

DESAIN SISTEM PENGGUNAAN PANEL SURYA OFF-GRID UNTUK LAMPU BELAJAR SISWA BERBASIS BATERAI DI SEKOLAH YANG TERLETAK DI DESA TERPENCIL

SYSTEM DESIGN OF THE USE OF SOLAR CELL OFF-GRID FOR STUDENT LEARNING LIGHTS BASED BATTERY IN SCHOOLS LOCATED IN A REMOTE VILLAGE

Safira Kusuma Ramadhanti¹, Dr.Muhamad Reza, S.T., M.Sc.², Cahyantari Ekaputri,S.T., M.T.³

^{1,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹safirakusuma0@gmail.com ²muhamad.reza@gmail.com ³cahyantarie@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah salah satu terobosan untuk mengurangi krisis pasokan energi listrik. Komponen utama pada PLTS ini adalah *Photovoltaics*. *Photovoltaics* ini hanya bersumber dari masukan sinar matahari. Panel surya sangat bergantung pada radiasi matahari. Semakin tinggi panel surya mampu menangkap radiasi matahari maka semakin tinggi juga efisiensi dari panel tersebut. Sehingga keluaran dari panel surya juga semakin mendekati *watt peak*.

Penelitian Tugas Akhir ini adalah dengan menganalisis desain perancangan sistem pengisian baterai LED untuk lampu belajar siswa di sebuah sekolah di desa terpencil dengan jumlah 140 siswa. Pada pengujian dan analisis Tugas Akhir ini menggunakan metode langsung dari panel surya dan metode dengan baterai tambahan kapasitas 12V 18Ah. Lampu LED yang digunakan mempunyai spesifikasi baterai 12V 1,2Ah. Asumsi analisis pengisian baterai lampu LED sebanyak 140 siswa mempunyai satu buah lampu, untuk 140 lampu mempunyai spesifikasi yang sama. Pada metode langsung dari panel surya untuk mengisi 140 lampu dan daya sebesar 2016 Wh selama pengisian membutuhkan 22 PV kapasitas 10 Wp atau 7 PV dengan kapasitas 50 Wp. Sedangkan untuk metode baterai tambahan membutuhkan PV sebanyak 15 buah dengan kapasitas 50 Wp dan baterai aki sebanyak 9 buah dengan kapasitas 12V 18Ah.

Kata kunci: Panel surya, daya, efisiensi, pengisian baterai, lampu belajar LED

Abstract

Solar Power Plant is one of the breakthroughs to reduce the crisis of electricity supply. The main component in this PLTS is Photovoltaics. Photovoltaics only comes from sunlight input. Solar panels are very dependent on solar radiation. The higher the solar panel is able to capture solar radiation, the higher the efficiency of the panel. So the output of solar panels is also getting closer to watt peak.

This Final Project research is by analyzing the design of the LED battery charging system for student learning lights in a school in a remote village with 140 students. In this Final Project testing and analysis using a direct method of solar panels and methods with an additional 12V 18Ah capacity battery. The LED lights used have 12V 1.2Ah battery specifications. The assumption of analysis of 140 LED lamp battery charging students has one lamp, for 140 lamps having the same specifications. In the direct method of solar panels to fill 140 lights and power of 2016 Wh during charging requires 22 PV capacity of 10 Wp or 7 PV with a capacity of 50 Wp. As for the additional battery method requires PV as many as 15 pieces with a capacity of 50 Wp and battery batteries as many as 9 pieces with 12V 18Ah capacity.

Keywords: Solar panels, power, efficiency, battery charging, LED learning lights

1. Pendahuluan

Di Indonesia, distribusi listrik dari PLN masih belum merata, banyak daerah-daerah terpencil di Indonesia yang belum terjangkau listrik hingga saat ini, akibatnya berimbas untuk sektor pendidikan seperti sekolah-sekolah yang sangat membutuhkan listrik untuk proses belajar. Untuk mengurangi masalah tersebut maka dilakukan perancangan PLTS dengan memanfaatkan energi matahari.

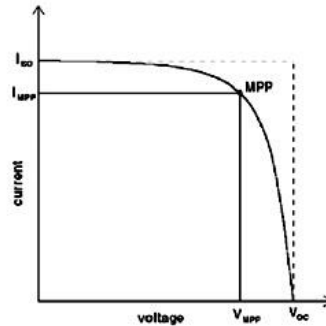
Perencanaan PLTS harus di rencanakan dan diperhitungkan dari berbagai aspek, yaitu perhitungan konsumsi daya total, kebutuhan PV untuk memenuhi daya total, spesifikasi baterai yang sesuai dan perhitungan kebutuhan baterai agar mampu menampung energi listrik yang dihasilkan PV dan setelah melalui berbagai proses maka energi listrik akan di salurkan ke beban.

Optimalisasi dari desain sistem ini, disimulasikan dalam rentang waktu satu hari dengan data berupa tegangan dan arus masukan dari panel surya dan daya yang dihasilkan oleh masing-masing lampu saat pengisian baterai. Data yang dihasilkan adalah data perubahan daya yang merupakan *output* dari sistem dan beban listrik setiap jam dalam rentang waktu satu hari. Dengan berbagai analisis memudahkan pengoptimalan daya listrik dari panel surya dan baterai agar dapat memenuhi kebutuhan pengisian lampu belajar siswa dalam satu sekolah. Sehingga lampu yang sudah terisi tersebut dapat digunakan para siswa untuk belajar pada malam hari karena adanya keterbatasan listrik di daerah tersebut.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Karakteristik Panel Surya

Sel surya setiap hari menerima input dari sinar matahari sangat bervariasi. Hal ini tergantung dari intensitas cahaya matahari, yaitu matahari pada siang hari memiliki intensitas matahari yang besar, sedangkan pada sore hari matahari memiliki intensitas yang cenderung kecil. Untuk mengetahui kapasitas daya yang dihasilkan, maka perlu dilakukan pengukuran tegangan (V) dan arus (I) pada panel surya. Hasil pengukuran I dan V dapat ditunjukkan dari kurva karakteristik dibawah ini:



Gambar 1. Kurva Karakteristik PV

Pada kurva karakteristik I-V erdapat hal-hal yang perlu diperhatikan, diantaranya adalah:

a. **Maximum Power Point (Vmp dan Imp)**

Maximum Power Point (Vmp dan Imp) Pada kurva I-V, adalah titik operasi yang menunjukkan daya maksimum yang dihasilkan oleh panel sel surya^[1].

b. **Open Circuit Voltage (Isc)**

Open Circuit Voltage Voc, adalah kapasitas tegangan maksimum yang dapat dicapai pada saat tidak adanya arus^[1].

$$V_{oc} = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{I_{sc}}{I_s} + 1\right)$$

Dimana:

k = konstanta boltzmann (1.30x10⁻¹⁶erg)

q = konstanta muatan elektron (1.602x10⁻¹⁹ C)

T = suhu dalam Kelvin

Is = Arus saturasi

c. **Short Circuit Current (Isc)**

Short Circuit Current (Isc), adalah maksimum arus keluaran dari panel sel surya yang dapat dikeluarkan dibawah kondisi dengan tidak ada resistansi atau hubung singkat^[1]. Untuk mengetahui Arus hubung singkat dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$I_{sc} = qG (L_n + L_p)$$

Dimana :

G = tingkat generasi

Ln = panjang difusi elektron

Lp = panjang difusi hole

d. **Fill Factor (FF)**

Fill Factor merupakan parameter yang menentukan daya maksimum dari panel sel surya^[1]. Besarnya FF dapat dihitung dengan rumus:

$$FF = \frac{V_{mp} \cdot I_{mp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}}$$

2.2. Efisiensi Panel Surya

Efisiensi dari sel surya adalah perbandingan daya keluaran (Pout) dan daya masukannya (Pin), daya keluaran (Pout) adalah perkalian antara tegangan waktu *open circuit* (Voc) dengan arus *short circuit* (Isc) dan faktor pengisian (FF) dari sebuah modul surya. Sedangkan daya masukan (Pin) dapat dicari dengan dari perkalian luas

permukaan modul surya (S) dengan intensitas radiasi penyinaran yang diterima (F). Persamaan yang digunakan untuk menentukan efisiensi modul adalah sebagai berikut: (Frank kreith, 1982:179)^[3].

$$\mu = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF}{I \cdot L} \times 100\% \dots \dots \dots [3]$$

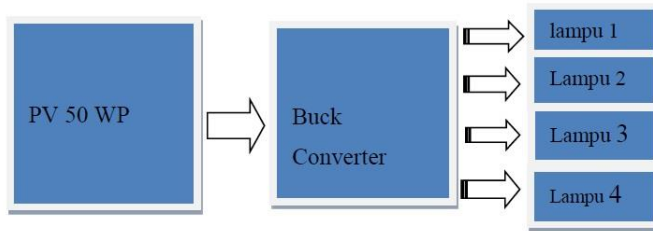
Dimana :

- Voc = Tegangan *open circuit*(Volt)
- Isc = Arus *short circuit*(Ampere)
- Vm = Tegangan nominal(Volt)
- Im = Arus nominal(Ampere)
- FF = Faktor pengisian
- L = Luas permukaan (m²)
- I = Intensitas matahari (watt/m²)

2.3. Rangkaian Charging Baterai

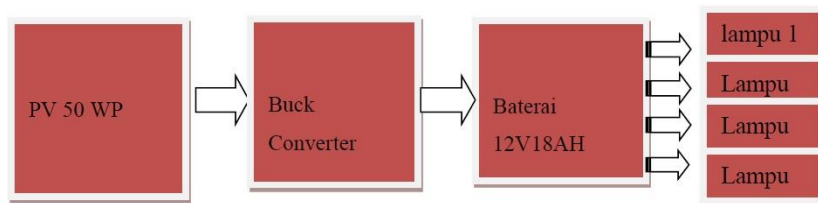
Rangkaian charging yang digunakan pada penelitian ini adalah rangkaian dari PV yang digunakan untuk memberikan tegangan listrik pada baterai. Metode charging yang digunakan untuk mengisi daya baterai adalah dengan memberikan tegangan dan arus yang tetap pada tiap mode. Metode seperti ini disebut dengan metode constant current and voltage. Spesifikasi tegangan dan arus yang dikeluarkan pada PV yaitu sekitar 17V-21V, dan arus sekitar satu Ampere per satu jam.

3. Diagram Blok Sistem



Gambar 2. Diagram Blok Sistem secara Langsung

Penjelasan dari diagram blok diatas adalah PV mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik dan buck converter menurunkan tegangan menjadi 12V dan disalurkan ke empat lampu yang dipasang paralel.



Gambar 3. Diagram Blok dengan Baterai Tambahan

Penjelasan dari diagram blok diatas adalah PV mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik dan buck converter menurunkan tegangan menjadi 12V lalu mensuplai baterai 12V 18 Ah dan disalurkan ke empat lampu yang dipasang paralel.

3.1. Desain Perangkat Keras

Komponen Utama yang digunakan untuk mengkonversi energi yaitu panel surya atau PV. Jenis PV yang digunakan adalah PV polycrystalline. Kapasitas PV yang digunakan adalah 50Wp. Efisiensi yang dihasilkan dari PV jenis polycrystalline ini adalah 12,5%.



Gambar 4. PV 50 WP

Efisiensi modul sebesar 12,5% pada suhu 25°C. Berikut adalah rincian perhitungan efisiensi panel :

$$\mu = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{oc}.I_{sc}.FF}{I.L} \times 100 \%$$

Sebelum mencari efisiensi panel, perhitungan FF (*Fill Factor*) adalah sebagai berikut :

$$FF = \frac{V_{mp}.I_{mp}}{V_{oc}.I_{sc}}$$

$$FF = \frac{17,3 \times 2,89}{20,76 \times 3,24} = 0,743$$

Maka efisiensi panel adalah :

$$\mu = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{oc}.I_{sc}.FF}{I.L} \times 100 \%$$

$$\mu = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{20,76 \text{ V} \times 3,24 \text{ A} \times 0,743}{0,4 \text{ m}^2 \times 1.000 \text{ W/m}^2} \times 100\% = 12,5\%$$

Daya panel surya 50 Wp menurut spesifikasi pada panel adalah sebagai berikut:

$$P = I \times A$$

Dengan:

$$I = 1.000 \text{ W/m}^2$$

$$A = 600 \text{ mm} \times 675 \text{ mm} = 0,4 \text{ m}^2$$

$$P = 1.000 \text{ W/m}^2 \times 0,4 \text{ m}^2 = 400 \text{ Wh}$$

**Gambar 5. Sistem Pengisian Baterai**

Sistem pengisian baterai menggunakan panel surya ini membutuhkan alat-alat seperti Baterai Lead-Acid 12V 18Ah, *buck converter*, *USB tester voltampere meter*, USB port dengan masukan 7,5 Volt – 12 Volt yang dipasang secara paralel, kabel USB dan beban lampu LED. Baterai yang digunakan pada beban adalah baterai dengan jenis *rechargeable* Lead-Acid 12V 1200mAh. Lampu LED dapat menyala terang pada malam hari sehingga dapat membantu proses belajar karena kurangnya pasokan listrik.

3. Pembahasan

Dalam desain sistem penggunaan PV untuk sekolah di suatu desa terpencil, diambil dari sebuah desa yang belum terjangkau listrik di daerah Jawa Tengah. Dengan data siswa sebanyak 140 siswa dalam satu sekolah. Tugas akhir ini akan mendesain sebuah pengisian baterai lampu disekolah tersebut dengan perhitungan dan analisis yang sesuai data pengujian dan data BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) yang di *sinkronkan* agar system pengisian ini optimal tanpa ada daya yang terbuang sia-sia. Dalam desain ini, di asumsikan siswa-siswa dalam sekolah tersebut memiliki satu buah lampu dengan spesifikasi lampu yang semua siswa sama yaitu dengan spesifikasi baterai lampu 12V 1,2Ah dan dilakukan proses *scheduling* untuk pengisian baterai setiap harinya. Hal ini bertujuan untuk membantu siswa-siswa yang ada disekolah tersebut mendapatkan penerangan pada malam hari, sehingga siswa-siswa tersebut dapat menggunakan lampunya untuk proses belajar di rumah. Untuk pengisian baterai disekolah tersebut di asumsikan di mulai pada pagi saat siswa-siswa tersebut baru datang ke sekolah.

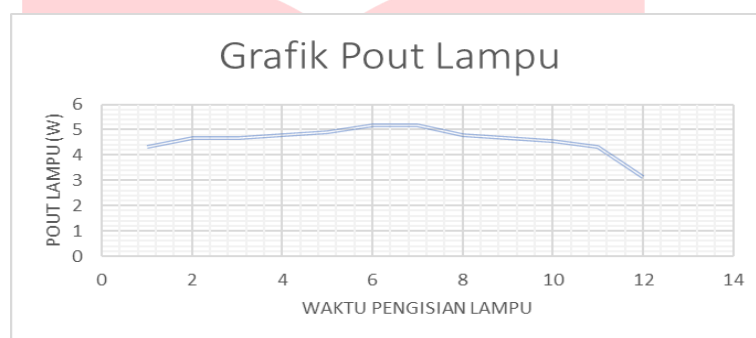
3.1. Analisis Pengujian Pengisian Baterai secara Langsung

Pada pengujian ini membutuhkan PV 10 WP, *buck converter*, dan empat buah lampu dengan spesifikasi yang sama.

No.	Waktu	Vin (V)	Iin (A)	Pin (W)	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)
-----	-------	---------	---------	---------	----------	----------	----------

1	06.00	17,37	0,36	6,254	12	0,36	4,32
2	07.00	18,7	0,39	7,293	12	0,39	4,68
3	08.00	18,73	0,39	7,3	12	0,39	4,68
4	09.00	19,3	0,4	7,72	12	0,4	4,8
5	10.00	20	0,41	8,32	12	0,41	4,92
6	11.00	20,6	0,43	8,858	12	0,43	5,16
7	12.00	20,7	0,43	8,9	12	0,43	5,16
8	13.00	19,6	0,4	7,84	12	0,4	4,8
9	14.00	19	0,39	7,41	12	0,39	4,68
10	15.00	18,7	0,38	7,1	12	0,38	4,56
11	16.00	17,6	0,36	6,336	12	0,36	4,32
12	17.00	12,6	0,26	3,28	12	0,26	3,12
Total				86,611 Wh			55,2 Wh

Tabel 1. Hasil Pengujian Secara Langsung



Gambar 6. Grafik Pengisian Lampu

$$\mu = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{55,2}{86,611} \times 100\% = 63,7\%$$

Pada pengisian tiga buah lampu LED menggunakan PV 10 Wp Pout Lampu adalah 55,2 Wh, maka masing-masing lampu mempunyai daya sebesar 13,8 Wh.

Dari hasil pengujian tersebut, maka hasil analisisnya adalah sebagai berikut:

Untuk kapasitas PV selama pengisian 12 jam dengan asumsi pick 10 Watt adalah 120 WP. Untuk daya total lampu menurut spesifikasi adalah 14,4 Wh dan total daya untuk empat lampu adalah 57,6 Wh. Sedangkan daya total untuk empat lampu setelah dilakukan percobaan hanya sebesar 55,2 Wh, maka masing-masing lampu mempunyai daya sebesar 13,8 Wh. Maka daya total untuk 140 lampu adalah 1.932 Wh.

$$\text{Kapasitas PV} = \frac{1.932 \text{ Wh}}{86,611 \text{ Wh}} = 22 \text{ PV} \text{ dengan Kapasitas 10WP}$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi sistem pengisian baterai tersebut tidak maksimal:

1. Faktor cuaca menyebabkan intensitas radiasi matahari tidak stabil.
2. Spesifikasi PV yang dipakai mempunyai efisiensi yang kecil yaitu 12,5%.
3. Tidak menggunakan *solar charge controller* sehingga arus yang dihasilkan tidak akan mencapai maksimal.
4. Penempatan panel surya yang tidak presisi dengan arah matahari.

3.2. Analisis Pengisian Lampu dengan Baterai Tambahan

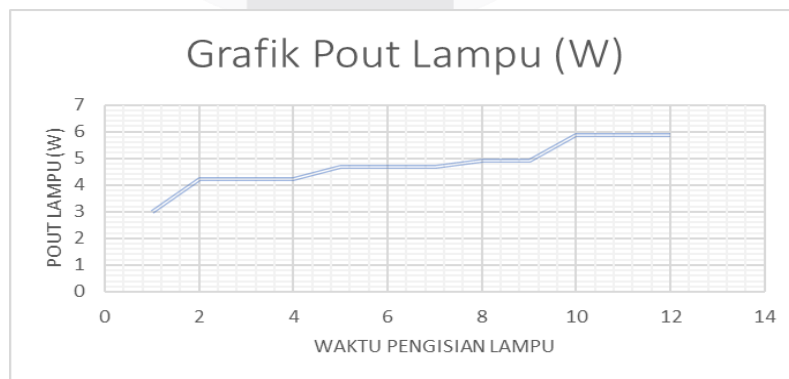
Pada pengujian ini alat-alat yang digunakan adalah satu buah PV 50WP, satu buah baterai aki 12V 18Ah, satu buah buck converter, usb port dengan empat output, multimeter, dan empat buah lampu LED dengan spesifikasi dan kapasitas yang sama.

No.	Waktu	Vin (V)	Iin (A)	Pin (W)	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)
1	06.00	19,5	1,5	29,25	9,92	0,92	11,04
2	07.00	21	1,6	33,6	10,1	1	12
3	08.00	21,5	1,6	34,4	10,5	1,02	12,24
4	09.00	21	1,5	31,5	10,7	1	12
5	10.00	21,4	1,6	34,24	10,98	1	12
6	11.00	20,9	1,6	33,44	11,05	0,99	11,88
7	12.00	20,97	1,57	32,93	11,09	0,99	11,88
8	13.00	21,2	1,59	33,7	11,2	1	12
9	14.00	21,1	1,56	32,9	11,35	1	12
10	15.00	20,7	1,55	32	11,37	0,98	11,76
11	16.00	20,1	1,5	30,15	11,37	0,95	11,4
12	17.00	17,9	0,15	2,685	11,36	0,15	1,8
Total				360,795 Wh			132 Wh

Tabel 1. Pout Baterai Aki

No.	Waktu	Vin (V)	Iin (A)	Pout (W)	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)
1	06.00	9,92	0,92	11,04	9,92	0,25	3
2	07.00	10,1	1	12	10,1	0,35	4,2
3	08.00	10,5	1,02	12,24	10,5	0,35	4,2
4	09.00	10,7	1	12	10,7	0,35	4,2
5	10.00	10,98	1	12	10,98	0,39	4,68
6	11.00	11,05	0,99	11,88	11,05	0,39	4,68
7	12.00	11,09	0,99	11,88	11,09	0,39	4,68
8	13.00	11,2	1	12	11,2	0,41	4,92
9	14.00	11,35	1	12	11,35	0,41	4,92
10	15.00	11,37	0,98	11,76	11,37	0,49	5,88
11	16.00	11,37	0,95	11,4	11,37	0,49	5,88
12	17.00	11,36	0,15	1,8	11,36	0,49	5,88
Total				132 Wh			57,12 Wh

Tabel 2. Pout Lampu



Gambar 7. Pengisian lampu LED dengan Baterai Tambahan

$$\mu(Lampu) = \frac{Pout}{Pin} \times 100\%$$

$$= \frac{57,12}{132} \times 100\% = 43 \%$$

Daya total untuk 140 lampu dengan masing-masing lampu mempunyai daya sebesar 14,4 Wh adalah 2016 Wh. Untuk dapat mengisi 140 lampu maka dibutuhkan baterai tambahan sebanyak 9 buah dengan kapasitas 12V 18Ah. Berikut perhitungan jumlah baterai aki yang dibutuhkan:

$$\text{Kapasitas Baterai Tambahan} = \frac{\text{Total Beban Harian}}{\text{Kapasitas Baterai}}$$

$$\text{Kapasitas Baterai Tambahan} = \frac{2016 \text{ Wh}}{216 \text{ Wh}} = 9 \text{ baterai } 12\text{V } 18\text{Ah}$$

Menurut pengujian dengan baterai tambahan, pengisian baterai Aki selama 12 jam dengan PV 50 Wp hanya menghasilkan 132 Wh. Sedangkan untuk dapat mensuplai beban 2016 Wh maka dibutuhkan 9 baterai 12V 18Ah. Apabila satu buah PV 50 Wp tidak mampu mensuplai baterai aki sampai penuh maka dibutuhkan panel 50 Wp sebanyak 15 buah. Untuk perhitungan jumlah PV adalah sebagai berikut :

$$\text{Jumlah PV} = \frac{\text{Daya Total Harian}}{\text{Kapasitas Baterai yang Dihasilkan}}$$

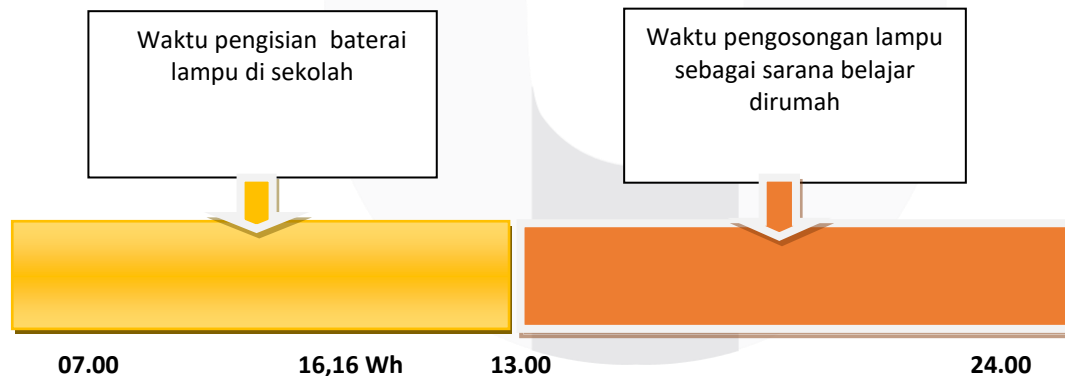
$$\text{Jumlah PV} = \frac{2016 \text{ Wh}}{132 \text{ Wh}} = 15 \text{ PV}$$

Dari perhitungan diatas jumlah PV sebanyak 15 buah 50 Wp untuk mengisi baterai Aki 12V 18Ah sebanyak 9 buah, maka dua baterai dapat diisi oleh 3 buah PV 50 Wp.

Pada sistem pengisian lampu LED dengan metode baterai tambahan, dapat disimpulkan bahwa saat tidak ada matahari atau saat hujan masih dapat mengisi lampu LED dikarenakan sisa daya listrik dari pengisian sebelumnya sudah tersimpan terlebih dahulu di dalam baterai sehingga dapat digunakan untuk mengisi lampu LED saat tidak ada matahari atau saat hujan.

3.4. Analisis Sistem

Agar sistem ini berjalan efektif di sekolah di desa terpencil, maka dibutuhkan *schedule* untuk pengisian baterai. Setelah pengisian baterai selama 12 jam lampu-lampu ini dapat bertahan selama dua hari setelah pemakaian terus-menerus, maka *schedule* yang tepat untuk mempersingkat waktu pengisian dan pemakaian lampu adalah sebagai berikut:



Gambar 9. *Schedule* pengisian baterai

Menurut *schedule* pengisian baterai yaitu pukul 07-13.00 menggunakan metode langsung, maka PV yang dibutuhkan sebanyak 41 buah untuk kapasitas 10 Wp dan 10 buah untuk kapasitas 50 Wp. Sedangkan untuk pengisian 280 lampu membutuhkan PV 22 buah untuk kapasitas 10 Wp dan 7 buah untuk kapasitas 50 Wp.

Untuk pengisian menggunakan baterai tambahan, PV yang dibutuhkan adalah sebanyak 15 buah dengan kapasitas 50 Wp dan 9 baterai aki dengan kapasitas 12V 18Ah.

Menurut hasil pengujian dan analisis di atas maka sistem pengisian baterai yang *relative* murah untuk beban sebesar 2016 Wh adalah dengan menggunakan menggunakan metode langsung dari PV 50 Wp selama 6 jam dengan pengisian 140 lampu saja sesuai *schedule* diatas yaitu pukul 07.00-13.00.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dari desain sistem penggunaan panel surya off-grid untuk lampu belajar siswa berbasis baterai di sekolah yang terletak di desa terpencil dengan membandingkan tujuan dan rumusan masalah dari sistem maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Jenis PV yang digunakan mempunyai efisiensi sebesar 12,5 %.
2. Dengan spesifikasi lampu dari pabrikan yaitu 12 V 1,2 Ah daya total untuk 140 lampu adalah 2016 Wh.
3. Menurut percobaan dengan metode langsung dari PV 10 Wp daya total untuk 140 lampu adalah sebesar 1.824 Wh.
4. Menurut percobaan dengan metode dengan baterai tambahan daya total untuk 140 lampu adalah sebesar 1.999,2 Wh.
5. Untuk pengisian 140 lampu menggunakan metode langsung dari PV membutuhkan 22 buah PV dengan kapasitas 10 Wp.
6. Untuk pengisian 140 lampu menggunakan metode langsung dari PV membutuhkan 10 buah PV dengan kapasitas 50 Wp.
7. Untuk pengisian 140 lampu menggunakan metode baterai tambahan membutuhkan 15 PV 50 Wp dan 9 baterai 12V 18Ah.
8. Schedule untuk pengisian lampu adalah jam 07.00-13.00 berjalan selama enam jam dan sistem nya dilakukan setiap hari.
9. Pengisian 140 lampu LED dengan rincian biaya yang *relative* murah adalah dengan metode pengisian lampu dengan metode langsung dari PV 50 Wp dengan biaya Rp 9.420.000,00.

5. Saran

Untuk penelitian selanjutnya, desain sistem disarankan untuk :

1. Menggunakan panel surya jenis *monocrystalline* yang mempunyai efisiensi lebih besar dari *polycrystalline*.
2. Menggunakan sistem kontrol agar pengisian baterai stabil setiap jam nya.
3. Pemasangan panel surya presisi dengan sinar matahari dapat menambah efisiensi panel surya.
4. Menggunakan *Luxmeter* agar lebih akurat untuk menghitung intensitas cahaya yang masuk.
5. Dibutuhkan dua panel surya untuk perbandingan keluaran masing-masing dari panel tersebut.

6. Daftar Pustaka

- [1] Surjadi., Mahdi Syukri (2010). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu menggunakan Software PVSYST pada Komplek Perumahan di Banda Aceh.
- [2] X. Zhou, D. Song, Y. Ma, and D. Cheng, "The simulation and design for MPPT of PV system based on incremental conductance method," *Proc. - 2010 WASE Int. Conf. Inf. Eng. ICIE 2010*, vol. 2, no. 50877053, pp. 314–317, 2010.
- [3] Unggul Wibawa., Andi Darmawan (2008). Penerapan Sistem PV sebagai Daya Suplai Listrik Beban Pertamanan.
- [4] Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK) (2012), Volume 10, No. 2. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Saugi.
- [5] Rahmat Ihsan Y., Angga Rusdinar, ST.,MT.,Ph.D., Dr. Irwan Purnama, M.Sc.Eng. (2018). Sistem Penerangan Jalan Umum.
- [6] Anwar Ilmar Ramadhan., Ery Diniardi, Sony Hari M (2016). Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 Wp.
- [7] Subekti Yulianda., Gede Surya., R.A Retno Hastijanti (2015). Pengaruh Perubahan Intensitas terhadap Daya Keluaran Panel Surya.
- [8] J. A. B. Vieira and A. M. Mota, "Implementation of a stand-alone photovoltaic lighting system with MPPT battery charging and LED current control," *Proc. IEEE Int. Conf. Control Appl.*, no. 2, pp. 185–190, 2010.
- [9] W. Efficiency, "Specifications Solar Panel – Polycrystalline (SPM050-P) Components & Mechanical Data."