

PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA *OFF-GRID* DI ATAP PARKIRAN MOTOR GEDUNG ADMISI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

Febri Arfianto

Program Studi Teknik Elektro

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

E-mail: febriarfianto17@gmail.com

ABSTRACT

Off-Grid PLTS system is designed to meet the electricity needs of the Admission Building of Muhammadiyah University of Yogyakarta, but the Off-Grid PLTS plan does not consider the load at that time Admission Building of Muhammadiyah University of Yogyakarta does not take into account the area of land that will be used for the placement of components PLTS Off-Grid .. The vast area of Off-Grid PLTS is $\pm 1.192m^2$, of the total area of $\pm 3.365m^2$ Off-Grid PLTS is using 48V system, can be put 280 solar panels with a capacity of 120 WP, 12V Battery 200A 336 pieces, Solar Charge Controller 60A as many as 14 units and Inverter 14 pieces with capacity 10.000W. Off-Grid PLTS can generate power of 134.4 kWh per year. Total initial investment required in PLTS Off-Grid planning is Rp. 2.234.014.063 and also requires maintenance of PLTS of Rp. 17,872,112.5 per year. Pay Back Period shows for 13 years 2 months obtained from the data results of economic analysis and the value of NPV resulting from the development of Off-Grid PLTS is positive. For a comparison between the average averages that solar panels for 25 years, it can be deduced that the planning of this Off-Grid PLTS in the future will generate good income.

Keywords: *Planning, Off-Grid PLTS, Economical*

INTISARI

Sistem PLTS *Off-Grid* ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan listrik pada Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, tetapi perencanaan PLTS *Off-Grid* ini tidak memperhitungkan beban yang digunakan pada Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta melainkan memperhitungkan luas lahan yang akan digunakan untuk penempatan komponen-komponen PLTS *Off-Grid*.. Luas wilayah yang digunakan perencanaan PLTS *Off-Grid* adalah $\pm 1.192m^2$, dari total area dengan luas wilayah $\pm 3.365m^2$ PLTS *Off-Grid* ini menggunakan sistem 48V, dapat diletakan panel surya 280 buah dengan kapasitas 120 WP, Baterai 12V 200A 336 buah, *Solar Charge Controller* 60A sebanyak 14 buah dan Inverter 14 buah dengan kapasitas 10.000W. PLTS *Off-Grid* ini dapat menghasilkan daya sebesar 134,4 kWh per-tahun. Total Investasi awal yang dibutuhkan dalam perencanaan PLTS *Off-Grid* ini yaitu sebesar Rp. 2.234.014.063 dan juga membutuhkan pemeliharaan PLTS sebesar Rp. 17.872.112,5 per-tahun. *Pay Back Period* menunjukkan selama 13 tahun 2 bulan didapat dari data hasil analisis ekonomis dan nilai NPV yang dihasilkan dari perencanaan PLTS *Off-Grid* ini adalah positif. Untuk perbandingan antara estimasi umur rata-rata yang digunakan panel surya selama 25 tahun, dapat ditarik kesimpulan bahwa perencanaan PLTS *Off-Grid* ini dimasa yang akan datang akan menghasilkan *income* yang baik.

Kata kunci: *Perencanaan, PLTS Off-Grid, Ekonomis*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik setiap hari, semakin menjadi kebutuhan pokok untuk setiap manusia. Energi listrik setiap tahunnya pasti mengalami kenaikan energi, tetapi sumber energi listrik kini semakin lama semakin menipis oleh karena itu dibutuhkannya energi alternative yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Surya. PLTS

sumber utamanya berasal dari panas matahari, sumber matahari tersebut tidak dapat habis dikarenakan bersumber dari alam. PLTS ini dapat menangani krisis energi yang terjadi sekarang ini atau dimasa yang akan datang, lalu dapat memenuhi kebutuhan energi listrik sehari-hari, dan dapat menghemat tagihan listrik. Oleh sebab itu, penyusun ingin memanfaatkan energi cahaya matahari (energi

surya). untuk suatu pembangkit listrik *alternative* dan ramah lingkungan.

Atap parkir motor gedung admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta adalah bagian paling cocok untuk sebuah tempat pemasangan panel surya, hal ini dikarenakan tidak terhalang oleh langit-langit, sehingga terbuka dan sinar matahari akan menyinari panel surya. Disamping itu, bentuk PLTS Off-Grid yang nantinya akan dirancang pada atap parkir motor gedung admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta tersebut mempunyai kelebihan jika dibandingkan dengan PLTS Off-Grid skala besar yaitu dapat dengan mudah dan murah diintegrasikan sistem kelistrikan yang sudah tersedia dan mengurangi biaya investasi yaitu dengan cara menggunakan lahan yang sudah ada, serta dapat meringankan kebutuhan beban dan pembayaran tagihan listrik.

Berdasarkan masalah diatas, maka yang menjadi permasalahan adalah Bagaimana Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off-Grid* untuk mengetahui berapakah daya yang dihasilkan berdasarkan dengan luas lahan atap parkir motor $\pm 1.192 \text{ m}^2$, dengan memanfaatkan panas matahari sebagai energi utama?. Berapakah rancangan anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga surya *Off-Grid* pada atap parkir motor gedung admisi Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta?

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah Membuat perencanaan teknis sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-Grid* di atap parkir motor gedung admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Membuat Rancangan Anggaran Biaya (RAB) untuk setiap rekomendasi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-Grid* pada atap parkir motor gedung admisi Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1 PLTS *Off Grid*

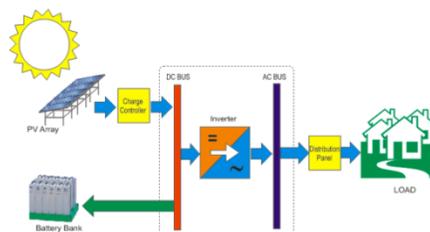
Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-Grid* adalah suatu sistem pembangkit listrik alternative untuk suatu daerah-daerah terpencil atau daerah-daerah pedesaan yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN. Sulitnya akses dan mobilisasi ke lokasi menjadikan biaya investasi pengembangan jaringan listrik atau pembangkit konvensional menjadi besar, serta biaya operasional dan pemeliharaan yang

sedikit akibat sulitnya jalur transportasi menuju lokasi. Sistem PLTS *Off-Grid* mengandalkan energi matahari sebagai satusatunya sumber listrik sehingga aman dari polusi atau tidak mencemari udara.

Sistem PLTS *Off-Grid* merupakan solusi terbaik dalam penyediaan energi listrik di daerah terpencil dengan memanfaatkan energi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik untuk melayani kebutuhan listrik penduduk dengan sistem pengoperasian dan perawatan yang sangat mudah serta dapat berfungsi selama 10 tahun tanpa adanya penggantian peralatan. Pemilihan Sistem PLTS *Off Grid* didasarkan atas pertimbangan beberapa faktor, yaitu Pola pemukiman antar rumah yang cukup menyebar, Sulit untuk mendapatkan transportasi darat, belum memerlukan integrasi dengan pembangkit lain, modular dan mudah dikembangkan, kapasitas kecil sehingga mudah di instalasi, harga terjangkau, radiasi matahari sebagai sumber energi mencukupi, dan tidak tergantung terhadap bahan bakar minyak.

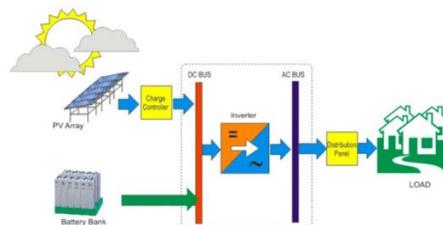
Secara umum mode operasi PLTS Sistem *Off-Grid* dapat diuraikan sebagai berikut:

•Pagi Hari Saat Energi PV > Kebutuhan Beban



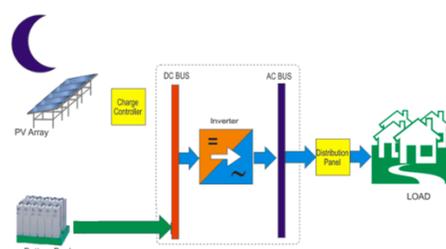
Gambar 2.1. Diagram aliran energi pada siang hari

•Siang Hari Saat Energi PV < Kebutuhan Beban



Gambar 2.2. Diagram aliran energi pada siang hari kondisi mendung

• Malam Hari



Gambar 2.3. Diagram aliran energi pada malam hari

2.2 Komponen-komponen Sistem PLTS Off-Grid

2.2.1 Sel surya (*photovoltaics*)

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. Energi yang di hasilkan dari sel surya adalah energi listrik DC dan dapat diubah menjadi energi listrik AC jika dibutuhkan, selama masih ada cahaya matahari dan meskipun cuaca mendung, energi listrik masih dapat dihasilkan sel surya. Bahan semikonduktor silikon (Si) murni, dan bahan semikonduktor lainnya adalah Lapisan-lapisan tipis yang terdapat di sel surya. 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*, *solar array* untuk meningkatkan energi listrik dari panel surya.



Gambar 2.4. Panel surya tipe *monocrystalline* dan *Polycrystalline*

2.3 Solar charge controller

Solar Charge Controller (SSC) merupakan salah satu komponen PLTS yang berguna untuk *setting* arus listrik (*current regulator*) yang masuk dari panel PV maupun arus beban keluar/digunakan dan berfungsi untuk melindungi baterai dari pengisian yang berlebihan (*over charge*), dan dari panel surya ke baterai dapat di atur tegangan serta arusnya sesuai kebutuhan.



Gambar 2.5. Schneider Conext MPPT 60/150 *Solar Charge Controller*

Solar charge controller (SCC) yang dapat mendeteksi kapasitas baterai merupakan SCC yang baik untuk digunakan. Jika suatu baterai sudah terisi penuh, maka arus yang mengisi otomatis dari panel surya akan berhenti. Melalui monitor level tegangan baterai pada SCC dapat mendeteksi hal tersebut. Baterai akan terisi sampai ke level tegangan tertentu oleh *Solar charge controller* jika level tegangannya *drop* maka, baterai akan terisi kembali.

2.4 Baterai

Beberapa teknologi baterai yang umum dikenal adalah *lead acid*, alkalin, NiFe, Ni-Cad dan Li-ion. Masing-masing jenis baterai memiliki kelemahan dan kelebihan baik dari segi teknis maupun ekonomi (harga). Baterai *lead acid* dinilai lebih unggul dari jenis lain jika mempertimbangkan kedua aspek tersebut. Baterai *lead acid* untuk sistem PLTS berbeda dengan baterai *lead acid* untuk operasi *starting* mesin-mesin seperti baterai mobil. Pada PLTS, baterai yang berfungsi untuk penyimpanan (*storage*) juga berbeda dari baterai untuk *buffer* atau stabilitas. Baterai untuk pemakaian PLTS lazim dikenal dan menggunakan *deep cycle lead acid*, artinya muatan baterai jenis ini dapat dikeluarkan (*discharge*) secara terus menerus secara maksimal mencapai kapasitas nominal. Baterai adalah komponen utama PLTS yang membutuhkan biaya investasi awal terbesar setelah panel surya dan *inverter*. Namun, pengoperasian dan pemeliharaan yang kurang tepat dapat menyebabkan umur baterai berkurang lebih cepat dari yang direncanakan, sehingga meningkatkan biaya operasi dan pemeliharaan. Atau dampak yang paling minimal adalah baterai tidak dapat dioperasikan sesuai kapasitasnya.



Gambar 2.6. Baterai Sunlight 12V 200Ah

2.5 Inverter

Inverter adalah suatu komponen PLTS yang memiliki sistem kontrol dapat merubah arus listrik searah (DC) yang dihasilkan solar modul menjadi listrik arus bolak-balik (AC) dan juga sebagai pengkondisi tenaga listrik (*power condition*), nantinya kualitas daya listrik yang dari inverter menuju beban atau

jaringan listrik akan diatur berapa daya yang dikeluarkan dalam kebutuhan tersebut.

Untuk suatu sistem PLTS inverter terdiri dari 2 sistem yaitu yang pertama PLTS *stand alone* atau biasa disebut PLTS berdiri sendiri dan yang kedua PLTS *grid-connected*. Karakteristik kedua sistem tersebut mempunyai perbedaan, dan dapat dijelaskan dibawah ini: (Visnu Semara Putra, 2015):

1. PLTS *stand-alone* atau PLTS berdiri sendiri, tegangan AC yang konstan harus dapat diberikan oleh inverter terhadap variasi produksi terhadap modul surya dikarenakan terdapat tuntutan beban (*load demand*) yang digunakan.
2. PLTS *grid-connected*, Untuk mengoptimalkan dan memaksimalkan keluaran energi yang dihasilkan oleh modul surya inverter harus mensuplai kembali tegangan yang sama persis dengan tegangan jaringan pada waktu yang sama.



Gambar 2.7. Pure Sine Wave Solar Inverter YIY 10000W

3. METODE PENELITIAN

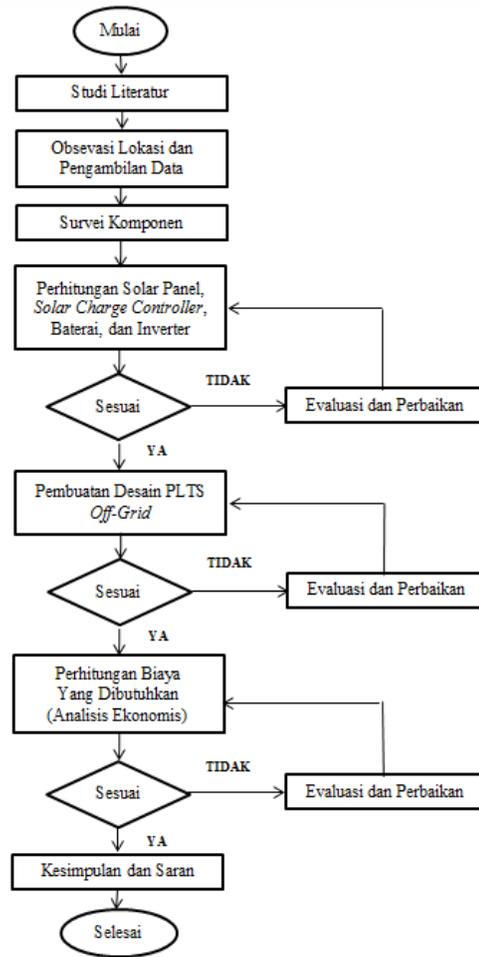
3.1 Tahap Penelitian

Tahapan penelitian ini digambarkan dalam diagram alir (*Flow Chart*) pada Gambar 3.1, rencana penelitian yang akan dilakukan tentang Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off-Grid* di atap parkir motor gedung admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, untuk PLTS yang akan dirancang tidak memperhitungkan kebutuhan beban tetapi memperhitungkan luas lahan yang akan digunakan dan menghasilkan sumber energi listrik tersebut yang siap untuk disalurkan ke beban.

3.2 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Dalam pembuatan perencanaan ini dilakukannya desain PLTS dan mengumpulkan data-data spesifikasi komponen PLTS. Data yang dianalisis berupa data energi listrik yang di gunakan di suatu lahan parkir gedung admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Analisis data dilakukan dengan melakukan perhitungan terhadap kebutuhan *solar panel*, *solar charge controller*, *inverter*, baterai, dan menghitung analisis ekonomi untuk mengetahui

penghasilan dalam perencanaan PLTS ini untuk kedepannya.



Gambar 3.1. Flow Chart Metode Pelaksanaan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan PLTS *off-grid* solar panel ini akan dipasang di atap parkir motor gedung admisi Univeritas Muhammadiyah Yogyakarta dengan luas wilayah $\pm 3.365\text{m}^2$ dan luas wilayah yang digunakan PLTS $\pm 1.192\text{m}^2$, dengan menggunakan sistem 48V, tujuan dibuatnya tegangan keluaran sebesar 48 V adalah agar baterai tetap mengisi pada tegangan rendah. pada pembuatan perencanaan PLTS *Off-Grid*, salah satu hal yang dilakukan yaitu mendesain *layout* pada atap parkir gedung Admisi Univeritas Muhammadiyah Yogyakarta, dan juga mendesain komponen-komponen PLTS *Off-Grid* yang nantinya akan digunakan dalam perancangan ini. Untuk mendesainnya yaitu menggunakan *software Sketch-Up*.

4.1 Perhitungan dan Perencanaan Panel Surya

Dari total luas wilayah yang digunakan $\pm 1.192\text{m}^2$ dalam Perencanaan PLTS ini menempatkan 280 Panel Surya dengan Kapasitas 120 Wp dan dapat menghasilkan

Energi 134,4 kWh dalam sehari. Waktu efektif dari panel untuk menghasilkan daya puncak adalah 3 - 5 jam per hari, untuk desain *off grid* jam efektif ditentukan 4 jam. Sehingga berapa energi yang dihasilkan dapat dijelaskan dengan perhitungan sebagai berikut:

Jumlah Panel Surya : 280 Buah
 Max Power Panel Surya : 120 Wp
 Jam Kerja Efektif Panel Surya: 4 Jam
 1 Tahun : 365 Hari

Rumus:

Energi Yang Dihasilkan
 = (N Panel x Max Power Panel Surya) x t
 = (280 x 120) x 4
 = 33.600 x 4
 = 134,4 [kWh/hari]
 = 49.056 [kWh/tahun]

Keterangan:

N Panel = Jumlah berapa panel yang akan digunakan
 Max Power = Tegangan Max panel surya
 t = Jam Kerja Efektif panel surya (3-5 Jam/hari)

Total tegangan panel surya
 = VoC x Panel Di Seri
 = 22,35 x 4
 = 89,4 V

Keterangan:

VoC = *Open Circuit Voltage*
 Panel Diseri = Jumlah panel diseri sesuai dengan sistem yang akan digunakan (Sistem 48V)

Total arus (I_{sC}) = 8,48 A

4.2 Perhitungan dan Perencanaan Solar Charge Controller (SCC)

Untuk menghitung kebutuhan *Solar Charge Controller* (SCC), maka kita harus mengetahui dulu karakteristik dan spesifikasi dari Solar Panel, pada Solar Panel terdapat spesifikasi yang harus diperhatikan adalah Nilai Isc (*short circuit current*). Jika Sudah Mengetahui Nilai Isc (*short circuit current*) Maka selanjutnya mengelompokan panel surya yang ingin dipasang SCC agar menghasilkan SCC yang ideal yaitu SCC dengan kapasitas maksimal Arus tidak melebihi total kapasitas Arus dari rangkaian panel surya, sehingga untuk lebih jelasnya

dapat dilakukan Perhitungan Menggunakan Rumus Sebagai Berikut:

Rumus:

Kelompok Panel 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7

$I_{SCC} = I_{sc} \text{ Panel} \times N \text{ Panel Paralel} \times 125\%$
 $= 8,48 \times 10 \times 125\%$
 $= 106 \text{ A}$

Sesuai hasil perhitungan $I_{SCC} = 106 \text{ A}$, maka jumlah *Solar Charge Controller* yang dibutuhkan adalah :

$N_{SCC} = \frac{I_{SCC}}{\text{Arus SCC}} = \frac{106 \text{ A}}{60 \text{ A}} = 1,766 \text{ Buah}$
 (Dibulatkan Menjadi 2 buah SCC)

Keterangan:

I_{sc} = Arus *Solar Charge Controller* (Ampere)
 I_{sc} Panel = Arus yang terdapat pada panel surya
 N Panel Paralel = Jumlah kelompok panel yang diparalel
 125% = Kompensasi
 N SCC = Jumlah Kebutuhan *Solar Charge Controller*
 Arus SCC = Kapasitas arus maksimal dari *Solar Charge Controller*

4.3 Perhitungan dan Perencanaan Baterai

Baterai didesain dengan DOD 50 %, maksudnya adalah penggunaan baterai tidak lebih dari 50% dari kapasitasnya untuk memperpanjang usia pakainya. Tegangan sistem yang digunakan adalah 48 V, spesifikasi baterai yang digunakan adalah 12 V 200 Ah jenis *deep cycle gel*, sehingga perhitungan kebutuhan baterai sebagai berikut :

Spesifikasi Baterai:

Voltase yang Diperlukan sistem Surya: 48V
 Voltase Baterai : 12V
 Kapasitas Baterai : 200Ah
 Depth Of Discharge (DOD) : 50%
 Days Of Autonomy (3 Hari Tanpa Sinar Matahari)

Seperti Yang Sudah Ditentukan Sebelumnya:

Total Daya yang dihasilkan Solar Panel : 134.400 Wh

Perhitungan :

Jumlah kebutuhan baterai 12 Volt dengan masing-masing 200 Ah:

Mengetahui Kebutuhan baterai (dengan pertimbangan dapat melayani kebutuhan 3 hari tanpa sinar matahari dan DOD (Depth Of Discharge) 50%), baterai hanya digunakan 50% untuk pemenuhan kebutuhan listrik, dengan demikian kebutuhan daya dapat dikalikan 2 x lipat :

Rumus :

Kapasitas Daya Panel dengan DOD 50%

$$= \text{Total daya panel} \times (\text{DOD } 50\% = 2)$$

$$= 134.400 \times 2$$

$$= 268.800 \text{ Wh}$$

Kapasitas Daya Panel Setelah DoD 50% dengan 3 hari tanpa matahari

$$= \text{Total Daya panel setelah DoD } 50\% \times 3 \text{ hari tanpa matahari}$$

$$= 268.800 \times 3$$

$$= 806.400 \text{ Wh}$$

Kebutuhan Baterai Panel Surya

$$= 806.400 / 12 \text{ Volt} / 200 \text{ Amp}$$

$$= 336 \text{ baterai } 200 \text{ Ah}$$

Kapasitas Baterai dari 336 Baterai/ 12V 200Ah/Tegangan Sistem 48V

336 buah baterai 12V 200Ah diseri setiap 4 buah baterai agar menghasilkan sebuah tegangan sistem 48V lalu untuk mengetahui kapasitas baterai yang dihasilkan yaitu menggunakan rumus sebagai berikut:

Rumus:

$$B_{\text{paralel}} = \frac{N \text{ baterai}}{B \text{ seri}} = \frac{336}{4} = 84 \text{ Buah Baterai}$$

Diparalel

$$\text{Total Kapasitas Baterai} = B_{\text{paralel}} \times \text{Kapasitas Baterai}$$

$$= 84 \times 200\text{Ah}$$

$$= 16.800 \text{ Ah}$$

4.3 Perhitungan dan Perencanaan Inverter

Inverter yang di pilih dalam perencanaan PLTS ini harus sama dengan kapasitas daya yang dihasilkan dari panel surya hal ini dikarenakan dalam perancangan PLTS ini tidak mengetahui kebutuhan bebannya, melainkan memiliki standar terhadap luas wilayah yang akan dibangun PLTS ini, jadi untuk mengetahui berapa jumlah Inverter yang dibutuhkan maka dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{(N \text{ Panel Surya} \times \text{Max Power Panel Surya})}{\text{Kapasitas Inverter}}$$

$$= \frac{(280 \times 120)}{10.000} = \frac{134.400}{10.000} = 13,44 \text{ Inverter}$$

(Dibulatkan 14 Inverter)

Berdasarkan dari perhitungan diatas maka jumlah inverter yang dibutuhkan adalah 14 inverter dengan kapasitas 10.000W, merk *YIY Pure Sine Wave Solar Inverter*

4.4 Total Biaya Perencanaan PLTS Off-Grid

Dibawah ini merupakan data-data komponen PLTS sesuai dengan desain yang telah dibuat beserta harga yang dibutuhkan dalam perencanaan PLTS *Off-Grid*. Data tersebut didapat berdasarkan harga dipasaran dan juga harga berdasarkan internet menjual barang-barang tersebut, untuk lebih jelasnya dapat dilihat total biaya perencanaan PLTS *off-grid* sebagai berikut:

Tabel 4.1. Data Harga Komponen PLTS Off-Grid

Nama Barang	Qty	Satuan	Harga		Total
Panel Surya 120WP	280	Pc	Rp.1.740.000	/Pc	Rp. 487.200.000
Baterai Sunlight 12V 200 Ah	336	Pc	Rp.2.119.710	/Pc	Rp. 712.222.560
Solar Charge Controller MPPT 60/150	14	Pc	Rp.11.331.600	/Pc	Rp. 158.642.400
Off-Grid Inverter YIY 10000W	14	Pc	Rp. 16.627.1600	/Pc	Rp. 232.780.240
Combine Box	4	Pc	Rp. 3.960.000	/Pc	Rp. 15.840.000
Panel Box 40x30x20cm	14	Pc	Rp. 650.000	/Pc	Rp. 9.100.000
Panel Distribusi AMF-ATS 60kvA	1	Pc	Rp. 12.500.000	/Pc	Rp. 12.500.000
Besi Siku-Siku 25,35 x 1,37 x 0,05 m	107	Meter	Rp.129.950	/6 Meter	Rp. 13.904.650
Besi Siku-Siku 29,46 x 1,37 x 0,05 m	455	Meter	Rp.129.950	/6 Meter	Rp. 59.127.250
Besi Siku-Siku 29,46 x 0,65 x 0,05 m	61	Meter	Rp.129.950	/6 Meter	Rp. 7.926.950
Besi Hollow 0,05 x 0,05 x 0,45 m	47	Meter	Rp.180.800	/6 Meter	Rp. 8.497.600
Rak Baterai	42	Buah	Rp. 1.500.000	1 Buah	Rp. 63.000.000
Baut M8 x 15 mm	1500	Pcs	Rp.372	/Pc	Rp. 558.000
Baut M8 x 60 mm	600	Pcs	Rp.686	/Pc	Rp. 411.600
Mur M8	2000	Pcs	Rp.1000	/Pc	Rp. 2.000.000
Kabel Instalasi NYHHY 2 x 1.5mm	200	Meter	Rp.10.000	/Meter	Rp. 2.000.000
Kabel Power NYHHY 2 x 2.5mm	100	Meter	Rp.15.000	/Meter	Rp. 1.500.000
Jumlah					Rp. 1.787.211.250

Berdasarkan data pada **Table 4.1**, bahwa dalam perencanaan PLTS *Off-Grid* total investasi awal yang dibutuhkan yaitu sebesar Rp. 1.787.211.250,-

4.5 Biaya Pemeliharaan dan Operasional PLTS Off-Grid

Diperhitungkan bahwa sebesar 1 - 2% dari total biaya investasi awalnya untuk suatu biaya pemeliharaan dan operasional per-tahun untuk PLTS Untuk mengetahui biaya pemeliharaan dan operasional (M) per tahun untuk PLTS yang akan dikembangkan maka dapat dilihat sebagai berikut:

$$M = 1\% \times \text{Total Biaya Investasi}$$

$$M = 1\% \times \text{Rp } 1.787.211.250,-$$

$$M = \text{Rp } 17.872.112,5,- \text{ per tahun}$$

Jika usia panel surya diperkirakan hingga 25 tahun, jadi biaya total pemeliharaan dan operasional PLTS *Off-Grid* yang dibutuhkan hingga 25 tahun yaitu sebesar Rp. 446.802.812,5,-.

4.6 Total Investasi PLTS

Total Investasi PLTS merupakan suatu perkiraan berapa total biaya yang dibutuhkan dalam membeli komponen dan membangun sebuah PLTS, biaya yang dibutuhkan tersebut mencakup total biaya investasi awal, dan biaya pemeliharaan dan operasional selama 25 tahun.

Total investasi PLTS dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini:

$$\text{Total Investasi} = \text{Rp } 1.787.211.250 + \text{Rp. } 446.802.812,5$$

$$\text{Total Investasi} = \text{Rp. } 2.234.014.063,-$$

4.7 Analisis Ekonomi PLTS

Analisa perhitungan ROI (*Return On Investment*) dijalankan menurut **Peraturan Menteri ESDM No.17 Tahun 2013** yang berisi tentang pembelian energi listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang dibeli oleh PLN, menjelaskan bahwa harga US\$ 25 sen/kWh (dua puluh lima sen dolar Amerika Serikat per kilo watt hour) harga tersebut adalah harga pembelian energi tenaga listrik dari PLTS.

Asumsi,

$$1 \text{ US\$} = \text{Rp. } 13.773,33$$

Maka ,

$$0,25 \text{ US\$} = \text{Rp. } 3443,33$$

Total energi listrik yang dihasilkan panel surya per-tahun yaitu sebesar 49.056 kWh, untuk biaya pendapatan per-tahun dari PLTS *Off-Grid* sesuai dengan **Peraturan Menteri ESDM No.17 Tahun 2013** sebagai berikut:

$$= \text{Rp. } 3443,33 \times 49.056 \text{ kWh}$$

$$= \text{Rp. } 168.915.996,5,-/\text{tahun}$$

4.8 Pay Back Period

Untuk pembuatan PLTS *Off-Grid* total investasi yang dibutuhkan yaitu sebesar Rp. 2.234.014.063,-. Maka dalam hal ini untuk mengetahui ROI (*Return On Investment*) dapat dihitung dengan metode *Pay Back Period* dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Jumlah Investasi}}{\text{Aliran Kas Bersih}}$$

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Rp. } 2.234.014.063}{\text{Rp. } 168.915.996,5}$$

$$\text{Payback Period} = 13,22 \text{ Tahun} \approx 13 \text{ tahun } 2 \text{ bulan}$$

4.9 Net Present Value (NPV)

Untuk Perhitungan NPV ini proyeksi perhitungan pendapatan dan biaya yang terjadi yaitu selama 25 tahun dan penggunaan tingkat suku bunga (*interest*) yang digunakan yaitu sebesar 4,5% setiap tahunnya. Untuk Perhitungan NPV dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini yaitu nilai bunga (%), nilai kas dan nilai NPV. Lalu perhitungan secara lengkap untuk rumus tersebut dapat dilihat pada

Tabel 4.2. Nilai Net Present Value (NPV) dari Perencanaan PLTS Off-Grid

Tahun	Biaya Investasi	Arus Kas Bersih	Tingkat Suku Bunga (i=4,5%)	Nilai Kas
0	Rp. 2.234.014.063		1	Rp. (2.234.014.063)
1		Rp.168.915.996,5	0.956	Rp. (161.483.692,7)
2		Rp.168.915.996,5	0.915	Rp. (154.558.136,8)
3		Rp.168.915.996,5	0.876	Rp. (147.970.412,9)
4		Rp.168.915.996,5	0.838	Rp. (141.551.605,1)
5		Rp.168.915.996,5	0.802	Rp. (135.470.629,2)
6		Rp.168.915.996,5	0.767	Rp. (129.558.569,3)
7		Rp.168.915.996,5	0.734	Rp. (123.984.341,4)
8		Rp.168.915.996,5	0.703	Rp. (118.747.945,5)
9		Rp.168.915.996,5	0.672	Rp. (113.511.549,6)
10		Rp.168.915.996,5	0.643	Rp. (108.612.985,7)
11		Rp.168.915.996,5	0.616	Rp. (104.052.253,8)
12		Rp.168.915.996,5	0.589	Rp. (99.491.521,94)
13		Rp.168.915.996,5	0.547	Rp. (92.397.050,09)
14		Rp.168.915.996,5	0.539	Rp. (91.045.722,11)
15		Rp.168.915.996,5	0.516	Rp. (87.160.653,94)
16		Rp.168.915.996,5	0.494	Rp. (83.444.502,27)
17		Rp.168.915.996,5	0.473	Rp. (79.897.266,34)
18		Rp.168.915.996,5	0.452	Rp. (76.350.030,42)
19		Rp.168.915.996,5	0.433	Rp. (73.140.626,48)
20		Rp.168.915.996,5	0.414	Rp. (69.931.222,55)
Tahun	Biaya Investasi	Arus Kas Bersih	Tingkat Suku Bunga (i=4,5%)	Nilai Kas

21		Rp.168.915.996,5	0.396	Rp. 66.890.734,61
22		Rp.168.915.996,5	0.379	Rp. 64.019.162,67
23		Rp.168.915.996,5	0.363	Rp. 61.316.506,73
24		Rp.168.915.996,5	0.347	Rp. 58.613.850,79
25		Rp.168.915.996,5	0.332	Rp. 56.080.110,84
NPV (Net Present Value)				Rp. 265.267.020,8

Rumus Mengetahui Nilai Bunga (%):

Contoh:

$$\text{Bunga (\%)} = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

$$\text{Bunga (\%)} = \frac{1}{(1 + 0.045)^1} = 0.956$$

Keterangan:

i = Nilai suku bunga yang digunakan yaitu

($i=4,5\%$)

n = Nilai Periode atau waktu arus kas

Rumus Mengetahui Nilai Kas:

Contoh:

Nilai Kas = Arus Kas x i

$$\begin{aligned} \text{Nilai Kas} &= 168.915.996,5 \times 0.956 \\ &= 161.483.692,7 \end{aligned}$$

Keterangan:

i = Nilai suku bunga setiap tahunnya

Rumus Mengetahui Nilai NPV:

$$\text{NPV} = \left(\frac{\text{NCF}^1}{(1+i)^1} + \frac{\text{NCF}^2}{(1+i)^2} + \frac{\text{NCF}^3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{\text{NCF}^n}{(1+i)^n} \right) - \text{Biaya Investasi}$$

Keterangan :

NPV = Net present value

NCF¹ = Arus Kas Bersih

i = Tingkat Suku Bunga (4,5%)

n = Waktu Periode (Tahun)

Dari **Tabel 4.2** dan perhitungan diatas bahwa nilai NPV yang dihasilkan adalah Positif. Oleh Karena itu jika $\text{NPV} > 0$ berarti investasi yang dilakukan dapat memberikan manfaat bagi perusahaan dan investasi PLTS *Off-Grid* tersebut bisa diterima atau bisa dijalankan. Bila usia panel surya yang diperkirakan mencapai 25 tahun dibandingkan dengan hasil analisis ROI (*Return On*

Investment) yang didapatkan, maka akan sangat menguntungkan untuk perancangan PLTS *Off-Grid* ini.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dengan Luas Wilayah $\pm 3.365\text{m}^2$ dan luas wilayah yang digunakan PLTS *Off-Grid* $\pm 1.192\text{m}^2$, Dengan menggunakan sistem 48V, maka dapat disusun 280 buah Panel Surya dengan kapasitas 120 Wp, 336 buah Baterai 12V 200A, 14 buah *Solar Charge Controller* 60A dan 14 buah Inverter 10.000W.
2. Dari hasil perhitungan menggunakan 280 buah panel surya 120 Wp, bahwa per-hari energi listrik yang dihasilkan yaitu sebesar 134,4 kWh, dan setiap tahunnya energi listrik yang dihasilkan yaitu sebesar 49.056 kWh.
3. Biaya investasi awal pada perencanaan PLTS *Off-Grid* ini menurut pengumpulan data peralatan yang dibutuhkan maka biaya yang dibutuhkan yaitu sebesar Rp. 2.234.014.063 dan untuk pertahunnya biaya pemeliharaan beserta biaya operasional yaitu sebesar Rp 17.872.112,5,-.
4. Menurut hasil perhitungan ROI (*Retrun Of Investment*) menggunakan metode *Pay Back Period* biaya investasi akan kembali selama 13 Tahun 2 Bulan, berdasarkan estimasi rata-rata umur pemakaian panel surya hingga mencapai 25 tahun, dapat disimpulkan bahwa untuk masa yang akan datang dalam pembuatan PLTS dengan menggunakan rancangan PLTS *Off-Grid* ini akan menghasilkan *income* yang baik kedepannya.

5.2 Saran

1. Dalam Perencanaan PLTS *Off-Grid* di atap parkir gedung Admisi Universitas Yogyakarta diharapkan untuk kedepannya dapat diketahui berapa total beban yang digunakan pada gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, agar mempermudah dalam menentukan kebutuhan energi listrik yang digunakan.
2. Pembahasan lebih rinci mengenai aspek-aspek lainnya (contohnya aspek pasar, aspek lingkungan, aspek perawatan baterai dan lainnya) yang bisa menjadikan rancangan sistem PLTS bias menjadi sangat layak untuk diimplementasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Hanafi, Mamduh M. 2004. Edisi Pertama Manajemen Keuangan. Yogyakarta : Fakultas Ekonomika & Bisnis UGM BPFE.
- Hakim, Muhammad Fahmi. 2017. "Perancangan *Rooftop Off Grid* Solar Panel Pada Rumah Tinggal Sebagai ALternatif Sumber Energi Listrik". Jurnal Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
- Jufrizel, MT dan Muhammad Irfan, ST. 2017. "Perencanaan Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem *On-Grid*". Jurnal. Pekanbaru. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Sultan Syarif Kasim Riau
- Hafid, Abdul Dkk. 2017. "Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pulau Balang Lompo". Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika (pISSN: 1693-8097; eISSN: 2549-8762) Vol. 14 No.1.
- Naim, Muhammad dan Setyo Wardoyo. 2017. "Rancangan Sitem Kelistrikan PLTS *On-Grid* 1500 Watt Dengan Back Up Battery Di Desa Timampu Kecamatan Towuti". Teknik Mesin. Akademi Sorowako
- Engelbertus, Tomi. 2016. "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Catu Daya Untuk Tambahan Pada Hotel Kini Pontianak". Fakultas Teknik Tanjungpurna
- Syafik, Mhd. dan Ibnu Kahfi Bachtiar. 2016. "Rancangan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga Menggunakan *Software* HOMER untuk Masyarakat Kelurahan Pulau Terong Kecamatan Belakang Padang Kota Batam". Jurnal Teknik Elektro, Universitas Maritim Raja Ali Haji
- Myson, Ir. H., MT. 2016. "Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Daerah Pesisir Kuala Tungkal Tanjab Barat". Universitas Batanghari Jambi
- Sianipar, Rafael. 2014. "Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya". Jurnal Jurusan Teknik Elektro Trisakti
- Islamy, Zawahar dan Agung Sudrajad. 2014. "Studi Perencanaan Atap Panel Surya di Hotel The Royale Krakatau Cilegon". Jurnal Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
- Rahayuningtyas, Ari Dkk. 2014. "Studi Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Sederhana Di Daerah Pedesaan Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Untuk Mendukung Program Ramah Lingkungan Dan Energi Terbarukan". Jurnal. Pusat Pengembangan Teknologi Tepat Guna. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
- <http://elektrojiwaku.blogspot.com/2011/04/pe-mbangkit-listrik-tenaga-surya-plts.html>, Diakses pada tanggal 25 Januari 2017, pukul 10.26 WIB
- <http://benergi.com/keuntungan-dan-kerugian-pembangkit-listrik-tenaga-surya>, Diakses pada tanggal 25 Januari 2017, pukul 12.10 WIB
- <https://tenagamatahari.wordpress.com/beranda/konsep-kerja-sistem-plts/>, Diakses pada tanggal 23 Maret 2018, pukul 15.20 WIB
- <http://energias-renovables-y-limpias.blogspot.co.id/2013/04/que-panel-comprar-monocristalino-o-policristalino.html>, Diakses pada tanggal 23 Maret 2018, pukul 16.10 WIB
- <https://solar.schneider-electric.com/product/conext-mppt-60-150/>, Diakses pada tanggal 23 Maret 2018, pukul 16.30 WIB
- <http://www.systems-sunlight.com/wp-content/uploads/2014/11/spg-12v-200ah.pdf>, Diakses pada tanggal 23 Maret 2018, pukul 17.20 WIB
- <http://solarsuryaindonesia.com/info/sistem-off-grid-on-grid-tie>, Diakses pada tanggal 23 Maret 2018, pukul 17.53 WIB
- <https://tmlenergy.co.id/wp.../01/Proposal-Off-Grid-PV-System.pdf>, Diakses pada tanggal 23 Maret 2018, pukul 18.40 WIB
- <https://www.alibaba.com/product-detail/Wall-Mount-Type-Off-Grid-DC-60691107118.html?spm=a2700.7724857.main07.61.181d505ddkZb4j>, Diakses pada tanggal 23 Maret 2018, pukul 19.40 WIB