

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SMART SWITCHING PADA SISTEM CATU DAYA LISTRIK ON GRID

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SMART SWITCHING ON THE ELECTRIC POWER SUPPLY ON GRID SYSTEM

Muhammad Bahar Rizqi¹, Ir. Porman Pangaribuan, M.T.², Dr. Eng. Asep Suhendi³

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹m.baharrizqi@gmail.com, ²porpangrib@gmail.com, ³suhendi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada saat ini energi listrik merupakan hal yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Dengan fenomena, saat ini Masyarakat Indonesia rata-rata masih menggunakan Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai listrik utama di rumahnya. Sedangkan sebagian besar energi yang digunakan PLN berasal dari energi tidak terbarukan. Seperti yang telah diketahui energi tidak terbarukan salah satunya menggunakan batu bara. Di masa yang akan datang, penggunaan energi listrik di masyarakat akan semakin besar untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Dan energi yang berasal dari batu bara semakin menipis. Dari kondisi tersebut, membuat penghematan energi listrik perlu dilakukan agar penggunaan energi di bumi tidak terbuang sia-sia.

Teknologi *Photovoltaic* yang mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan bahan semikonduktor yang disebut sel surya (*solar cell*) merupakan salah satu pilihan yang dapat menggantikan sumber energi listrik di Indonesia. Energi listrik yang tersedia di rumah tentunya memiliki kapasitas daya yang dapat diterima oleh PLN. Kemudian panel surya ditambahkan sebagai sumber energi kedua setelah PLN. Dari kondisi tersebut, perlu dilakukan pembuatan *smart switching* sebagai alat untuk mengubah energi listrik secara otomatis sebagai cara baru mengurangi energi yang berasal dari batu bara dengan sistem catu daya listrik *on grid*. Alat ini dapat mengukur pada penggunaan baterai secara *real time* dan beban AC secara *real time* untuk memberikan informasi tentang penggunaan daya listrik serta pada sistem ini menyediakan pilihan sumber energi yang akan digunakan, seperti PLN atau baterai yang dihubungkan dengan inverter secara otomatis. Alat ini didesain mampu memberikan pencegahan kerusakan pada baterai karena DOD baterai yang digunakan adalah 70%.

Kata kunci : Energi listrik, *Photovoltaic*, Beban AC, sistem pengukuran, *smart switching*.

Abstract

At present electricity is a very important thing for human life. With the phenomenon, currently the Indonesian people on average still use the National Electricity Company (PLN) as the main electricity in their homes. While most of the energy used by PLN comes from non-renewable energy. As is well known, non-renewable energy uses coal. In the future, the use of electricity in the community will be even greater to meet daily needs. And energy from coal is getting thinner. From these conditions, it is necessary to make electricity savings so that the energy use on earth is not wasted.

Photovoltaic technology that converts direct sunlight into electrical energy using semiconductor materials called solar cells (solar cells) is one option that can replace electrical energy sources in Indonesia. Electrical energy available at home certainly has a power capacity that can be received by PLN. Then solar panels are added as the second energy source after PLN. From these conditions, it is necessary to make smart switching as a tool to convert electrical energy automatically as a new way to reduce energy from coal with an electric power supply system on grid. This tool can measure battery usage in real time and AC load in real time to provide information about the use of electric power and in this system provides a choice of energy sources to be used, such as PLN or batteries connected to the inverter automatically. This tool is designed to be able to prevent battery damage because the battery DOD used is 70%.

Keywords : Electrical energy, *Photovoltaic*, AC load, measurement system, *smart switching*.

1. Pendahuluan

Masalah energi tampaknya akan tetap menjadi topik yang hangat sepanjang peradaban umat manusia. Upaya mencari sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil masih tetap ramai dibicarakan. Ketergantungan Indonesia terhadap energi fosil terutama minyak bumi menimbulkan kekhawatiran mengingat energi tersebut bukan energi yang terbarukan dan tidak dapat bertahan dalam waktu yang panjang. Dengan tingkat eksploitasi yang tinggi terhadap sumber minyak bumi serta belum adanya penemuan cadangan baru yang menjadi alternatif penggunaan sumber energi, menyebabkan jumlah cadangan minyak bumi dalam negeri semakin berkurang.

Menurut Direktorat Jendral Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (2017), Indonesia memiliki potensi energi baru terbarukan yaitu sebesar 441,7 GW dan saat ini potensi energi baru terbarukan yang terealisasi oleh negara hanya sebesar 8,89 GW ^[1]. Beberapa kemajuan teknologi energi terbarukan yang sudah dilakukan di Indonesia, salah satunya adalah Teknologi Photovoltaic. Teknologi Photovoltaic adalah sebuah inovasi baru dengan melakukan konversi cahaya matahari secara langsung menjadi energi listrik dengan menggunakan bahan semikonduktor yang disebut sel surya (solar cell).

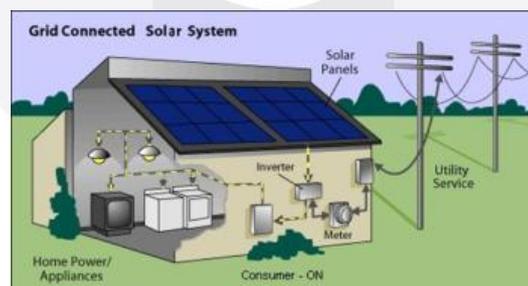
Pada penelitian ini pembuatan *smart switching* sebagai alat untuk mengubah energi listrik secara otomatis sebagai cara baru mengurangi energi yang berasal dari batu bara dengan sistem catu daya listrik *on grid*.

2. Dasar Teori

2.1 Sistem On Grid

Sistem pembangkit listrik tenaga surya dengan metode *On Grid* atau yang disebut dengan *Grid Connected Photovoltaic System* adalah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan radiasi matahari untuk menghasilkan listrik. Dan sesuai dengan namanya, maka sistem ini akan dihubungkan dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari melalui modul surya atau *photovoltaic* modul yang menghasilkan listrik semaksimal mungkin ^[7]. Sistem ini juga dianggap ramah lingkungan dan bebas emisi. Alat yang dibutuhkan untuk mendukung sistem ini yaitu :

1. Panel Surya Modul sebagai menyerap cahaya matahari dan mengkonversi menjadi energi listrik.
2. *Charge controller* sebagai merawat baterai dan mengoptimasi panel surya
3. Baterai sebagai menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia
4. Inverter sebagai alat yang digunakan mengubah sistem listrik searah (DC) menjadi listrik bolak-balik (AC)
5. Distribusi Panel sebagai tempat untuk menyalurkan dan mendistribusikan energi listrik ke beban rumah
6. Beban/ *Loads* sebagai konsumsi energi listrik
7. Jaringan PLN sebagai pemasok energi listrik



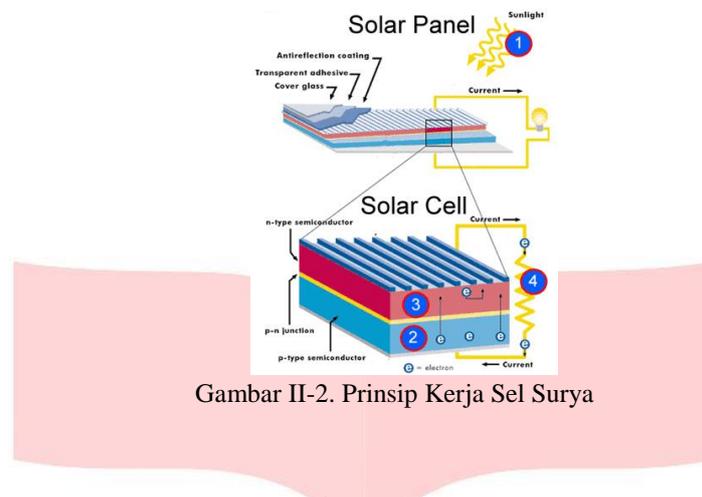
Gambar II- 3. Gambar Sistem On Grid

Gambar II-3 di atas adalah ilustrasi dari sistem *on grid* dimana memiliki kegunaan untuk membantu mengurangi biaya tagihan listrik bulanan dan mereduksi penggunaan bahan bakar fosil sehingga mengurangi polusi/emisi bahan bakar.

2.2 Photovoltaic

Photovoltaic merupakan suatu sistem yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik arus searah (DC) atau yang lebih dikenal dengan konversi energi *photovoltaic*. Hal ini dikarenakan *photovoltaic* terbuat dari bahan semikonduktor berupa Silikon yang apabila terkena sinar matahari akan menghasilkan arus listrik.

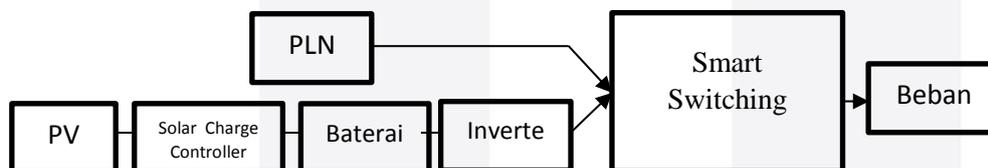
Silikon mempunyai konduktivitas listrik yang bagus. Selama bahan semikonduktor terkena sinar matahari maka *photovoltaic* akan selalu menghasilkan arus listrik. Terdapat 2 proses penting yang dibutuhkan untuk konversi energi *photovoltaic*. Pertama, proses penyerapan cahaya, proses ini akan menghasilkan pasangan antara elektron dan hole. Kedua, proses pergerakan elektron menuju terminal negatif dan hole menuju terminal positif sehingga menghasilkan arus listrik.



Gambar II-2. Prinsip Kerja Sel Surya

2.3 Smart Switching

Smart Switching merupakan sebuah sistem yang dapat mengatur peralihan sumber energi listrik dari PLN ke baterai yang terhubung dengan *photovoltaic* dan sebaliknya secara otomatis. Sistem ini juga dapat mengatur penyimpanan energi pada baterai dan penyaluran energi listrik agar beban yang menyala berasal dari catu daya baterai atau PLN seperti yang ditunjukkan pada Gambar II-2. Metode yang digunakan untuk mengatur *switch* ke PLN apabila DOD baterai sudah mencapai 70% atau baterai memiliki tegangan 11,2V dimana baterai tidak mampu menghasilkan energi yang cukup untuk ke beban. Sedangkan untuk dapat kembali menggunakan catu daya berasal dari baterai harus tegangan baterai lebih dari sama dengan 12V. Dalam pembuatan sistem ini dibutuhkan sebuah sensor, *relay*, dan mikrokontroler. Untuk penjelasan lebih lanjut bisa dilihat pada Gambar III-1.



Gambar II-1. Smart Switching

2.4 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller (SCC) adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar Charge Controller* mengatur *over charging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan dari panel surya, kelebihan tegangan dan pengisian akan mengurangi umur baterai.

2.5 Baterai

Baterai (*Battery*) adalah sebuah sumber energi yang dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi listrik yang dapat digunakan seperti perangkat elektronik. Pada umumnya, baterai terdiri dari 2 jenis utama yakni baterai primer yang hanya dapat sekali pakai (*single use battery*) dan baterai sekunder yang dapat diisi ulang (*rechargeable battery*).

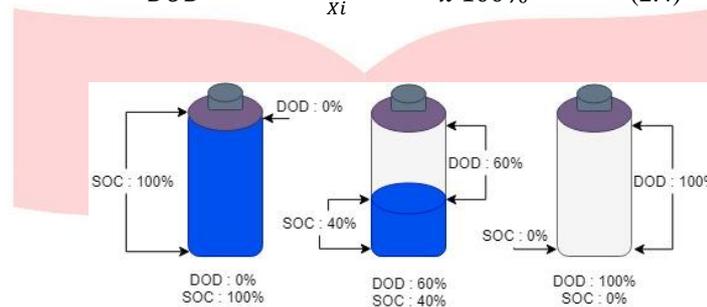
Baterai VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) yang memiliki sebutan lain SLA (*Sealed Lead Acid*) adalah baterai yang dapat diisi ulang. Baterai jenis ini bersifat tertutup (*sealed*), sehingga penguapan/ evaporasi yang dikeluarkan sangat kecil (*rekombinasi*) maka tidak memerlukan penambahan cairan elektrolit selama masa pemakaian baterai tersebut. Proses penguapan/ evaporasi pada baterai diatur oleh bagian yang disebut Valve (Katup). Dengan demikian baterai jenis ini mudah melakukan *maintenance*. Baterai *deep cycle* adalah baterai yang cocok untuk sistem *solar cell*, karena dapat *discharge* sejumlah arus listrik secara konstan dalam waktu yang lama. Umumnya baterai *deep cycle* dapat *discharge* sampai dengan 80% kapasitas baterai. Dalam perencanaan kapasitas dan *maintenance* yang baik, baterai ini dapat bertahan hingga 10-15 tahun.

Semua baterai, energi yang disimpan baterai tidak dapat dikeluarkan semuanya, karena akan memiliki dampak negatif yaitu berupa kerusakan dari baterai. Ketika baterai telah kehabisan kapasitas energi penuhnya, DoD yang dimiliki oleh baterai adalah 100%. Ukuran DoD dinyatakan dalam persen(%) adalah rasio energi yang akan dikeluarkan oleh baterai untuk mencapai kondisi saat ini dari keadaan pengisian penuh dibagi dengan kapasitas energinya. Dan ketika baterai terisi penuh DoDnya adalah 0%.

DOD (*Depth of Discharge*) dapat diambil dari nilai pada baterai yang diambil dari tegangan yang telah digunakan, dihitung juga dalam bentuk persen sama halnya dengan SOC. DOD tersebut merupakan kebalikan dari SOC yaitu sisa tegangan pada baterai, untuk menghitung SOC dan DOD pada baterai dapat menggunakan persamaan (2.3) dan persamaan (2.4), dan gambar II-4 menunjukkan proses DOD dan SOC sebagai berikut:

$$SOC = \frac{V(\text{saat ini}) - V(\text{min})}{X_i} \times 100\% \quad (2.3)$$

$$DOD = \frac{V(\text{max}) - V(\text{saat ini})}{X_i} \times 100\% \quad (2.4)$$



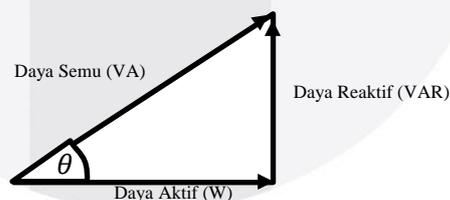
Gambar II-4. Proses DOD dan SOC

2.6 Inverter

Inverter adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah tegangan listrik searah (DC) ke tegangan listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rancangannya. Sumber tegangan listrik searah atau tegangan DC yang merupakan input dari inverter tersebut dapat berupa Baterai, Aki maupun Sel Surya (*Solar Cell*). Sumber tegangan dari inverter adalah baterai 12V DC. Lalu inverter mengubah tegangan dari 12V DC menjadi 220V AC dengan frekuensi 50 Hz agar perangkat elektronik di rumah dapat digunakan.

2.7 Daya Listrik

Daya listrik merupakan besaran tenaga listrik yang diukur dalam satuan watt melalui perkalian dua faktor besaran listrik utama yaitu arus dan tegangan. Dalam sistem tenaga listrik arus bolak balik, terdapat tiga macam daya yaitu daya aktif, daya semu, dan daya reaktif yang biasa disebut segitiga daya yang digambarkan seperti Gambar II-5.



Gambar II-5 Segitiga Daya.

Berdasarkan gambar II-5, akan dijelaskan masing-masing komponen yang membentuk segitiga daya sebagai berikut :

1. Daya Aktif

Daya aktif merupakan besarnya tenaga listrik yang terpakai oleh beban murni (yang hanya bernilai resistif) dan menghasilkan daya aktif, atau daya yang digunakan untuk keperluan energi kerja yang sebenarnya, daya inilah yang nantinya dikonversikan untuk menghidupkan peralatan elektronik di rumah tangga, satuan untuk daya aktif ini adalah Watt.

Daya aktif (P) dapat dihitung sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \cdot \cos \theta \quad (\text{Watt}) \quad (1)$$

Dimana :

V = Tegangan (Volt)

I= Arus (Ampere)

2. Daya Semu

Daya semu (S) adalah besarnya daya listrik yang tidak sepenuhnya menghasilkan usaha.

$$S = V.I \text{ (VA)} \quad (2)$$

Dimana :

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

3. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya listrik yang tidak menghasilkan usaha dan diserap oleh beban-beban yang mempunyai nilai reaktansi, seperti mengandung komponen induktansi dan kapasitansi, atau daya yang digunakan untuk pembangkitan fluks magnetik (medan magnet), satuannya adalah VAR. Daya reaktif dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = V.I.\sin \theta \text{ (VAR)} \quad (3)$$

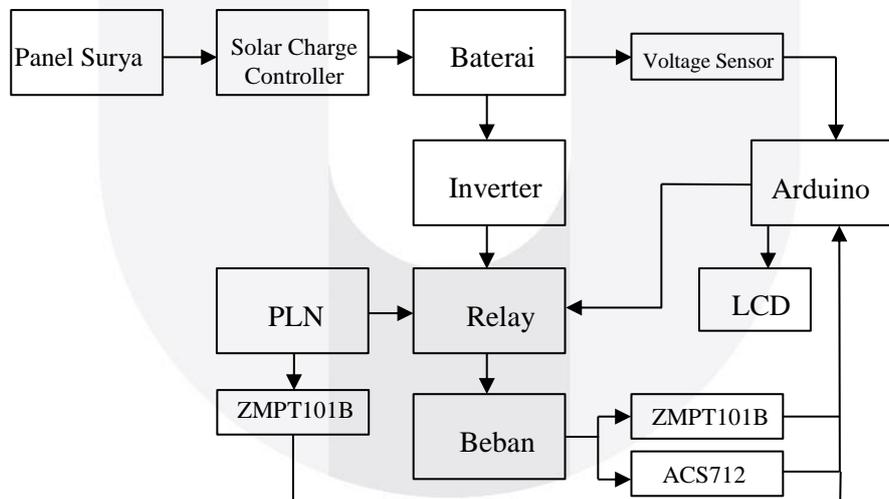
Dimana:

V= Tegangan (Volt)

I= Arus (Ampere)

3. Perancangan Sistem

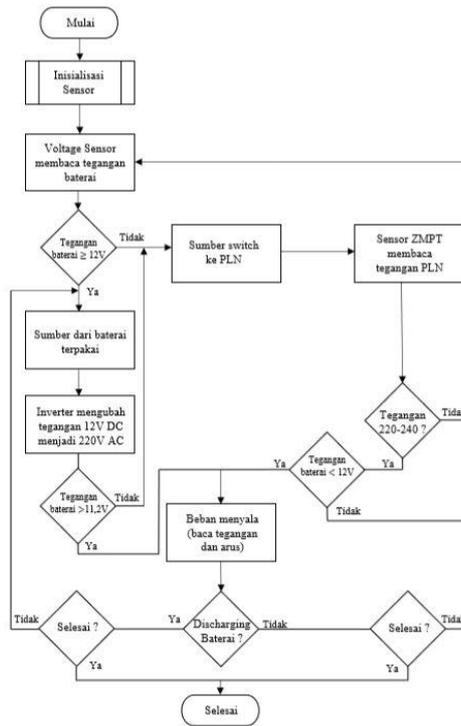
3.1 Diagram Blok



Gambar III-1. Blok Diagram Sistem Kerja Alat

Pada tugas akhir ini dirancang sistem yang dapat mengukur pada penggunaan baterai secara *real time* dan beban secara *real time* dengan menggunakan mikrokontroler, sensor arus dan sensor tegangan sebagai membaca input arus dan tegangannya. Data input masih berupa analog perlu adanya ADC untuk mengubah dari data analog ke data digital. Dan output dari pengukuran alat ini dapat ditampilkan di LCD. Serta relay yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu relay 5V sebagai *input* arduino untuk melakukan proses *switching*. Proses *switching* akan menentukan catu daya yang digunakan oleh beban. Untuk penjelasan lebih lanjut bisa dilihat pada gambar III-1.

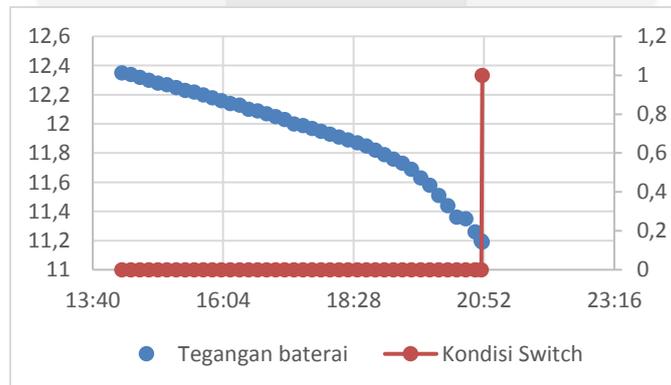
3.2 Flowchart



Gambar III-1. Diagram Alir Sistem

Pada gambar III-2. menjelaskan mengenai perancangan algoritma pada sistem ini merupakan alur dari program yang akan digunakan agar sistem dapat bekerja dengan baik. Tahap pertama yang dijalankan oleh sistem yang dirancang yaitu mendeklarasi semua variabel sensor yang digunakan. Selanjutnya membaca nilai tegangan pada baterai yang digunakan dalam menentukan *switching*. Apabila hasil pembacaan sensor tegangan pada baterai lebih dari sama dengan 12V maka sumber listrik dari baterai akan terpakai oleh beban. Sumber dari baterai masih berupa DC ini selanjutnya akan diubah menjadi listrik AC dengan menggunakan inverter. Lalu sensor tegangan dan arus akan membaca pada beban. Apabila hasil pembacaan sensor tegangan pada baterai kurang dari 11,2V maka *relay* melakukan *switching* yang berfungsi untuk sumber listrik pada beban menggunakan PLN. Namun saat PLN padam pada *relay* akan melakukan *switching* otomatis yang berfungsi untuk sumber listrik dari baterai dapat digunakan oleh beban.

3.3 Hasil Pengujian



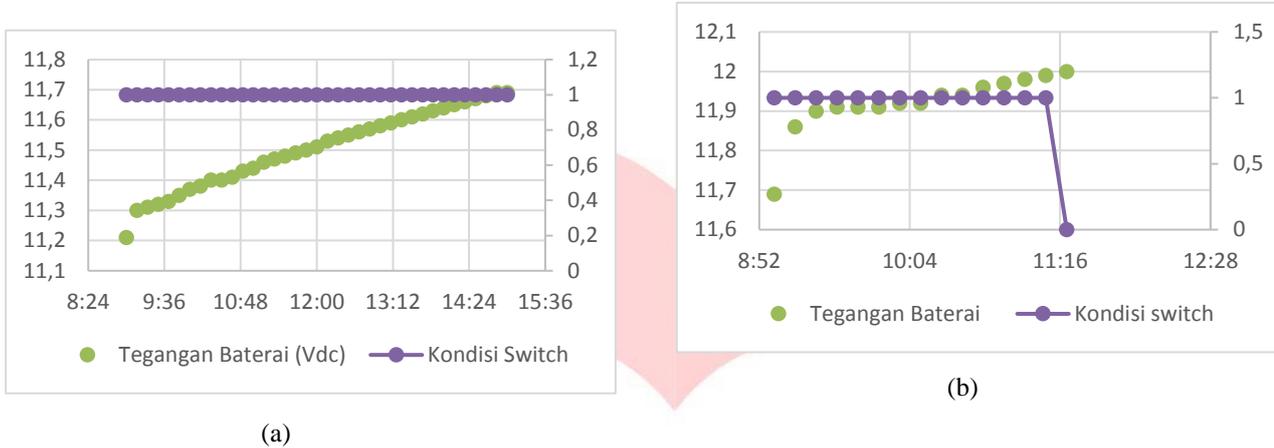
Gambar III- 1 Grafik pengujian *switching* saat *discharging*

Pada tabel dan grafik di atas sistem *switching* sudah dapat melakukan *switching* pada saat kondisi tegangan baterai yang telah ditentukan. Untuk memperkirakan perhitungan dari kondisi yang dimiliki oleh baterai tegangannya 12,0V hingga mencapai 11,19V yang digunakan oleh beban kipas angin dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$12V \times 42Ah \times (70,64-36,17)\% = 173,72Wh$$

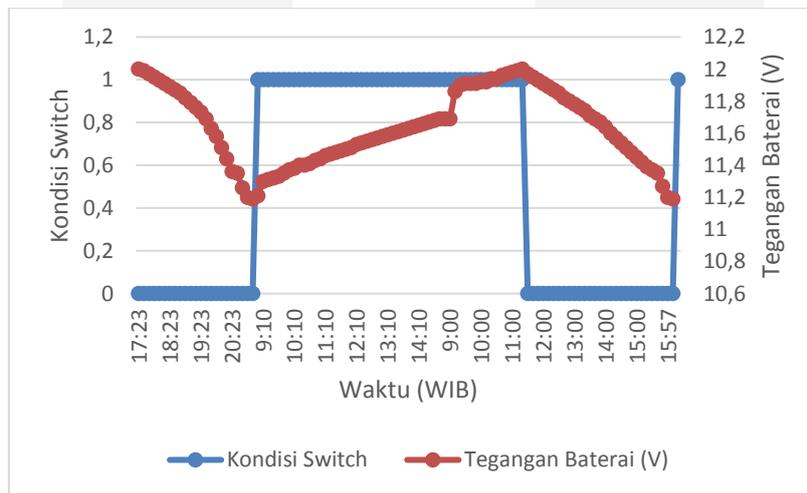
$$\frac{173,72Wh}{27,16W} = 6,39 \text{ jam}$$

Pada pengujian *switching* untuk kondisi *charging* diukur saat beban sudah beralih ke catu daya PLN dan memiliki tegangan baterai di bawah 11,2V. Kemudian baterai *discharge* oleh panel surya dimulai dari pembacaan tegangan awal yaitu 11,21V. Terjadi perbedaan pembacaan sensor pada saat *switching* dari *discharging* dan *charging*.



Gambar III- 2 Pengujian switching saat charging

Gambar (a) adalah grafik pengujian *switching* saat kondisi *charging*, dimana catu daya yang digunakan oleh beban sudah berpindah menggunakan PLN. Pada gambar (a) baterai yang sudah terjadi pengosongan setelah itu dilakukan pengisian dari panel surya. Pada hari pertama pengisian yang terjadi catu daya yang berasal dari PLN belum berpindah ke baterai. Karena di hari pengisian yang terjadi kondisi tegangan baterai belum cukup untuk melakukan switch. Sedangkan gambar (b) adalah grafik pengujian *switching* saat kondisi *charging* di hari kedua. Pada hari kedua yang terjadi catu daya sudah bisa *switching* pada jam 11.20. Karena tegangan baterai sudah memenuhi syarat untuk *switch*.



Gambar III-3. Pengujian Switching 1 siklus

4. Kesimpulan

Dari beberapa percobaan dan pengujian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Alat *smart switching* ini bisa digunakan untuk mempermudah pergantian sumber energi dari PLN ke energi alternatif dan sebaliknya secara otomatis.
2. Sistem ini mampu untuk mengganti sumber energi secara otomatis ketika tegangan PLN tidak tersedia.
3. Sistem ini mampu untuk mengganti sumber energi secara otomatis ketika penyimpanan pada baterai memiliki tegangan di bawah 11,2V tidak mampu menghasilkan energi yang cukup.
4. Sistem ini mampu memberikan pencegahan kerusakan pada baterai karena DOD baterai yang digunakan adalah 70%.
5. Ketika kondisi tegangan pada baterai berada di bawah 11,2V, maka baterai tersebut termasuk dalam kategori lemah. Agar dapat menggunakan cadangan daya dari baterai kembali, pengisian baterai dibutuhkan selama 2 hari dengan menggunakan panel surya sebesar 50Wp.

Pada tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Maka dari itu, perlu dilakukan penyempurnaan dari sistem kerja *smart switching* pada sistem catu daya listrik *on grid* ini seperti :

1. Menggunakan ukuran panel surya yang lebih besar agar mempercepat pengisian ke baterai.
2. Menggunakan inverter yang mempunyai gelombang sinusoidal/ *pure sine wave* (PSW) untuk bisa digunakan segala jenis beban.
3. Menggunakan baterai yang masih baru agar pengosongan baterai dapat bertahan lebih lama.

Daftar Pustaka

- [1] Direktorat Jendral Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi. (2017). Pemanfaatan Energi Terbarukan. Retrieved June 24, 2019, from <http://ebtke.esdm.go.id/post/2017/09/28/1754/pemanfaatan.energi.terbarukan.is.a.must>
- [2] Abdul Kadir, Prof.Ir. 1990. Energy, Jakarta: Universitas Indonesia
- [3] Janaloka. (2015). Potensi Energi Matahari di Indonesia. Retrieved June 24, 2019, from <https://janaloka.com/potensi-energi-matahari-di-indonesia/>
- [4] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. (2017). *Statistik Ketenagalistrikan 2017*. Retrieved from [http://www.djk.esdm.go.id/pdf/Buku Statistik Ketenagalistrikan/Statistik Ketenagalistrikan T.A. 2018.pdf](http://www.djk.esdm.go.id/pdf/Buku%20Statistik%20Ketenagalistrikan/Statistik%20Ketenagalistrikan%20T.A.%202018.pdf)
- [5] G. Boyle. *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*, 2nd ed. Oxford, UK: Oxford University Press, 2004.
- [6] Quaschnig, V. 2005. *Understanding Renewable Energy*. London: Earthscan.
- [7] Solar Surya Indonesia. (2012). Sistem Off Grid, On Grid PLTS. Retrieved July 23, 2019, from <https://solarsuryaindonesia.com/info/sistem-off-grid-on-grid-tie>
- [8] Ruskardi, 2015. "Kajian Teknis dan Analisis Ekonomis PLTS Sistem Terpusat Sebagai Energi Alternatif". Jurnal Elka 2015.
- [9] Arduino. (n.d.). Arduino Uno Rev3. Retrieved December 2, 2018, from <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- [10] Allegro Microsystems, L. (2013). ACS712-Datasheet.
- [11] Panasonic Indonesia. (2017). *Technical Handbook Industrial Batteries For Professionals*. (Panasonic Indonesia, Ed.).