaman pada genset yang tidak dalam kondisi on sehingga ATS/AMF tidak dapat mendeteksi tegangan yang dibangkitkan dari genset. Agar ATS/AMF yang dirancang dapat menghindari terjadinya starting berulang ketika genset dalam kondisi rusak atau pengaman pada panel genset off, maka dilakukan rekayasa gangguan pada genset dengan tujuan untuk memastikan bahwa genset bekerja dengan baik saat terjadi hilang suplai dari PLN dengan cara mendeteksi banyaknya usaha yang dilakukan untuk men-start genset dan mengalihkannya ke operasi manual. Rekayasa gangguan dimulai dengan memutus catu daya utama, dan menonaktifkan MCB pada panel Genset agar ATS/AMF tidak dapat mendeteksi adanya tegangan genset. Hasil pengujian terlihat pada tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2
Pengujian saat genset gagal start.

No.	Teg. PLN	Teg. Genset	Relay PLN	Relay Genset	Waktu (detik)	Status.
1.	Off	Off	Off	Off	10	Mendeteksi tegangan Genset/PLN
2.	Off	Off	Off	Off	2	Melakukan Starting
3.	Off	Off	Off	Off	7	mendeteksi tegangan genset
4.	Off	Off	Off	Off	-	Tidak terdapat tegangan dari genset, relay genset off dan kembali melakukan starting hingga 3 kali.
5.	Off	Off	Off	Off	-	Manual Starting Genset

Pengujian pembacaan sensor tegangan, dan arus

Dapat dilihat pada **tabel 3 dan tabel 4** pembacaan tegangan dan arus dilakukan sebanyak 4 (empat) kali dengan waktu pengambilan berselang beberapa menit sehingga menghasilkan persentasi kesalahan pengukuran tidak lebih dari 5% dari nilai tegangan dan arus yang terbaca oleh alat ukur AVO meter. Pada pengujian kali ini digunakan beban motor 3 fasa, Bor, dan pemanas untuk menguji pembacaan arus.

Tabel 3.
Pengujian pembacaan sensor tegangan

Mata Uji Ke	Fasa Meter (V)	Pembacaan Sensor	Selisih V	Persentase Kesalahan V (%)	
		V			
1	R	230	230.23	0.23	0.10
	S	220	220.22	0.22	0.10
	T	225	225.23	0.23	0.10
2	R	230	238	8	3.36
	S	220	225	5	2.22
	T	222	225.23	3.23	-1.43
3	R	229	230.23	1.23	0.53
	S	219	222	3	1.35
	T	225	228	3	1.32
4	R	230	238	8	3.36
	S	220	225	5	2.22
	T	222	230	8	3.48
Rata-rata				1.39	

Tabel 5.
Pengujian pembacaan sensor arus

Mata Uji Ke	Fasa meter (A)	Pembacaan Sensor	Selisih A	Persentase Kesalahan A (%)	
		A			
1	R	27	27.2	0.2	0.74
	S	15	15.1	0.1	0.67
	T	17	17.1	0.1	0.59
2	R	27.2	27.3	0.1	0.37
	S	15.1	15.2	0.1	0.66
	T	17	18	1	5.88
3	R	27.2	27.8	0.6	2.21
	S	15	16	1	6.67
	T	17	17.1	0.1	0.59
4	R	27	27.2	0.2	0.74
	S	15.2	16	0.8	5.26
	T	17	17.4	0.4	2.35

Pengujian Pemancar Radio

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jangkauan pemancar dari pengirim ke penerima dalam kondisi ruang yang berbeda.

Tabel 5.

Pengujian jangkauan pemancar radio berdasar halangan yang dilaluinya

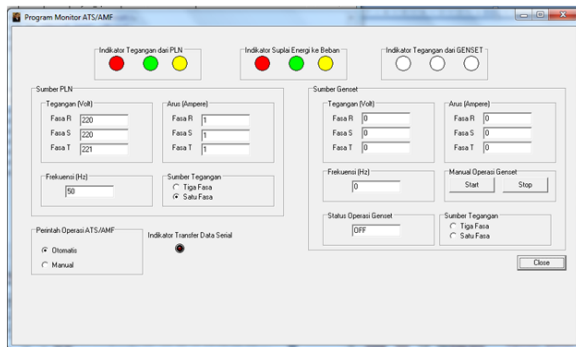
Jarak	Halangan	Keterangan
10	Dinding Beton dalam gedung yang sama Luar gedung hanya dipisahkan dengan jendela kaca	Data dapat diterima
20	Dinding beton dalam gedung yang sama berbeda jarak ditambah 10m Luar gedung hanya dipisahkan dengan jendela kaca namun jarak diperpanjang 10 meter	Data dapat diterima
25	Dinding beton gedung yang sama dengan jarak dan sekat yang lebih banyak dari pengujian sebelumnya	Data dapat diterima
44	Dinding beton gedung yang sama dengan jarak dan sekat yang lebih banyak dan jauh dari pengujian sebelumnya	Data Hilang timbul
>45	Dinding beton dengan jumlah sekat yang banyak serta jarak yang lebih jauh	Data Tidak dapat diterima
<100	Tanpa halangan	Data dapat diterima dengan baik
>100	Tanpa halangan	Data sering hilang timbul Namun diatas 160 meter data tidak dapat diterima

Hasil pengujian menunjukkan pada ruang yang bersekat data masih dapat diterima pada jangkauan ± 30 meter dari lokasi panel ATS/AMF ditempatkan.

Pengujian Modul Radio

Pengujian ini dilakukan untuk menampilkan data yang dikirim melalui panel ATS/AMF yang dirancang dari lokasi penempatan panel yaitu lab. tegangan menengah Prodi Teknik Listrik PNUP dan untuk memastikan data dapat ditampilkan, simulasi pengujian untuk menampilkan data tegangan dan arus tiap fasa menggunakan bahasa pemrograman Delphi pada

PC yang terhubung dengan modul radio seperti diperlihatkan pada gambar berikut:



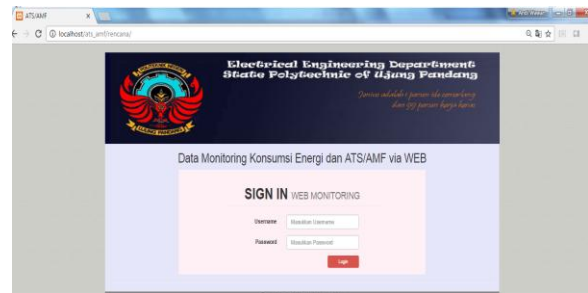
Gambar 5. Hasil simulasi pengujian tampilan data hasil pengiriman dari panel ATS/AMF pada sisi operator dgn aplikasi Delphi

Pengujian akses web page

Pengujian selanjutnya adalah menguji halaman web yang dibangun melalui web browser dengan terlebih dahulu menjalankan aplikasi web server yaitu apache. Pengujian berupa akses login, halaman web yang menampilkan data hasil pengukuran yang tersimpan pada database, dan real time hasil ukur. Pengujian ini dilakukan dalam kondisi stand alone atau tanpa koneksi dengan jaringan LAN maupun internet. Hasil dari pengujian akses dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan menghubungkan *computer server* ke jaringan lokal. Pada pengujian ini tetap melakukan hal yang sama dengan pengujian sebelumnya hanya saja halaman web dibuka pada *computer client* yang terkoneksi dengan jaringan lokal dengan memanggil alamat IP dari *computer server* pada web browser. Hasil yang didapat halaman web dapat diakses dan menampilkan halaman web hasil rancangan.

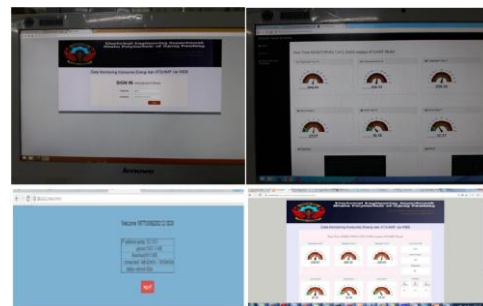
Pengujian terakhir yang dilakukan adalah mencoba mengakses halaman web melalui jaringan internet. Dalam pengujian ini terlebih dahulu PC server di koneksikan dengan jaringan internet dan dilakukan pemanggilan IP address dari PC server melalui web browser di *computer client* yang terkoneksi dengan internet. Hasil pengujian menunjukkan halaman web dapat ditampilkan pada layar monitor *computer client* dengan baik.



Gambar 6. Tampilan tahap uji coba pada sisi operator melalui web browser akses login



Gambar 7. Tampilan tahap uji coba real pengukuran pada sisi operator melalui web browser



Gambar 8. Pengujian PC Server yang terkoneksi LAN dan Internet



Gambar 9. Panel ATS/AMF hasil perancangan

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dari ATS/AMF yang dirancang dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Hasil rancangan alat dapat mengalihkan catu daya listrik dari PLN ke catu daya cadangan secara otomatis dengan delay waktu ± 22 detik, sebaliknya pengalihan dari catu daya cadangan ke catu daya utama terjadi secara langsung ketika sumber energi utama kembali ada.
2. Alat ATS/AMF yang dirancang juga dapat membaca besaran tegangan dan arus dengan rata-rata kesalahan $\pm 5\%$ dan dapat dimonitor melalui jaringan Internet darimanapun user atau operator ingin mengaksesnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indrawan, A.W., Hamdani, Nuraminah, 2016, Rancang Bangun Sistem Kendali Dan Monitoring ATS/AMF Dalam Pengalihan Sumber Energi Listrik Menggunakan Mikrokontroler, ELEKTRIKA, hh. 130 – 141. ISSN 1412-8764
- [2] Bunafit Nugroho, 2013, *Dasar Pemrograman Web PHP-MySQL dengan Dreamweaver*, GAVA MEDIA, Yogyakarta
- [3] Shiha, M.N., 2011, Rancang Bangun Sistem Automatic Transfer Switch (ATS) dan Automatic Main Failure (AMF) PLN-Genset Berbasis PLC dilengkapi dengan Monitoring, Jurusan Teknik Elektro Industri PENS-ITS.
- [4] Thamrin, N.J., 2009, “Rancangan ATS dengan Mikrokontroler AT89S51”, Fakultas Teknik Elektro Universitas Batanghari Jambi.
- [5] Hasafu, Ambo, L.O.R., Hande, S., 2012, *Rancang Bangun ATS/AMF Berbasis PLC, Tugas Akhir Diploma 3, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang*.
- [6] Indrawan, A.W, Hamma, 2012, *Perancangan Panel ATS/AMF Berbasis Mikrokontroler*, ELEKTRIKA, hh. 166 – 176. ISSN 1412-8764
- [7] ATMEL, *8-bit AVR Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash*, www.atmel.com/Images/doc2466.pdf> diakses 15 maret 2013
- [8] PowerLINK, WPS20/S EP Series, <<http://data.powerlinkworld.com/CPDY/EN/WPS20S.pdf>> diakses 15 Maret 2013
- [9] Close Wallis, dkk, 2009, *Automatic Transfer switch Panel (ATS) 3 Phasa 400V, Operation and Maintenance*, Stephil: Jakarta.
- [10] Enggar T. Santosa, Maradu S., Suropto, 2011, *Rancangan Dasar Sistem Automatic Main Failure dan Automatic Transfer Switch untuk Ruang Pertemuan Gedung 71*, Proseding Pertemuan Ilmiah Rekayasa Perangkat Nuklir PRPN-BATAN
- [11] Khairul Hidayat, dkk., 2013, *Perancangan ATS (Automatic Transfer Switch) satu phasa dengan batas daya Pelanggan Maksimum 4400VA*, e-journal [online] Vol 2, No 1, Tersedia di : [http://ejournal.bunghatta.ac.id/index.php?journal=JFTI&page=article&op=view&path\[\]=1659](http://ejournal.bunghatta.ac.id/index.php?journal=JFTI&page=article&op=view&path[]=1659)[diakses tanggal 20/04/2015]
- [12] Pratomo, Andi 2005, *Panduan Praktis Pemrograman AVR Mikrokontroler*, ANDI OFFSET, Yogyakarta.
- [13] PT. PLN (Persero), 2012, *Statistik PLN 2011*. <http://www.pln.co.id/dataweb/STAT/STAT2011IND.pdf>> diakses 15 Maret 2013.
- [14] Samtinah, BT, Laras, Djoko, SP, Herlambang & Hariyanto, Didik 2009, ‘Unit automatic main failure (AMF) power system sebagai sarana UP-dating kompetensi guru-guru SMK jurusan listrik’, Vol. 39, hh. 53-66.
- [15] Teddy Marcus, Agus Prijono, Josef Widiadhi, 2004, *Delphi Developer dan Sql Server 2000*, Informatika, Bandung