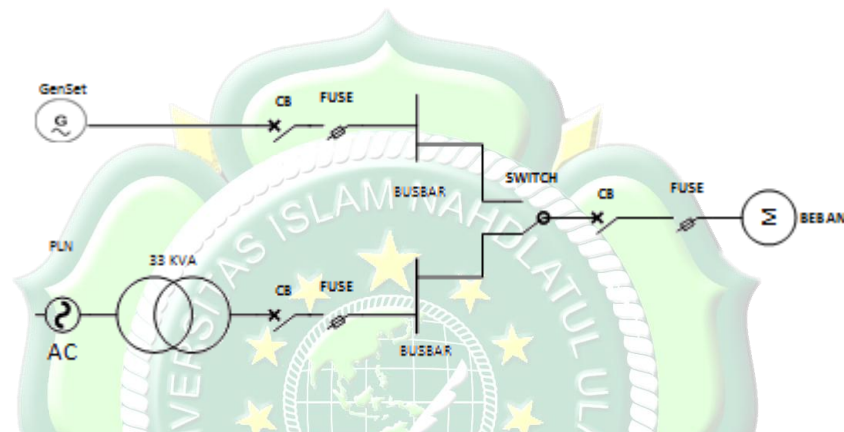


## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

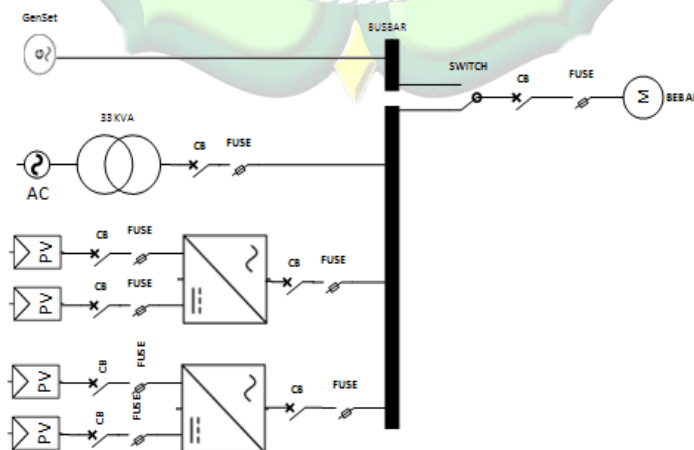
#### 4.1. Hasil

Penelitian ini menghasilkan data-data berupa angka dari hasil perhitungan dan disimulasikan menggunakan *software* PVSyst untuk mengetahui daya yang harus dihasilkan oleh PLTS untuk kandang ayam, yang akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.



Gambar 4. 1 Single Line Diagram sebelum terdapat PLTS

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa beban daya listrik di topang oleh grid (PLN), dari genset yang memiliki fungsi sebagai *backup* apabila listrik dari grid terjadi pemadaman



Gambar 4. 2 Single Line Diagram sesudah adanya PLTS

PLTS akan dihubungkan langsung ke Busbar pada panel distribusi yang sudah terkoneksi dengan listrik dari grid (PLN) yang menggunakan transformator 33 KVA. Apabila pada malam hari atau saat cuaca mendung PLTS tidak dapat menghasilkan listrik yang memadai dan jaringan dari grid padam, maka listrik dapat di ambil dari generator.

#### 4.1.1. Perhitungan Sistem PLTS

Beban puncak (*peak load*) Untuk mencari konsumsi daya listrik pada peternakan ayam broiler di dukuh krajan III selama yaitu pada jam 07:30 s/d 16:30 dapat menggunakan satuan rumus 2.1 untuk 1 fasa, 2.2 untuk 3 fasa, setelah itu dikali dengan jumlah barang tersebut. Untuk mencari konsumsi pada saat waktu beban puncak maka daya yang telah didapat dari perhitungan di kali dengan lamanya alat bekerja (jam).

##### 1) Lampu

Untuk satu lampu memiliki daya 5 Watt dan dalam satu kandang terdapat 120 buah lampu maka total daya untuk seluruh lampu itu sendiri sebesar 0,6 Kilo Watt. Pada saat beban puncak lampu bekerja dalam kurun waktu 9 jam maka perhitungannya menggunakan rumus :

$$\text{KWh} = \text{Total Daya} \times \text{Jumlah Jam}$$

$$\text{KWh} = 0,6 \times 9$$

$$\text{KWh} = \mathbf{5,4 \text{ KWh}}$$

Kandang ayam memiliki 120 buah lampu yang setiap lampunya mempunyai daya 5 Watt, apabila beban puncak terjadi selama 9 jam maka total daya untuk seluruh lampu saat beban puncak sebesar 5,4 kWh.

## 2) Pompa Sumur

Pada saat beban puncak pompa sumur bekerja dalam kurun waktu 3 jam dan memiliki daya sebesar 750 Watt maka perhitungannya menggunakan rumus

$$\text{KWh} = \text{Total Daya} \times \text{Jumlah Jam}$$

$$\text{KWh} = 0,75 \times 3$$

$$\text{KWh} = \mathbf{2,25 \text{ KWh}}$$

Saat beban puncak sumur bor bekerja selama 3 jam, sumur bor memiliki daya 750 Watt. Jadi saat beban puncak sumur bor menyerap daya sebesar 2,25 kWh.

## 3) Pompa Air Minum

Pada kandang ayam broiler memiliki 3 buah pompa air minum dengan daya 125 Watt untuk setiap pompa, maka total dayanya sebesar 375 Watt. Saat beban puncak Pompa yang bekerja bekerja dalam kurun waktu 3 jam maka perhitungannya menggunakan rumus :

$$\text{KWh} = \text{Total Daya} \times \text{Jumlah Jam}$$

$$\text{KWh} = 375 \times 3$$

$$\text{KWh} = \mathbf{1,125 \text{ kWh}}$$

Dalam satu kandang terdapat 3 buah pompa air minum yang masing-masing membutuhkan daya sebesar 125 Watt, apabila saat waktu beban puncak seluru pompa air minum bekerja selama 3 jam maka daya yang diserap sebesar 1,125 kWh

## 4) Blower

Untuk satu blower memiliki daya sebesar 1,1 KW, dalam satu kandang terdapt 18 buah blower maka total dayanya sebesar 19,8 KW. Pada waktu beban puncak blower bekerja selama 9 jam maka perhitungannya menggunakan rumus :

$$\text{KWh} = \text{Total daya} \times \text{Jumlah jam}$$

$$\text{KWh} = 19,8 \times 9$$

$$\text{KWh} = \mathbf{178,2 \text{ KWh}}$$

Blower adalah alat yang paling banyak memerlukan daya yaitu sebesar 1100 Watt untuk 1 buah, dalam satu kandang terdapat 18 buah blower dan pada saat beban puncak bekerja selama 9 jam. Jadi saat beban puncak seluruh blower menyerap daya sebesar 178,2 kWh.

Dari perhitungan di atas dapat diketahui pada saat beban puncak yang terjadi selama 9 jam lampu menyerap daya 5,4 kWh, sumur bor menyerap daya 2,25 kWh, sumur air minum menyerap daya 1,125 kWh dan untuk blower sebesar 178,2 kWh, jadi total daya yang harus disuplai saat bebabn puncak sebesar 186,975 KWh

*Tabel 4. 1* Data Konsumsi Daya Listrik Kandang Saat Beban Puncak pada Tahun 2020

Tgl	Data Konsumsi Daya 2020 (kWh)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	66	187	0	157	0	157	0	156	0	126	66	126
2	66	187	0	187	0	157	0	156	0	126	0	126
3	66	187	0	187	0	157	0	156	0	126	0	126
4	66	187	0	187	0	157	0	157	0	156	0	126
5	66	187	66	187	0	187	0	157	0	156	0	126
6	66	187	66	187	0	187	0	157	0	156	0	126
7	66	187	66	187	0	187	0	157	0	157	0	156
8	96	187	66	187	66	187	0	187	0	157	0	156
9	96	187	66	187	66	187	0	187	0	157	0	156
10	96	126	66	187	66	187	0	187	0	157	0	157
11	96	126	66	187	66	187	66	187	0	187	0	157
12	97	126	96	187	66	187	66	187	0	187	0	157
13	97	126	96	187	66	187	66	187	66	187	0	157
14	97	126	96	126	66	187	66	187	66	187	0	187
15	126	66	96	126	96	187	66	187	66	187	0	187
16	126	66	97	126	96	187	66	187	66	187	66	187
17	126	66	97	126	96	126	66	187	66	187	66	187
18	126	66	97	126	96	126	96	187	66	187	66	187
19	126	66	126	66	97	126	96	187	66	187	66	187
20	126	0	126	66	97	126	96	126	96	187	66	187
21	126	0	126	66	97	126	96	126	96	187	66	187
22	156	0	126	66	126	66	97	126	96	187	66	187

Tgl	Data Konsumsi Daya 2020 (kWh)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
23	156	0	126	66	126	66	97	126	96	126	96	187
24	156	0	126	0	126	66	97	126	97	126	96	187
25	157	0	126	0	126	66	126	66	97	126	96	187
26	157	0	156	0	126	66	126	66	97	126	96	126
27	157	0	156	0	126	0	126	66	126	126	97	126
28	157	0	156	0	126	0	126	66	126	66	97	126
29	187	0	157	0	156	0	126	66	126	66	97	126
30	187	⊗	157	0	156	0	126	0	126	66	126	126
31	187	⊗	157	⊗	156	⊗	126	0	⊗	66	⊗	66

Saat ayam baru masuk usia 1 hari dalam 9 jam kandang ayam memerlukan pasokan listrik sebesar 66 KWh, konsumsi daya listrik tertinggi terjadi saat ayam dalam usia dewasa sekitar umur 29-37 hari yaitu sebesar 187 KWh. Pada saat dalam masa pembersihan kandang dan persiapan pemeliharaan tidak memerlukan asupan daya listrik atau di dalam tabel di jelaskan sebesar 0 kWh, pada bulan april, Juni, September, dan November tidak ada tanggal 31, dan pada bulan Febuari tidak ada tanggal 29 dan 30, itulah kenapa dalam tabel diberi tanda silang

Setelah diketahui konsumsi daya listrik yang harus di suplai PLTS dengan acuan 100% dari total beban selama 9 jam maka dapat dicari EPV menggunakan rumus 2.8

$$EPV = EL + \text{Save margin}$$

$$EPV = EL + \text{Save margin}$$

$$EPV = (187) + 15\%$$

$$EPV = \mathbf{215,05 \text{ kWh}}$$

Pada tahun 2020 radiasi matahari di peternakan bapak Sakius memiliki rata-rata 4,99 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Kapasitas photovoltaic ditentukan berdasarkan data beban harian, maka dengan menggunakan rumus 2.7 maka kapasitas PV dapat ditentukan sebagai berikut

$$CPV = \left( \frac{EPV}{Q} \right)$$

$$CPV = \frac{215,05}{4,99}$$

$$CPV = \mathbf{43,09 \text{ KWp}}$$

Setelah diketahui total daya yang harus disuplai oleh PLTS, kemudian akan dihitung seberapa banyak panel surya yang harus disediakan. Apabila menggunakan panel surya Astronergy CHSM72M(DG)/F-BH 450 Wp, untuk memenuhi kebutuhan sebesar 42,658 kWp bisa menggunakan rumus :

$$NPV = \frac{CPV}{P_{\max} \text{ PV}}$$

$$NPV = \frac{43.090}{450}$$

$$NPV = \mathbf{95,75 \text{ panel}}$$

Dibulatkan menjadi 96 modul panel surya dengan 450 Wp/panel

Karena menggunakan sistem *string inverter* maka modul PV hanya dihubungkan secara seri. Agar tegangan dari Pv tidak melebihi tegangan maksimum *input* dari *inverter* Solax Power X3-10.0P maka menggunakan rumus :

$$PV_{\text{seri}} = \frac{V_{\text{Max Inverter}}}{V_{\text{max PV}}}$$

$$PV_{\text{seri}} = \frac{850}{41,59}$$

$$PV_{\text{seri}} = \mathbf{20,437 \text{ panel}}$$

Dibulatkan menjadi 20 modul panel surya dengan 450 Wp/panel

*Inverter* Solax Power X3-10.0P memiliki *rating* tegangan input 160-850 volt, dengan menggunakan modul pv Astronergy 450 Wp yang memiliki *rating*  $V_{mp}$  sebesar 41,59 Volt maka jumlah maksimal modul panel surya untuk setiap MPPT berjumlah 20 modul surya yang dapat

menghasilkan tegangan maksimal sebesar 831,8 Volt. Dalam penelitian ini mencoba menggunakan 4 *inverter* Solax Power X3-10.0P yang setiap *inverter* memiliki 2 *input* daya PV. Maka jumlah modul akan di bagi rata untuk 8 input dari string PV

$$PV_{/mppt} = \frac{CPV}{V_{Pararel} \times W_p \text{ modul}}$$

$$PV_{maks} = \frac{43090}{8 \times 450}$$

$$PV_{maks} = \mathbf{11,96 \text{ panel}}$$

Dibulatkan menjadi 12 modul panel surya dengan 450 Wp/panel

Berdasarkan perhitungan penentuan panel surya, maka kebutuhan panel surya yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Kebutuhan Panel Surya

Paramater	Jumlah
Jumlah <i>Maximum Power Point Tracking (MPPT)</i>	8 MPPT
Panel yang dihubung seri perMPPT	12 Panel
<b>Total panel surya @450 Wp</b>	<b>96 Panel</b>

Tabel 4.2 menjelaskan bahwa PLTS menggunakan 4 *inverter* yang setiap *inverter* memiliki 2 *input* maka jumlah MPPTnya berjumlah 8, dan menggunakan panel 450 Wp yang akan dihubungkan secara seri sebanyak 12 panel untuk setiap MPPT.

Setelah didapat total panel surya yang dibutuhkan, maka langkah selanjutnya yaitu menghitung daya keluran panel surya, dengan cara menghitung dimensi panel, efisiensi panel surya sesuai STC menggunakan rumus :

Luas Modul Panel Surya

$$\begin{aligned} A_c &= \text{Panjang Modul} \times \text{Lebar Modul} \\ &= 2,151 \times 1,052 \\ &= \mathbf{2,262 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

Untuk 1 panel modul surya astronergy 450Wp memiliki luas 2,262 m<sup>2</sup>, setelah mendapatkan luas dari modul dapat dicari efisiensi modul panel surya menggunakan rumus :

Efisiensi panel surya

$$\begin{aligned} \eta_{\text{STC}} &= \frac{P_{\text{max PV}}}{E \times A_c} \times 100\% \\ &= \frac{450}{1000 \times 2,262} \times 100\% \\ &= \mathbf{19,893 \%} \end{aligned}$$

Setelah total panel, dimensi panel, efisiensi panel didapat, kemudian data tersebut akan dimasukkan ke rumus di atas untuk menentukan daya keluaran dari PLTS dengan menggunakan rata-rata radiasi matahari perhari dalam tahun 2020. Rata-rata radiasi matahari perhari dalam tahun 2020 sebesar 4,99 kWh/m<sup>2</sup>, maka daya keluaran PLTS adalah:

$$\begin{aligned} P_{\text{out}} &= A_c \times \eta \times t \times N_{\text{pv}} \times \eta_{\text{T}} \\ &= 2,262 \times 19,893 \% \times 4,99 \times 96 \times 82,8\% \\ &= \mathbf{178,482 \text{ kWh}} \end{aligned}$$

Pada tahun 2020 konsumsi beban listrik tertinggi saat beban puncak sebesar 187 KWh perhari, dan dari perhitungan diatas menunjukkan bahwa daya listrik keluaran PLTS 178,482 KWh yang berarti keluaran dari PLTS lebih sedikit 6,7 KWh dari beban listrik yang harus dipenuhi dalam satu hari.



### 1.1.2 Simulasi PVsyst

Simulasi menggunakan menggunakan *software PVsyst* ini dilakukan untuk membandingkan hasil perhitungan dengan menyamakan semua komponen yang digunakan. dalam perhitungan dan simulasi yakni menggunakan panel surya merk Astronergy CHSM72M-DG-F-BH-450-Bifacial, *inverter* merk Solaxpower X3-MIC PRO-10.0kW with 2 MPPT, dan juga menyamakan radiasi matahari. Dari hasil simulasi akan didapatkan data-data berupa daya keluaran PLTS per bulan, total panel surya yang digunakan terdiri panel yang dihubung seri perMPPT, sudut azimut dan kemiringan panel. Berikut hasil dari simulasi *software PVsyst*.

Tabel 4. 3 Kebutuhan Panel Surya dari Simulasi PVsyst

<b>Grid-Connected System : Simulation Parameters</b>	
<b>Project :PLTS On Grid 42,8 kWp</b>	
<b>Geographical Site</b>	Krajan Tiga (Indonesia)
<b>Situation :</b>	Latitude : -6,52° South Longitude : 110,70° East Altitude : 10 m Timezone : UT +7
<b>Mateo data</b>	Krajan Tiga NASA-SSE satelite data
<b>Collector Plane</b>	Tilt : 30°
<b>Orientation</b>	Azimuth : 0°
<b>PV module</b>	Manufacturer : Astronergy Model : CHSM72M-DG-F-BH-450-Bifacial Unit Nom. Power : 450 Wp Nb. of PV modules : 96 units Nominal (STC) : 43.2 KWp Modules : 8 Strings x 12 In series Module area : 215 m <sup>2</sup>

<b>Inverter</b>	Manufacturer	:	Solaxpower
	Model	:	X3-MIC PRO-10.0kW with 2 MPPT
	Unit Nom. Power	:	10.00 kWac
	Number of inverters	:	8*MPPT 4 units
	Operating voltage	:	160-850 V

(sumber : hasil simulasi *PVSyst*)

Berdasarkan tabel 4.3 menjelaskan bahwa PLTS menggunakan panel surya 450 Wp sebanyak 96 unit, yang terpasang secara seri sebanyak 12 panel. Panel surya dipasang tetap dengan sudut kemiringan 34° dan sudut azimuth 0°, Luas area yang dibutuhkan untuk pemasangan panel surya adalah 215 m<sup>2</sup>. Untuk *inverter* menggunakan Solaxpower X3-MIC PRO-10.0kW with 2 MPPT sebanyak 4 unit dengan tegangan kerja 160-850 V. Mateo yang digunakan dalam simulasi ini adalah radiasi matahari di Krajan Tiga Desa Srobyong Kecamatan Mlongo Kabupaten Jepara yang bersumber dari data NASA-SSA.

Adapun energi listrik yang dihasilkan dalam simulasi ini akan ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 4. 4 Hasil Energi Listrik dari Simulasi PVSyst

Bulan	Radiasi Matahari (kWh/m <sup>2</sup> )	Daya Keluaran PLTS (KWh)	Daya pada Jaringan (KWh)
Januari	140,4	3.808	3.718
Februari	128,3	3.866	3.778
Maret	157,2	5.365	5.254
April	148,4	5.700	5.586
Mei	147,6	6.451	6.328
Juni	148,4	6.833	6.704
Juli	166,4	7.500	7.359
Agustus	180,0	7.387	7.248
September	182,2	6.473	6.351
Oktober	160,2	4.966	4.864
November	145,7	3.995	3.904
Desember	121,7	3.295	3.211
<b>Total</b>	<b>1.826,5</b>	<b>65.639</b>	<b>64.305</b>

(sumber : Hasil Simulasi PVSyst)

Tabel 4.4 menunjukkan hasil energi listrik dari simulasi *software PVSyst*. Daya terbesar yang dihasilkan PLTS terdapat pada bulan Juli dengan radiasi matahari yang mencapai 166,4 kWh/m<sup>2</sup> dapat menghasilkan energi listrik sebesar 7.500 KW keluaran dari PLTS dan saat sampai di jaringan berkurang menjadi 7.359 KW. Sedangkan daya terkecil terjadi pada bulan Desember dengan radiasi matahari sebesar 121,7 kWh/m<sup>2</sup> dapat menghasilkan energi listrik sebesar 3.295 KW dari PLTS dan berkurang menjadi 3.211 KW pada jaringan. Total radiasi matahari yang terjadi selama tahun 2020 adalah 1.826,5 kWh/m<sup>2</sup> dan menghasilkan energi listrik mencapai 64.305 KW.

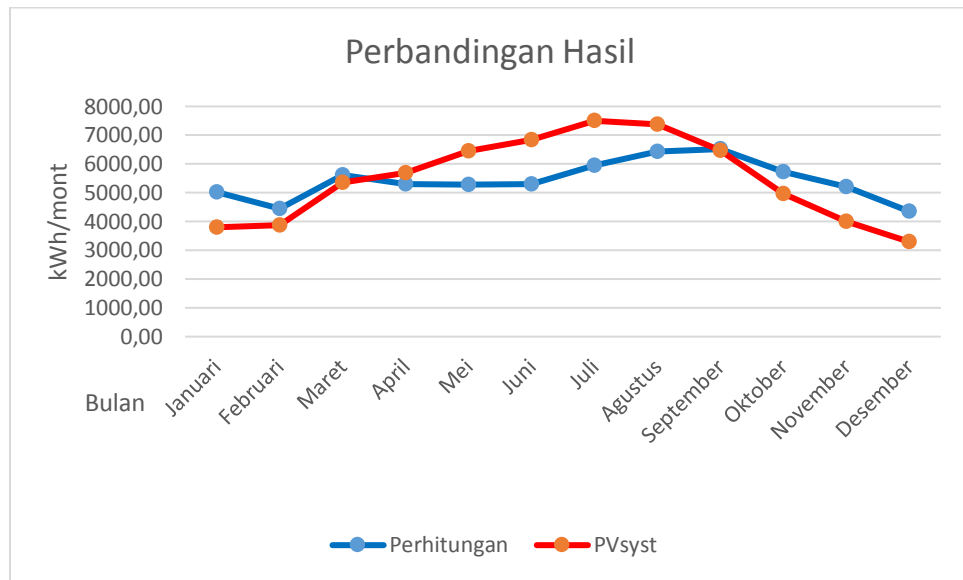
#### 4.1.1. Perbandingan Daya Keluaran PLTS

Pada perbandingan daya keluaran ini akan dihitung seberapa besar perbedaan antara daya keluaran dari hasil perhitungan dengan daya keluaran dari hasil simulasi *PVSyst* yang akan ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 4. 5 Perbandingan Hasil Perhitungan dan Simulasi

Bulan	Radiasi Matahari (kWh/m <sup>2</sup> /bulan)	Daya Keluaran PLTS (KW)		Selisih (%)
		Perhitungan	Simulasi PVsyst	
Januari	140,4	5.020	3.718	24,15%
Februari	128,3	4.440	3.778	12,93%
Maret	157,2	5.621	5.254	4,55%
April	148,4	5.309	5.586	7,36%
Mei	147,6	5.279	6.328	22,19%
Juni	148,4	5.308	6.704	28,72%
Juli	166,4	5.951	7.359	26,03%
Agustus	180,0	6.437	7.248	14,76%
September	182,2	6.517	6.351	0,68%
Oktober	160,2	5.728	4.864	13,31%
November	145,7	5.212	3.904	23,35%
Desember	121,7	4.352	3.211	24,29%
<b>Rata-rata</b>	<b>152,2</b>	<b>5.431</b>	<b>5.358</b>	<b>0,71%</b>

Dari tabel 4.5 menunjukkan bahwa hasil perbandingan akurasi perhitungan tidak ada yang sama persis dengan hasil simulasi dengan perbedaan terkecil terjadi pada bulan September dengan selisih 0,68 %, dan terbesar pada bulan Juni dengan selisih 28,72 %. Saat musim penghujan hasil perhitungan memiliki hasil yang lebih besar, dan saat musim kemarau terjadi sebaliknya, simulasi PVsyst dengan perhitungan rata-rata memiliki selisih 0,71 %.



Gambar 4. 3 Grafik Daya Keluaran Hasil Perhitungan dan PVsyst

gambar 4.2 menunjukkan bahwa perbedaan daya keluaran antara perhitungan dengan hasil simulasi *PVsyst*. Garis warna biru merupakan hasil perhitungan, sedangkan garis warna merah merupakan hasil dari simulasi *PVsyst*. Pada bulan Januari sampai Maret dan Oktober sampai Desember hasil dari perhitungan mempunyai nilai yang lebih besar tapi setelah itu pada bulan April sampai September simulasi *PVsyst* memiliki hasil yang lebih besar.

#### 4.1.2. Pengkabelan dan Proteksi

Pada sebuah bangunan harus memiliki rangkaian listrik yang baik. Disini penulis akan menggunakan standar nasional indonesia (SNI) dan *International Electrotechnical Commission* (IEC) untuk kuat hantar arus dan sistem proteksinya dari *photovoltaic* sampai ke panel *Inverter*

##### 4.1.2.1. Photovoltaic

Pada rangkaian sistem pada *photovoltaic* menggunakan kabel berinsulasi XLPE dan menggunakan kabel NYA untuk pembumian dan juga

ada beberapa alat proteksi yang berada pada panel proteksi PV atau biasa di sebut *combiner box*.

#### 1. Penumbumian

Sesuai SNI IEC 60445 Warna loreng hijau-kuning hanya boleh digunakan untuk menandai konduktor penumbumian, konduktor proteksi, dan konduktor yang menghubungkan ikatan ekuipotensial ke bumi.



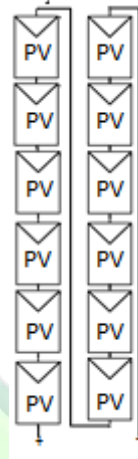
Gambar 4. 4 Kabel penumbumian pada photovoltaic dalam satu string

Penumbumian pada *photovoltaic* menggunakan kabel NYA 50 mm dan akan disambung paralel perMPPT, pada ujung kabel yang akan di tancapkan ketanah harus diberi elektroda. bila di test menggunakan *earth tester* nilai resistensi maksimum kabel penumbumian adalah sebesar 5 Ohm, bila elektroda terbuat dari tembaga dengan bentuk pipa maka elektroda minimal berdiameter 20 mm<sup>2</sup>.

#### 2. Kabel penghantar

Pada peraturan PUIL IEC 60364 kabel harus 125% arus pengenal beban penuh, Pada sistem string inverter tidak ada *photovoltaic* yang disambung secara paralel, maksimum ampere menggunakan  $I_{sc}$  *photovoltaic* sebesar 11,30 Ampere. maka diameter kabel minimal bisa menghantarkan arus 14,125 Ampere. Setiap MPPT *photovoltaic* disambung secara seri sebanyak 12 buah, dengan

$V_{oc}$  *photovoltaic* sebesar 49,78 Volt maka kabel harus mampu di menghantarkan tegangan sebesar 597,36 Volt DC.

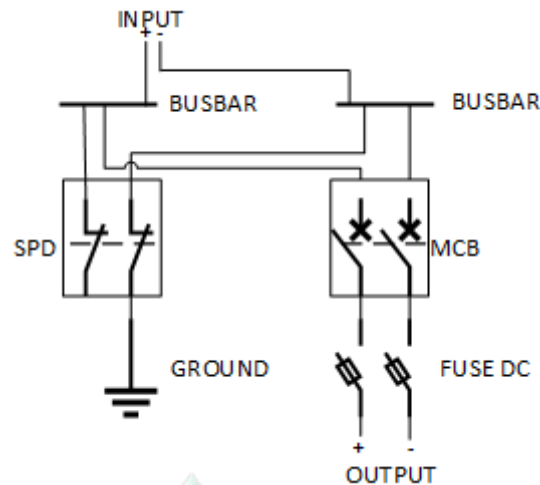


Gambar 4. 5 Kabel penghantar pada *photovoltaic* dalam satu string

Pada peraturan PUIL untuk kabel tanah inti tunggal, berkonduktor tembaga, berinsulasi dan berselubung PVC, dipasang pada sistem dengan voltase kerja maksimum 1,8 Kv, pada suhu ambien 30 °C dengan suhu konduktor maksimum 70°C bila kabel terpasang di udara dengan arus 26 ampere luas panampang harus minimal berdiameter 1,5 mm<sup>2</sup>.

#### 4.1.2.2. Panel Proteksi *Photovoltaic*

Pada panel proteksi *photovoltaic* terdapat beberapa alat yaitu busbar, MCB, Fuse dc, dan surge protection device, bila rangkaianannya di gambar maka akan seperti dibawah ini.



Gambar 4. 6 Rangkaian pada panel proteksi photovoltaic

#### 1. Surge Protection Device

Berbeda dengan arus AC yang menggunakan standar IEC 61643-11, untuk *surge protection device* dengan arus DC menggunakan standar EN 50539-11. Pada satu string inverter memiliki *maximum power voltage* 597,36 Volt maka pada instalasi ini menggunakan *surge protection device* dengan spesifikasi *maximum continous operating voltage* ( $U_{cpv}$ ) 800 V DC, *nominal load output voltage* ( $U_{ocste}$ )  $\leq 670$  V DC, *short circuit current strength* ( $I_{scpv}$ ) 2000 A, dan *nominal load current* 80 A DC.

#### 2. Fuse DC

Pada sistem PLTS *fuse* untuk arus DC menggunakan standar IEC 60269-6 yang harus memiliki respon sebesar 1-3 mili detik. Karena pada string inverter memiliki *maximum power curent* 10,82 A dan *short circuit current* 11,30 maka dalam instalasi ini menggunakan *fuse* DC dengan spesifikasi *maximum power voltage* 1000 V DC dan *Maximum current voltage* 12A.

#### 3. Mini Circuit Breaker DC

Untuk *miniatur circuit breaker* (MCB) pada sistem PLTS menggunakan standar IEC 60947-2, pada penulisan ini PLTS



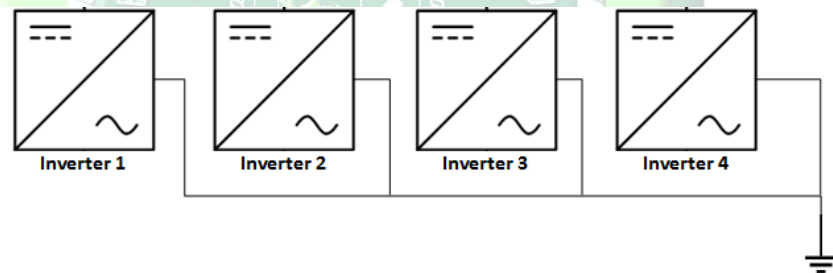
menggunakan sistem *string inverter* yang *photovoltaic*nya memiliki rating *maximum power current* 10,82 A dan *short circuit current* 11,30 A, dan memiliki *maximum power voltage* 597,36 Volt maka pada instalasi menggunakan MCB 2 *pole* dengan *rating rated current* ( $I_e$ ) 16 A, dan *rated operational voltage* ( $U_e$ ) 800 V DC.

#### 4.1.2.3. Inverter

Pada rangkaian sistem pada *inverter* menggunakan kabel berinsulasi XLPE dan menggunakan kabel NYA untuk pembumian dan juga ada beberapa alat proteksi yang berada pada panel setelah kelarnya listrik dari inverter.

##### 1. Pembumian

Sesuai SNI IEC 60445 Warna loreng hijau-kuning hanya boleh digunakan untuk menandai konduktor pembumian, konduktor proteksi, dan konduktor yang menghubungkan ikatan ekuiptensial ke bumi.



Gambar 4. 7 Kabel pembumian pada beberapa inverter yang dihubungkan secara paralel

Pembumian pada *inverter* menggunakan kabel NYA 50 mm<sup>2</sup> dan akan disambung paralel, pada ujung kabel yang akan di tancapkan ketanah harus diberi elektroda. bila di test menggunakan *earth tester* nilai resistensi maksimum kabel pembumian adalah sebesar 5 Ohm, bila elektroda terbuat dari tembaga dengan bentuk pipa maka elektroda minimal berdiameter 20 mm<sup>2</sup>.

## 2. Kabel penghantar

Berdasarkan persyaratan PUIL 2011 untuk sirkit trifase dengan lima kabel, warna kabel adalah

- a. Untuk kabel lin (fase): hitam, coklat, abu-abu.
- b. Untuk kabel netral: biru.
- c. Untuk kabel proteksi: belang hijau-kuning

Kabel harus bertanda SNI dan memenuhi seri SNI 6629 (seri IEC 60227). Pada peraturan PUIL IEC 60364 kabel harus 125% arus pengenal beban penuh. Pada *inverter* Solax Power X3-10.0P memiliki *output nominal AC current* sebesar 14,5 Ampere maka kabel harus mampu menghantarkan arus sebesar 18,125 Ampere. Yang diperbolehkan untuk kabel instalasi berinsulasi dan berselubung PVC dan tiga konduktor berbeban serta kabel fleksibel dengan voltase pengenal 230/400 (300) volt dan 300/500 (400) volt pada suhu ambien 30°C, dengan suhu konduktor maksimum 70°C bila kabel terpasang di udara dengan arus 18,125 ampere luas panampang harus minimal berdiameter 4 mm<sup>2</sup>.

### 4.1.2.4. Panel Proteksi Inverter

Pada panel proteksi keluaran inverter terdapat beberapa alat yaitu *over current*, *over/under voltage*, *reverse polarity* bila rangkaianannya di gambar maka akan seperti dibawah ini.

1. Molded Case Circuit Breaker dan Over Current relay

*Output inverter memiliki nominal AC current* sebesar 14,5 Ampere maka MCCB dan OCR bisa di *setting* pada nominal arus 18 Ampere (125% dari arus nominal).

2. Over Under Voltage Relay

Untuk under voltage bisa di *setting range* 1-25% dari voltase nominal, untuk over voltage pada 1-20%, dan untuk Unbalance pada 3-20%. Untuk *time delay* bisa di *setting* pada 0,1-30 detik.

3. Busbar

Arus maksimal yang keluar dari inverter sebesar 16 Ampere, busbar harus bisa menghantarkan 1,25 kali dari arus nominal. maka busbar yang dipilih berukuran tebal 3mm dengan lebar 15 mm yang dapat mengantarkan arus sampai 205 Ampere

