

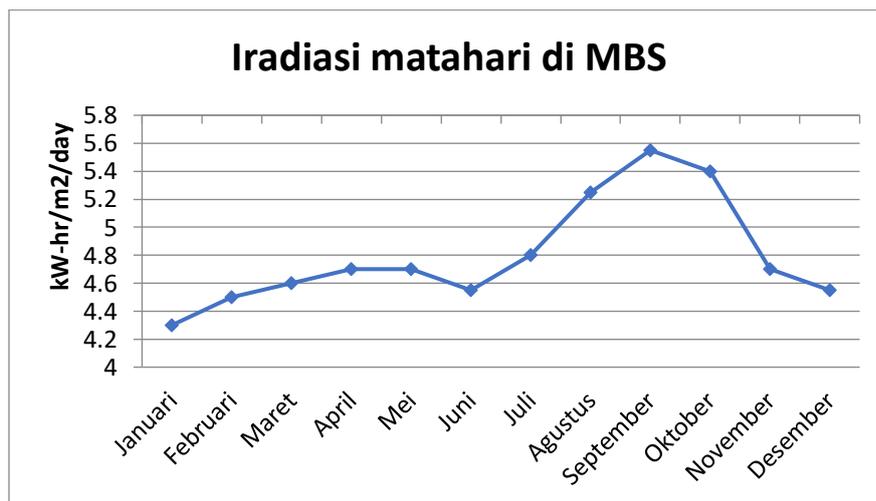
## BAB IV

### PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Lokasi Penelitian

##### 4.1.1 Nilai iradiasi matahari dan posisi matahari

Nilai iradiasi matahari dan posisi matahari pada penelitian ini diperoleh dari database *Surface Metereology and Solar Energi* (SSE) milik *National Aeronautic and Space Administration* (NASA). Untuk memperoleh data nilai iradiasi matahari dari SSE NASA tersebut diperlukan titik koordinat lokasi penelitian yang akan dipasang PLTS. Berikut grafik nilai iradiasi matahari yang diperoleh dari *database* SSE NASA dengan titik koordinat lokasi yaitu latitude -7.7815 dan longitude 110.4853



Gambar 4.1 Grafik data iradiasi matahari per hari di MBS juli 1983 - 2005

(Sumber : NASA SSE)

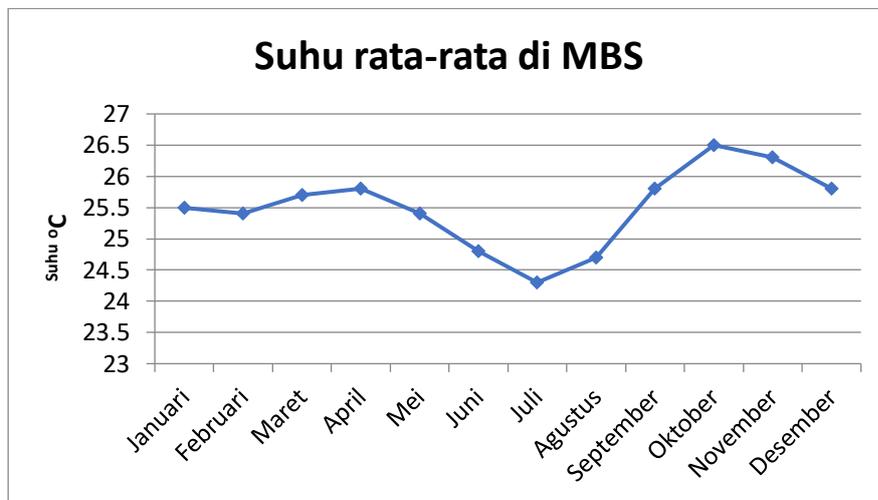
##### 4.1.2 Suhu Lokasi

Data dari suhu lokasi berasal dari *database Surface Metereologi and Solar Energi* milik *National Aeromatic and Space Administration* (NASA). Data yang diambil yaitu berupa data suhu ekstrim minimum, dan maksimum serta suhu rata-rata dair lokasi perancangan PLTS.

Tabel 4.1. Suhu ekstrim sekitar MBS

No	Jenis	Nilai
1	Suhu ekstrim minimum	20°
2	Suhu rata-rata	25°
3	Suhu ekstrim maksimum	33°

Sumber: NASA SSE



Gambar 4.2. Grafik suhu rata-rata di daerah MBS

Berdasarkan tabel 4.1 dan gambar 4.2 yang diperoleh dari NASA SSE diperoleh data nilai suhu ekstrim minimum sebesar 20°C, suhu rata-rata 25°C, dan suhu ekstrim maksimum 33°C. Pengambilan data suhu di daerah MBS sangat diperlukan karena suhu di daerah tersebut akan mempengaruhi nilai efisiensi dari panel surya nantinya.

#### 4.2 Perhitungan Beban Energi Listrik

Dikarenakan Kapasitas PLTS menggunakan sistem *off grid*, maka pemilihan kuota energi listrik harus dilakukan secara tepat guna memperoleh nilai total kebutuhan beban yang sesuai. Hal tersebut dilakukan karena nilai kapasitas pembangkit listrik sistem *off grid* memiliki kapasitas terbatas guna melayani kebutuhan total kapasitas beban yang lebih optimal. Dalam melakukan pemilihan kuota energi listrik dapan menggunakan standar SNI 04-6394-2000,

yang mengatur perihal *minimum daily energi services* yang dapat disuplai oleh sistem.

Untuk pemilihan kuota energi listrik terdiri dari 3 kelompok yang terbagi antara lain kelompok penerangan, kelompok pendingin, kelompok peralatan elektronik yang ada di MBS. Data diperoleh dengan melakukan survey secara langsung menggunakan metode wawancara. Pada tabel 4.2. 4.3. dan 4.4. merupakan tabel kuota energi listrik di MBS.

Tabel 4.2. Beban energi listrik penerangan

NO	Perangkat	Jumlah	Daya (W)	Total Daya (W)	Durasi (jam)	Energi (Wh)
1	Lampu 1	396	14	5.544	4	44.352
2	Lampu 2	472	18	8.496	10	84.960
3	Lampu 3	359	24	8.616	4	34.464
4	Lampu 4	137	24	3.288	12	39.456
Jumlah				26.944		203.412

Lampu 1 = Lampu yang digunakan pada toilet

Lampu 2 = Lampu yang digunakan pada asrama santri

Lampu 3 = Lampu yang digunakan pada ruang kelas santri

Lampu 4 = Lampu yang digunakan pada teras

Tabel 4.3. Beban energi listrik pendingin

No	Perangkat	Jumlah	Daya (W)	Total Daya (W)	Durasi (jam)	Energi (Wh)
1	Kipas	52	70	3.640	7	25.480
2	AC	8	840	6.720	12	80.640
Jumlah				10.360		106.120

Tabel 4.4. Beban energi listrik peralatan elektronik

No	Perangkat	Jumlah	Daya (W)	Total Daya (W)	Durasi (Jam)	Energi (Wh)
1	Komputer 1	16	450	7.200	12	86.400
2	Komputer 2	138	450	62.100	7	55.4700
Jumlah				69.300		521.100

Komputer 1 = Komputer pada ruang guru

Komputer 2 = Komputer pada lab santri

Dari data diatas dapat ditentukan terkait komponen-komponen yang penting atau sebagai kebutuhan primer pada MBS, dimana pada tabel 4.1 tentang beban penerangan terdapat beberapa jenis lampu, yaitu lampu 1 yang digunakan sebagai penerangan toilet, lampu 2 digunakan untuk asrama santri, dan lampu 3 yang digunakan untuk penerangan ruang kelas, serta lampu 4 yang digunakan untuk penerangan teras. Dari data ini dapat dilihat bahwa lampu 4 adalah sebagai kebutuhan penerangan primer yaitu digunakan untuk penerangan teras asrama santri, apabila teras asrama tidak memiliki penerangan maka para santri akan kesulitan untuk beraktifitas pada malam hari. Komponen penting lainnya yaitu komputer 1 yang digunakan oleh guru untuk bekerja setiap harinya.

### 4.3 Pengolahan Data

Pengolahan data digunakan untuk memperoleh nilai perhitungan total kebutuhan beban dari pembangkit serta kebutuhan penggolongan kategori nilai iradiasi untuk mengetahui lama waktu efektif matahari dalam satu hari.

#### 4.3.1 Menentukan Nilai *Equal Sun Hours*

Menentukan nilai *Equan Sun Hours* (ESH) dilakukan untuk menentukan kasifikasi kelas iradiasi yang mengacu pada standar SNI IEC 04-6394-2000 agar dapat mengetahui lama waktu efektif matahari yang akan digunakan untuk

perancangan sistem PLTS nantinya. Dibawah ini merupakan nilai rata-rata iradiasi di MBS yang diambil dari NASA SSE.

$$\text{Rata-rata} = 4,8 \text{ kWh/m}^2/\text{hari (kategori IIIa)}$$

$$\begin{aligned} \text{Range} &= \text{nilai rata-rata} - \text{nilai terendah} \\ &= 4,8 \text{ kWh/m}^2/\text{hari} - 4,28 \text{ kWh/m}^2/\text{hari} \\ &= 0,52 \text{ kWh/m}^2/\text{hari (kategori IIIa)} \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan *range* ESH maka diperoleh hasil sebesar 0,52 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Menurut kelas range ESH, maka nilai tersebut berada pada range <1,5 sedangkan nilai rata-rata iradiasi di daerah gedung MBS sebesar 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari yang termasuk dalam kelas ESH kategori IIIa (4,5-5,4) Dibawah ini merupakan tabel klasifikasi ESH.

Tabel 4.5 Klasifikasi iradiasi berdasarkan SNI IEC

Kelas ESH	I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IV
Rata-rata iradiasi	<4,5	<4,5	4,5-5,5	4,5-5,5	>5,5	>5,5
Range	>1,5	<1,5	>1,5	<1,5	>1,5	<1,5
Kelas iradiasi	3	4	4	5	5	6

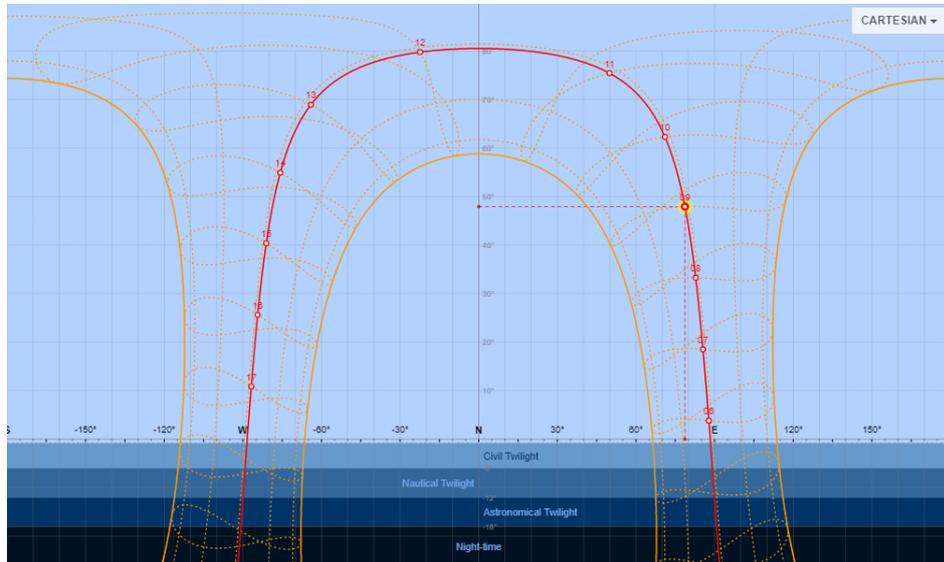
Jadi kelas iradiasi matahari yang digunakan untuk perancangan sistem berdasarkan nilai yang didapatkan adalah kelas IIIa yaitu 5 jam seperti yang terlihat pada tabel 4.5.

#### 4.3.2 Menentukan sudut posisi matahari, orientasi, dan kemiringan

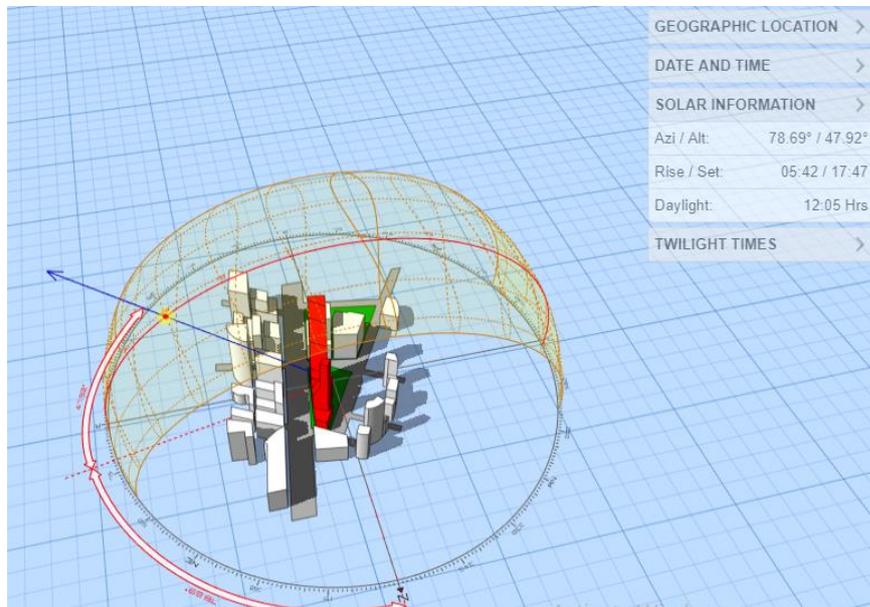
Dalam menentukan sudut posisi matahari dengan menggunakan *software 3D sun path*. Penentuan tersebut dilakukan agar dapat mengoptimalkan nilai iradiasi dari matahari yang akan berpengaruh dengan hasil output tegangan listrik yang akan dihasilkan dari panel surya tersebut.

Menurut klasifikasi kelas ESH daerah MBS termasuk dalam kategori IIIa yang memiliki waktu efektif dari pukul 09.00 hingga pukul 14.00 WIB untuk menentukan sudut posisi matahari di daerah MBS dapat dilakukan dengan

menggunakan gambar diagram kartesian dari *sun path* dan gambar 3d milik Andrew. Berikut adalah gambar *sun path* untuk lokasi MBS.



Gambar 4.3. Diagram kartesian sun path (sumber: Andrewmarsh)



Gambar 4.4 3D sun path (sumber:andrewmarsh)

Berdasarkan gambar 4.4 diagram kartesian dan gambar 4.5 3D *sun path* pada pukul 09.00 diperoleh nilai *azimuth*  $78,69^{\circ}$  dan nilai *altitude* sebesar  $47,92^{\circ}$ . Langkah selanjutnya yakni menentukan sudut kemiringan dari panel surya tersebut.

Dalam menentukan sudut kemiringan dari panel surya akan mengacu pada standar SNI IEC 04-6394-2000, sudut kemiringan dari panel surya yang sudah ditetapkan sebesar  $15^{\circ}$  agar memudahkan pembersihan panel surya dari air hujan dan kotoran serta mendapatkan nilai iradiasi yang optimal. Lokasi yang terletak di belahan bumi selatan, panel surya akan menghadap ke utara. Sehingga orientasi dari panel surya yaitu mempunyai sudut kemiringan panel sebesar  $15^{\circ}$  dan menghadap ke utara.

#### 4.3.3 Perhitungan Total kebutuhan beban

Perhitungan total kebutuhan beban dilakukan setelah memperoleh jumlah total kebutuhan energi listrik penerangan, pendingin, dan peralatan elektronik yang ada pada gedung MBS yang bertujuan untuk menentukan jumlah total kebutuhan beban juga menggunakan nilai toleransi cadangan energi sebesar 30% (Triyanto Pangaribowo, 2016) diatas kapasitas total beban yang berguna untuk memberikan kapasitas toleransi apabila terjadi kenaikan beban yang terpasang. Sedangkan untuk perhitungan rugi-rugi tyang terjadi, mengacu pada standar IEEE 1562:2017 yang mengatur perhitungan rugi-rugi dari sistem sebesar 10-20%

Tabel 4.6. Perhitungan total kebutuhan beban

No	Jenis	Total beban (Wh)
1	Lampu 4	39.456
2	Komputer 1	86.400
Jumlah total		125.856
Toleransi Cadangan Energi 30%		37.757
Rugi-rugi 20%		32.722
Jumlah Total Kebutuhan		196.334

$$\text{Sub total 1} = \text{Jumlah total beban} + (\text{jumlah total beban} * 30\%)$$

$$= 125.856 + (99.552 * 30\%)$$

$$= 163.612 \text{ Wh}$$

$$\text{Jumlah beban} = \text{sub total 1} + (\text{sub total 1} * 20\%)$$

$$= 163.612 + (129.417 * 20\%)$$

$$= 196.334 \text{ Wh}$$

$$= 196 \text{ kWh}$$

Pada perhitungan jumlah total kebutuhan dari beban diperoleh hasil sejumlah 196 kWh, Nilai total kebutuhan beban diperoleh berdasarkan nilai dengan ditambahkan nilai toleransi sebesar 30% dari kebutuhan total. Setelah nilai penjumlahan kebutuhan beban ditambahkan dengan nilai toleransi 30%, maka hasil penjumlahan ditambahkan dengan nilai rugi-rugi 20% agar diperoleh nilai kebutuhan total dari beban dengan nilai 196 kWh.

#### 4.3.4 Penentuan desain teknis

##### a). Penentuan kapasitas PLTS

Setelah diketahui total kebutuhan beban maka selanjutnya menentukan kapasitas PLTS yang akan dirancang pada lokasi MBS dengan nilai perhitungan yang telah diperoleh yaitu sebagai berikut:

- a. Kebutuhan energi listrik pada lokasi sebesar 196 kWh dalam satu hari.
- b. Nilai kelas ESH lokasi MBS yaitu 5 jam.
- c. Nilai koefisien dari PLTS sebesar 0,8. (*Photovoltaic Systems Engineering Second Edition*, 2003)
- d. Nilai efisiensi dari modul 88,5%. (Bagus Ramadhani, 2018)

Setelah diperoleh data-data seperti diatas, maka dilakukanlah perhitungan kapasitas PLTS menggunakan rumus berikut:

$$P = W / t \times \text{kef} \times \text{eff modul}$$

Keterangan,

P	= Kapasitas dari PLTS
W	= Total Kebutuhan beban
Eff. Modul	= Nilai efisiensi modul
t	= lama waktu efektif iradiasi
kef	= Nilai koefisien dari PLTS

Maka perhitungan dari kapasitas PLTS yaitu,

$$P = 196 \text{ kWh} / 5 \text{ jam} \times 0,8 \times 0,885 = 55,461 \text{ kWp}$$

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan dengan mempertimbangkan nilai-nilai efisiensi modul dan nilai koefisien dari PLTS maka diperoleh nilai kapasitas PLTS yang dibutuhkan oleh lokasi sebesar 55 kWp. Jika dihitung dalam satu hari dengan waktu efektif 5 jam, maka akan menghasilkan 208,925 kWh dan jika dikalkulasikan dalam satu tahun (365 hari) maka akan menghasilkan 79.907,625 kWh.

b). Perhitungan kapasitas baterai

Pada perhitungan kapasitas baterai, pada setiap sistem memiliki nilai efisiensi masing-masing yaitu efisiensi inverter, efisiensi baterai, dan efisiensi dari penghantar. Untuk nilai dari efisiensi baterai berdasarkan otonomi sistem sedangkan untuk efisiensi dari penghantar sebesar 98%. Perhitungan dari kapasitas baterai yang dibutuhkan menggunakan rumus sebagai berikut,

$$\text{Baterai} = \text{Otonomi sistem} \times \text{Total kebutuhan (MWh)} / \text{Efisiensi}$$

Keterangan,

Otonomi sistem = Cadangan baterai 2 hari jika tidak ada sinar matahari

Efisiensi = Efisiensi baterai x efisiensi penghantar

Efisiensi baterai = 0,85 (Bagus Ramadhani, 2018)

Efisiensi penghantar = 0,98 (*Photovoltaic Systems Engineering Second Edition*, 2003)

$$\begin{aligned}\text{Baterai} &= 2 \times 196 \text{ kWh} / (0,85 \times 0,98) \\ &= 470,58 \text{ kWh}\end{aligned}$$

Setelah diperoleh kapasitas baterai dalam satuan MWh, maka dikonversikan ke dalam satuan Ah menggunakan rumus berikut:

$$\text{Baterai(Ah)} = \text{Baterai (MWh)} \times 1000 / \text{nominal tegangan baterai}$$

Keterangan,

$$\text{Nominal tegangan baterai} = 48\text{V}$$

$$\text{Baterai (Ah)} = 470,58 \times 1000 / 48 = 9.803 \text{ Ah}$$

Berdasarkan Permen ESDM no. 36 tahun 2018 yang mengatur syarat dari *depth of discharge* (DOD) dari baterai dengan nilai 80% maka perhitungan dari kapasitas baterai yaitu,

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas baterai} &= \text{baterai (Ah)} / \text{DOD} \\ &= 9.803 / 0,8 = 12.254 \text{ Ah}\end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan seperti diatas maka kapasitas baterai dengan mempertimbangkan DOD sebesar 80% diperoleh nilai yang dibutuhkan pada sistem yaitu, sebesar 12.254 Ah.

#### c). Menghitung jumlah panel surya

Melakukan perhitungan jumlah solar panel yang akan digunakan dilakukan berdasarkan komponen yang sudah terpilih. Untuk komponen panel surya yang digunakan menggunakan spesifikasi multicrystalline dengan kapasitas masing-masing panel sebesar 320Wp. Jumlah kapasitas yang dihasilkan oleh panel surya bergantung oleh lamanya radiasi matahari dimana untuk tingkat iradiasi matahari di daerah MBS adalah 5 jam sehingga energi yang dihasilkan pada tiap panel surya yang terpasang adalah 1600 Wp per harinya. Untuk mengetahui jumlah panel surya yang akan digunakan, menggunakan rumus seperti dibawah ini,

Jumlah panel = kapasitas total PLTS / kapasitas panel surya

Jumlah panel = 196 kWh / 320Wp x 5 jam

Jumlah Panel = 123 panel

Keterangan,

Wp = Watt peak (daya yang dihasilkan dalam satu jam kondisi maksimal)

Setelah dilakukan perhitungan diperoleh jumlah total panel surya yang dibutuhkan oleh sistem yaitu sebanyak 123 panel surya dengan kapasitas masing-masing panel sebesar 320Wp.

d). Menghitung kapasitas *solar charge controller*

*Solar charge controller* (SCC) diperlukan sebagai pengontrol pengisian pada baterai yang digunakan pada sistem, untuk menghitung kebutuhan SCC dari sistem menggunakan rumus di bawah ini,

$SCC = \text{Kapasitas total PLTS} / \text{output SCC (kW)}$

$SCC = 55 \text{ kWp} / 3200 \text{ W}$

SCC = 18 buah

Berdasarkan perhitungan kebutuhan SCC diperoleh nilai total SCC yang dibutuhkan sistem yaitu sebanyak 18 buah. Setelah kapasitas SCC diperoleh, maka dilakukan penentuan kapasitas inverter untuk kebutuhan sistem PLTS yang digunakan.

e). Menentukan kapasitas inverter

Dalam menentukan kapasitas inverter dapat mengacu pada Permen No.36 Tahun 2018 yang membahas tentang spesifikasi dari sistem PLTS. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan sebelumnya maka diperoleh kebutuhan kapasitas total dari sistem, yakni sebesar 55 kWp. Penentuan kapasitas inverter yang digunakan oleh sistem setidaknya mendekati dari kapasitas kebutuhan sistem. Sehingga jika kapasitas sistem sebesar 55 kWp maka kebutuhan inverter yang terdapat di pasaran yakni inverter

berkapasitas 15 kWp dengan spesifikasi lengkap terdapat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.7. Spesifikasi Inverter yang digunakan

Inverter	Spesifikasi teknis
Spesifikasi input DC	
Max Input Power	15 kW
DC range voltage	196 - 188 V
Max DC Voltage	1000V
Max DC Current	30 A
Spesifikasi Output AC	
Nominal Power AC	15 kW
Max Output Power	15 kW
Nominal AC Current	93,5 A
Nominal AC Output Voltage	380V
Output frequency	50 / 60 Hz
Efficiency	
Efficiency Max	98,4%
Weighted efficiency	98 %
Spesifikasi power consumption	
Own consumption in operation	350W
Stand by consumption	1 W
Weight and Dimensions	
Width/Height/Depth	661x682x264
Weight	61 KG

Pada sistem PLTS ini akan menggunakan inverter dari merk SMA dengan seri sunny tripower 15000TL yang berkapasitas 15kW. Range tegangan DC antara 180 hingga 280 V serta tegangan maksimum sebesar 1000V. max input dai PV dapat mencapai 15 kW sedangkan output nominal

AC sebesar 15 kW dan output max sebesar 15 kW. Max arus input dari inverter yaitu 100 A dan max output AC dari inverter yaitu 93,5 A. Nilai output max dari inverter sebesar 380 V dengan efisiensi sebesar 98,4%.

f). Desain panel array

Penentuan desain panel dari PLTS dilakukan untuk mengetahui nilai algoritma dari *Maximum power Tracking* pada *Solar Charge Controller* maupun pada inverter agar dapat bekerja secara optimal serta kapasitas daya serta tegangan dari panel tidak melampaui batas yang diperbolehkan oleh sistem. Dibawah ini merupakan tabel spesifikasi lengkap dari panel surya dan SCC yang digunakan oleh sistem PLTS.

Tabel 4.8. Spesifikasi lengkap panel surya yang digunakan

Panel Surya	
Electrical Performance	
Manufaktur	Yingli
Modul type	Multicrystalline
Maximum power (Pmax/W)	320 Wp
Power Tolerance	0 / +5%
Maximum power voltage (Vm/V)	37.
Maximum power current (Im/A)	8.64
Open circuit voltage (Voc/V)	46
Max. System Voltage (V)	1000
Short circuit current (Isc/A)	9.18
Module efficiency (%)	16,9
Other Information	
Dimensions (LxWxH / mm)	1950 x 990 x 45
Weight (Kgs)	25.8

Tabel 4.9. Spesifikasi lengkap SCC yang digunakan

<i>Solar Charge Controller</i>	
Manufaktur	Morningstar
Tipe	Tristar MPPT 60
Nominal Battery System Voltage	24V / 48V
Operating Input Voltage Range	30 VDC to 290 VDC
Max. PV System Voltage	150 VDC
Charging Range (Output)	8 to 72 VDC
Maximum Input Current	54 A
Maximum Continuous Output Current	60 A
Maximum Array	1600W / 3200 W
Charge Regulation	4 stage
Max. power efficiency	98,8 % (48 V)
Minimum Battery Bank Size	100 Ah
Product dimensions (HxWxD) (mm)	291 x 130 x 142
Product weight	4.2 kg

Dalam menentukan desain *panel array* akan menggunakan spesifikasi dari komponen panel surya dan SCC. Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung desain rangkaian *panel array*.

#### 1). Perhitungan Tegangan

Perhitungan *Open circuit Voltage* pada suhu minimum lokasi

$$\begin{aligned}
 V_{oc} (20^\circ) &= (1 - (T_{voc} - 25 \times (TC_{oc}/100))) \times V_{oc}^1 \\
 &= (1 - (20 - 25 \times (-0,32 / 100))) \times 46 \\
 &= (1 - (-5 \times (-0,0032))) \times 46 \\
 &= 45,264 \text{ V}
 \end{aligned}$$

<sup>1</sup> Afdhil, Muhammad, Analisis potensi sumber daya matahari serta perancangan pembangkit listrik tenaga surya berbasis aplikasi PVSYST di pantai congot kulonprogo, Yogyakarta, 2019, hlm 52 - 60

Perhitungan jumlah maksimal panel surya pada tiap string

$$\begin{aligned}\text{Maks string} &= \text{Tegangan SCC} / \text{Tegangan Voc}^2 \\ &= 150 / 45,264 \\ &= 3,3 \text{ (dibulatkan kebawah)} = 3\end{aligned}$$

Perhitungan nilai Vmpp maksimal pada suhu maksimal

$$\begin{aligned}\text{Vmpp (33}^\circ) &= (1 + (\text{Toc} + \text{Ta} - 25 \times (\text{TCoc} / 100))) \times \text{Vmpp}^2 \\ &= (1 + (33 + 32 - 25 \times (-0,32 / 100))) \times 37 \\ &= (1 + (40 \times (-0,0032))) \times 37 \\ &= 32,3 \text{ V}\end{aligned}$$

Perhitungan jumlah minimal dari panel surya setiap string

$$\begin{aligned}\text{Jumlah input} &= \text{Tegangan minimal MPPT} / \text{Vmpp}^2 \\ &= 30 / 32,3 \\ &= 0,93 \text{ (dibulatkan)} = 1\end{aligned}$$

2). Perhitungan arus

Perhitungan arus maksimal pada suhu maksimal

$$\begin{aligned}\text{Isc (33}^\circ) &= (1 + (\text{Toc} + \text{Ta} - 25 \times (\text{TCsc} / 100))) \times \text{Isc}^2 \\ &= (1 + (33 + 32 - 25 \times (0,05 / 100))) \times 9,18 \\ &= (1 + (40 \times (0,0005))) \times 9,18 \\ &= 9,36 \text{ A (dibulatkan)} = 9\end{aligned}$$

Perhitungan jumlah maks string

$$\begin{aligned}\text{Jumlah input} &= \text{Arus SCC} / \text{Isc}^2 \\ &= 54 / 9 \\ &= 6 \text{ string}\end{aligned}$$

Keterangan:

Toc	= <i>Temperature open circuit</i>
Voc	= <i>Voltage open circuit</i>
TCoc	= <i>Temperature coefficient Open Circuit</i>
Vmpp	= <i>Tegangan maksimum Power</i>
TCsc	= <i>Temperature Coefficient Isc</i>
Isc	= <i>Arus Short circuit</i>

Setelah dilakukan perhitungan diperoleh skema konfigurasi rangkaian dari panel *array* yang dapat dilakukan untuk memperoleh tegangan yang sesuai yakni, minimal 1 panel dan maksimal 3 panel yang dirangkai secara seri. Sedangkan untuk konfigurasi yang dilakukan untuk memperoleh nilai arus yang dibutuhkan maksimal 6 panel yang dihubungkan secara paralel.

Sehingga jumlah panel surya yang dibutuhkan dengan kapasitas *solar charge controller* yang digunakan sebesar 3200 W yaitu 18 panel surya yang memiliki kapasitas masing-masing sebesar 320 Wp. Dengan kapasitas terdiri dari 3 string yang dirangkai secara seri dan 6 string yang dirangkai secara paralel.

g). Perhitungan jarak antar panel *array*

Perhitungan jarak antar panel *array* berguna untuk menghindari bayangan yang dapat menghambat sinar matahari menuju panel yang tidak sengaja dari masing-masing baris pada panel *array* serta untuk mengoptimalkan penggunaan lahan yang akan digunakan. Data yang digunakan dalam perhitungan sebagai berikut.

- Panjang panel 2 x 195 cm
- Kemiringan panel *array* 15°
- *Solar altitude angle* ( $\alpha$ ) 47,92°
- *Solar azimuth angle* ( $\psi$ ) 78,69°

Sedangkan untuk rumus perhitungan dari jarak yang digunakan antar, panel *array* dapat dihitung dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$H = X \times \sin(\theta)^2$$

$$D' = h / \tan(\alpha)^2$$

$$D = D' \times \cos(\psi)^2$$

Keterangan:

D' = Jarak bayangan maksimal

D = Jarak antar panel *array* minimal

Maka, perhitungan dari jarak antar panel *array* sebagai berikut :

Perhitungan ketinggian array

$$h = 390 \times \sin 15$$

$$h = 390 \times 0,258$$

$$h = 101 \text{ cm}$$

Jarak Bayangan maksimal *array*

$$D' = 101 / \tan 47,92$$

$$D' = 101 / 1,107$$

$$D' = 91 \text{ cm}$$

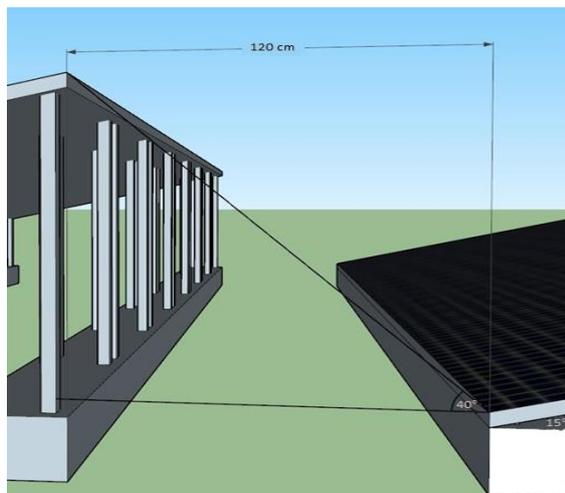
Jarak antar baris panel *array*

$$D = 91 \times \cos 78,69$$

$$D = 91 \times 0,196$$

$$D = 18 \text{ cm}$$

Setelah dilakukan perhitungan, maka diperoleh nilai jarak antar baris panel *array* minimal yaitu 18 cm pada setiap barisnya dengan jarak bayangan maksimal 91 cm serta ketinggian dari panel array yaitu 101 cm. Berikut adalah contoh gambar dari panel *array* dan gambar sudut posisi dari panel surya yang mengarah ke utara.



Gambar 4.5 Jarak maksimal antar panel dan sudut arah posisi panel surya ke utara

h). Perhitungan sistem proteksi *combiner box*

Untuk perhitungan sistem proteksi *combiner box* dapat dilakukan dengan menggabungkan beberapa solar panel *array* yang dihubungkan menuju ke *solar charge controller*. Dalam menentukan spesifikasi *combiner box* harus dilengkapi dengan proteksi arus hubung singkat, *surge protection* dan *fuse*. Perhitungan sistem proteksi pada *combiner box* menggunakan nilai-nilai yang digunakan dibawah ini:

$$\text{-Voc} = 45,26 \text{ V}$$

$$\text{-Isc} = 9 \text{ A}$$

$$\text{-Jumlah panel surya seri} = 3$$

$$\text{-Jumlah panel surya paralel} = 6$$

Fuse yang digunakan tiap string

$$\text{rating tegangan} = 1,2 \times (\text{Voc} \times \text{Jumlah panel surya seri})$$

$$= 1,2 \times (45,26 \times 3)$$

$$= 162,936 \text{ V}$$

$$\text{Rating arus} = 1,4 \times \text{Isc}$$

$$= 1,4 \times 9$$

$$= 12,4 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan maka diperoleh rating tegangan dan rating arusnya sebesar 162,936 V dan 12,4 A tiap stringnya. Sedangkan untuk fuse yang tersedia di pasaran yaitu dengan kapasitas 15 A dengan rating tegangan 1000 VDC, maka fuse yang digunakan yaitu dengan rating 15A / 1000VDC.

Fuse yang digunakan per array

$$\text{Rating arus} = 1,4 \times (\text{Isc} \times \text{Jumlah panel surya paralel})$$

$$= 1,4 \times (9 \times 6)$$

$$= 75,6 \text{ A}$$

Maka berdasarkan perhitungan di atas diperoleh nilai rating arus 75,6 A untuk per panel *array*. Sedangkan fuse yang tersedia di pasaran yaitu dengan rating 80A dan tegangan 1000VDC, maka untuk fuse per panel *array* yang digunakan yaitu dengan rating 80A / 1000 VDC.

i). Kapasitas kabel

Untuk perhitungan kapasitas kabel yang digunakan pada sambungan *combiner box* menuju SCC dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} I_{KHA} &= I_N \times 1,25 \\ &= 75,6 \times 1,25 \\ &= 94,5 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\text{Luas penampang} = 25 \text{ mm}^2$$

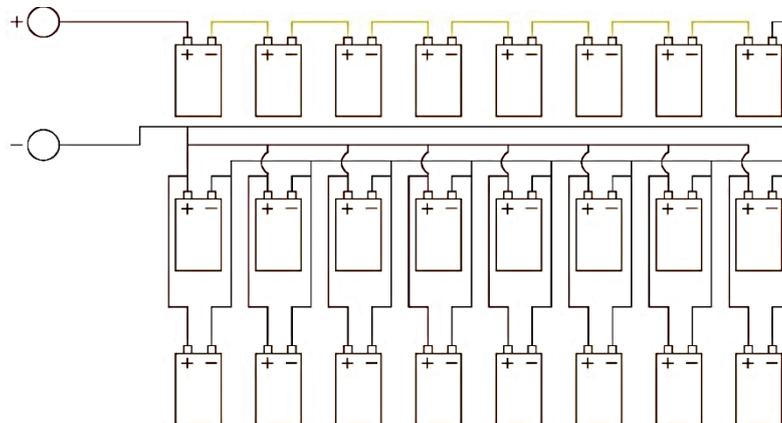
Berdasarkan perhitungan diperoleh arus KHA kabel dari *combiner box* menuju ke SCC sebesar 94,5 A. Dengan nilai arus yang telah didapatkan, berdasarkan datasheet dapat menggunakan kabel NYFGbY dengan luas penampang 2x25mm<sup>2</sup>.

j). Battery bank

Perhitungan battery bank dapat dilakukan dengan menggunakan data-data dibawah ini:

- Total kebutuhan baterai 12.256 Ah
- Kapasitas masing-masing baterai 12 A / 105 Ah
- Tegangan sistem 48 VDC

Untuk desain *battery bank* dengan kapasitas yang sangat besar maka dibutuhkan konfigurasi seri-paralel pada baterai. Oleh karena itu, dengan kapasitas kebutuhan baterai sebesar 12.300 Ah maka rangkaian *battery bank* yang sesuai yakni 7 *battery bank* dengan spesifikasi 12V / 105Ah dengan konfigurasi yang digunakan yaitu 4 buah baterai dirangkai secara seri untuk memenuhi konfigurasi dari sistem PLTS, yaitu 48 V dan 17 buah baterai dirangkai paralel dengan kapasitas masing-masing *battery bank* yaitu 1.800 Ah. Sehingga total kebutuhan baterai yang dibutuhkan untuk sistem yaitu sejumlah 120 baterai. Berikut adalah contoh gambar konfigurasi rangkaian dalam satu *battery bank*.



Gambar 4.6 Konfigurasi *battery bank*

k). Sistem proteksi panel distribusi DC

Pada perhitungan sistem proteksi panel distribusi DC dapat dilakukan dengan menggunakan nilai arus output maksimal dari SCC dan menggunakan arus input maksimal dari inverter. Panel distribusi DC merupakan panel yang menggabungkan *input* serta *output* yang berasal beberapa penyimpanan baterai, SCC serta inverter. Untuk data yang digunakan dalam perhitungan dapat dilihat di bawah ini:

- Arus output maksimal SCC 60 A
- Arus input maksimal inverter 100 A

Maka perhitungan yang dilakukan dari data tersebut dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Fuse dari SCC ke baterai

Rating fuse

$$\begin{aligned} I_{\text{fuse}} &= I_n \times 100\% \\ &= 60 \text{ A} \times 100\% \\ &= 60 \text{ A} \end{aligned}$$

Maka fuse yang dapat digunakan pada masing-masing sambungan SCC menuju ke baterai maksimal 60 A

Rating MCB

$$\begin{aligned} I_{\text{MCB}} &= I_n \times 1,25 \\ &= 60 \text{ A} \times 1,25 \\ &= 75 \text{ A} \end{aligned}$$

Maka untuk rating MCB yang digunakan pada masing-masing sambungan SCC menuju baterai maksimal 75 A

$$\text{Luas penampang} = 25\text{mm}^2$$

Maka kabel yang digunakan pada sambungan SCC menuju ke busbar yaitu jenis kabel NYAF 25mm<sup>2</sup>.

Fuse dari baterai ke inverter

Rating fuse

$$\begin{aligned} I_{\text{fuse}} &= I_n \times 1,25 \\ &= 100 \times 1,25 \\ &= 125 \text{ A} \end{aligned}$$

Maka untuk rating fuse yang digunakan pada setiap sambungan baterai menuju inverter adalah 125 A atau dapat menggunakan yang tersedia di pasaran 40 A.

Luas penampang penghantar kabel

$$\begin{aligned} I_{\text{KHA}} &= I_n \times 1,25 \\ &= 125 \text{ A} \times 1,25 \\ &= 156,25 \text{ A} \end{aligned}$$

Maka kabel yang digunakan pada sambungan input inverter menuju ke busbar panel DC adalah jenis NYAF dengan spesifikasi 3 x 1 x 25mm<sup>2</sup>.

#### 1). Sistem proteksi panel distribusi AC

Pada perhitungan sistem proteksi panel distribusi AC dapat dilakukan menggunakan data dari keluaran maksimal inverter yang digunakan. Panel distribusi sendiri berfungsi untuk mendistribusikan listrik menuju konsumen melalui kabel serta berfungsi untuk menggabungkan inverter yang tersambung secara parallel. Nilai data yang digunakan yaitu:

- Nilai arus keluaran maksimal dari inverter yang digunakan 608 A

Perhitungan rating proteksi setiap output dari inverter

$$\begin{aligned} I_{\text{fuse}} &= I_n \times 1,25 \\ &= 100 \times 1,25 \\ &= 125 \text{ A} \end{aligned}$$

Maka untuk rating pada *circuit breaker* yang digunakan pada masing-masing keluaran dari inverter adalah 40 A.

$$\begin{aligned}
I_{KHA} &= I_n \times 1,25 \\
&= 125 \times 1,25 \\
&= 156,25A
\end{aligned}$$

$$\text{Luas penampang kabel} = 25\text{mm}^2$$

Maka berdasarkan perhitungan yang dilakukan, kabel yang digunakan pada sambungan keluaran dari inverter menuju busbar pada panel distribusi AC yaitu jenis kabel NYY dengan spesifikasi 3 x 1 x 25mm<sup>2</sup>.

Perhitungan proteksi dari AC *disconnect*

Rating *Circuit Breaker*

$$\begin{aligned}
I_{cb} &= 3 \times I_n \times 1,25 \\
&= 3 \times 100 \times 1,25 \\
&= 375 \text{ A}
\end{aligned}$$

Maka berdasarkan perhitungan diperoleh hasil rating pada circuit breaker yang digunakan pada keluaran 3 fasa adalah 375 A.

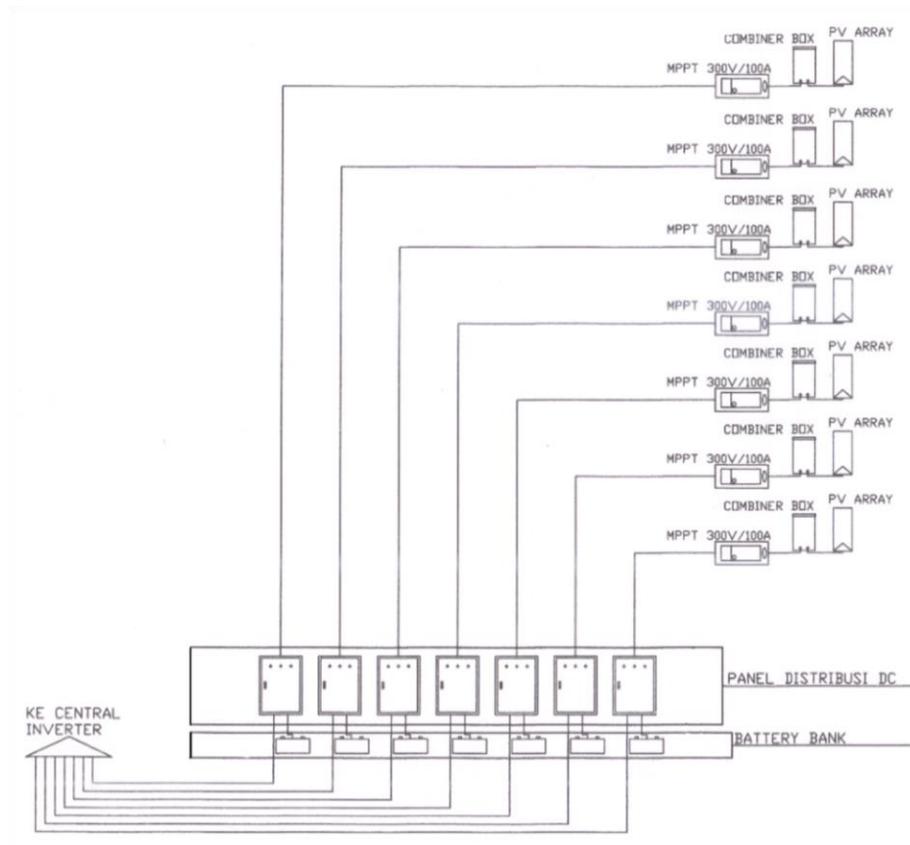
Perhitungan luas penampang kabel penghantar

$$\begin{aligned}
I_{KHA} &= 3 \times I_n \times 1,25 \\
&= 3 \times 100 \times 1,25 \\
&= 375 \text{ A}
\end{aligned}$$

$$\text{Luas penampang kabel} = 25\text{mm}^2$$

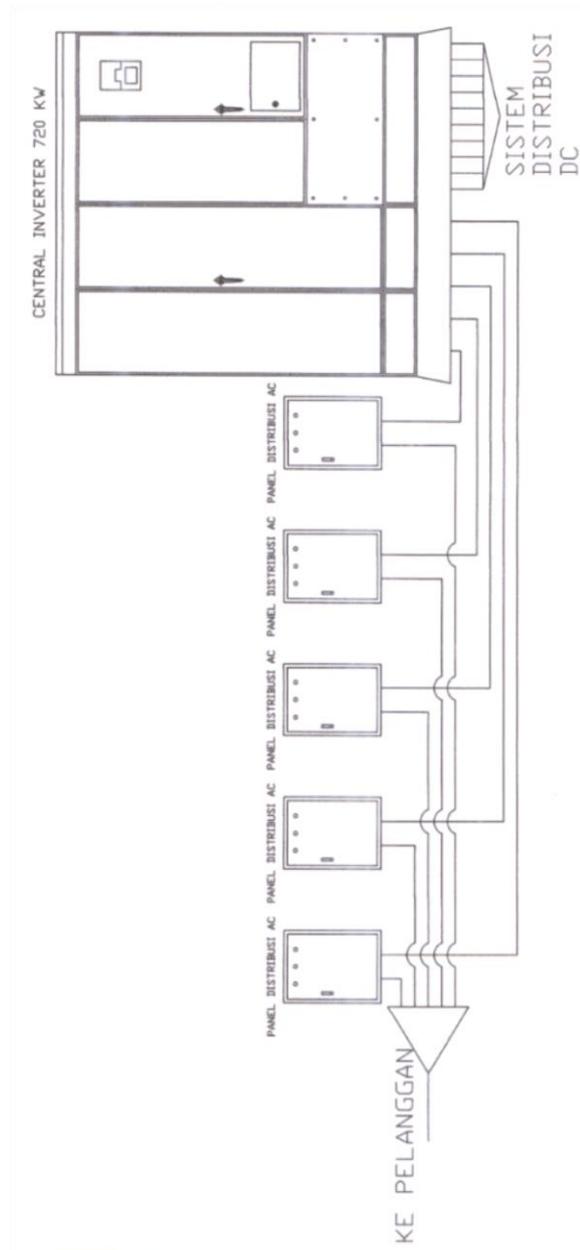
Maka untuk jenis kabel yang digunakan yaitu menggunakan jenis NYY dengan spesifikasi 3 x 1 x 25mm<sup>2</sup>.

Berikut merupakan gambar konfigurasi digram satu garis dari sambungan panel *array* menuju ke *combiner box*, lalu dari *combiner box* menuju ke panel distribusi DC, kemudian dari panel distribusi DC akan dialirkan menuju *central inverter* untuk diubah dari listrik arus DC menjadi listrik arus AC. Setelah itu menuju ke panel distribusi AC.



Gambar 4.7 Sistem distribusi DC

Pada gambar sistem distribusi DC di atas, listrik arus DC yang diperoleh dari panel *array* akan dialirkan menuju *combiner box*. Didalam *combiner box* tidak hanya terdiri dari satu panel *array* tetapi terdiri dari 6 panel *array*. Setelah dari *combiner box* selanjutnya akan dialirkan menuju ke panel distribusi DC. Kemudian dari panel distribusi DC maka arus listrik DC akan dialirkan menuju ke central inverter untuk diubah menjadi arus listrik AC.



Gambar 4.8 Sistem distribusi AC

Keluaran dari inverter terpusat merupakan listrik AC yang dapat digunakan oleh pengguna. Namun agar lebih mudah dalam penyalurannya, maka output dari inverter terpusat dibagi dan dialirkan menuju ke 5 buah panel distribusi AC yang selanjutnya ke beban.

#### **4.4 Perincian Biaya**

Perincian biaya untuk perencanaan PLTS di gedung MBS sangat penting dilakukan agar dapat melihat total biaya investasi serta jumlah komponen yang dibutuhkan. Data harga masing-masing komponen diperoleh dari distributor komponen PLTS ataupun dari *e-commerce* luar negeri yang menjual komponen dari PLTS yang tidak ada di pasaran Indonesia. Harga dari komponen juga akan memperhitungkan biaya pengiriman menuju ke kabupaten Sleman. Untuk tabel rincian biaya yang digunakan pada perencanaan PLTS dengan kapasitas 55 kWp dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.10 Perincian biaya sistem PLTS

Komponen utama	Jumlah	Satuan	Harga satuan	Total Harga
Solar panel 320 Wp	123	Unit	Rp. 2.700.000	Rp.332.100.000
Sunny tripower	4	Unit	Rp. 30.150.000	Rp.120.600.000
Morning star	18	Unit	Rp. 8.372.000	Rp.150.696.000
rolls @105 Ah	120	Unit	Rp. 2.500.000	Rp.327.060.000
Jumlah				Rp.930.456.000
Komponen Tambahan	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Total Harga
NYFGbY 2x25mm <sup>2</sup>	1000	Meter	Rp. 125.000	Rp.125.000.000
NYY 4x(3x1x250mm <sup>2</sup> )	800	Meter	Rp.300.000	Rp.240.000.000
NYAF 2x(1x25mm <sup>2</sup> )	850	Meter	Rp. 48.000	Rp.40.800.000
NYAF 2x(3x1x250mm <sup>2</sup> )	1200	Meter	Rp.240.000	Rp.288.000.000
NYY 35mm <sup>2</sup> (Gnd)	200	Meter	Rp.65.000	Rp.13.000.000
Mounting Support 10kW	5	Pcs	Rp.41.888.000	Rp.209.440.000
Battery Rack	7	Pcs	Rp.4.675.000	Rp.32.725.000
OutBack Mate 3s	7	Pcs	Rp.6.131.765	Rp.42.922.355
OutBack HUB 4	7	Pcs	Rp.2.132.788	Rp.14.929.516
OutBack FLEXnet DC	7	Pcs	Rp.3.900.757	Rp.27.305.299
OutBack AXS Port	7	Pcs	Rp.3.962.917	Rp.27.740.419
OutBack FLEXware PV	40	Pcs	Rp.3.564.001	Rp.142.560.040
Panel Distribusi AC	5	Set	Rp.55.825.000	Rp.279.125.000
Panel Distribusi DC	7	Set	Rp.7.392.000	Rp.51.744.000
Biaya Pengerjaan	55	kWp	Rp.2.500.000	Rp.107.500.000
Jumlah				Rp.1.892.791.629
Total keseluruhan				Rp.2.823.247.629

Setelah dilakukan perhitungan keseluruhan dari proyek PLTS pada gedung MBS sesuai dengan perancangan sistem yang telah dilakukan diperoleh total investasi awal sebesar Rp. 2.823.247.629

#### 4.4.1 Perincian biaya operasional

Perhitungan biaya operasional dilakukan untuk memperhitungkan biaya dari sistem jika perencanaan sistem dapat dilakukan dan beroperasi sehingga menghasilkan energi listrik. Pada perhitungan biaya operasional sebesar 1% dari total biaya investasi (Vember Restu Kossi, 2017) yang mencakup perhitungan biaya untuk teknis pada lokasi PLTS dan perawatan yang dilakukan secara rutin dalam satu tahun serta apabila terjadi pengeluaran tidak terduga sebesar 10%. Dibawah ini merupakan tabel perhitungan biaya operasional dari sistem.

Tabel 4.11 Perhitungan biaya operasional

No	Deskripsi	satuan	Harga	Total harga
1	Gaji 4 teknisi	12 bulan	Rp. 3.600.000	Rp. 172.800.000
2	Perawatan rutin	1 tahun	Rp. 29.284.000	Rp. 29.284.000
Total harga				Rp. 202.084.000
Pengeluaran tak terduga 10%				RP. 20.208.400
Total keseluruhan				Rp. 222.292.400

Berdasarkan perhitungan biaya operasional yang dilakukan pada tabel 4.15 diperoleh total perhitungan biaya operasional dari PLTS di gedung MBS sebesar Rp. 222.292.400 dalam satu tahun.

#### 4.4.2 Cashflow

Untuk perhitungan *cashflow* pada perencanaan PLTS dapat mengacu pada peraturan menteri ESDM Nomor 28 Tahun 2016 tentang Tarif tenaga listrik yang disediakan oleh PT. PLN (Persero). Pada Permen ESDM Nomor 28 Tahun 2016 mengatur tentang tariff tenaga listrik yang tertulis pada pasal 3 ayat (1) yang menjelaskan bahwa golongan tarif untuk keperluan pelayanan sosial besar pada tegangan menengah, dengan daya di antara 3500 VA hingga

200 kVA yang tertera pada lampiran peraturan tersebut, dimana untuk pemakaian beban di gedung MBS yakni berada pada 132 kW atau 156 kVA. Maka untuk harga jual listrik per kWh yakni sebagai berikut:

$$\text{Harga tiap kWh} = \text{Rp. 900,-}$$

Maka untuk harga listrik yang harus dibayarkan oleh pihak MBS dari PLTS yaitu sebesar Rp. 900,-per kWh .

#### 4.4.3 InFlow

Untuk perhitungan *inflow* pada perencanaan PLTS dilakukan berdasarkan total kebutuhan beban dari penggunaan pribadi dalam satu bulan. Berikut adalah tabel perhitungan *inflow* pada PLTS.

4.12. Tabel inflow dari PLTS

Komponen	Total beban satu bulan	Penghasilan per bulan (900/kWh)	Penghasilan per tahun
Lampu 4	1.183kWh	Rp. 1.064.700	Rp. 12.776.400
Komputer 1	2.592kWh	Rp. 2.332.800	Rp. 27.993.600
Jumlah saving pertahun			Rp. 40.770.000

Maka untuk total saving dalam satu tahun dari penggunaan listrik sendiri yang menjadi kas penerimaan PLTS dalam satu tahun diperoleh sebesar Rp. 40.770.000

#### 4.4.4 OutFlow

Untuk perhitungan *outflow* dalam perhitungan financial dari PLTS atas biaya investasi awal serta biaya operasional dalam kurun waktu 25 tahun sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Total investasi} &= \text{Investasi Awal} - \text{Biaya operasional selama 25 thn} \\ &= 2.823.247.629 + 5.557.312.000 \\ &= \text{Rp. 8.380.559.629} \end{aligned}$$

Sehingga total *outflow* pada perencanaan sistem PLTS ini yaitu sebesar Rp. 8.380.559.629

#### 4.4.5 Kelayakan secara finansial pada pengoperasian sistem PLTS

Analisis kelayakan secara finansial dilakukan untuk menilai apakah pada perencanaan sistem PLTS dinilai layak atau tidak layak berdasarkan dari variabel *Return of Investment* (ROI), *Payback Period* (PP), dan *Net Present Value* (NPV), serta *Internal Return Rate* (IRR).

Pada perhitungan yang dilakukan menggunakan suku bunga acuan dari Bank Indonesia pada bulan Juli 2019 sebesar 6%.

##### a). *Net Present Value* (NPV)

Perhitungan NPV dilakukan untuk melihat proyeksi perhitungan dari pendapatan serta biaya yang dikeluarkan selama 25 tahun berdasarkan dari penggunaan suku bunga acuan sebesar 6 % dalam setiap tahunnya adalah sebagai berikut;

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= (\text{Ct} \times \text{PVIFA}_{@6\%}(t)) - \text{Co} \\ &= (40.770.000 \times 12,7834) - 2.823.247.629 \\ &= 521.162.910 - 2.823.247.629 \\ &= - \text{Rp. } 2.302.084.719 \end{aligned}$$

##### b). *Return of Investment* (ROI)

$$\text{ROI} = \frac{\text{Biaya pendapatan 25thn} - \text{Biaya investasi}}{\text{Biaya investasi}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{ROI} &= \frac{1.019.250.000 - 2.823.247.629}{2.823.247.629} \times 100\% \\ &= - 64\% \end{aligned}$$

##### c). *Payback Period* (PP)

Untuk perhitungan *Payback Period* pada perencanaan sistem PLTS ini memiliki *inflow* yang sama setiap tahunnya. Sehingga untuk melakukan perhitungan *payback period* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut;

PP = lama operasi – (Jumlah investasi / NPV)

PP = 25 – (2.823.247.629 / - 2.302.084.719)

= 25- (-1,2)

= 26 tahun 3 bulan

Tabel PVIFA (Present Value Interest Factor for an Annuity)

Suku Bunga (%) Periode	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%	20%
1	0.9901	0.9804	0.9709	0.9615	0.9524	0.9434	0.9346	0.9259	0.9174	0.9091	0.9009	0.8929	0.8850	0.8772	0.8696	0.8621	0.8333
2	1.9704	1.9416	1.9135	1.8861	1.8594	1.8334	1.8080	1.7833	1.7591	1.7355	1.7125	1.6901	1.6681	1.6467	1.6257	1.6052	1.5278
3	2.9410	2.8839	2.8286	2.7751	2.7232	2.6730	2.6243	2.5771	2.5313	2.4869	2.4437	2.4018	2.3612	2.3216	2.2832	2.2459	2.1065
4	3.9020	3.8077	3.7171	3.6299	3.5460	3.4651	3.3872	3.3121	3.2397	3.1699	3.1024	3.0373	2.9745	2.9137	2.8550	2.7982	2.5887
5	4.8534	4.7135	4.5797	4.4518	4.3295	4.2124	4.1002	3.9927	3.8897	3.7908	3.6959	3.6048	3.5172	3.4331	3.3522	3.2743	2.9906
6	5.7955	5.6014	5.4172	5.2421	5.0757	4.9173	4.7665	4.6229	4.4859	4.3553	4.2305	4.1114	3.9975	3.8887	3.7845	3.6847	3.3255
7	6.7282	6.4720	6.2303	6.0021	5.7864	5.5824	5.3893	5.2064	5.0330	4.8684	4.7122	4.5638	4.4226	4.2883	4.1604	4.0386	3.6046
8	7.6517	7.3255	7.0197	6.7327	6.4632	6.2098	5.9713	5.7466	5.5348	5.3349	5.1461	4.9676	4.7988	4.6389	4.4873	4.3436	3.8372
9	8.5660	8.1622	7.7861	7.4353	7.1078	6.8017	6.5152	6.2469	5.9952	5.7590	5.5370	5.3282	5.1317	4.9464	4.7716	4.6065	4.0310
10	9.4713	8.9826	8.5302	8.1109	7.7217	7.3601	7.0236	6.7101	6.4177	6.1446	5.8892	5.6502	5.4262	5.2161	5.0188	4.8332	4.1925
11	10.3676	9.7868	9.2526	8.7605	8.3064	7.8869	7.4987	7.1390	6.8052	6.4951	6.2065	5.9377	5.6869	5.4527	5.2337	5.0286	4.3271
12	11.2551	10.5753	9.9540	9.3851	8.8633	8.3838	7.9427	7.5361	7.1607	6.8137	6.4924	6.1944	5.9176	5.6603	5.4206	5.1971	4.4392
13	12.1337	11.3484	10.6350	9.9856	9.3936	8.8527	8.3577	7.9038	7.4869	7.1034	6.7499	6.4235	6.1218	5.8424	5.5831	5.3423	4.5327
14	13.0037	12.1062	11.2961	10.5631	9.8986	9.2950	8.7455	8.2442	7.7862	7.3667	6.9819	6.6282	6.3025	6.0021	5.7245	5.4675	4.6106
15	13.8651	12.8493	11.9379	11.1184	10.3797	9.7122	9.1079	8.5595	8.0607	7.6061	7.1909	6.8109	6.4624	6.1422	5.8474	5.5755	4.6755
16	14.7179	13.5777	12.5611	11.6523	10.8378	10.1059	9.4466	8.8514	8.3126	7.8237	7.3792	6.9740	6.6039	6.2651	5.9542	5.6685	4.7296
17	15.5623	14.2919	13.1661	12.1657	11.2741	10.4773	9.7632	9.1216	8.5436	8.0216	7.5488	7.1196	6.7291	6.3729	6.0472	5.7487	4.7746
18	16.3983	14.9920	13.7535	12.6593	11.6896	10.8276	10.0591	9.3719	8.7556	8.2014	7.7016	7.2497	6.8399	6.4674	6.1280	5.8178	4.8122
19	17.2260	15.6785	14.3238	13.1339	12.0853	11.1581	10.3356	9.6036	8.9501	8.3649	7.8393	7.3658	6.9380	6.5504	6.1982	5.8775	4.8435
20	18.0456	16.3514	14.8775	13.5903	12.4622	11.4699	10.5940	9.8181	9.1285	8.5136	7.9633	7.4694	7.0248	6.6231	6.2593	5.9288	4.8696
21	18.8570	17.0112	15.4150	14.0292	12.8212	11.7641	10.8355	10.0168	9.2922	8.6487	8.0751	7.5620	7.1016	6.6870	6.3125	5.9731	4.8913
22	19.6604	17.6580	15.9369	14.4511	13.1630	12.0416	11.0612	10.2007	9.4424	8.7715	8.1757	7.6446	7.1695	6.7429	6.3587	6.0113	4.9094
23	20.4558	18.2922	16.4436	14.8568	13.4886	12.3034	11.2722	10.3711	9.5802	8.8832	8.2664	7.7184	7.2297	6.7921	6.3988	6.0442	4.9245
24	21.2434	18.9139	16.9355	15.2470	13.7986	12.5504	11.4693	10.5288	9.7066	8.9847	8.3481	7.7843	7.2829	6.8351	6.4338	6.0726	4.9371
25	22.0232	19.5235	17.4131	15.6221	14.0939	12.7834	11.6536	10.6748	9.8226	9.0770	8.4217	7.8431	7.3300	6.8729	6.4641	6.0971	4.9476

ilmumanajemenindustri.com

Gambar 4.9 Tabel PVIVA

d). *Internal Return Rate* (IRR)

Untuk perhitungan nilai IRR pada perencanaan PLTS tidak dapat dilakukan karena nilai NPV tidak mencapai nilai positif atau nilai *infinity* sehingga mengakibatkan tidak adanya nilai *interest rate*.

Berdasarkan tabel perhitungan nilai NPV maka perencanaan PLTS ini ditolak disebabkan nilai NPV yang negatif hal tersebut disebabkan karena inflownya / uang kas yang masuk lebih kecil dibandingkan pengeluarannya. Kecilnya uang kas yang masuk dikarenakan tidak adanya pemasukan selain penggantian pembayaran energy listrik dri PLN

4.17 Tabel Net present Value

Thn	Kas Masuk	Kas Keluar	DF(6%)	NPV
0		Rp.2.928.487.629	1,0000	Rp. 2.928.487.629
1	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,9554	- Rp. 147.459.719
2	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,8900	- Rp. 132.921.796
3	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,8396	- Rp. 121.718.259
4	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,7921	- Rp. 111.159.370
5	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,7473	- Rp. 101.200.670
6	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,7050	- Rp. 91.797.702
7	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,6651	- Rp. 82.928.235
8	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,6274	- Rp. 74.547.811
9	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,5919	- Rp. 66.656.431
10	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,5584	- Rp. 59.209.636
11	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,5268	- Rp. 52.185.196
12	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,4970	- Rp. 45.560.882
13	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,4688	- Rp. 39.292.237
14	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,4423	- Rp. 33.401.488
15	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,4173	- Rp. 27.844.178
16	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,3936	- Rp. 22.575.848
17	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,3714	- Rp. 17.640.957
18	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,3503	- Rp. 12.950.587
19	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,3305	- Rp. 8.549.198
20	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,3118	- Rp. 4.392.330
21	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,2942	- Rp. 479.984
22	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,2775	Rp. 3.232.299
23	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,2618	Rp. 6.722.289
24	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,2470	Rp. 10.012.217
25	Rp. 40.770.000	Rp. 222.292.400	0,2330	Rp. 13.124.310
Total NPV				- Rp. 4.149.869.033