

SISTEM AUTO-SWITCH PADA MINI PLTS OFF-GRID DENGAN BACKUP DAYA PLN

Abubakar Amran*¹, Agus Nur Salim¹, Suprpto¹

¹Jurusan Teknik Politeknik Negeri Jember

*abuamran@polije.ac.id

Abstrak

Pengembangan alat bantu pembelajaran khususnya untuk kegiatan praktikum di lingkungan Lab Energi Terbarukan masih perlu banyak ditingkatkan. Mengingat perkembangan ilmu pengetahuan dibidang energi terbarukan juga semakin berkembang. Salah satu bidang yang menjadi fokus pengembangan adalah bidang Pembangkit Listrik Tenaga Surya skala Kecil dengan daya maksimal 400 VA (Mini PLTS). Kendala yang dihadapi dari sistem ini adalah pada saat perpindahan suplai daya yang awalnya dari Mini PLTS ke suplai daya dari PLN, dimana perubahan sistem suplai harus dipindah secara manual. Hal tersebut tentunya akan terdapat jeda waktu yang cukup lama. Ketergantungan dengan operator juga sangat tinggi. Dari hasil penelitian ini telah dapat mengembangkan sistem Auto-Switch yang mana alat ini bekerja dengan sempurna, saat peralihan mode daya PLTS ke daya PLN atau sebaliknya peralihan mode dari PLN ke PLTS tidak membutuhkan jeda waktu yang lama sehingga beban tetap bekerja dengan aman.

Kata Kunci — Auto-Switch, ATS, Off-Grid, Photovoltaic, PLTS, Solar Panel, Sel Surya.

I. PENDAHULUAN

Politeknik Negeri Jember sebagai salah satu perguruan tinggi yang menerapkan sistem pembelajaran berbasis kompetensi, membutuhkan banyak sekali pengembangan pada peralatan praktikum. Hal ini disebabkan karena perkembangan teknologi dibidang energi terbarukan telah mengalami perkembangan yang cukup pesat.

Media pembelajaran dibidang energi listrik alternatif pada program studi Teknik Energi Terbarukan diajarkan melalui praktikum Konversi Energi Surya yang diajarkan sebanyak 3 sks. Salah satu peralatan pendukungnya adalah Sistem Mini PLTS Off-Grid yang ada di Laboratorium Energi Terbarukan. Pada sistem off-grid mini PLTS, penggunaan daya sepenuhnya memanfaatkan energi surya untuk suplai daya ke beban, namun tetap menggunakan daya dari PLN sebagai cadangan daya manakala daya pada baterai telah habis sehingga beban masih dapat bekerja sebagaimana mestinya.

Sistem Off-Grid Mini PLTS pada media pembelajaran praktikum di Laboratorium energi terbarukan masih terdapat kelemahan, dimana sistem switching untuk backup daya PLN masih manual dibantu oleh operator manusia. Sistem ini dinilai kurang efektif karena perpindahan daya dari sistem off-grid mini PLTS ke sumber daya PLN sebagai cadangan membutuhkan waktu yang lama dan perlunya operator yang harus selalu siap ditempat. Dari permasalahan tersebut perlu dikembangkan sistem perangkat Auto-Switch yang mampu

memindah daya dari sistem off-grid mini PLTS ke daya PLN secara otomatis dengan sistem pengaturan waktu yang dapat diseting agar beban masih tetap berjalan dengan baik dan aman.

Dalam makalah ini akan diuraikan mengenai media pembelajaran Sistem Off-Grid yang masih manual untuk peralihan mode sistem daya dari Sistem Off-Grid Mini PLTS ke daya PLN sebagai media cadangan yang terdapat pada Laboratorium Energi Terbarukan. Selain itu, Sistem tersebut juga masih belum ada sistem peralihan mode secara otomatis, Sistem Auto-Switch.

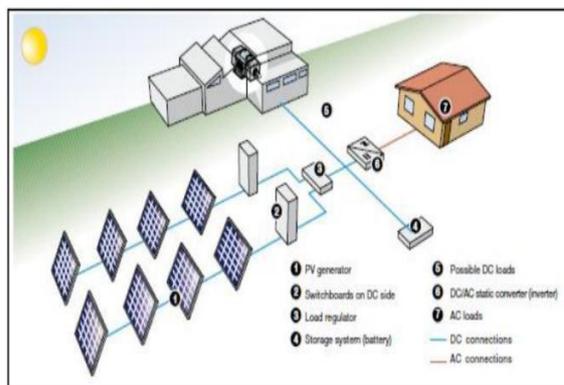
Secara umum dalam makalah ini juga akan menjelaskan bagaimana mengembangkan peralatan yang secara otomatis yang ada di Laboratorium Energi Terbarukan dibidang energi alternatif tenaga surya terutama Sistem Off-Grid Mini PLTS sehingga dapat meningkatkan kinerja peralatan laboratorium yang berkualitas untuk menunjang kegiatan praktikum di Program Studi Teknik Energi Terbarukan Politeknik Negeri Jember. Maka untuk mencapai tujuan tersebut dibutuhkan beberapa tahapan yang meliputi, Mendesain sistem Auto-Switch pada media pembelajaran Sistem Off-Grid Mini PLTS, Menguji berbagai alternatif pengaturan waktu (*timer setting*) untuk menghasilkan sistem pengalihan daya yang aman terhadap beban, dan Menghasilkan Sistem peralihan mode secara otomatis (Auto-Switch) pada sistem Off-Grid Mini PLTS dengan pengaturan waktu yang paling optimal dan aman terhadap beban.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Panel Surya

Sel surya merupakan komponen penting dalam konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik yang pada umumnya dibuat dari bahan semikonduktor. Luas dari sel surya ini sekitar 10-15 cm². Sel surya memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC, yang dapat diubah menjadi listrik AC apabila diperlukan, oleh karena itu meskipun cuaca mendung, selama masih terdapat cahaya. Tenaga listrik yang dibangkitkan oleh sel surya tunggal sangat kecil sehingga dibutuhkan beberapa sel surya yang digabungkan menjadi sebuah komponen yang disebut panel surya atau *solar module*. Panel surya inilah yang diproduksi pabrik sel surya pada umumnya. Dan apabila beberapa panel surya digabungkan menjadi satu akan membentuk suatu komponen yang disebut *solar array*. Hal ini ditujukan untuk meningkatkan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Satu panel surya rata-rata mampu menghasilkan daya listrik maksimal 130 W. Jika dibutuhkan daya listrik sebesar 3 kW maka dibutuhkan *solar array* dengan luas sekitar 20 hingga 30 m²[1].

Berdasarkan aplikasi dan konfigurasi, secara garis besar Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) diklasifikasikan menjadi dua yaitu. Sistem PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan (*Off-Grid PV plant*), atau lebih dikenal dengan sebutan PLTS berdiri sendiri (*stand-alone*), dan sistem PLTS terhubung dengan jaringan (*Grid-connected PV plant*) atau lebih dikenal dengan sebutan PLTS On-grid. Sedangkan apabila PLTS dalam penggunaannya digabung dengan jenis pembangkit listrik lain disebut sistem hybrid.



Gambar 1. Susunan PLTS *Off Grid*

Sistem PLTS terpusat disebut juga *Stand Alone PV System* yaitu sistem pembangkit yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama dengan menggunakan rangkaian *photovoltaic module* untuk menghasilkan energi listrik sesuai kebutuhan. Secara umum

konfigurasi PLTS sistem terpusat dapat dilihat pada gambar 1.

Prinsip kerja dari PLTS sistem terpusat ialah sumber energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya (PV) pada siang hari akan disimpan dalam baterai. Proses pengisian energi listrik dari PV ke baterai diatur oleh *Solar Charge Controller* agar tidak terjadi *over charge*. Besar energi yang dihasilkan oleh PV sangat tergantung kepada intensitas penyinaran matahari yang diterima oleh PV dan efisiensi cell. Intensitas matahari maksimum mencapai 1000 W/m², dengan efisiensi cell 14% maka daya yang dapat dihasilkan oleh PV adalah sebesar 140 W/m². Selanjutnya energi yang tersimpan dalam baterai digunakan untuk menyuplai beban melalui inverter saat dibutuhkan. Inverter mengubah tegangan DC pada sisi baterai menjadi tegangan AC pada sisi beban.

Grid Connected PV System atau *PLTS* terinterkoneksi merupakan solusi *Green Energy* bagi penduduk perkotaan baik perumahan ataupun perkantoran. Sistem ini menggunakan modul surya (*photovoltaic module*) untuk menghasilkan listrik yang ramah lingkungan dan bebas emisi. Dengan adanya sistem ini akan mengurangi tagihan listrik rumah tangga, dan memberikan nilai tambah pada pemiliknya. Sesuai namanya, *grid connected PV*, maka sistem ini akan tetap berhubungan dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi PV untuk menghasilkan energi listrik maksimal mungkin.

Menurut IEEE standart 929-2000 sistem PLTS dibagi menjadi tiga kategori, yaitu PLTS skala kecil dengan batas 10 kW atau kurang, skala menengah dengan batas antara 10 kW hingga 500 kW, skala besar dengan batas di atas 500 kW [3].

B. Solar Charge Controller

Solar charge controller adalah suatu komponen yang berfungsi mengatur aliran energi panel surya ke *battery* maupun aliran energi dari *battery* ke beban sehingga bisa melindungi *battery* dan peralatan lainnya dari kerusakan. *Solar charge controller* mengantisipasi *overcharging* dan kelebihan voltase dari panel surya. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Panel surya 12 volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 volt. Sedangkan baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt. Jadi tanpa *solar charge controller*, baterai akan rusak oleh *overcharging* dan ketidakstabilan tegangan [4].

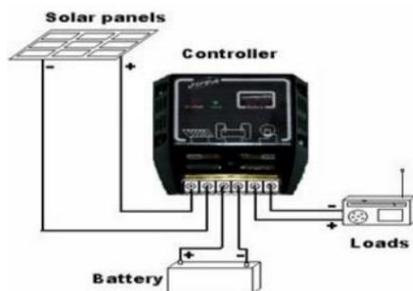


Gambar 2. Solar Charge Controller

Secara detail fungsi dari *solar charge controller*, untuk mengatur arus pengisian ke baterai untuk menghindari *overcharging* dan *overvoltage*, dapat mengatur arus yang dibebaskan/diambil dari baterai agar baterai tidak *full discharge* dan *overloading*, dan dapat monitoring *temperature* baterai.

Dalam pemilihan *solar charge controller* yang harus diperhatikan ialah Tegangan input dari solar panel 12V/24V DC, Kemampuan arus DC yang melewati *controller* (SCC), dan terdapat mode *full charge* dan *low voltage cutoff*.

Solar charge controller yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya berhenti. Cara deteksi adalah melalui *monitor level* tegangan baterai. *Solar charge controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.



Gambar 3. Posisi solar charge controller dalam sistem

Berikut formula untuk menghitung kapasitas *solar charge controller* (SCC):

$$I_{SCC} = I_{sc \text{ panel}} \times N_{\text{panel}} \times 125\%$$

(1)

Keterangan:

I_{SCC} = arus SCC (ampere)

$I_{sc \text{ panel}}$ = arus hubung-singkat panel surya (ampere)

N_{panel} = jumlah panel surya

125% = Kompensasi.

Berdasarkan teknologi, *solar charge controller* terdapat dua model atau jenis diantaranya, Jenis PWM (*Pulse Wide Modulation*), seperti namanya menggunakan lebar pulsa dari *on* dan *off electrical*, sehingga menciptakan seakan-akan *sine wave electrical from*. *Solar charge controller* jenis ini harganya lebih murah tetapi efisiensi konversi energinya lebih rendah [5], dan yang berikut Model MPPT (*Maximum Power Point Tracker*), yang lebih efisien konversi DC to DC. MPPT dapat mengambil maximum daya dari PV. *MPPT charge controller* dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban ke dalam baterai, dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh PV, maka daya dapat diambil dari baterai. *Solar charge controller* jenis ini harganya lebih mahal tetapi efisiensi konversi energinya lebih rendah. Kelebihan MPPT dalam ilustrasi ini: panel surya ukuran 120 Watt, memiliki karakteristik *Maximum Power Voltage* 17,1 volt dan *Maximum Power Current* 7,02 ampere. Dengan *solar charge controller* selain MPPT dan tegangan baterai 12,4 volt, berarti daya yang dihasilkan adalah 12,4 volt x 7,02 ampere = 87,05 Watt. Dengan MPPT, maka arus yang bisa diberikan adalah sekitar 120W : 12.4 V = 9.68 Ampere [6].

C. Battery

Baterai adalah alat penyimpan tenaga listrik arus searah (DC). Ada beberapa jenis baterai/aki di pasaran yaitu jenis aki basah/konvensional, hybrid dan MF (*Maintenance Free*). Aki basah/konvensional berarti masih menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) dalam bentuk cair. Sedangkan aki MF sering disebut juga aki kering karena asam sulfatnya sudah dalam bentuk gel. Dalam hal mempertimbangkan posisi peletakkannya maka aki kering tidak mempunyai kendala, lain halnya dengan aki basah. Aki konvensional kandungan timbalnya (Pb) juga masih tinggi sekitar 2,5% untuk masing-masing sel positif dan negatif. Sedangkan jenis hybrid kandungan timbalnya sudah dikurangi menjadi masing-masing 1,7%, hanya saja sel negatifnya sudah ditambahkan unsur kalsium. Sedangkan aki MF/aki kering sel positifnya masih menggunakan timbal 1,7% tetapi sel negatifnya sudah tidak menggunakan timbal melainkan *Calcium* sebesar 1,7%. Pada Kalsium battery Asam Sulfatnya (H_2SO_4) masih berbentuk cairan, hanya saja hampir tidak memerlukan perawatan karena tingkat penguapannya kecil sekali dan dikondensasi kembali. Teknologi sekarang bahkan sudah memakai bahan silver untuk campuran sel negatifnya. Usia baterai tergantung dari DOD (*Depth of Discharge*). Semakin besar nilai DOD baterai maka akan semakin awet.

Secara garis besar, baterai dibedakan berdasarkan aplikasi dan konstruksinya. Berdasarkan aplikasi maka *battery* dibedakan untuk *automotif*, *marine* dan *deep cycle*. *Deep cycle* meliputi baterai yang biasa digunakan untuk PV (*Photovoltaic*) dan *back up power*. Sedangkan secara konstruksi maka baterai dibedakan menjadi type basah, gel dan AGM (*Absorbed Glass Mat*). Battery jenis AGM biasanya juga dikenal dgn VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*).

D. Inverter

Inverter adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak balik (AC). Inverter mengkonversi DC dari perangkat seperti baterai, panel surya menjadi AC. Penggunaan inverter dari dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah untuk perangkat yang menggunakan AC.

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih inverter yaitu, Kapasitas beban dalam Watt, usahakan memilih inverter yang beban kerjanya mendekati dengan beban yang digunakan agar efisiensi kerjanya maksimal, Kemudian tegangan Inputnya 12V atau 24V DC dan Outputnya AC model *sine wave* ataupun *square wave*.

E. Alat Peraga Off-Grid Lab. Energi Terbarukan

Laboratorium Energi terbarukan dalam melayani praktikum Konversi Energi Surya dibekali dengan peralatan berupa miniatur sistem Off- Grid seperti yang terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Miniatur Sistem Off- Grid Lab. Energi Terbarukan

Spesifikasi miniatur sistem Off- Grid :

Kapasitas PV : 200 Watt Peak

Kemampuan Solar charge controller : 30A

Baterai : 40 Ah

Daya Beban : 100 VA

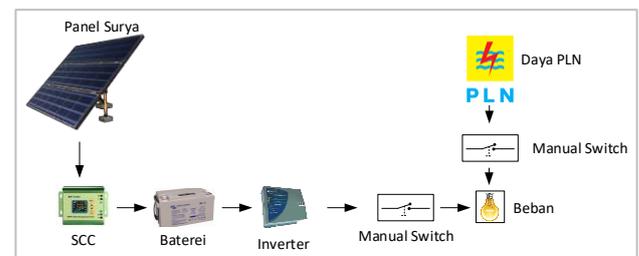
III. METODOLOGI

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di Politeknik Negeri Jember, sebagaimana telah diuraikan pada tujuan penelitian, maka penelitian yang diusulkan ini meliputi 2 tahapan pelaksanaan dalam periode waktu selama 6 (enam) bulan.

A. Tahapan Penelitian

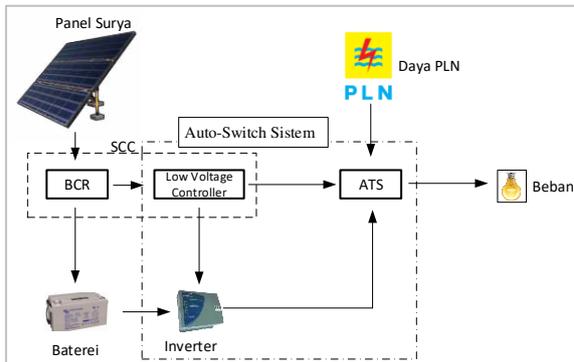
1) Melakukan analisis kebutuhan komponen/piranti Auto-Switch Sistem Off-Grid Mini PLTS meliputi:

- *Sistem PV*, sistem ini merupakan sistem yang berperan mensuplai tenaga listrik dengan mengkonversi energi surya ke energi listrik. Analisa ini dibutuhkan untuk menentukan kebutuhan daya panel surya yang paling tepat sesuai dengan beban yang diinginkan.
- *Solar Charge Controller*, pada bagian ini merupakan terdiri atas dua bagian penting yaitu *Battery Controller Regulator (BCR)* dan *Low Voltage Controller (LVC)*. Pada bagian ini perlu dianalisa berapa nilai tegangan minimal yang diijinkan untuk baterai masih dapat bekerja dengan aman. Nilai tegangan tersebut yang nantinya akan menjadi nilai referensi sistem *Auto-Switch* bekerja.
- *Sistem Auto-Switch*, pada sistem ini yang nantinya akan bertanggung jawab untuk melakukan perpindahan daya dari sistem off-grid mini PLTS ke penggunaan daya PLN sebagai cadangan manakala baterai pada sistem Off-Grid telah habis untuk menjaga beban agar masih dapat berjalan dengan baik. Sistem ini terdiri atas tiga bagian yaitu *Low Voltage Controller (LVC)*, *Inverter (INV)* dan *Automatic Transfer Switch (ATS)*.



Gambar 4. Diagram Sistem Off- Grid Laboratorium Energi Terbarukan

2) *Melakukan pengembangan Auto-Switch Sistem Off-Grid Mini PLTS:*



Gambar 5. Auto-Switch Sistem Off-Grid Mini PLTS yang akan dikembangkan

Deskripsi mekanisme kerja Off-Grid sebelum dikembangkan seperti yang terlihat pada gambar 4.

- Pada siang hari panel surya akan mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Arus listrik sebelum disimpan kedalam baterai tegangannya akan distabilkan oleh *Solar Charge Controller* (SCC). Apabila daya panel surya terlalu kecil karena mendung atau malam hari, maka SCC bertugas memutuskan arus ke baterai. Daya yang telah disimpan di baterai nantinya akan dikonversi dari arus DC ke arus AC menggunakan rangkaian Inverter. Apabila dibutuhkan untuk menyalakan beban, maka diperlukan saklar manual untuk memutuskan arus listrik dari inverter ke beban. Pada saat kondisi baterai sudah habis dayanya, maka saklar manual dari Inverter akan dimatikan dan ganti saklar manual dari PLN akan digunakan untuk menyalakan beban. Apabila daya dari baterai sudah penuh kembali maka saklar manual PLN dimatikan kembali dan saklar dari inverter dinyalakan kembali agar beban dapat terus bekerja sesuai yang diinginkan.

Deskripsi mekanisme kerja Auto-Switch Sistem Off-Grid setelah dilakukan pengembangan seperti yang terlihat pada gambar 5.

- Daya yang berasal dari panel surya akan disimpan di baterai dengan terlebih dahulu dikontrol oleh BCR agar tidak terjadi *overcharge*. Informasi tegangan dari LVC yang terdapat pada SCC akan digunakan sebagai referensi untuk mengaktifkan

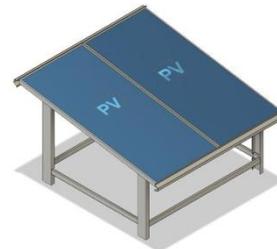
Inverter serta ATS agar daya yang masuk ke beban apakah menggunakan daya sistem Off-Grid ataukah daya dari PLN. Apabila tegangan dari panel surya dan baterai sudah tidak memungkinkan untuk mensuplai daya ke beban (informasi dari LVC), maka secara otomatis ATS akan memindah saklar dari sistem Off-Grid ke daya PLN sebagai cadangan agar beban masih dapat bekerja dengan baik.

Selain pengembangan *Auto-Switch Sistem Off-Grid*, pada penelitian ini akan dianalisa berapa beban maksimal untuk dapat mencapai nilai paling ekonomis pada saat menggunakan Sistem *Off-Grid* pada rumah tangga.

IV. KEGIATAN PENELITIAN

A. *Desain dan Implementasi Rangka Penyangga PV*

Kegiatan penelitian berjudul Sistem Auto-Switch Pada Mini PLTS Off Grid Dengan Backup Daya PLN diawali dengan pembuatan rangka penyangga panel PV. Seperti yang terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Desain rangka penyangga panel PV

Dari desain yang peneliti kembangkan, rangka penyangga terbuat dari bahan baja ringan dengan dimensi panjang = 750 mm lebar = 968 mm Tinggi = 500 mm. Kapasitas rangka penyangga dapat diisi 2 panel PV kapasitas total 200 WP dengan masing-masing panel 100 WP. Hasil implementasi dari desain dapat dilihat pada gambar 7. Penggunaan baja ringan dinilai tepat karena tahan terhadap cuaca dan korosi.

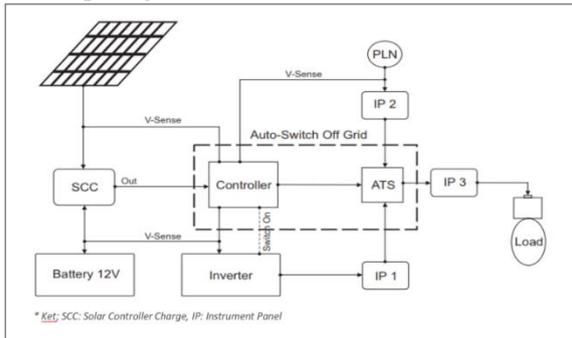


Gambar 7. Hasil implementasi rangka penyangga panel PV

Hasil desain dan implementasi rangka dirasakan cukup memadai untuk menopang dua panel PV. Penggunaan sistem ini juga dinilai memudahkan dalam pemindahan unit panel PV sesuai dengan kebutuhan.

B. Desain dan Implementasi Auto-Switch Mini PLTS

Tujuan dari penelitian ini adalah pengembangan Sistem Auto-Switch Mini PLTS Off-Grid untuk mendukung pembelajaran di Program Studi Teknik Energi Terbarukan. Pengembangan sistem ini diawali dengan desain sistem secara keseluruhan seperti terlihat pada gambar 8.



Gambar 8. Desain Sistem PV Auto-Switch Mini PLTS Off-Grid

Dari gambar 8. energi listrik panel surya disalurkan melalui *Solar Control Charging* (SCC) ke baterai. Tegangan dari panel surya (PV) akan dibaca oleh *controller* untuk mengetahui apakah energi dari panel surya cukup untuk melakukan pengisian daya ke baterai. Apabila energi listrik dari panel surya sudah tidak mencukupi untuk mensuplai beban atau *men-charging* maka tugas *controller* akan mengaktifkan ATS sehingga beban bisa dialihkan dari PLN. Titik pengukuran diletakkan pada *Instrument Panel* (IP), dimana IP1 merupakan pengukuran daya dari PLTS, IP2 pengukuran daya dari PLN dan IP3 pengukuran daya pada beban. Hasil dari block diagram diatas dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Panel Auto-Switch Mini PLTS Off-Grid

Sistem auto-switch pada mini PLTS off-grid ini dikembangkan dari desain layout yang terlihat pada gambar 4.3. Adapun komponen yang terdapat

didalam box panel sistem auto-switch pada mini PLTS off-grid terdiri atas 1. Modul panel *control charging* dengan PV *controller* berbasis PWM. 2. Modul board auto-switch (ATS) 3. Inverter DC to AC dengan kapasitas 500 Watt. 4. Beberapa *Miniatur Circuit Breaker* (MCB) sebagai pengamanan. 5. Beberapa instrumen pengukuran diantaranya, Voltmeter, Ampere meter, dan Watt Meter.

Semua piranti yang telah dirakit baik panel PV maupun panel sistem Auto-Switch kemudian dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui performa dari sistem yang dikembangkan. Gambar 4.5. merupakan penampakan pengujian panel PV dibawah terik matahari langsung. Pengujian ini dilakukan diatas gedung Jurusan Teknik lantai 6. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan daya maksimal yang dihasilkan dari panel PV. Yang kemudian akan disalurkan ke sistem Auto-Switch.



Gambar 10. Pengujian dengan Panel Surya 200 WP

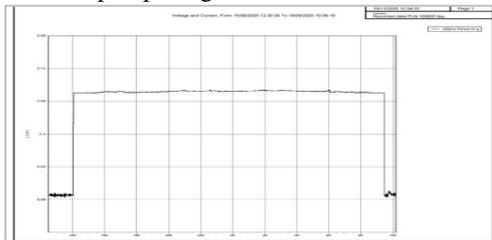
Daya dari panel surya kemudian didistribusikan ke dalam panel sistem Auto-switch untuk kemudian dilakukan pengujian pada sistem auto transfer switch. Seperti yang terlihat pada gambar 4.6. pengujian auto-switch melibatkan beberapa instrumen atau alat ukur yang berfungsi mengetahui performa dari sistem yang dikembangkan. Alat ukur tersebut diantaranya, Data Logger Power Analyzer, Watt meter, Voltmeter dan Ampere Meter. Hasil Pengujian akan dibahas pada bagian lain di bab ini. Selain beberapa instrumen, pada pengujian ini juga menggunakan baterai dengan kapasitas 65Ah jenis VLRA sebagai media penyimpanan daya dari energi matahari. Selain itu, pada penelitian ini juga digunakan lampu pijar dengan daya 150 Watt sebagai beban tiruan (*dummy load*) untuk menguji peforma sistem.



Gambar 11. Pengujian Auto-Switch Mini PLTS

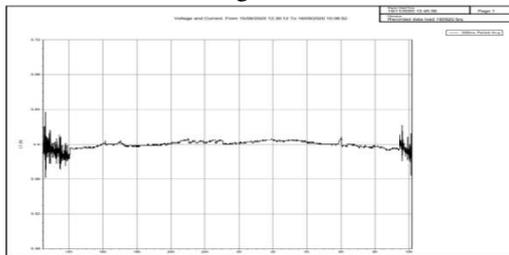
C. Pengujian Sistem

Pada bagian ini, sistem yang telah dibangun kemudian dilakukan pengujian kinerja sistem Auto-switch. Hasil pengujian pengukuran arus listrik pada titik IP2 tampak pada gambar 12.



Gambar 12. Data Pengujian Arus Listrik Pada Titik IP2

Dari gambar 12. terlihat arus listrik sebelum jam 14.00 menunjukkan nilai arus minimal. Fenomena ini menunjukkan tidak ada arus listrik mengalir dari PLN karena sistem PLTS masih aktif. Pada jam 14.00 arus listrik dari PLN menunjukkan peningkatan nilai. Hal ini menunjukkan bahwa sistem PLTS mati dan beralih menggunakan daya dari PLN untuk mensuplai beban. Manakala sistem PLTS aktif kembali pada jam 09.45 maka arus dari PLN turun kembali, ini menunjukkan sistem PLTS sudah kembali mensuplai beban. Dari gambar 4.7 menunjukkan bahwa sistem PLTS sudah tidak aktif pada jam 14.00. Hal ini sangat dipengaruhi oleh kinerja baterai maupun kapasitas panel surya dan besarnya beban. Apabila kapasitas sistem PLTS dibawah kapasitas beban maka sistem PLTS akan berhenti men-supply beban manakala intensitas matahari mulai berkurang.



Gambar 13. Data Pengujian Arus Listrik Pada Titik IP3 (Beban)

Dari gambar 13. menunjukkan pengukuran arus IP3 (arus pada beban), pada jam 14.00 menunjukkan

peralihan mode dari sistem PLTS ke PLN dan tidak terjadi penurunan arus yang signifikan. Begitu pula peralihan sistem dari mode PLN ke PLTS pada jam 09.45 tidak menunjukkan penurunan arus, yang berarti ini menunjukkan sistem auto-switch yang dibangun bekerja dengan baik sehingga tidak mempengaruhi kinerja beban. Penggambaran arus yang berbeda antara sistem dari PLTS dengan sistem dari PLN dimana arus pada saat menggunakan mode PLTS terjadi ketidakstabilan. Sedangkan arus dari mode PLN terlihat lebih stabil. Hal ini diakibatkan oleh kualitas piranti inverter yang kurang baik.

V. KESIMPULAN

Dari hasil kegiatan penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu Kapasitas baterai dan panel surya yang minim menyebabkan sistem PLTS bekerja tidak optimal karena pada saat matahari masih terik, mode sistem PLTS cepat berubah ke mode PLN, Penambahan sistem auto-switch berpeluang menjadikan sistem PLTS menjadi sistem utama dan PLN hanya sebagai cadangan (*backup*), dan Penggunaan auto-switch yang dikembangkan pada penelitian ini mampu melakukan perubahan dari mode PLTS ke PLN atau sebaliknya secara *smooth* sehingga tidak mempengaruhi kinerja beban.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti berterima kasih kepada Pimpinan Politeknik Negeri Jember, karena penelitian ini dapat terlaksana dengan baik dan lancar berkat adanya dana PNBPN POLIJE.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. F. Hakim, "PERANCANGAN ROOFTOP OFF GRID SOLAR PANEL PADA RUMAH TINGGAL SEBAGAI ALTERNATIF SUMBER ENERGI LISTRIK," vol. 8, no. 1, p. 11, 2017.
- [2] C. F. Gabra, A. Hossam-Eldin, and Prof. Dr. E. Ali Ahmed Hamza H., *A Comparative Analysis Between the Performances of Monocrystalline, Polycrystalline and Amorphous Thin Film in Different Temperatures at Different Locations in Egypt*. 2014.
- [3] "IEEE Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic (PV) Systems," *IEEE Std 929-2000*, p. i, 2000.
- [4] C. Osaretin and E. F.O., *DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A SOLAR CHARGE CONTROLLER WITH VARIABLE OUTPUT.*, vol. Volume 2. 2016.
- [5] "Guide-Comparing-PWM-MPPT-Charge-Controllers.pdf."
- [6] M. H. G. Purba, "SOLAR CHARGER CONTROLLER MENGGUNAKAN METODE MPPT (MAXIMUM POWER POINT TRACKER)," p. 53.