

Perancangan ATS (*Automatic Transfer Switch*) Dengan TDR (*Time Delay Relay*) dan Sistem *Monitoring Prototype DC (Direct Current)* *Microgrid Berbasis Website*

Luki Fabrianto¹, Arif Syaichu Rohman^{1,2}, Dean Corio¹

¹Teknik Elektro, Institut Teknologi Sumatera (ITERA), Lampung Selatan, 35365 Indonesia

²Teknik Elektro, STEI Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung, 40132 Indonesia

Email: luki.13115002@student.itera.ac.id, dean@el.itera.ac.id, arief@stei.itb.ac.id

Abstract— Sistem *smart DC Microgrid* merupakan salah satu solusi untuk meringankan masalah yang dihadapi oleh jaringan listrik saat ini. Kelebihannya adalah mengurangi jumlah daya pembangkit yang diperlukan karena utilitas listrik, mengetahui jumlah jaringan listrik yang dibutuhkan pada waktu tertentu. Pada penelitian ini akan dibuat sistem *monitoring* berbasis *website* yang dapat mengontrol dan memonitoring plant *DC Microgrids* dari *Photovoltaic* sebagai sumber energi listrik. Parameter listrik seperti parameter arus, tegangan, daya, dan lingkungan seperti intensitas cahaya matahari dan suhu PV dapat di monitoring secara jarak jauh melalui internet menggunakan browser pada perangkat komputer atau *handphone*. Sistem *monitoring* ini di rancang dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP dan *JavaScript*. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk mengontrol *plant* dari jarak jauh. Mikrokontroler arduino digunakan sebagai *Remote Terminal Unit (RTU)* yang berfungsi sebagai pusat sensing data pada peralatan lapangan di *plant* dan sebagai pengontrol peralatan secara otomatis atau manual. Pada sistem dilengkapi dengan modul sensor yang digunakan sebagai sensing data, sehingga RTU yang dikembangkan mampu memperoleh data sensor dan berkomunikasi dengan server secara *real-time*. Hasil yang didapat pada website memiliki error yang masih dalam batas toleransi, error tegangan 4,52%, error arus 3,21% dan error daya 4,21. *Automatic Transfer Switch (ATS)* yang dirancang dapat memindahkan sumber pada beban ketika PLN mengalami gangguan dengan delay waktu 1 detik.

Kata Kunci : *DC Microgrid, Photovoltaic, monitoring, website, PHP, JavaScript, Remote Terminal Unit (RTU), Automatic Transfer Switch (ATS)*.

I. PENDAHULUAN

Sering dengan perkembangan teknologi saat ini, kebutuhan akan energi listrik sangatlah meningkat dan perlu adanya sumber energi yang memadai untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Selain itu, masih banyak juga daerah-daerah di Indonesia yang belum teraliri listrik secara menyeluruh terutama daerah terpencil. Hingga saat ini masih banyak sekali pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil yang kesediaannya semakin menipis. Energi Baru dan Terbarukan

(EBT) menjadi salah satu solusi yang sangat baik untuk mengatasi masalah bahan bakar fosil yang sudah semakin menipis. Energi matahari memiliki potensi yang sangat besar dikarenakan biaya yang relatif murah dan ramah lingkungan. Akan tetapi, pada pemanfaatannya dibutuhkan beberapa komponen tambahan agar sumber energi tersebut dapat dijadikan sebagai sumber energi listrik dan dapat digunakan untuk kebutuhan suplai listrik.

Microgrid adalah suatu pola pembangkitan terdistribusi yang mencakup berbagai macam sumber energi, mulai dari sumber fosil, maupun sumber EBT seperti matahari. Microgrid merupakan sistem jaringan interkoneksi yang menghubungkan berbagai jenis sumber pembangkit kedalam suatu jaringan kecil yang dapat beroperasi secara mandiri maupun terhubung ke jaringan utama (PLN). Jaringan ini terletak di sekitar pusat beban sehingga dapat memenuhi kebutuhan listrik secara mandiri dan dapat mensuplai ke jaringan utama dengan memperhatikan kestabilan sistem dan keandalan.

Untuk membuat sistem DC Microgrid berbasis smart, maka dibuat sistem otomasi yang dapat mengetahui keadaan peralatan lapangan secara realtime melalui website yang dapat di akses secara online, pengalihan sumber secara otomatis ketika listrik konvensional mengalami gangguan atau padam dan mengurangi biaya penggunaan listrik konvensional. Sistem ini tentunya sangat berpeluang besar untuk di pasarkan seperti di gedung-gedung yang membutuhkan sistem kontrol dan monitoring daya listrik secara terus-menerus dan daerah pedesaan yang masih minim daya listrik bahkan hanya beberapa jam saja teraliri oleh listrik PLN.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. DC Microgrid

DC *Microgrid* atau biasa disebut dengan jaring mikro berbasis DC yang merupakan pola pembangkitan energi listrik yang didalamnya terdapat dua komponen penting yaitu *Distributed Energy Sources (DER)*, yang didalamnya terdapat pembangkit terdistribusi dan penyimpanan energi yang

lokasinya dekat dengan beban. Salah satu keunggulan dari DC *Microgrid* adalah ketahanan sistem[2].

Microgrid merupakan sistem yang terdiri dari minimal lebih dari satu sumber yang terkoneksi pada beban yang relatif rendah[1]. Dalam DC *Microgrid*, beban dapat terputus dan terhubung dengan grid secara otomatis apabila mengalami gangguan atau mati sesaat. Dalam perencanaannya dibutuhkan perancangan yang sangat matang.

B. Arduino

Arduino adalah *single-board* pengendali mikro yang bersifat *open-source*. Arduino menggunakan bahasa pemrograman *wiring-based* dimana didalamnya terdapat *syntax* dan *library*. Struktur pada pemrograman *wiring-based* tidak terlalu jauh berbeda dengan struktur pada bahasa C/C++, tetapi terdapat beberapa penyederhanaan dan modifikasi. Dalam pengembangan aplikasi pada arduino, telah disediakan *Integrated Development Environment* (IDE) berbasis *processing*. Arduino menggunakan keluarga mikrokontroler ATmega yang dirilis oleh Atmel sebagai basis. Pada *board* arduino terdapat pin digital dan analog yang dapat digunakan untuk segala jenis sensor dan aktuator. Adapun beberapa contoh sensor dan aktuator yang dapat digunakan pada arduino yaitu, motor servo, sensor arus, sensor tegangan, Sensor cahaya, sensor *temperaure* dan *ethernet shield*[3].



Gambar 1. Arduino UNO R3

C. Ethernet Shield W5100

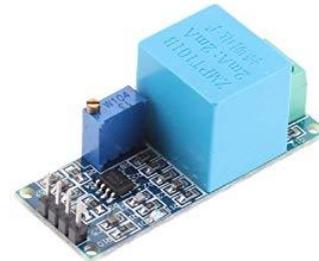
Ethernet Shield W5100 adalah modul yang dapat digunakan pada arduino yang berfungsi untuk menghubungkan arduino dengan jaringan lokal dan internet menggunakan kabel. *Ethernet shield* dibuat dengan menggunakan Wiznet W5100 *ethernet* chip[3]. Wiznet W5100 menyediakan IP untuk TCP dan UDP yang mendukung hingga 4 *socket* secara simultan. Dalam penggunaan *ethernet shield* pada arduino dibutuhkan *library* SPI dan *ethernet* dengan kabel RJ045 sebagai media pengkabelan untuk mengkoneksikan arduino ke jaringan lokal maupun internet. Pada modul *ethernet shield* dilengkapi dengan slot *micro-SD* sebagai media penyimpanan file dan data. Modul *ethernet shield* dapat digunakan pada arduino UNO dan Mega.



Gambar 2. Ethernet Shield W5100

D. Sensor Tegangan ZMPT101B

ZMPT101B adalah modul sensor tegangan yang digunakan untuk mengukur tegangan AC 1 fasa yang dirancang menggunakan transformator sehingga hanya dapat digunakan untuk membaca tegangan AC. Dalam pemrograman arduino yang perlu diperhatikan sebelum memulai pemrograman yang melibatkan persamaan matematika antara *input* dan *output* dengan cara menguji tegangan *input* dan *outputnya* sehingga didapatkan karakteristik *outputnya*[4].



Gambar 3. Sensor Tegangan ZMPT101B

E. Sensor Arus ACS712

ACS712 atau yang sering disebut dengan *Hall Effect Current* sensor adalah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi aliran arus yang melewatinya. Sensor ini adalah salah satu sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC[3]. Pada umumnya sensor ini sering digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik dan proteksi beban berlebih. Untuk penggunaan sensor ini dapat dipasangkan secara serial terhadap beban yang akan diukur.

F. Sensor Tegangan DC

Modul sensor tegangan DC didasarkan pada prinsip tekanan titik resistansi (prinsip pembagi tegangan). Voltage sensor module untuk Arduino dengan kemampuan pengukuran

hingga 25 Volt banyak tersedia dipasaran.



Gambar 4. Sensor Tegangan DC

G. Relay

Relay adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai saklar dan digerakkan oleh arus listrik. Relay memiliki tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (*solenoid*) didekatnya. Prinsip kerja dari tuas tersebut adalah ketika *solenoid* dialiri listrik tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi sehingga kontak saklar akan menutup[5]. Pada saat arus tidak mengalir maka tuas akan kembali ke posisi semula dan saklar dalam keadaan terbuka. Pada relay terdapat dua jenis konfigurasi, yaitu *Normally Open* (NO) dan *Normally Closed* (NC). NO terjadi apabila kontak-kontak tertutup saat relay mendapatkan catu daya, sedangkan NC terjadi apabila kontak-kontak terbuka saat relay mendapatkan catu daya.



Gambar 5. Relay

H. Time Delay Relay (TDR)

TDR adalah komponen elektronik yang dibuat untuk menunda waktu yang dapat di atur sesuai *range timer* tertentu dengan memutus kontak relay yang biasa digunakan untuk memutus atau menyalakann peralatan kontrol. Timer akan bekerja ketika coil mendapatkan kontak berupa tegangan atau

arus maka timer akan mulai menghitung sesuai dengan pengaturan.



Gambar 6. Time Delay Relay

I. Apache Web Server

Apache adalah salah satu dari sekian banyak jenis web server. Web server adalah *software* yang berguna untuk mengakses file-file yang tersimpan dalam fisik dan menggunakannya untuk tujuan yang berbeda-beda[6].

Apache tidak hadir dalam bentuk fisik melainkan bentuk *software* yang menjalankan sebuah server. Fungsi dari *apache* adalah menghubungkan user dengan dengan server. *Apache* adalah server lintas *platform* yang dapat digunakan pada sistem operasi *Linux* dan juga *Windows*.

J. MySQL Database

MySQL Database adalah bagian dari server dengan fungsi yang tertentu. *MySQL* merupakan *software* sistem manajemen basis data SQL yang dapat bekerja secara *multithread*, *multi-user*[7]. *MySQL* berfungsi sebagai media pengambilan data, pengolahan data dan penyimpanan data.

K. Codeigniter

CodeIgniter adalah aplikasi *open source* yang berupa framework dengan model MVC (*Model, View, Controller*) untuk membangun website dinamis dengan menggunakan PHP. *CodeIgniter* memudahkan *developer* untuk membuat aplikasi web dengan cepat dan mudah dibandingkan dengan membuatnya dari awal[7].

Model View Controller merupakan suatu konsep yang cukup populer dalam pembangunan aplikasi web, berawal pada bahasa pemrograman *Small Talk*, MVC memisahkan pengembangan aplikasi berdasarkan komponen utama yang membangun sebuah aplikasi seperti manipulasi data, user *interface*, dan bagian yang menjadi kontrol aplikasi. Terdapat 3 jenis komponen yang membangun suatu MVC pattern dalam suatu aplikasi yaitu :

- a. *View*, merupakan bagian yang menangani *presentation logic*. Pada suatu aplikasi web bagian ini biasanya berupa file template HTML, yang diatur oleh *controller*. *View* berfungsi untuk menerima dan merepresentasikan data kepada user. Bagian ini tidak

- memiliki akses langsung terhadap bagian model.
- Model*, biasanya berhubungan langsung dengan *database* untuk memanipulasi data (*insert*, *update*, *delete*, *search*), menangani validasi dari bagian *controller*, namun tidak dapat berhubungan langsung dengan bagian *view*.
 - Controller*, merupakan bagian yang mengatur hubungan antara bagian model dan bagian *view*, *controller* berfungsi untuk menerima *request* dan data dari *user* kemudian menentukan apa yang akan diproses oleh aplikasi.

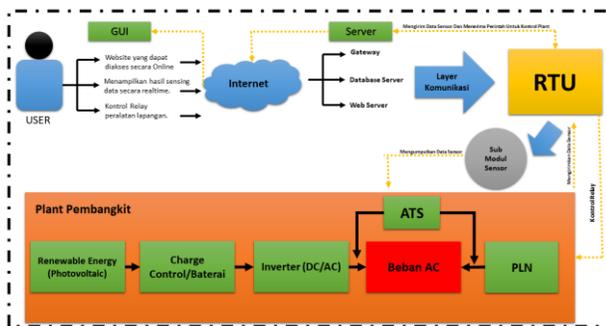
L. JavaScript

JavaScript adalah bahasa pemrograman web yang bersifat *Client Side Programming Language*. *Client Side Programming Language* adalah tipe bahasa pemrograman yang pemrosesannya dilakukan oleh *client*[7]. Aplikasi *client* yang dimaksud merujuk kepada web *browser* seperti *Google Chrome* dan *Mozilla Firefox*.

Bahasa pemrograman *Client Side* berbeda dengan bahasa pemrograman *Server Side* seperti PHP, dimana untuk server side seluruh kode program dijalankan di sisi server. Untuk menjalankan *JavaScript*, kita hanya membutuhkan aplikasi *text editor* dan web browser. *JavaScript* memiliki fitur: *high-level programming language*, *client-side*, *loosely typed* dan berorientasi objek.

III. METODE PERANCANGAN

Adapun diagram blok dari keseluruhan sistem adalah sebagai berikut.



Gambar 7. Blok Diagram Sistem

Secara umum sistem ini menampilkan hasil data monitoring pada peralatan plant dengan *Web User Interfaces* interaktif yang dapat dengan mudah difahami oleh pengguna. Pada *web user interfaces* terdapat beberapa parameter data yang akan ditampilkan untuk pengguna guna mengetahui keadaan peralatan lapangan secara *realtime*. Beberapa parameter data yang ditampilkan pada web seperti informasi umum (suhu dan kelembaban), tegangan dan arus pada panel surya, tegangan dan arus pada baterai dan data penggunaan beban (tegangan, arus dan daya) yang akan disajikan dalam bentuk grafik *realtime*.

Adapun beberapa metode dalam perancangan sistem ini adalah sebagai berikut.

A. Pengukuran Data dan Kendali

Pada bagian ini dilakukan proses pengambilan data pada peralatan lapangan serta *switching* otomatis atau biasa disebut dengan *ATS (Automatic Transfer Switch)* sebagai peralihan sumber secara otomatis ketika terjadi gangguan pada sumber listrik utama.

1) Sensor Arus

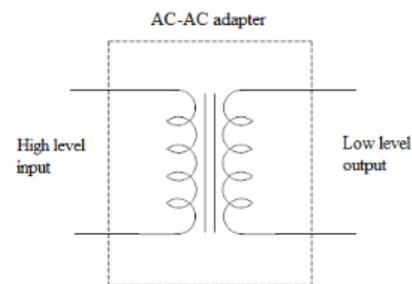
Dalam teknik pengukuran arus terdapat tiga metode yang dapat digunakan, yaitu:

- *Current Transformer (CT)*
- *Sensor Hall Effect*
- *Low Resistance Current Shunt*

Setelah melakukan pertimbangan pada ketiga metode pengukuran arus yang ada, maka dipilihlah metode Hall Effect. Pada metode Hall Effect memiliki kekurangan yaitu membutuhkan daya eksternal, akan tetapi mengingat dalam perancangan ini menggunakan mikrokontroler arduino maka masalah catu daya untuk sensor sudah terpenuhi.

2) Sensor Tegangan

Dalam pengambilan data tegangan terdapat dua metode pengambilan data yaitu data tegangan AC dan tegangan DC. Untuk pengambilan data tegangan AC menggunakan konverter AC/AC yang menurunkan level tegangan ke level tegangan yang memadai untuk dibaca mikrokontroler arduino. Trafo pada sensor tegangan yang digunakan menyediakan isolasi yang diinginkan. Konfigurasi konverter AC/AC pada sensor tegangan AC terdapat pada gambar 7.

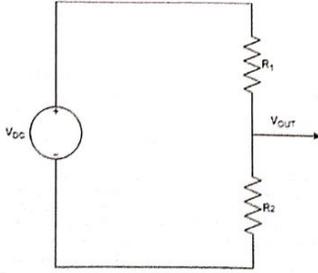


Gambar 8. AC/AC Adapter

Untuk pengambilan data tegangan DC menggunakan prinsip pembagi tegangan (*voltage divider*) pada gambar 8. Adapun rumus pembagi tegangan adalah sebagai berikut.

$$V_{OUT} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} \times V_{DC} \quad (1)$$

$$V_{DC} = (R_2 + R_1) \times I \quad (2)$$



Gambar 9. Rangkaian Pembagi Tegangan

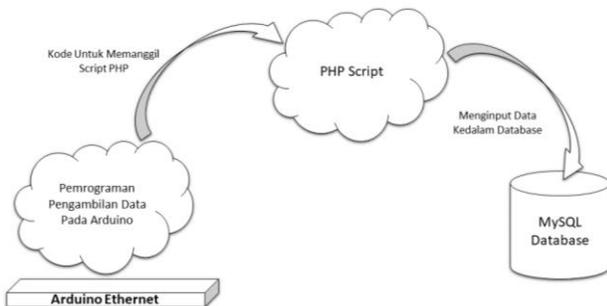
3) ATS (Automatic Transfer Switch)

Cara kerja dari ATS, dalam kondisi suplay PLN atau utama yang bekerja adalah relay PLN. Di mana relay PLN bekerja jika arus listrik akan mengalir lewat relay PLN. Bila terjadi pemadaman secara otomatis oleh PLN maka rangkaian pun akan aktif dan merubah sumber PLN menjadi sumber inverter. Setiap peralihan sumber listrik diberikan *delay* selama lima detik agar tidak terjadi singgungan fasa dan mencegah munculnya bunga api karena adanya perubahan frekuensi yang signifikan.

Lalu, bila sumber listrik dari PLN menyala kembali, dengan begitu rangkaian pun secara otomatis akan memutus sumber aliran listrik pada *inverter*, lewat pengaktifan bagian kontak relay. Di saat yang bersamaan, kontak pada *NO Timer* atau *Normally Open Timer* menunggu agar bisa terhubung sesuai pengaturan waktu. Dengan begitu mengalirkan sumber arus listrik menuju relay PLN. Di mana lewat masuknya aliran listrik di PLN sehingga semua coil pun pada kondisi yang tidak aktif. Dengan begitu rangkaian aman serta boleh dirakit. Untuk merakit *switching* otomatis ini memerlukan *box panel*, *timer* atau *on delay*, relay AC, *socket relay*, *socket timer*, kabel, kabel ties, terminal konektor dan juga lampu indikator

B. Penerimaan Data dan Menyimpan Data

Untuk melakukan proses penerimaan data dan penyimpanan data pada MySQL Database terdapat beberapa tahapan diantaranya; pengambilan data pada peralatan lapangan dengan menggunakan mikrokontroller arduino, pengiriman data kedalam database server dan *database* menyimpan data masukan tersebut. Proses penerimaan dan penyimpanan data terdapat pada gambar 9.

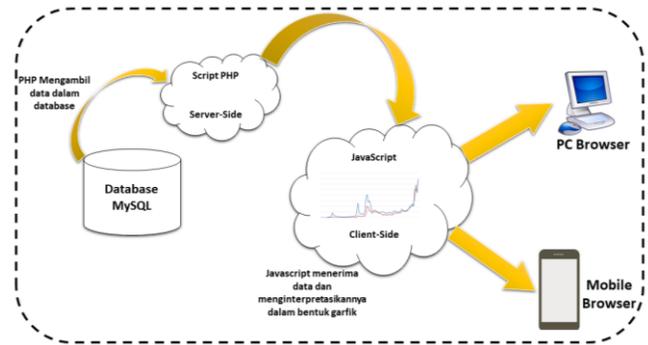


Gambar 10. Blok Diagram Penerimaan dan Penyimpanan Data

C. Menampilkan Grafik Pada Website

Pada bagian ini data yang diperlukan sudah tersimpan didalam *database* MySQL seperti pada gambar 10. Langkah berikutnya adalah menampilkan data tersebut dalam bentuk grafik *realtime* pada website agar pengguna dapat dengan mudah memahaminya. Pada bagian ini digunakan beberapa bahasa pemrograman yaitu PHP, *Codeigniter* dan *Javascript*.

Script PHP digunakan untuk mengambil data pada *database* MySQL. Pada script PHP memiliki fungsi tertentu agar *Javascript* dapat memahaminya. Grafik yang dibuat akan diimplementasikan dengan menggunakan *Javascript*. Selanjutnya, grafik ditampilkan pada halaman *website* dengan menggunakan *codeigniter* sebagai bantuan membuat halaman *website*.

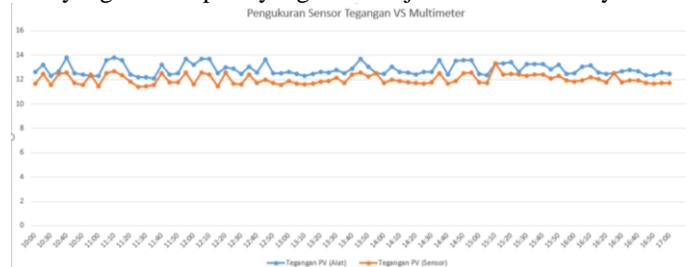


Gambar 11. Blok Diagram Menampilkan Data Grafik Pada Website

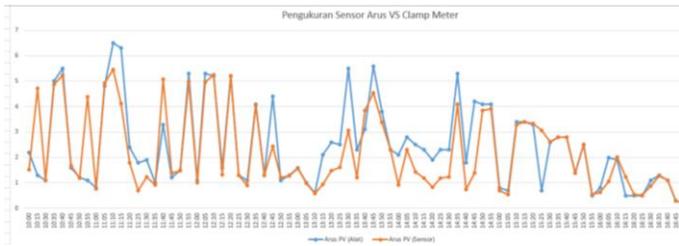
IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

A. Implementasi Pengukuran Data Sensing

Pada implementasi pengukuran data sensing, terdapat dua *line* pada yang akan diambil yaitu *line dc* dan *line AC*. Terdapat empat plant dimana setiap plant memiliki parameter data yang sama seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya.



Gambar 12. Grafik Pengukuran Tegangan (Sensor VS Alat Ukur)



Gambar 13. Grafik Pengukuran Arus (Sensor VS Alat Ukur)



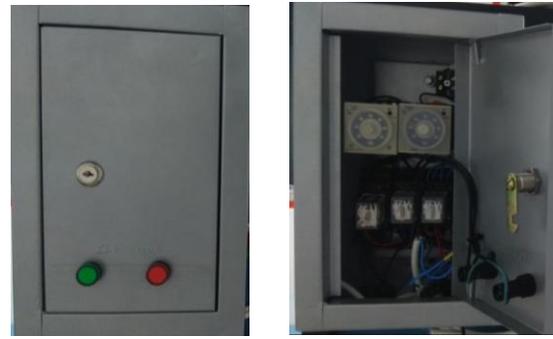
Gambar 14. Grafik Pengukuran Daya (Sensor VS Alat Ukur)

Grafik hasil pengukuran diatas merupakan data yang diambil selama tujuh jam dengan pengambilan data setiap lima menit sekali. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, pengukuran arus dan tegangan pada perangkat dengan menggunakan alat ukur standar dan sensor terdapat perbedaan yang selanjutnya diolah menjadi nilai *error* dengan acuan data pada alat standar sebagai parameter. Nilai *error* pada masing-masing sensor adalah sebagai berikut; *error* tegangan 4,52%, *error* arus 3,21% dan *error* daya 4,21%.

B. Implementasi ATS (Automatic Transfer Switch)

ATS yang telah dirancang dapat diimplementasikan dengan baik, ketika terjadi gangguan pada sumber listrik utama (PLN) ATS akan otomatis merubah sumber dari *inverter* dengan *delay* waktu dua detik. ATS dilengkapi dengan relay AC sebagai *switching* dan TDR (*Time Delay Relay*) sebagai *switching timer*.

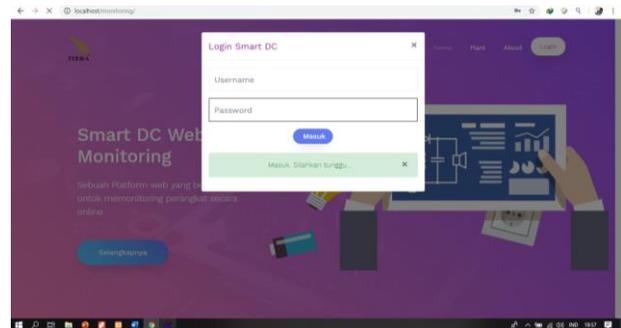
Pada ATS terdapat dua lampu indikator hijau dan merah. Ketika kedua lampu menyala mengindikasikan bahwa sumber PLN sedang dalam kondisi hidup, sedangkan ketika lampu merah menyala mengindikasikan sumber PLN sedang dalam kondisi mati. Berikut hasil implementasi dari perancangan ATS pada gambar 11.



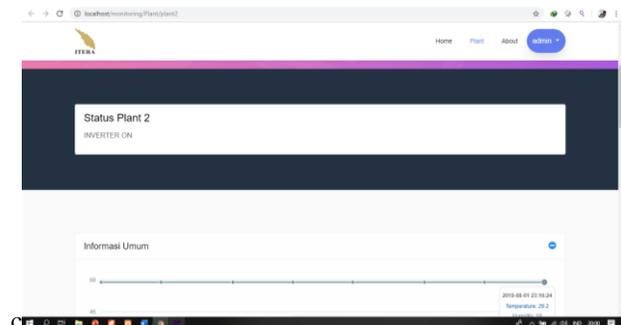
Gambar 15. Implementasi ATS

C. Implementasi Web User Interfaces

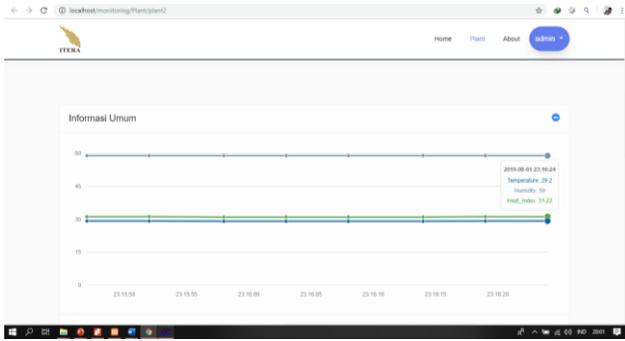
Data pada halaman *monitoring plant* diambil dari *database server*, dimana data yang diambil dalam *database* adalah setiap lima detik. Data pada grafik sudah sesuai dengan data dalam *database* dengan verifikasi pencocokan waktu pada setiap data yang ditampilkan pada grafik dengan waktu data pada *database*. Pada proses pengujian antarmuka sudah sesuai dengan yang diharapkan. Berikut hasil implementasi dari *Web User Interfaces* yang telah dibuat.



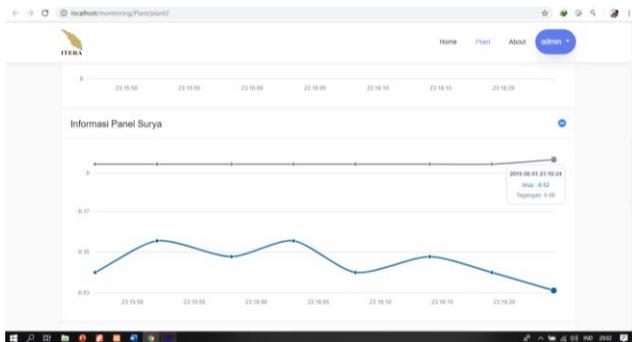
Gambar 16. Hasil Pengujian Log-In User



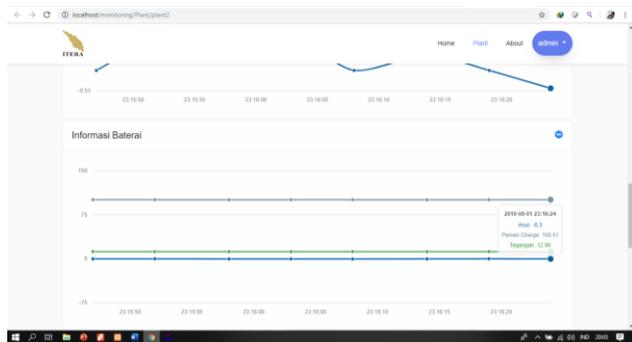
Gambar 17. Status Plant



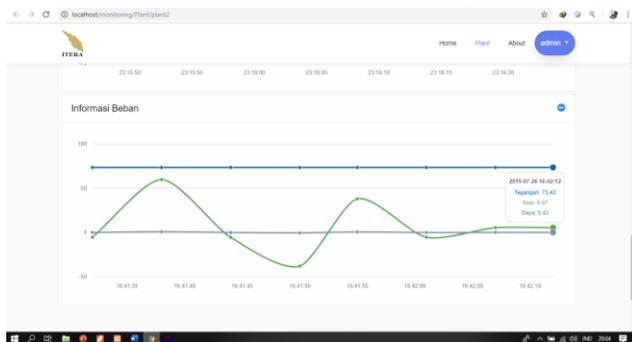
Gambar 18. Grafik Informasi Umum



Gambar 19. Grafik Informasi Panel Surya



Gambar 20. Grafik Informasi Baterai



Gambar 21. Grafik Informasi Beban

V. SIMPULAN

Dari hasil implementasi yang telah dilakukan maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Data hasil pengukuran oleh alat ukur standar dan sensor memiliki error yang masih didalam batas toleransi yaitu error tegangan 4,52%, error arus 3,21% dan error daya 4,21.
2. ATS telah bekerja sesuai dengan yang telah ditentukan, dengan merubah sumber secara otomatis dimana ketika sumber utama/PLN mati maka akan berpindah sumber inverter dengan *delay* waktu selama 1 detik.
3. *Web User Interfaces* yang telah dirancang sudah berhasil mengambil data dari database dan menampilkannya dalam bentuk grafik pada halaman monitoring plant secara realtime. Hasil uji kebenaran data pada *Web User Interfaces* adalah data yang masuk sama dengan data keluar.

REFERENSI

- [1] M. Kumar, S. N. Singh, and S. C. Srivastava, "Design and control of smart DC microgrid for integration of renewable energy sources BT - 2012 IEEE Power and Energy Society General Meeting, PES 2012, July 22, 2012 - July 26, 2012," pp. 1–7, 2012.
- [2] S. Konar and A. Ghosh, "Interconnection of islanded DC microgrid," *Asia-Pacific Power Energy Eng. Conf. APPEEC*, vol. 2016-Janua, pp. 3–7, 2016.
- [3] I. Dinata and W. Sunanda, "Implementasi Wireless Monitoring Energi Listrik Berbasis Web Database ISSN: 2302 - 2949 IMPLEMENTASI WIRELESS MONITORING ENERGI LISTRIK BERBASIS WEB DATABASE Irwan Dinata , Wahri Sunanda," no. March, 2015.
- [4] N. Qachchachi, H. Mahmoudi, and A. El Hasnaoui, "Smart hybrid AC/DC microgrid: Power management based Petri Nets," *2016 Int. Conf. Inf. Technol. Organ. Dev. IT4OD 2016*, 2016.
- [5] P. Menggunakan, K. Berbasis, and R. Dan, "Perancangan ats (automatic transfer switch) satu phasa menggunakan kontrol berbasis relay dan time delay relay (tdr)," vol. 1, pp. 59–64, 2018.
- [6] R. Dawood and S. Muchallil, "Kelayakan Raspberry Pi sebagai Web Server : Perbandingan Kinerja Nginx , Apache , dan Lighttpd pada Platform Raspberry Pi," no. April, 2014.
- [7] P. Dan et al., "1 , 2 , 3," vol. 1, no. 1, pp. 781–788, 2015.



First A. Author