

Pemodelan *Automatic Transfer Switch (ATS)* Pada *System Smartgrid* Pembangkit *Photovoltaic* Dan PLN Berbasis *Internet of Things (IoT)* Untuk *Monitoring* Penggunaan Daya Listrik

Andika Wisnu Adam Kristanto

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : andika.18003@mhs.unesa.ac.id

Unit Three Kartini, Achmad Imam Agung, Bambang Suprianto

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : unitthree@unesa.ac.id, achmadimam@unesa.ac.id, bambangsuprianto@unesa.ac.id

Abstrak

Pada era saat ini banyak sekali energi terbarukan yang telah digunakan pada perumahan, gedung-gedung tinggi dan masih banyak yang lainnya. Seiring berkembangnya zaman muncul teknologi baru berbasis IoT yang dapat membantu pekerjaan manusia dengan mudah. Salah satu pemanfaatan teknologi yang dapat mengendalikan cadangan energi dalam kehidupan sehari-hari adalah sistem *Automatic Transfer Switch (ATS)*. Permasalahan yang ada sekarang ini adalah penambahan sumber energi listrik cadangan sangatlah diperlukan karena dapat digunakan sebagai cadangan energi listrik jika terjadi gangguan yang menyebabkan sumber tegangan utama padam dan dapat menghemat biaya energi listrik. Rumusan masalah berdasarkan latar belakang tersebut yaitu mengembangkan penelitian dengan membuat sistem kontrol otomatis yang dapat beralih dari sumber tegangan utama ke sumber tegangan lainnya. Tujuan penelitian ini adalah merancang sebuah pemodelan *Automatic Transfer Switch (ATS)* berbasis *Internet of Things* untuk *monitoring* penggunaan daya listrik. Rancangan ini menggunakan mikrokontroler DOIT ESP32 DEV KIT yang menerima data dari sensor tegangan DC sebagai pengendali otomatis sumber tegangan yang digunakan dan sensor PZEM-004t untuk *monitoring* daya listrik. Dengan menggunakan *relay AC MK2P* sebagai perpindahan sumber tegangan. Setelah melakukan rancangan penelitian didapatkan hasil rata-rata *error* yang dihasilkan oleh sensor dengan alat ukur multimeter menggunakan rumus MAPE. Rata-rata *error* sensor tegangan DC yang didapatkan selama 6 hari pengujian yaitu 0,499%; 0,465%; 0,687%; 1,202%; 0,551%; 0,536%. Dengan rata-rata *error* yang sangat kecil bisa dikatakan jika perancangan alat di sensor ini bekerja dengan sangat baik.

Kata Kunci : ATS, ESP 32, Relay AC MK2P, Sensor PZEM-004t, *Voltage Sensor*

Abstract

In current era, a lot of renewable energy has been used in housing, tall buildings, and many others. Along with times, new IoT-based technologies have emerged that can help humans work easily. One of uses of technology that can control energy reserves in daily life is *Automatic Transfer Switch (ATS)* system. Problem that exists today is that addition of a backup electrical energy source is necessary because it can be used as a backup of electrical energy in event of a disturbance that causes main voltage source to go out and can save electrical energy costs. formulation of problem based on this background is to develop research by creating an automatic control system that can switch from main voltage source to other voltage sources. Research aims to design an *Internet of Things*-based *Automatic Transfer Switch (ATS)* modeling for *monitoring* use of electric power. Design uses a DOIT ESP32 DEV KIT microcontroller which receives data from DC voltage sensor as an automatic controller of voltage source used and PZEM-004t sensor for *monitoring* electrical power. By using MK2P AC relay as a voltage source switching. After conducting research design, average error generated by sensor with a multimeter measuring instrument was obtained using MAPE formula. Average DC voltage sensor error obtained during 6 days of testing is 0,499%; 0,465%; 0,687%; 1,202%; 0,551%; 0,536%. With a minimum average error, it can be said that tool's design in sensor works very well.

Keywords: ATS, ESP 32, Relay AC MK2P, Sensor PZEM-004t, *Voltage Sensor*

PENDAHULUAN

Pada era saat ini banyak sekali energi terbarukan yang telah digunakan pada perumahan, gedung-gedung tinggi

dan masih banyak yang lainnya tujuannya sendiri untuk melakukan penghematan energi. Penghematan energi yaitu tindakan untuk mengurangi jumlah penggunaan

daya listrik dalam kehidupan sehari-hari. Teknologi baru berbasis IoT ini dapat membantu untuk melakukan penghematan energi. Banyak sekali keuntungan menggunakan energi terbarukan yang tidak akan habis ini karena sangat ramah terhadap lingkungan dan memudahkan manusia untuk menggunakannya. Seiring berkembangnya zaman muncul berbagai teknologi yang bertujuan sebagai cadangan energi. Salah satu pemanfaatan teknologi yang dapat mengendalikan cadangan energi dalam kehidupan sehari-hari adalah sistem *Automatic Transfer Switch* (ATS).

Latar belakang penelitian ini adalah penambahan sumber energi listrik cadangan sangatlah diperlukan karena dapat digunakan sebagai cadangan energi listrik ketika terjadi adanya gangguan pada sumber tegangan utama padam dan dapat menghemat biaya energi listrik. Proses pergantian daya listrik, dari sumber tegangan utama ke sumber cadangan tidak boleh menyebabkan beban daya listrik mati karena terjadinya jeda waktu pergantian sumber tegangan. Oleh karena itu diperlukan adanya penambahan perangkat penunjang dalam bentuk *Automatic Transfer Switch* (ATS). Perangkat ATS ini dirancang agar dapat dilakukan secara otomatis tanpa mengakibatkan beban kehilangan aliran listrik.

Rumusan masalah berdasarkan latar belakang tersebut yaitu mengembangkan penelitian dengan Membuat sistem kontrol otomatis yang dapat beralih dari sumber tegangan utama ke sumber tegangan lainnya ketika sumber tegangan utama terjadi gangguan atau padam. Antara lain membuat perancangan "Pemodelan *Automatic Transfer Switch* (ATS) pada *system smartgrid* pembangkit *photovoltaic* dan PLN berbasis IoT". Untuk sistem mikrokontroler pada perangkat ATS menggunakan ESP 32 DEV KIT yang terhubung ke *module relay 4 channel* yang digunakan untuk tersambung ke beban daya listrik dan ke relay AC Omron MK2P. untuk *output* menggunakan sensor tegangan accu dan sensor PZEM-004t dalam proses *monitoring* penggunaan daya listrik. Setelah melakukan perancangan alat Menganalisa hasil perbandingan *error* sistem rancangan sensor alat dengan alat ukur?.

Tujuan penelitian yang dibuat kali ini yaitu merancang sebuah pemodelan *Automatic Transfer Switch* (ATS) berbasis *Internet of Things* untuk *monitoring* penggunaan daya listrik berupa data tegangan, arus, dan daya yang diterima oleh PLTS dan PLN. Perancangan ini dibuat sebagai *backup* atau cadangan energi ketika sumber tegangan utama padam. Mengetahui hasil perbandingan *error* sistem rancangan sensor alat dengan alat ukur. Manfaat dari penelitian pemodelan ini tidak hanya sebagai ATS tetapi terdapat sensor tegangan DC yang berfungsi sebagai pengendali otomatis untuk membaca tegangan accu terdapat batas

atas dan batas bawah sebagai perpindahan sumbernya. Aplikasi blynk juga dapat melihat sumber yang digunakan ketika berpindah sumber tegangan. Dengan demikian tujuan dari program tersebut yaitu untuk memperpanjang umur accu atau baterai yang digunakan agar tidak cepat rusak.

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang membahas mengenai sistem pemodelan *Automatic Transfer Switch*. Sebelumnya penelitian yang dilakukan oleh Hassan, dkk. (2019) membahas tentang desain *Automatic Transfer Switch* yang menggunakan AVR mikrokontroler dan *disconnect switch* sebagai pergantian sumbernya. Kemudian penelitian oleh Chua dan Venancio (2020) membahas tentang simulasi biaya rendah *automation of transfer switch* yang menggunakan PLC sebagai kontrol dan MCB *Automatic Transfer Switch* sebagai pergantian sumber. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Prince dan Luckyn (2021) membahas tentang peningkatan desain pergantian sumber generator dengan jaringan nasional menggunakan arduino dan Sakelar pengubah daya otomatis menggunakan Pemicu Bluetooth. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Syahputra, dkk. (2020) membahas tentang implementasi *Automatic Transfer Switch* pada *solar home system* di rumah peternakan kambing yang menggunakan *time delay relay* untuk pergantian sumbernya. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Suslov dan Ilyushin (2019) yang membahas tentang pengoperasian *Automatic Transfer Switch* di jaringan distribusi yang menganalisis kasus-kasus darurat *switching* setelah penurunan tegangan yang bertujuan untuk menghubungkan generasi terdistribusi ke yang sudah ada jaringan listrik. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Navrapescu, dkk. (2018) membahas tentang sistem keamanan pada *Automatic Transfer Switch* menggunakan modul GSM yang mengirimkan data melalui SMS yang menggunakan PLC sebagai kontrol sistem ATS nya untuk mengatasi serangan *cyber* yang dapat terjadi pada perintah transmisi ATSS. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Adi, dkk. (2018) membahas tentang *Automatic Transfer Switch* menggunakan mikrokontroler arduino-nano yang menggunakan kontaktor untuk peralihan daya ke generator.

Berdasarkan latar belakang diatas, peneliti tertarik membuat rancangan pemodelan *Automatic Transfer Switch* (ATS) pada *system smartgrid* pembangkit *photovoltaic* dan PLN berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk *monitoring* penggunaan daya listrik, pada perancangan alat ini sistem ATS sebagai *controlling* dan *monitoring* yang dapat dipantau melalui *smartphone* menggunakan aplikasi Blynk.

KAJIAN PUSTAKA

Automatic Transfer Switch

Automatic Transfer Switch adalah proses pengalihan hubungan antara beberapa sumber daya listrik ke sumber daya lain secara otomatis. Pada proses perpindahan ini dilakukan secara bergantian sesuai dengan perintah program. *ATS* adalah pengembangan *COS (Change Over System)*. Perbedaan antara *ATS* dan *COS* terletak pada sistem kerja. *ATS* dioperasikan secara otomatis sedangkan *COS* dioperasikan secara manual (Yohandri, dkk, 2019)

Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang menggunakan internet yang terkoneksi ke komponen komunikasi dengan komponen elektronik atau listrik yang dapat digunakan sehari-hari sebagai media untuk berkomunikasi antara perangkat dan pengguna (Kurniawan, 2020).

ESP 32 DEV KIT

Mikrokontroler adalah komputer pribadi yang sebagian besar atau seluruhnya terdapat dalam satu *chip*. Hal ini sering disebut sebagai *Micro Chip Unit (MCU)* (*IC chip*). *DOIT ESP-32 DEVKIT V1* adalah mikrokontroler yang dapat digunakan pada perangkat elektronik, aplikasi seluler, dan *IoT*. Mikrokontroler ini sudah terintegrasi sehingga dapat digunakan pada *Bluetooth IoT* dan *Wi-Fi* (Firmawati dan Asmazori, 2021).

Voltage Sensor

Voltage sensor DC bertegangan 25 V merupakan alat pendeteksi tegangan yang menerapkan hukum pembagi tegangan. Dan mempunyai komponen resistor yang ada pada sensor sebesar 30k Ohm dan 7,5k Ohm (Mutiarra, dkk, 2018).

Sensor PZEM-004t

Sensor *PZEM-004t* adalah sensor yang dapat mengukur tegangan, arus, dan daya. Dan untuk mengukur arus yang mengalir dapat diukur dengan meletakkan kabel melalui sensor lubang inti besi. Sensor ini dapat mengukur arus hingga 100 A_{rms} . (Fujita, dkk, 2018).

Module Relay 4 Channel

Module Relay 4 Channel adalah saklar yang cara kerjanya secara listrik dan termasuk komponen elektromekanikal. Untuk menggerakkan kontak saklar relay ini menggunakan prinsip elektromagnetik sehingga hanya dengan arus yang kecil dapat mengalirkan listrik yang bertegangan tinggi (Ferdian dan Andesta, 2018).

Relay AC MK2P

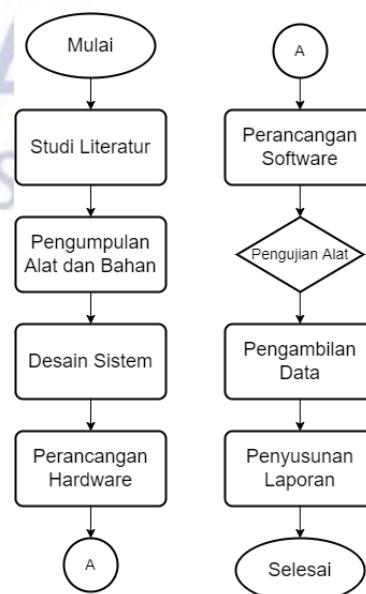
Relay AC MK2P berfungsi sebagai *ATS*. *Relay AC MK2P* merupakan *relay* yang mempunyai koil *input* 250 VAC dengan tipe kanal *DPDT (Double Pole Double Throw Switch)* berkecepatan dibawah 20 ms. Sehingga *relay AC MK2P* ini memiliki kecepatan *operation time* yang cukup cepat sehingga beban daya listrik tidak mati pada saat kehilangan sumber tegangan utama (Yuwono, dkk 2020).

Inverter

Inverter merupakan perangkat elektronik yang mengubah daya DC ke daya AC. inverter merupakan komponen penting untuk menjalankan sistem PV, oleh karena itu inverter harus menghasilkan bentuk gelombang sinus untuk keluaran pada tegangan agar lebih terkontrol rentang frekuensi dan dalam variasi beban tertentu karena beban akan berjalan maksimal jika keluaran yang dihasilkan oleh inverter stabil (Mohamed, dkk, 2019).

METODE

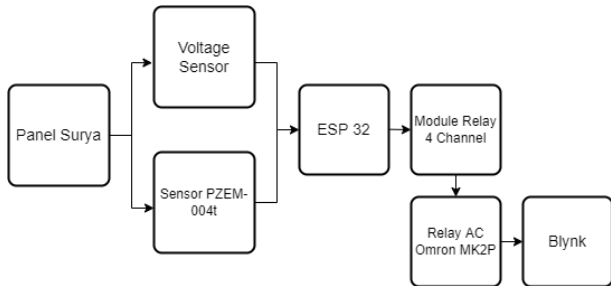
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Dimana rancangan pada penelitian ini. Dimulai dengan studi literatur sebagai bahan informasi untuk mendukung penelitian, selanjutnya pengumpulan alat dan bahan, dilanjutkan dengan desain sistem pembuatan alat, kemudian perancangan *hardware* dan *software* sesuai dengan desain sistem yang telah dibuat, lalu melakukan pengujian alat dan melakukan pengambilan data terhadap respon sistem alat, dan terakhir analisa data pada hasil percobaan dan melakukan penyusunan laporan hasil penelitian. *Flowchart* diagram alir rancangan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Rancangan Penelitian

Desain Sistem

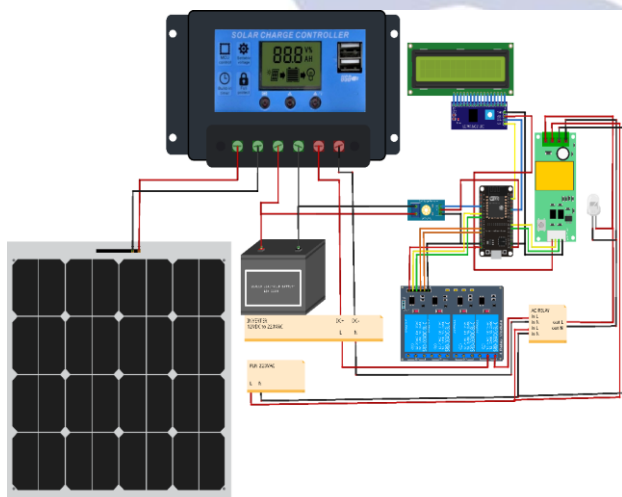
Desain sistem pemodelan *Automatic Transfer Switch* ditunjukkan pada gambar 2. Dijelaskan bahwa menggunakan 2 sensor sebagai input yaitu sensor tegangan DC dan sensor PZEM-004t, kemudian dibaca oleh mikrokontroler ESP 32 DEVKIT dan juga di proses melalui aplikasi blynk yang dapat mengendalikan *module relay 4 channel* secara otomatis dan manual. Desain sistem pada pemodelan *Automatic Transfer Switch* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Sistem

Perancangan Hardware Pemodelan Automatic Transfer Switch(ATS)

Perancangan hardware pada penelitian ini ditunjukkan untuk pengkabelan atau *wiring* pada desain sistem sehingga komponen-komponen yang digunakan dapat berjalan dengan baik. Pada Gambar 3 adalah perancangan *hardware* pemodelan *Automatic Transfer Switch*.



Gambar 3. Perancangan Hardware Pemodelan ATS

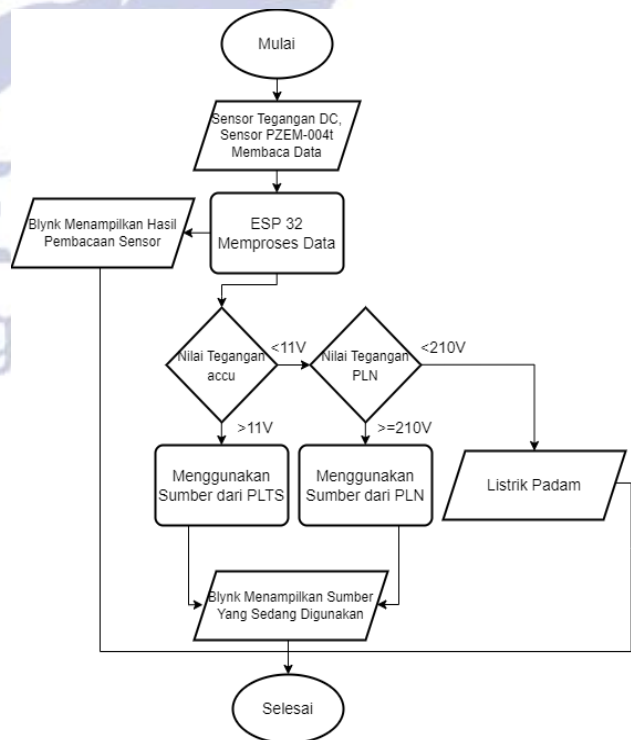
Dalam perancangan *hardware* terdapat pin yang digunakan untuk menghubungkan setiap komponen. Pin yang digunakan pada pengkabelan diatas ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi Pin Perancangan *Hardware*

Voltage Sensor	ESP 32
VCC	3.3
GND	GND
S	D34
Sensor PZEM 004-t	ESP 32
VCC	VIN
RX	D16
TX	D17
GND	GND
Module Relay 4 Channel	ESP 32
VCC	VIN
IN 1	D32
IN 2	D33
IN 3	D27
IN 4	D12
GND	GND
LCD 16x2 I2C	ESP 32
VCC	VIN
GND	GND
SDA	D21
SCL	D22

Perancangan Software

Pada pemrograman *software* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan aplikasi Arduino IDE. *Flowchart* perancangan *software* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perancangan Software

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemodelan *Automatic Transfer Switch (ATS)*

Hasil dari pembuatan alat *Automatic Transfer Switch (ATS)* ditunjukkan pada gambar 5. Pada pembuatan alat *Automatic Transfer Switch (ATS)* menggunakan panel surya 50 Watt Peak untuk mengisi atau *charging* ke accu 12 volt dan menggunakan adaptor yang terhubung dari *relay AC Omron MK2P* untuk disambungkan ke sumber PLN. Untuk *module relay 4 channel* yang terhubung ke beban AC seperti lampu dan stopkontak dan terhubung ke *relay AC Omron MK2P* sebagai *transfer switch* ke sumber PLTS dan PLN. Kemudian *module relay 4 channel* dihubungkan ke mikrokontroler ESP 32 untuk memerintahkan *relay* tersebut melalui aplikasi Blynk. Hasil alat pemodelan *Automatic Transfer Switch* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Alat Pemodelan *Automatic Transfer Switch*

Pada aplikasi blynk terdapat fitur manual dan otomatis yang dapat memindahkan sumber PLTS dan PLN. Contoh tampilan fitur dari aplikasi Blynk ketika menggunakan mode otomatis yang dapat dilihat pada Gambar 6. Contoh tampilan fitur dari aplikasi Blynk ketika menggunakan mode manual dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 6. Fitur Otomatis Blynk



Gambar 7. Fitur Manual Blynk

Pembuatan alat ini menggunakan 2 sensor yang terhubung ke ESP 32 yaitu sensor tegangan DC dan sensor PZEM-004t. Untuk sensor tegangan DC disini sebagai pemodelan ATS dimana ketika tegangan accu diatas 11 volt maka sumber yang digunakan yaitu PLTS dan ketika tegangan dibawah 11 volt maka sumber yang digunakan yaitu PLN. Kemudian ketika tegangan dibawah 11 volt maka sumber yang digunakan yaitu PLN, lalu accu yang digunakan akan mengisi atau *charging* dari sumber *photovoltaic* hingga sensor tegangan DC mendeteksi lebih dari sama dengan 13,5 volt maka sumber yang digunakan otomatis berpindah ke PLTS lagi dan berulang terus-menerus seperti itu. Untuk sumber utama yang digunakan alat ini yaitu sumber PLTS dan sumber dari PLN sebagai backup ketika sumber PLTS tegangan aki menurun.

Sensor PZEM-004t di alat ini untuk memonitoring beban AC yang digunakan dari sumber PLTS maupun PLN, beban yang digunakan yaitu stopkontak dan lampu. Sensor PZEM-004t pada alat ini menampilkan tegangan AC, arus AC, dan Daya AC pada aplikasi blynk.

Pengujian Alat Pemodelan *Automatic Transfer Switch*

Pada pengujian yang akan dilakukan pada alat ATS ini menggunakan beban yang berbeda-beda di setiap pengujiannya. Data yang diambil selama 6 hari dari jam 09:00 sampai jam 16:00. Untuk beban yang digunakan menggunakan lampu, *charger handphone*, dan kipas angin. Dan ketika menggunakan beban tersebut beban dinyalakan konstan hingga waktu selesai.

Ketika pengambilan data mengambil data dari daya yang dihasilkan oleh *photovoltaic* dan data blynk kemudian di catat dan dibandingkan menggunakan multimeter. Setelah pengambilan data kemudian dimasukkan ke excel dan menghitung error menggunakan rumus MAPE. Proses pengambilan data saat menggunakan multimeter dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 8. Proses Pengukuran Menggunakan Multimeter

Analisis Data Pengujian Alat Pemodelan *Automatic Transfer Switch*

Pengujian Hari Pertama

Pada pengujian hari pertama menggunakan beban lampu sebesar 10 Watt yang dinyalakan secara konstan. Data tabel hari pertama hasil pengukuran multimeter pada *photovoltaic* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Tabel Hari Pertama

Jam	Tegangan PV(V)	Arus PV(A)	Daya PV(W)	Daya AC(W)
10:00	12,72	0,69	8,77	10,3
11:00	12,64	0,90	11,43	10,1
12:00	12,97	1,52	19,77	9,9
13:00	12,66	1,23	15,57	9,7
14:00	12,29	0,75	9,27	9,9
15:00	11,86	0,32	3,80	9,8
16:00	11,56	0,22	2,54	10

Berdasarkan data tabel yang telah diambil diatas yaitu pengukuran pada *photovoltaic* yang menyuplai pada accu menghasilkan rata-rata daya yang dihasilkan yaitu 10,16 Watt. Daya AC yang dihasilkan Sensor PZEM-004t menghasilkan rata-rata sebesar 9,95 Watt. Data tabel hasil sensor tegangan accu dan alat ukur dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Sensor Tegangan Accu dan Alat Ukur

Jam	Sensor Accu(V)	Multimeter Accu(V)	PLTS	PLN
10:00	12,56	12,53	On	Off
11:00	12,57	12,48	On	Off
12:00	12,85	12,81	On	Off
13:00	12,74	12,58	On	Off
14:00	11,95	11,98	On	Off
15:00	11,64	11,60	On	Off
16:00	11,32	11,28	On	Off

Berdasarkan Tabel diatas nilai terbesar sensor yang dihasilkan accu yaitu 12,85 volt data tersebut diambil saat jam 12:00 WIB. Dan nilai terkecil sensor tegangan accu yaitu 11,32 volt data tersebut diambil saat jam 16:00 WIB. Pada hari pertama sumber yang digunakan dari jam 09:00-16:00 yaitu menggunakan sumber PLTS karena sensor tegangan DC tidak mendeteksi nilai dibawah 11 volt oleh karena itu sumber tidak berganti ke PLN. Dan durasi waktu penggunaan sumber dari PLTS yaitu selama 7 jam.

Pengujian Hari Kedua

Pada pengujian hari kedua menggunakan beban *charger handphone* dan lampu sebesar 8 Watt yang dinyalakan secara konstan. Data tabel hari kedua hasil pengukuran multimeter pada *photovoltaic* dan *output* daya AC dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Tabel Hari Kedua

Jam	Tegangan PV(V)	Arus PV(A)	Daya PV(W)	Daya AC(W)
10:00	12,81	0,78	10,03	13,5
11:00	12,69	1,23	15,60	15,1
12:00	12,51	0,80	10,08	13,1
13:00	12,24	0,63	7,72	15,5
14:00	12,27	0,75	9,20	16,5
15:00	12,11	0,22	2,66	13,8
16:00	11,51	0,30	3,45	15

Berdasarkan data tabel yang telah diambil diatas yaitu pengukuran pada *photovoltaic* yang menyuplai pada accu menghasilkan rata-rata daya yang dihasilkan yaitu 8,34 Watt. Daya AC yang dihasilkan Sensor PZEM-004t menghasilkan rata-rata sebesar 14,64 Watt. Data tabel hasil sensor tegangan accu dan alat ukur dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Sensor Tegangan Accu dan Alat Ukur

Jam	Sensor Accu(V)	Multimeter Accu(V)	PLTS	PLN
10:00	12,59	12,52	On	Off
11:00	12,65	12,48	On	Off
12:00	12,33	12,27	On	Off
13:00	12,08	12,07	On	Off
14:00	12,11	12,07	On	Off
15:00	11,89	11,86	On	Off
16:00	11,13	11,11	Off	On

Berdasarkan tabel diatas nilai terbesar sensor yang dihasilkan accu yaitu 12,65 volt data tersebut diambil saat jam 12:00 WIB. Dan nilai terkecil sensor tegangan accu yaitu 10,9 volt data tersebut diambil saat jam 15:35 WIB. Pada hari kedua sumber yang digunakan dari jam 09:00-15:35 menggunakan sumber dari PLTS, durasi

Pemodelan *Automatic Transfer Switch (ATS)* Pada *System Smartgrid* Pembangkit *Photovoltaic* dan PLN Berbasis *Internet of Things (IoT)* Untuk *Monitoring* Penggunaan Daya Listrik

waktu pada saat menggunakan sumber PLTS selama 6 Jam 25 menit. Dan pada jam 15:35-16:00 sumber berganti ke PLN, durasi waktu menggunakan sumber dari PLN selama 25 menit. Pada hari kedua pergantian sumber sebanyak 1 kali.

Pengujian Hari Ketiga

Pada pengujian hari ketiga menggunakan beban lampu 15 Watt yang dinyalakan secara konstan. Data tabel hari ketiga hasil pengukuran multimeter pada *photovoltaic* dan *output* daya AC dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Tabel Hari Ketiga

Jam	Tegangan PV(V)	Arus PV(A)	Daya PV(W)	Daya AC(W)
10:00	12,12	0,85	10,30	14,6
11:00	12,55	1,30	16,31	14,8
12:00	12,62	1,82	22,96	14,7
13:00	12,72	1,50	19,08	14,7
14:00	11,56	0,65	7,51	15
15:00	12,29	0,67	8,23	15
16:00	12,96	0,70	9,07	15

Berdasarkan data tabel yang telah diambil diatas yaitu pengukuran pada *photovoltaic* yang menyuplai pada accu menghasilkan rata-rata daya yang dihasilkan yaitu 13,35 Watt. Daya AC yang dihasilkan Sensor PZEM-004t menghasilkan rata-rata sebesar 14,82 Watt. Data tabel hasil sensor tegangan accu dan alat ukur dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7. Hasil Sensor Tegangan Accu dan Alat Ukur

Jam	Sensor Accu(V)	Multimeter Accu(V)	PLTS	PLN
10:00	11,83	11,78	On	Off
11:00	12,27	12,20	On	Off
12:00	12,52	12,35	On	Off
13:00	12,50	12,44	On	Off
14:00	11,24	11,15	On	Off
15:00	12,16	12,05	Off	On
16:00	12,81	12,78	Off	On

Berdasarkan tabel diatas nilai terbesar sensor yang dihasilkan accu yaitu 12,81 volt data tersebut diambil saat jam 16:00 WIB. Dan nilai terkecil sensor yang dihasilkan tegangan accu saat mendeteksi batas bawah sensor yaitu 10,9 volt data tersebut diambil saat jam 14:45 WIB. Pada hari ketiga sumber yang digunakan dari jam 09:00-14:45 menggunakan sumber dari PLTS, durasi waktu pada saat menggunakan sumber PLTS selama 5 jam 45 menit. Dan pada jam 14:45-16:00 sumber berganti ke PLN, durasi waktu menggunakan sumber dari PLN selama 1 jam 15 menit. Pada hari ketiga pergantian sumber sebanyak 1 kali.

Pengujian Hari Keempat

Pada pengujian hari keempat menggunakan beban kipas angin *level* 1 yang dinyalakan secara konstan. Data tabel hari keempat hasil pengukuran multimeter pada *photovoltaic* dan *output* daya AC dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Data Tabel Hari Keempat

Jam	Tegangan PV(V)	Arus PV(A)	Daya PV(W)	Daya AC(W)
10:00	12,07	0,46	5,55	17,8
11:00	12,28	0,63	7,73	19,5
12:00	13,47	1,83	24,71	19,6
13:00	12,40	1,25	15,50	17,4
14:00	12,03	0,74	8,90	17,7
15:00	12,32	0,65	8,08	20
16:00	12,63	0,58	7,32	19,9

Berdasarkan data tabel yang telah diambil diatas yaitu pengukuran pada *photovoltaic* yang menyuplai pada accu menghasilkan rata-rata daya yang dihasilkan yaitu 11,10 Watt. Daya AC yang dihasilkan Sensor PZEM-004t menghasilkan rata-rata sebesar 18,84 Watt. Data tabel hasil sensor tegangan accu dan alat ukur dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil sensor tegangan accu dan alat ukur

Jam	Sensor Accu(V)	Multimeter Accu(V)	PLTS	PLN
10:00	11,84	11,71	On	Off
11:00	12,12	12,05	Off	On
12:00	13,26	12,93	Off	On
13:00	12,37	12,12	On	Off
14:00	11,75	11,65	On	Off
15:00	12,11	11,97	Off	On
16:00	12,40	12,39	Off	On

Berdasarkan tabel diatas nilai terbesar sensor tegangan accu saat mendeteksi batas atas sensor yaitu 13,5 volt data tersebut diambil saat jam 12:15 WIB. Dan nilai terkecil sensor tegangan accu saat mendeteksi batas bawah sensor yaitu 10,9 volt data tersebut diambil saat jam 10:45 dan 14:45 WIB. Pada hari keempat pergantian sumber sebanyak 3 kali. Pergantian pertama sumber yang digunakan PLTS dari jam 09:00-10:45, durasi waktunya selama 1 jam 45 menit. Kemudian sumber menggunakan PLN pada jam 10:45-12:15, durasi waktunya selama 1 jam 30 menit. kemudian sensor mendeteksi tegangan accu hingga 13,5 volt, pergantian kedua pada jam 12:15-14:45 sumber berganti ke PLTS durasi waktunya selama 2 jam 30 menit. Dan pergantian ketiga sumber yang terakhir digunakan yaitu PLN pada jam 14:45-16:00, durasi waktunya selama 1 jam 15 menit.

Pengujian Hari Kelima

Pada pengujian hari kelima menggunakan beban lampu 20 Watt yang dinyalakan secara konstan. Data tabel hari kelima hasil pengukuran multimeter pada *photovoltaic* dan *output* daya AC dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Data Tabel Hari Kelima

Jam	Tegangan PV(V)	Arus PV(A)	Daya PV(W)	Daya AC(W)
10:00	12,25	0,67	8,20	20,2
11:00	11,80	0,53	6,25	20,1
12:00	11,42	0,35	3,99	20
13:00	12,26	0,85	10,42	20
14:00	12,93	1,52	19,65	20,1
15:00	13,68	1,60	21,88	20
16:00	12,68	0,70	8,87	20,2

Berdasarkan data tabel yang telah diambil diatas yaitu pengukuran pada *photovoltaic* yang menyuplai pada accu menghasilkan rata-rata daya yang dihasilkan yaitu 11,32 Watt. Daya AC yang dihasilkan Sensor PZEM-004t menghasilkan rata-rata sebesar 20,08 Watt. Data tabel hasil sensor tegangan accu dan alat ukur dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil sensor tegangan accu dan alat ukur

Jam	Sensor Accu(V)	Multimeter Accu(V)	PLTS	PLN
10:00	12,15	11,96	On	Off
11:00	11,44	11,32	On	Off
12:00	11,21	11,19	Off	On
13:00	11,94	11,90	Off	On
14:00	12,78	12,74	Off	On
15:00	13,38	13,35	Off	On
16:00	12,54	12,52	On	Off

Berdasarkan tabel diatas nilai terbesar sensor yang dihasilkan accu saat mendeteksi batas atas sensor yaitu 13,5 volt data tersebut diambil saat jam 15:25 WIB. Dan nilai terkecil sensor tegangan accu saat mendeteksi batas bawah sensor yaitu 10,9 volt data tersebut diambil saat jam 11:15 WIB. Pada hari kelima pergantian sumber sebanyak 2 kali. Pergantian pertama sumber yang digunakan dari jam 09:00-11:15 menggunakan sumber dari PLTS, durasi waktunya selama 2 jam 15 menit. Dan pada jam 11:15-15:25 sumber menggunakan PLN, durasi waktunya selama 4 jam 10 menit. Pergantian kedua pada jam 15:25-16:00 sumber berganti ke PLTS durasi waktunya selama 35 Menit.

Pengujian Hari Keenam

Pada pengujian hari keenam menggunakan beban kipas angin *level 2* dan lampu 3 Watt yang dinyalakan secara konstan. Data tabel hari keenam hasil pengukuran

multimeter pada *photovoltaic* dan *output* daya AC dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Data Tabel Hari Keenam

Jam	Tegangan PV(V)	Arus PV(A)	Daya PV(W)	Daya AC(W)
10:00	12,29	0,78	9,58	24,4
11:00	12,01	0,63	7,56	24,7
12:00	12,42	1,42	17,63	24,4
13:00	11,48	0,23	2,64	28,2
14:00	12,48	0,89	11,10	28,1
15:00	13,26	1,24	16,44	28,1
16:00	12,66	0,75	9,49	24,7

Berdasarkan data tabel yang telah diambil diatas yaitu pengukuran pada *photovoltaic* yang menyuplai pada accu menghasilkan rata-rata daya yang dihasilkan yaitu 10,63 Watt. Daya AC yang dihasilkan Sensor PZEM-004t menghasilkan rata-rata sebesar 26,08 Watt. Data tabel hasil sensor tegangan accu dan alat ukur dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil sensor tegangan accu dan alat ukur

Jam	Sensor Accu(V)	Multimeter Accu(V)	PLTS	PLN
10:00	11,97	11,94	On	Off
11:00	11,64	11,61	On	Off
12:00	12,23	12,19	On	Off
13:00	11,26	11,22	Off	On
14:00	12,27	12,23	Off	On
15:00	13,35	13,1	Off	On
16:00	12,44	12,4	On	Off

Berdasarkan tabel diatas nilai terbesar sensor yang dihasilkan accu saat mendeteksi batas atas sensor yaitu 13,5 volt data tersebut diambil saat jam 15:35 WIB. Dan nilai terkecil sensor tegangan accu saat mendeteksi batas bawah sensor yaitu 10,9 volt data tersebut diambil saat jam 12:40 WIB. Pada hari keenam pergantian sumber sebanyak 2 kali. Pergantian pertama sumber yang digunakan dari jam 09:00-12:40 menggunakan sumber dari PLTS, durasi waktunya selama 2 jam 40 menit. Dan pada jam 12:40-15:35 sumber menggunakan PLN, durasi waktunya selama 2 jam 55 menit. Pergantian kedua pada jam 15:35-16:00 sumber berganti ke PLTS durasi waktunya selama 25 Menit.

Perhitungan error perbedaan hasil data blynk dengan alat ukur multimeter

Pada pengujian ini dilakukan perbandingan antara sensor tegangan DC yang membaca tegangan accu lalu dibandingkan dengan alat ukur multimeter yang akan dihitung menggunakan rumus MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

Pemodelan *Automatic Transfer Switch (ATS)* Pada *System Smartgrid* Pembangkit *Photovoltaic* dan PLN Berbasis *Internet of Things (IoT)* Untuk *Monitoring* Penggunaan Daya Listrik

Perhitungan pertama menggunakan sensor tegangan DC yang dilakukan selama 6 hari, dan dimulai pukul 09:00 WIB sampai pukul 16:00. Data diambil setiap 1 jam sekali sehingga data yang didapat selama 1 hari yaitu 7 data per hari. Perbandingan nilai sensor tegangan DC dengan alat ukur multimeter ditunjukkan pada Tabel 14.

Tabel 14. Perbandingan dan hasil *error* Sensor Tegangan DC hari pertama

Waktu	Sensor Tegangan DC (Volt)	Multimeter (Volt DC)	Error(%)
10:00	12,56	12,53	0,239
11:00	12,57	12,48	0,721
12:00	12,85	12,81	0,312

Hasil data *error* pada tabel 14 diatas dihitung menggunakan rumus APE (*Absolute Percentage Error*). perhitungan menggunakan persamaan 1.

$$\text{Percentage Error} = \frac{|NS-NA|}{NA} \times 100\% \quad (1)$$

NS : Nilai Sensor
NA : Nilai Akurat

Data perhitungan menggunakan rumus MAPE selama 6 hari setelah mencari nilai *error* persamaan 1 dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Perhitungan Rumus MAPE

Hari Ke-	Σ APE	MAPE(%)
1	3,494	0,499
2	3,257	0,465
3	4,811	0,687
4	8,414	1,202
5	3,862	0,551
6	3,752	0,536

Dari hasil perhitungan menggunakan rumus APE diatas setelah itu dicari nilai MAPE menggunakan persamaan 2.

$$\text{MAPE} = \frac{\Sigma \text{APE}}{n} \quad (2)$$

Σ APE : Jumlah presentasi *error*
n : Jumlah data

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan sesuai dengan permasalahan yang dirumuskan serta menganalisis hasil dari pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

Hasil rancangan pemodelan *Automatic Transfer Switch* berbasis *Internet of Things (IoT)* untuk sistem otomatis dan manual dari relay AC MK2P yang

tersambung dari *module relay 4 channel* berjalan dengan baik untuk pergantian sumber tegangannya.

Hasil pembacaan tegangan DC atau *accu* yang dibaca oleh sensor tegangan DC berdasarkan data Blynk dengan pengukuran menggunakan multimeter tidak berbeda jauh. Nilai MAPE selama 6 hari berturut-turut yaitu sebesar 0,499%; 0,465%; 0,687%; 1,202%; 0,551%; 0,536%.

SARAN

Dari penelitian yang dilakukan ini, maka saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah menambahkan sensor radiasi matahari untuk menampilkan berapa besar daya yang masuk dari panel yang digunakan dan menggunakan rumus *error* yang lain pada saat perhitungan perbedaan hasil data. Dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan dapat dikembangkan seiring berkembangnya zaman di era Revolusi Industri 4.0.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi. Hari Purnomo, Hasanah. Rini, dan Soeprapto. 2018. *Arduino-based Automatic Transfer Switch for Domestic Emergency Power Generator-Set*. 2018 2nd IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC 2018). 742-746.
- Chua. Alvin, dan Venancio. Leonardo. 2020. *A Novel Low Cost Automation of Transfer Switch Control for a Hybrid Solar Power System with Simulation*. International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research Vol. 9, No. 7, 987-997.
- Ferdian. Rian, dan Andesta. Deri. 2018. *Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis Mikrokontroler dan Modul GSM*. JITCE (Journal of Information Technology and Computer Engineering) Vol. 02 No. 02 , 51-63.
- Firmawati. Nini, dan Asmazori. Mutiara. 2021. *Rancang Bangun Alat Pendeteksi NOx dan CO Berbasis Notifikasi Via Telegram dan Suara*. JITCE (Journal of Information Technology and Computer Engineering), Vol. 05 No.02 , 57-62.
- Fujita. Hideaki, Khwanrit. Ruengwit, Kittipiyakul. Somsak, dan Kudtongngam. Jasada. 2018. *Accuracy Comparison of Present Low-cost Current Sensors for Building Energy Monitoring*. IEEE, 2018 International Conference on Embedded Systems and Intelligent Technology & International Conference on Information and Communication Technology for Embedded Systems (ICESIT-ICTES).

- Hassan. Abdurrahman, Jean-Rostand. Furaha Kasali, Mustapha. Mundu, dan Adabara. Ibrahim. 2019. *Design of an Automatic Transfer Switch for Households Solar PV System*. European Journal of Advances in Engineering and Technology, 2019, 6(2):54-65, 54-65.
- Kurniawan. Novi. 2020. *Electrical Energy Monitoring System and Automatic Transfer Switch (ATS) Controller with the Internet of Things for Solar Power Plants*. Journal of Soft Computing Exploration, Vol. 1, No. 1. 16-23.
- Mohamed. Azah, Hannan A. Mahammad, Ghani. Zamre, Hoque. Murshadul, Ker. Pin Jern, dan Hussain. Aini. 2019. *Fuzzy logic inverter controller in photovoltaic applications: Issues and recommendations*. IEEE Access, 24934-24955.
- Mutiara. Giva Andriana, Yuriawan. Lalu Rizky Pratama, dan Sularsa. Anang. 2018. *Alat Pendeteksi Performansi Photovoltaic Modul Menggunakan XBee Sebagai Modul Komunikasi*. e-Proceeding of Applied Science : Vol.4, No.3 Desember 2018, 1911-1919.
- Navrapescu. Valentin, Deaconu. Ioan-Drăgos, Stanculescu. Marilena, dan Chirila. Aurel-Ionut. 2018. *On Automatic Transfer Switch System Security*. 2018 International Conference On Applied And Theoretical Electricity (ICATE).
- Prince. Ikwuagwu Emmanuel dan Luckyn. Boma Josiah. 2021. *Improved Design on Automatic Single Phase Changeover Using Bluetooth Trigger*. Iconic Research And Engineering Journals, Volume 4 Issue 7, 72-77.
- Suslov. Konstantin, dan Ilyushin. Pavel. 2019. *Operation of Automatic Transfer Switches in the Networks with Distributed Generation*. IEEE, 2019 IEEE Milan PowerTech.
- Syahputra. Ramadoni, Chamim. Anna, dan Irawan. Agil. 2020. *Implementation of Automatic Transfer Switch on the Solar Home System at the Goat Farm Houses*. Journal of Electrical Technology UMY (JET-UMY), Vol. 4, No. 2. 79-86.
- Yohandri. Bow, Kurniawan. Achmad, dan Taqwa. Ahmad. 2019. *PLC Application as an Automatic Transfer Switch for on-grid PV System; Case Study Jakabaring Solar Power Plant Palembang*. Journal of Physics: Conference Series, Volume 1167, 2nd Forum in Research, Science, and Technology, IOP Publishing, 1-9.
- Yuwono. Sigit, Rigoursyah. Muhammad Agung Foury, dan Kurniawan. Ekki. 2020. *Perancangan UPS Berbasis Sumber Eenergi Listrik Terbarukan dan PLN Termonitor Perangkat IOT*. e-Proceeding of Engineering : Vol.7, No.3 Desember 2020. 8730-8741.