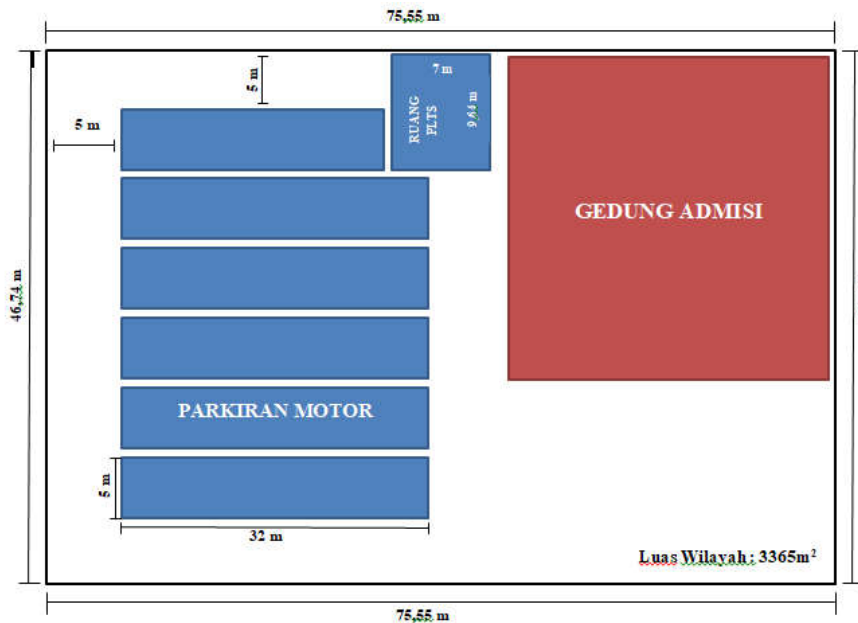


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 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 **Gambar 4.1** merupakan gambar dimensi luas wilayah di parkir motor gedung admisi Univeritas Muhammadiyah Yogyakarta dilengkapi dengan area yang akan dibuat perancangan PLTS *Off-Grid*.



Gambar 4.1. Denah Parkiran Motor Gedung Admisi

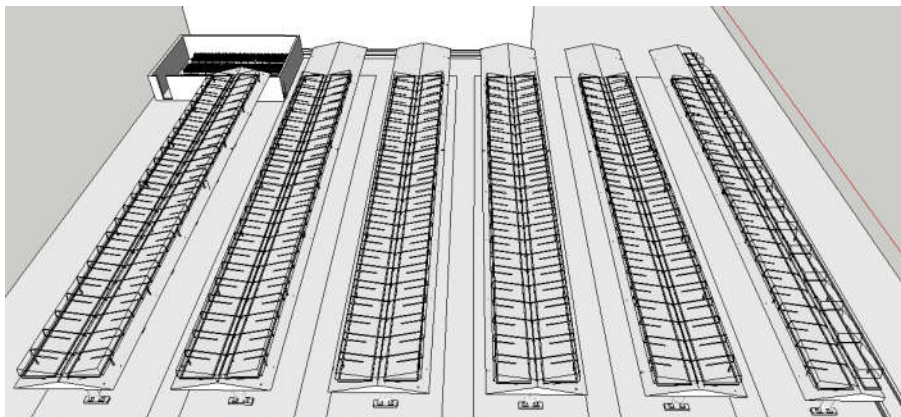
Hasil identifikasi lokasi di parkir motor gedung admisi Univeritas Muhammadiyah Yogyakarta menunjukkan bahwa atap dari parkir ini memiliki banyak terdapat area kosong yang dapat digunakan untuk perencanaan PLTS *Off-Grid*.

Setelah dilakukannya identifikasi lokasi di parkir motor gedung admisi Univeritas Muhammadiyah Yogyakarta, selanjutnya yaitu membuat skema PLTS *Off-Grid* dapat dilihat di **lampiran 5**.

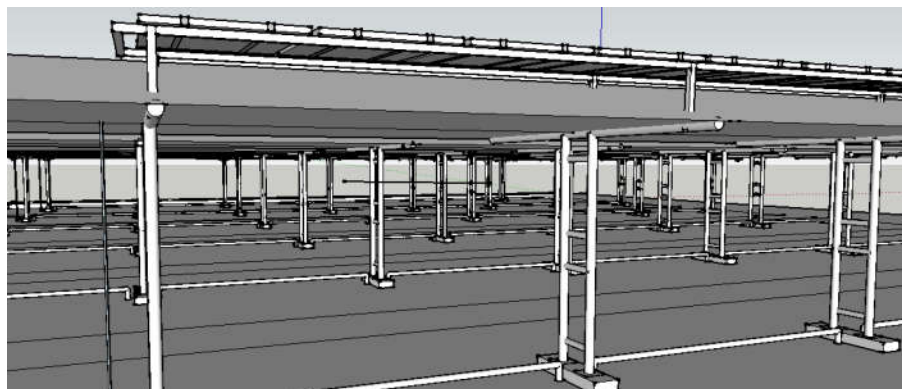


Gambar 4.2. Parkiran Motor Gedung Admisi UMY

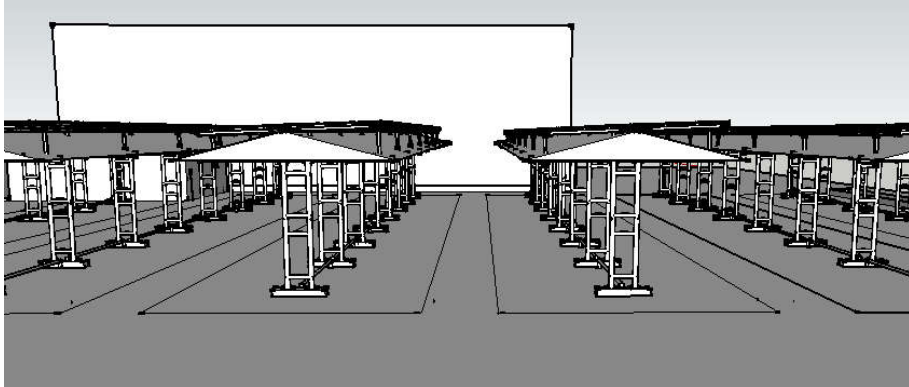
Dilihat dari hasil diatas maka dibuatlah desain perencanaan PLTS *Off-Grid* di atap parkir motor gedung admisi Univeritas Muhammadiyah Yogyakarta pada pembuatan perencanaan PLTS *Off-Grid*, salah satu hal yang dilakukan yaitu mendesain *layout* pada atap parkir gedung Admisi Univeritas Muhammadiyah Yogyakarta, dan juga mendesain komponen-komponen PLTS *Off-Grid* yang nantinya akan digunakan dalam perancangan ini. Untuk mendesainnya yaitu menggunakan *software Sketch-Up*, Setelah mendesai komponen-komponen tersebut, langkah selanjutnya yaitu desain yang sudah dibuat lalu digabungkan sesuai dengan ukuran dan tempatnya masing-masing. Pada gambar dibawah ini merupakan desain akhir rancangan PLTS *Off-Grid* setelah beberapa kali desain dalam proses pembuatannya :



Gambar 4.3. Desain PLTS di atap Parkiran Motor Gedung Admisi



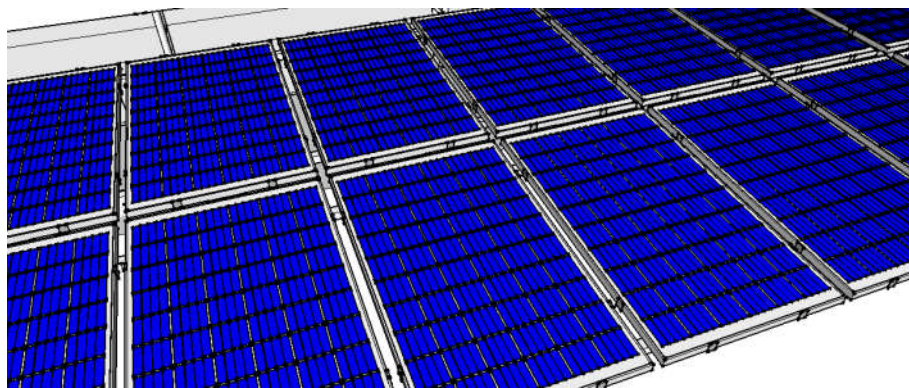
Gambar 4.4. Desain Parkiran Motor Gedung Admisi



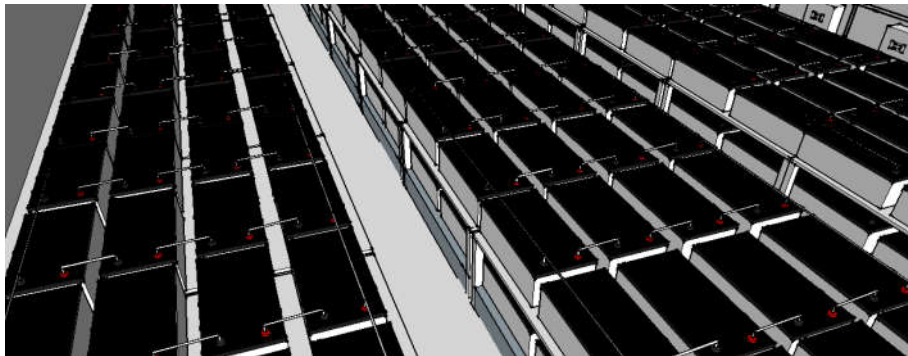
Gambar 4.5. Desain Parkiran Motor Gedung Admisi tampak depan



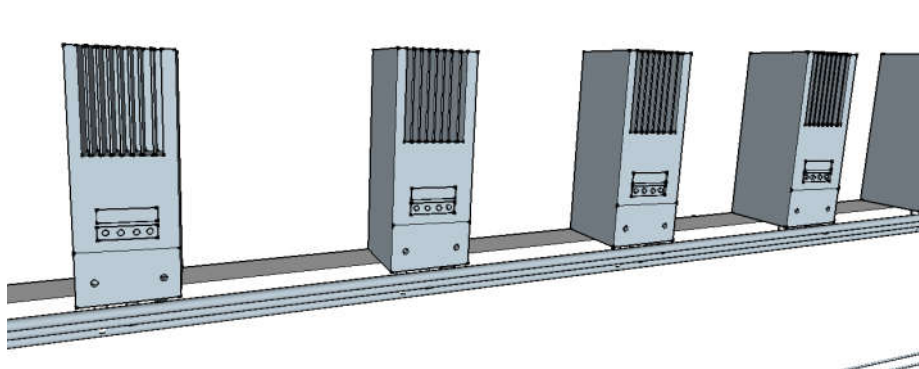
Gambar 4.6. Desain Ruang Baterai , SCC, dan Inverter



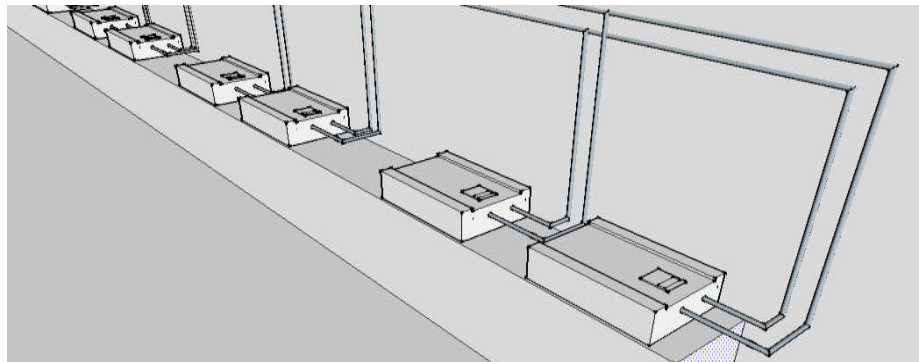
Gambar 4.7. Desain Panel Surya



Gambar 4.8. Desain Baterai



Gambar 4.9. Desain *Solar Charge Controller*



Gambar 4.10. Desain Inverter

Dalam perencanaan PLTS *Off-Grid* ini dapat dipasang 280 buah panel surya, baterai 336 buah, Solar Charge Controller 14 buah dan inverter 14 buah.

4.2 Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya

4.2.1 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 dan *data sheet* Panel Surya 120Wp dapat dilihat pada **Lampiran 1**. 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

Rumus:

$$\begin{aligned}\text{Energi Yang Dihasilkan} &= (\text{N Panel} \times \text{Max Power Panel Surya}) \times t \\ &= (280 \times 120) \times 4 \\ &= 33.600 \times 4 \\ &= 134.400 \text{ Wh}\end{aligned}$$

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)

$$\begin{aligned}\text{Total tegangan panel surya} &= \text{VoC} \times \text{Panel Di Seri} \\ &= 22,35 \times 4 \\ &= 89,4 \text{ V}\end{aligned}$$

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

4.2.2 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, dan *data sheet Solar Charge Controller* dapat dilihat pada **Lampiran 2**, sehingga untuk lebih jelasnya dapat dilakukan Perhitungan Menggunakan Rumus Sebagai Berikut:

Rumus:

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

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

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

$$\begin{aligned} N_{SCC} &= \frac{I_{SCC}}{\text{Arus SCC}} \\ &= \frac{106 \text{ A}}{60 \text{ A}} \\ &= 1,766 \text{ Buah} \end{aligned}$$

(Dibulatkan Menjadi 2 buah SCC)

Keterangan:

Isc = Arus *Solar Charge Controller* (Ampere)

Isc 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*

4.2.3 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* untuk lebih jelasnya terdapat *data sheet* baterai pada **Lampiran 3**, sehingga perhitungan kebutuhan baterai sebagai berikut :

Spesifikasi Baterai:

Voltase yang Diperlukan system Surya : 48V

Voltase Baterai : 12V

Kapasitas Baterai : 200Ah

Depth Of Discharge (DOD) : 50%

Days Of Autonomy : 3 Hari Tanpa Sinar Matahari

Seperti Yang Sudah Ditetapkan 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:

$$B_{\text{paralel}} = \frac{N \text{ baterai}}{B \text{ seri}}$$

$$= \frac{336}{4}$$

$$= 84 \text{ Buah Baterai Diparalel}$$

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

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

$$= 16.800 \text{ Ah}$$

4.2.4 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:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Inverter} &= \frac{(\text{N Panel Surya} \times \text{Max Power Panel Surya})}{\text{Kapasitas Inverter}} \\ &= \frac{(280 \times 120)}{10.000} \\ &= \frac{134.400}{10.000} = 13,44 \text{ Inverter (Dibulatkan 14 Inverter)}\end{aligned}$$

Berdasarkan dari perhitungan diatas maka jumlah inverter yang dibutuhkan adalah 14 inverter dengan kapasitas 10.000W, merk *YIY Pure Sine Wave Solar Inverter* dan *datasheet* inverter ini dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

4.3 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
<i>Off-Grid</i> 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 NYYHY 2 x 1.5mm	200	Meter	Rp.10.000	/Meter	Rp. 2.000.000
Kabel Power NYYHY 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,-

4.3.1 Analisa *Output* yang Dihasilkan Panel Surya

Dari panel surya 120Wp untuk menentukan energi yang dihasilkan oleh panel surya, terlebih dahulu harus mengetahui spesifikasi panel surya tersebut. Setelah mengetahui spesifikasi panel surya 120Wp maka dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Rumus:

$$\begin{aligned}\text{Energi Yang Dihasilkan} &= (N \text{ Panel} \times \text{Max Power Panel Surya}) \times t \\ &= (280 \times 120) \times 4 \\ &= 33.600 \times 4 \\ &= 134,4 \text{ [kWh/hari]} \\ &= 49.056 \text{ [kWh/tahun]}\end{aligned}$$

4.3.2 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, (Jais, 2012). Pada penelitian ini menurut sumber tersebut, akan ditetapkan sebesar 1% dari total investasi awal, besarnya suatu persentase tersebut untuk digunakan per-tahun yang mencakup biaya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan dan instalasi lalu untuk pekerjaan pembersihan panel surya. Berdasarkan Negara Indonesia hanya memiliki dua musim, musim kemarau dan musim penghujan oleh karena itu biaya untuk pemeliharaan dan biaya pembersihan PLTS ini tidak sebesar Negara lainnya yang mengalami empat musim dalam satu tahun. Maka dari itu penentuan persentase yaitu hanya 1%, Selain hal tersebut

presentase 1% juga didasarkan bahwa tenaga kerja di Indonesia lebih murah tingkat upahnya dibandingkan Negara maju yang tingkat upahnya lebih tinggi. 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,-.

4.3.3 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:

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

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

4.3.4 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 US\$ = Rp. 13.773,33 (berdasarkan tanggal 12 April 2018)

Maka

0,25 US\$ = 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:

Rp. 3443,33 x 49.056 kWh = Rp. 168.915.996,5,-/tahun

4.3.5 *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:

Payback Period = Jumlah Investasi / Aliran Kas Bersih

Payback Period = Rp. 2.234.014.063 / Rp. 168.915.996,5

Payback Period = 13,22 Tahun \approx 13 tahun 2 bulan

4.3.6 *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 **Lampiran 6, Lampiran 7 dan Lampiran 8** dan nilai NPV dapat dilihat pada **Table 4.2** :

Rumus Mengetahui Nilai Bunga (%):

Contoh:

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

Keterangan:

i = Nilai suku bunga yang digunakan yaitu ($i=4,5\%$)

n = Nilai Periode atau waktu arus kas

Rumus Mengetahui Nilai Kas:

Contoh:

$$\text{Nilai Kas} = \text{Arus Kas} \times i \quad \text{Nilai Kas} = 168.915.996,5 \times 0.956 \\ = 161.483.692,7$$

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

NCF^1 = Arus Kas Bersih

i = Tingkat Suku Bunga (4,5%)

n = Waktu Periode (Tahun)

Jadi, Nilai NVP yang didapat dalam perencanaan PLTS ini adalah Rp.2.499.281.084 , setelah didapatkan hasil tersebut selanjutnya yaitu dikurangi hasil dari jumlah investasi yang digunakan, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{NVP} &= 2.499.281.084 - 2.234.014.063 \\ &= 265.267.020,8 \end{aligned}$$

Dari **Tabel 4.2** dan perhitungan diatas bahwa nilai NPV yang dihasilkan adalah Positif. Oleh Karena itu jika 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.

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)

Tahun	Biaya Investasi	Arus Kas Bersih	Tingkat Suku Bunga (i=4,5%)	Nilai Kas
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)
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