

## ANALISIS KAPASITAS BATTERY PENYIMPANAN ENERGI UNTUK PANEL SURYA

Andy Erwansyah, Nurin Fitriana, Yosta Yoserizal

**Abstrak:** Kebutuhan akan listrik baik untuk kalangan industri, perkantoran, maupun masyarakat umum dan perumahan sangat meningkat. Tetapi, peningkatan kebutuhan listrik ini tidak diiringi oleh penambahan pasokan listrik. Berdasarkan permasalahan tersebut, energi surya dipilih sebagai energi alternatif untuk menghasilkan energi listrik. Alat yang digunakan disini adalah sel surya, karena dapat mengkonversikan langsung radiasi sinar matahari menjadi energi listrik (proses photovoltaic). Agar energi surya dapat digunakan pada malam hari, maka pada siang hari energi listrik yang dihasilkan disimpan terlebih dahulu ke baterai yang dikontrol oleh regulator. Keluaran regulator langsung dihubungkan dengan inverter dari arus DC ke AC. Hasil pengujian modul surya (photovoltaic) terlihat bahwa Panel Surya 100 WP akan menghasilkan energi listrik harian rata-rata 321,13 Wh. hasil daya keluaran rata-rata mencapai 25,7 Watt, dan arus yang didapatkan sebesar 2,425 A (Ampere). Sehingga dibutuhkan battery 12V dengan kapasitas penyimpanan 33,45 Ah untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dalam jangka waktu satu hari.

**Kata kunci:** Panel Surya, Inverter, Regulator, Battery.

Pada saat ini, perkembangan teknologi dibidang listrik dan elektronik telah banyak mengalami kemajuan dibandingkan dengan era 1960'an. Saat ini perkembangan peralatan listrik dan elektronik telah mencapai tingkatan sangat maju baik pada segi aplikasi, distribusi, penyimpanan, maupun segi pembangkitan. Pembangkitan listrik yang dahulu didominasi oleh pembangkitan berbasis bahan bakar fosil seperti batubara, minyak bumi, dan gas bumi, saat ini telah mengalami perkembangan kearah pembangkitan dari sumber-sumber terbarukan seperti air, angin, dan matahari.

Pembangkitan listrik tenaga matahari secara umum terbagi atas dua metode yaitu dengan menggunakan sel *photovoltaic* (solar cell), dan dengan menggunakan metode *thermal* (Rusminto, 2004). Pembangkitan dengan sel photovoltaic lebih banyak diminati untuk pembangkitan listrik daya kecil dibandingkan metode thermal, karena relatif lebih ringkas dan praktis. Dengan digabungkan dengan solar charge controller dan aki penyimpanan, pembangkitan dengan menggunakan panel surya sangat memungkinkan untuk mensuplai daya sistem kelistrikan kecil.

Penyimpanan energi listrik sendiri telah dapat dilakukan dengan menggunakan battery. Battery pada rangkaian pembangkit tenaga matahari berfungsi menyimpan energi di siang hari, untuk kemudian digunakan pada malam hari untuk memasok tenaga listrik ke beban. Namun, biaya penyimpanan menggunakan battery tidaklah murah, sehingga diperlukan sebuah analisis kapasitas yang dibutuhkan pada battery untuk setiap unit rating (WP) dari panel surya.

### Kajian Pustaka

#### Photovoltaic

*Photovoltaic* adalah proses / metode sederhana dalam memanfaatkan energi matahari. Divais photovoltaic (solar cell) dapat mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik, dengan tanpa bising, polusi, kuat, handal dan tahan lama. Energi listrik yang dihasilkan tersebut dapat langsung digunakan, atau disimpan terlebih dahulu dalam sistem penyimpanan energi seperti baterai, untuk kemudian dapat dimanfaatkan

---

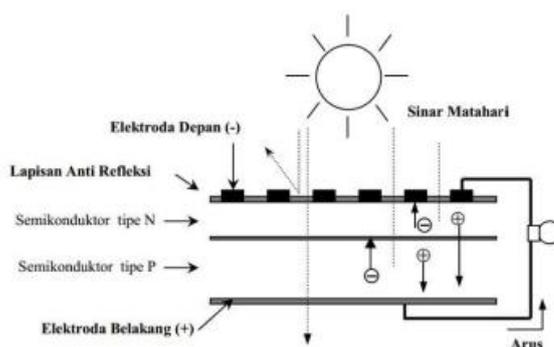
Andy Erwansyah adalah akademisi Teknik Elektro Universitas Wisnuwardhana Malang,  
Nurin Fitriana adalah dosen Teknik Elektro Universitas Wisnuwardhana Malang,  
Yosta Yoserizal adalah dosen Teknik Elektro Universitas Wisnuwardhana Malang

untuk kebutuhan sehari-hari. Hubungan antara modul dan baterai perlu diperhatikan, karena output dari modul berubah-ubah, sehingga arus dan tegangan yang dihasilkan tidak

konstan, dan perlu diketahui bahwa karakteristik dari tegangan dan arus kerja modul tergantung pada tingkat intensitas radiasi dan suhu. Selain masalah PV, baterai juga memiliki karakteristik tersendiri. Setiap baterai memiliki karakteristik yang berbeda, tergantung merek dagang dan fabrikasinya. Ketika sedang charging (proses pemuatan/pengisian baterai), perlu diperhatikan arus *charging* yang masuk, karena untuk masing-masing baterai memiliki arus maksimal yang harus dipenuhi, sehingga perlu dihindari adanya arus berlebih yang masuk ke baterai pada saat charging baterai dari solar cell. Maka perlu dipelajari lebih lanjut mengenai karakteristik dari PV, dan juga karakteristik dari baterai.

### Solar Cell (Panel Surya)

Secara sederhana solar cell atau yang juga disebut dengan sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (*p-n junction semiconductor*) yang jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik. Proses pengubahan energi matahari menjadi energi listrik ditunjukkan dalam gambar 1.



**Gambar 1.** Proses Pengubahan Energi Matahari Menjadi Energi Listrik pada Sel Surya

Bagian utama pengubah energi sinar matahari menjadi listrik disebut penyerap (*absorber*), meskipun demikian masing-masing lapisan juga sangat mempengaruhi efisiensi dari sel surya. Sinar matahari terdiri dari bermacam-macam jenis gelombang elektromagnetik, oleh karena itu penyerap disini diharapkan dapat menyerap sebanyak mungkin radiasi sinar yang berasal dari cahaya matahari.

Ketika sinar matahari yang terdiri dari *photon-photon* jatuh pada permukaan bahan sel surya (*absorber*), akan diserap, dipantulkan, atau dilewatkan begitu saja seperti terlihat pada Gambar 1, dan hanya foton dengan tingkat energi tertentu yang akan membebaskan elektron dari ikatan atomnya, sehingga terjadi aliran arus listrik. Tingkat energi ini disebut energi *band-gap* yang didefinisikan sebagai sejumlah energi yang dibutuhkan untuk mengeluarkan elektron dari ikatan kovalennya sehingga terjadilah aliran arus listrik. Elektron dari pita valensi akan tereksitasi ke pita konduksi. Elektron menjadi pembawa *n* dan meninggalkan *hole*, pembawa *p*. Pembawa *p* akan bergerak menuju persambungan demikian juga pembawa *n* akan bergerak ke persambungan, perpindahan tersebut menimbulkan beda potensial. Arus dan daya yang dihasilkan fotovoltaik ini dapat dialirkan ke rangkaian luar. Untuk membebaskan elektron dari ikatan kovalennya, energi foton ( $hc$ ) harus sedikit

lebih besar daripada energi *band-gap*. Jika energi foton terlalu besar daripada energi *band-gap*, maka energi ekstra tersebut akan dirubah dalam bentuk panas pada sel surya. Karenanya sangatlah penting pada sel surya untuk mengatur bahan yang dipergunakan, yaitu dengan memodifikasi struktur molekul dari semikonduktor yang dipergunakan.

Agar efisiensi sel surya bisa tinggi maka foton yang berasal dari sinar matahari harus bisa diserap yang sebanyak-banyaknya, kemudian memperkecil refleksi dan rekombinasi serta memperbesar konduktivitas dari bahannya. Agar foton bisa diserap sebanyak-banyaknya, maka penyerap harus memiliki energi *band-gap* dengan jangkauan yang lebar, sehingga memungkinkan untuk bisa menyerap sinar matahari yang mempunyai energi sangat bermacam-macam tersebut. Salah satu bahan yang sedang banyak diteliti adalah CuInSe<sub>2</sub> yang dikenal merupakan salah satu dari direct semiconductor (Rusminto, 2003).

Untuk mendapatkan keluaran yang besar maka perlu penggabungan dari beberapa sel surya yang disebut dengan modul sel surya. Pada modul, sel surya dihubungkan secara seri atau paralel untuk menghasilkan tegangan, arus, atau daya yang tinggi. Permukaan modul ditutup dengan kaca atau materi transparan lain untuk proteksi terhadap lingkungan (Anonim, 2005)

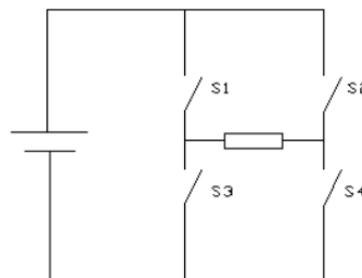
### **Inverter**

Inverter adalah suatu konverter yang merubah sistem tegangan DC menjadi tegangan AC dengan nilai tegangan dan frekuensi sesuai dengan kebutuhan. Jika tegangan DC dapat diatur, maka inverter dengan rasio tegangan DC dan AC yang tetap dapat digunakan. namun bila tegangan DC masukan tidak dapat diatur, pengaturan tegangan keluaran inverter dapat diperoleh dengan menggunakan metode pengaturan modulasi lebar pulsa (Surya, 2004).

Bentuk gelombang tegangan output dari sebuah inverter yang ideal membentuk gelombang sinusoida, namun biasanya bentuk gelombang yang dihasilkan tidak membentuk gelombang sinusoida yang sempurna dan memiliki kandungan harmonik. Untuk mengurangi nilai kandungan harmonik pada suatu inverter dapat dilakukan dengan cara teknik. (Rashid, 1988). Rangkaian inverter diklasifikasikan menjadi tiga macam :

1. Inverter setengah jembatan
2. Inverter jembatan penuh satu fasa
3. Inverter jembatan tiga fasa

Prinsip kerja dari inverter jembatan penuh satu fasa ditunjukkan pada gambar rangkaian 2

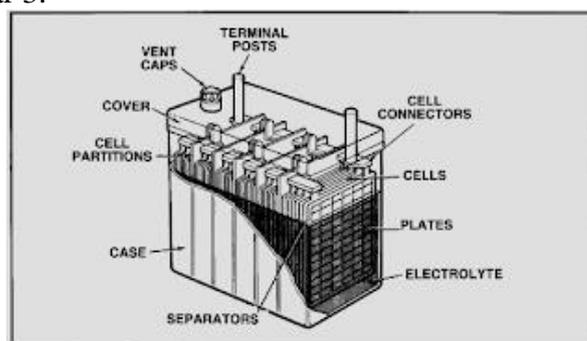


**Gambar 2.** Inverter Satu Fasa Topologi Jembatan

### Aki (*Battery*)

Baterai atau aki, atau bisa juga accu adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel, adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel.

Salah satu fungsi baterai adalah menyediakan arus listrik untuk motor starter pada saat mesin dihidupkan dan ke sistem kelistrikan mobil. Pada saat mesin di-start, pengeluaran energi listrik sangat besar dan dalam waktu yang singkat. Terdapat istilah CCA pada baterai. Istilah *Cold Cranking Ampere* pada baterai yaitu menyatakan kemampuannya suatu baterai (pada saat masih terisi penuh) untuk mengeluarkan arus (dalam satuan Ampere) beban penuh pada temperatur 0 derajat Fahrenheit (-17,8 derajat Celcius) selama 30 detik. Tegangan dipertahankan pada 1,2 V pada tiap sel atau 7,2 V untuk ke enam sel pada baterai 12 V. Harga CCA baterai sekitar 350 sampai 560 A tergantung tipe dan jenis baterai. Konstruksi dari *battery* dapat dilihat dalam Gambar 3.



**Gambar 3.** Konstruksi Internal *Battery Accu*

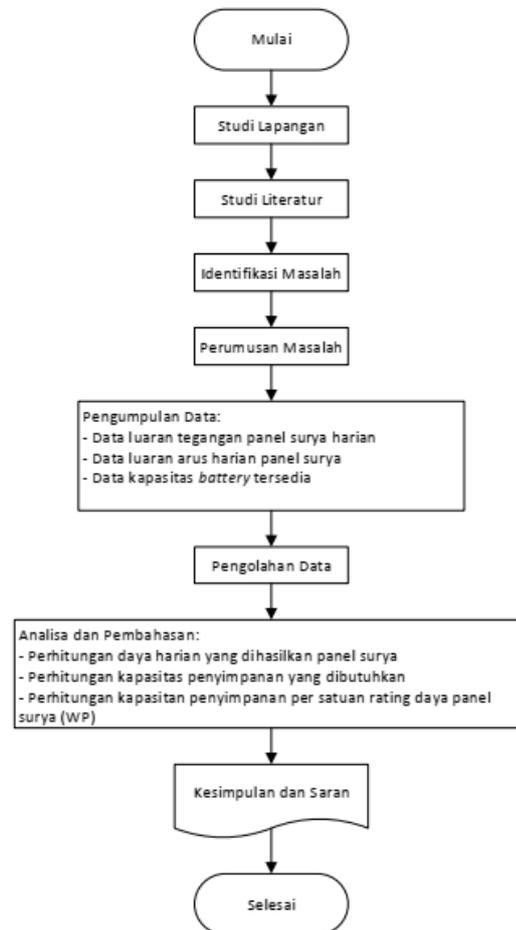
Istilah yang digunakan untuk menyatakan kapasitas baterai adalah Ah (Ampere-hour). Ini merupakan yang paling umum digunakan untuk menyatakan kapasitas baterai. Metode pengujian ini biasa disebut dengan metode pemakaian baterai selama 20 jam. Ah menyatakan besarnya arus yang dapat mengalir dalam waktu 20 jam pada temperatur 27 derajat Celcius (80°F) dan selama pengujian tegangan dipertahankan pada 1,75 V pada tiap sel atau 10,5 V untuk enam sel pada baterai 12 V. Misalnya, sebuah baterai dapat mengalirkan arus sebesar 3 A dalam waktu 20 jam, maka kapasitas baterai tersebut adalah  $3 \text{ A} \times 20 \text{ jam} = 60 \text{ ampere-jam}$ .

Kapasitas baterai juga dapat dinyatakan dengan power atau daya yang mempunyai satuan Watt. Daya baterai ditentukan dengan menentukan arus dan tegangan baterai pada 0 derajat Fahrenheit (17,8°C). Kedua besaran tersebut kemudian dikalikan sehingga didapat daya. Daya pada baterai berkisar antara 2000 sampai 4000 W.

### METODE

Dalam melakukan penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan data pengujian dari rangkaian solar cell secara keseluruhan. Tahapan -

tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini digambarkan secara umum melalui flowchart dalam Gambar 4.



**Gambar 4.** Diagram Alir Tahapan Penelitian

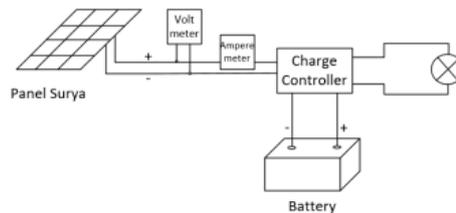
Tahapan dimulai dengan melakukan studi lapangan untuk mengetahui problem yang ada. Kemudian dilanjutkan dengan studi literatur untuk mengumpulkan data sekunder, melakukan identifikasi masalah, merumuskan masalah, untuk kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data primer. Setelah data didapatkan, dilakukan pengolahan dan analisis data untuk menjawab permasalahan yang ada, untuk kemudian dituangkan kedalam kesimpulan dan saran penelitian.

#### **Pengukuran Daya Yang Dihasilkan Panel Surya**

Pengukuran daya yang dihasilkan panel surya dilakukan dengan mengikuti metode pengukuran yang telah dipaparkan pada flow chart dalam Gambar 4. Pada kegiatan ini, pengukuran dilakukan dengan merangkai panel surya, alat ukur (instrument pengukuran), dan *solar charge controller*, dan *battery* serta lampu sebagai beban. Rangkaian luaran daya pengukuran panel surya dapat dilihat dalam Gambar 5. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- Menyiapkan panel surya 100WP, dan memastikan ada tegangan luaran saat diekspos ke matahari, untuk memastikan bahwa panel surya bekerja sesuai ekspektasi awal.
- Meletakkan panel surya pada atap rumah, dengan sudut kemiringan sekitar 150.

- c. Memasang instrumen pengukuran *voltmeter* secara paralel dengan luaran panel surya, dan amperemeter secara seri terhadap luaran panel surya.
- d. Menghubungkan luaran panel surya dengan *solar charge controller*.
- e. Menghubungkan luaran solar *charge controller* dengan *accu* atau *battery*, dan lampu sebagai beban.



**Gambar 5.** Rangkaian Pengukuran Luaran Daya Panel Surya

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengukuran Tegangan Luaran

Tegangan luaran merupakan luaran yang diukur telah dihasilkan oleh panel surya. Hasil pengukuran tegangan luaran panel surya berdasarkan waktu dapat dilihat dalam Tabel 1. Dari tabel hasil pengukuran tegangan luaran, didapatkan bahwa panel surya baru mengeluarkan tegangan setelah waktu pengukuran 6.00, dan belum terdapat luaran tegangan hingga pukul 5.30. Sementara pada sore hari, masih didapati tegangan luaran hingga pukul 17.30, dimana panel surya mengalami penurunan tegangan luaran yang cukup signifikan.

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran Tegangan Panel Surya

Waktu	Cerah/Berawan	Tegangan (V)
05.30	Berawan	6,3
06.00	Berawan	18,7
06.30	Berawan	19,2
07.00	Berawan	19,3
07.30	Cerah	20,2
08.00	Cerah	20,3
08.30	Cerah	20,3
09.00	Cerah	20,3
09.30	Cerah	20,3
10.00	Cerah	20,4
10.30	Cerah	20,4
11.00	Cerah	20,4
11.30	Cerah	20,5
12.00	Cerah	20,5
12.30	Cerah	20,4
13.00	Cerah	20,4
13.30	Cerah	20,3
14.00	Cerah	20,3
14.30	Cerah	20,2
15.00	Cerah	20,2
15.30	Cerah	20,0
16.00	Cerah	19,2
16.30	Cerah	19,0
17.00	Cerah	18,5
17.30	Cerah	6,5

Tabel arus luaran dari panel surya menunjukkan arus listrik yang mengalir dari panel surya menuju solar charge controller, pada saat dilakukannya pengukuran. Tabel 2 menunjukkan bahwa luaran mulai tampak pada pukul 5.30, dan mulai menghilang setelah pukul 17.00 dan tidak didapati lagi arus mengalir setelah pukul 18.00.

**Tabel 2.** Hasil Pengukuran Arus Luar Panel Surya

Waktu	Arus (A)
05.30	0,10
06.00	0,52
06.30	0,58
07.00	0,66
07.30	0,90
08.00	1,52
08.30	1,52
09.00	1,78
09.30	1,86
10.00	1,92
10.30	1,92
11.00	1,94
11.30	1,94
12.00	1,94
12.30	1,94
13.00	1,90
13.30	1,86
14.00	1,76
14.30	1,52
15.00	1,16
15.30	0,90
16.00	0,64
16.30	0,56
17.00	0,50
17.30	0,10

Dari hasil pengukuran tegangan dan arus, kemudian dilakukan analisis daya yang dihasilkan, dengan melakukan operasi perkalian terhadap arus dan tegangan pada waktu yang sama. Kemudian untuk menghitung energi dilakukan perkalian daya terhadap durasi, yaitu setiap 0,5 jam untuk kemudian menjumlahkan total energi yang dihasilkan.

Dari hasil analisis, didapati bahwa dalam satu hari panel suryadapat menghasilkan energi harian sebanyak 321,13 Wh. Dengan mengasumsikan luaran akan konstan sepanjang tahun, maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$321,13 \text{ Wh/hari} \times 365 \text{ hari} = 117,212 \text{ Kwh/tahun}$$

#### **Analisa Penentuan Spesifikasi Baterai**

Berdasarkan data yang telah diambil dengan menggunakan panel surya dengan rating 100 WP diperoleh jumlah daya, energi, tegangan, maupun arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya ketika terpapar matahari pada titik-titik tertentu. Arah

paparan matahari secara tidak langsung juga memiliki pengaruh dalam menentukan daya listrik yang dihasilkan. Pemasangan sudut paparan panel surya akan mempengaruhi pula energi listrik yang dihasilkan. Untuk menghitung besar kapasitas yang diperlukan dapat dihitung sebagai berikut:

$$C_T = \frac{C_R}{R_K}$$

Dimana:

$C_T$  : Kapasitas *Battery*

$C_R$  : Kapasitas Penyimpanan yang dibutuhkan

$R_K$  : Persentase kapasitas akhir *battery*

Maka dengan menggunakan rumus diatas, kebutuhan *battery* yang dibutuhkan untuk panel surya pada percobaan ini adalah:

$$C_T = \frac{C_R}{R_K} = \frac{321,13}{80\%} = 401,41 \text{ Wh}$$

Arus maksimum yang dihasilkan oleh panel surya pada Tabel 2 adalah 1,94 A. Untuk faktor keamanan, dalam menentukan spesifikasi *battery* dapat ditambahkan 25% sebagai toleransi untuk spesifikasi arus maksimum yang dibutuhkan. Sehingga, untuk penghitungan arus dapat dihitung sebagai berikut:

$$I_{max} = (1 + 25\%) \cdot 1,94A = 2,425 A$$

Sedangkan untuk menentukan tegangan *battery* yang dibutuhkan maka spesifikasi yang dipilih haruslah lebih rendah dari tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Hal tersebut dikarenakan *battery* hanya bisa diisi ketika tegangan luaran panel surya lebih tinggi darinya. Berdasarkan pengambilan data pada Tabel 1. tegangan luaran rata-rata panel surya ketika bekerja adalah 18.88 V. Dengan begitu maka dibutuhkan *battery* dengan tegangan maksimum 12V untuk memastikan proses pengisian dapat berjalan dengan optimal. Setelah menentukan tegangan kerja *battery*, maka perlu dilakukan konversi atas besaran kapasitas energi listrik yang dapat disimpan, dari Wh menjadi Ah. Hal ini dikarenakan pada umumnya kapasitas *battery* dinyatakan dengan Ah. Konversi ini dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$C_{Ah} = \frac{C_{Wh}}{V}$$

Dimana:

$C_{Ah}$  : Kapasitas penyimpanan dalam (Ah)

$C_{Wh}$  : Kapasitas penyimpanan dalam (Wh)

$V$  : Tegangan Kerja *Battery*

Dengan rumus diatas, dan tegangan kerja 12 V serta kebutuhan daya sebesar 401,41 Wh, diperoleh:

$$C_{Ah} = \frac{C_{Wh}}{V} = \frac{401,41}{12} = 33,45 \text{ Ah}$$

Berdasarkan analisa dan hasil penghitungan bahwa spesifikasi *battery* yang dibutuhkan untuk panel surya 100 WP dapat dilihat dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Spesifikasi *Battery* yang dibutuhkan panel surya 100 WP

Karakteristik	Nilai
Arus Maksimum	2,425 A
Tegangan Nominal	12 V
Kapasitas Penyimpanan	33,45 Ah

## KESIMPULAN

Dari pembahasan yang telah dilakukan diatas, didapati beberapa fakta di lapangan dan hasil analisisnya. Untuk itu, dapat ditarik kesimpulan dari kegiatan penelitian ini sebagai berikut:

1. Panel Surya 100 WP akan menghasilkan energi listrik harian rata-rata 321,13 Wh.
2. Tegangan rata-rata yang dihasilkan saat panel surya bekerja adalah sekitar 18,88 V.
3. Dibutuhkan battery 12V dengan kapasitas penyimpanan 33,45 Ah untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dalam jangka waktu satu hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Blotcher, R. (2003). Dasar Elektronika. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Editor. (2018, January 12). Retrieved from Arduino: <http://arduino.cc>
- Chemistry Explained Editor. (2017, October 14). Retrieved from Chemistry Explained.com: <http://www.chemistryexplained.com/Ru-Sp/SolarCells>.
- Editor. (2017, Oktober 20). Retrieved from Jumpstarter.io: <https://jumpstarter.io/peak-amps-vs-cranking-amps/>
- Editor. (2017, Oktober 20). Retrieved from Free Sun Power: <http://www.freesunpower.com/solarpanels.php>
- Kadir, A. (2000). Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Marcacci, S. (2017, October 14). Retrieved from Clean Technica: <https://cleantechnica.com/2014/11/05/led-lighting-efficiency-jumpsroughly-50-since-2012/>
- Siddha Pimputkar, J. S. (2009, 4 1). Prospects for LED lighting. Nature photonics, p. 180.
- Sugiyono. (2017). Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, dan R&D. Bandung: CV Alfabeta.