

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Terdahulu

Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis mencari acuan sebagai sumber referensi dari penelitian terdahulu seperti penelitian berikut ini:

Mohammad Hafidz, (2015) “Perancangan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW On Grid di Yogyakarta” membahas tentang perancangan PLTS diperlukan pertimbangan dalam desain sistem jaringan skala besar. Langkah-langkah desain ini adalah penilaian dari data radiasi matahari untuk lokasi, identifikasi dan penilaian lokasi yang akan digunakan, pemilihan komponen sistem PV. Setelah dilakukan perancangan teknik dan disimulasikan dengan menggunakan software PVSyst. Dalam perancangan ini digunakan PV modul yang berada dipasaran dengan daya output per modul sebesar 250 Wp maka dibutuhkan sekitar 40.000 PV modul dan 100 buah inverter 100 kW. Pemilihan inverter 100 kW ini diharapkan pada saat operasi dan pemeliharaan akan lebih mudah, dan bila terjadi gangguan tidak perlu dimatikan semua unit, hanya unit-unit yang perlu dipadamkan saja.

Saputro, (2017) “Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbantuan Program System Sizing Estimator” Membahas tentang penerapan program Sistem *Sizing Estimator*, untuk beban rumah tangga dengan daya terpasang 450 VA dan 1.000 VA dari penelitian disimpulkan Hasil program Sistem *Sizing Estimator* untuk beban rumah tangga yang terpasang daya 450 VA membutuhkan modul / panel surya sebesar 780 Wp dan dengan juga baterai berjumlah 19 buah (berkapasitas 12 V / 105 Ah), sedangkan untuk 1.000 VA membutuhkan modul / panel surya 807 Wp dengan baterai berjumlah 20 buah (baterai berkapasitas 12 V / 105 Ah)

Safrizal, (2017) “Rancangan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Listrik pada Gedung Fakultas Sains dan Teknologi Unisnu Jepara” Dalam hal

ini penelitian difokuskan pada menghitung daya listrik saat beban puncak dan menghitung total daya keseluruhan dalam waktu 24 untuk merancang PLTS pada gedung Saintek Unisnu Jepara. Setelah dilakukan perhitungan maka diketahui bahwa konsumsi energi listrik harian gedung saintek unisnu sebesar 383,294 kWh, sedangkan PLTS mampu membangkitkan energi listrik rata-rata harian 418,59 kWh. Produksi energi listrik PV Array kurang dari kebutuhan beban pada bulan desember 352,13 kWh (-31,164 kWh), Januari 322,34 kWh (-60,954 kWh) Februari 346,02 kWh (-37,094 kWh).

(Nathawibawa, Kumara, & Ariastina, 2016) “Analisis Produksi Energi dari Inverter pada *Grid-connected* PLTS 1 MWp di Desa Kayubihi Kabupaten Bangli” Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja inverter serta pengaruh posisi *string array* terhadap produksi energi PLTS. Analisis produksi energi di PLTS Kayubihi dilakukan dengan memetakan persentase produksi energi dari setiap inverter, kemudian inverter dengan persentase produksi energi tertinggi dipilih sebagai acuan untuk menilai unjuk kerja dari 49 inverter yang lain. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa Inverter dengan produksi energi rata-rata tertinggi adalah inverter 44-E5 sebesar 72,47 kWh/hari dan terendah adalah inverter 11-C5 sebesar 39,26 kWh/hari. Dan disimpulkan juga bahwa seluruh inverter di PLTS Kayubihi, produksinya sudah lebih besar atau sama dengan 75 % sesuai keluaran energi optimum *string array* masing-masing

(Syukri & Kunci, 2010) “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan di Banda Aceh” merencanakan dan melakukan perhitungan untuk kebutuhan distribusi listrik rumah tangga sebesar 26,927 kWh perharinya dengan menggunakan software PVsyst. Setelah dilakukan perhitungan dan simulasi Berdasarkan data BMG Aceh 2009- 2010 Energi yang dihasilkan modul surya perhari tergantung pada insolasi matahari. Untuk insolasi tertinggi menghasilkan energi sebesar 65.928 Wh dan insolasi terendah menghasilkan energi 22.960 Wh.

Berdasarkan beberapa jurnal terdahulu, maka pada penelitian kali ini akan menghitung total pemakaian daya dan merancang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang di butuhkan. Untuk perhitungan daya output PLTS akan dihitung secara manual berdasarkan radiasi matahari yang didapat dari data NASA *Power* dan juga menggunakan *software PVSyst* sebagai alat simulasi perhitungan. Setelah penelitian di lakukan diharapkan dapat di ketahui jumlah dan spesifikasi dari pv dan juga *inverter* yang akan diterapkan pada peternakan ayam milik bapak Sakius yang berada di Dukuh Krajan III srobyong Kecamatan Mlonggo.

## 2.2. Dasar Teori

Landasan atau dasar teori sangat diperlukan unruk melakukan penelitian ini sebagai bahan acuan dasar. Landasan tersebut diperoleh dari berbagai penelitian terdahulu, jurnal ilmiah, buku, koran, majalah, ataupun yang berkaitan dengan penelitian.

### 2.2.1. Daya Listrik

Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Untuk menghitung daya, perlu dibedakan antara instalasi listrik satu fasa dan tiga fasa. (Von Meier Alexander, 2006)

Daya terbagi menjadi tiga, yaitu:

#### a. Daya Nyata

Daya nyata (*real power*) adalah beban yang sesungguhnya dibutuhkan oleh beban yang bersifat resistansi, contoh pada lampu, Satuan dari daya nyata adalah *watt*.

Adapun rumus daya nyata/aktif sebagai berikut:

Untuk satu fasa :

$$P = V \times I \times \cos\phi \dots\dots\dots(2.1)$$

Untuk tiga fasa :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

P : Daya nyata (Watt)

V : Tegangan (*volt*)

I : Arus (*Ampere*)

$\cos\phi$  : Faktor daya

b. Daya Semu

Daya semu adalah perkalian antara arus dan tegangan yang dinyatakan dalam satuan VA (*volt ampere*).

Adapun rumus daya daya semu sebagai berikut:

Untuk satu fasa :

$$S = V \times I \dots\dots\dots(2.3)$$

Untuk tiga fasa :

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

S : Daya semu (VA)

V : Tegangan (*volt*)

I : Arus (*Ampere*)

### c. Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan daya yang dibutuhkan untuk medan magnet, beban yang bersifat daya reaktif adalah beban yang bersifat induktif, contoh pada motor listrik. Daya reaktif dinyatakan dalam satuan  $VAr$  (*volt ampere reaktif*).

Adapun rumus daya nyata/aktif, daya semu, dan daya reaktif sebagai berikut:

Untuk satu fasa :

$$Q = V \times I \times \sin\phi \dots \dots \dots (2.5)$$

Untuk tiga fasa :

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin\phi \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

$Q$  : Daya reaktif (VAR)

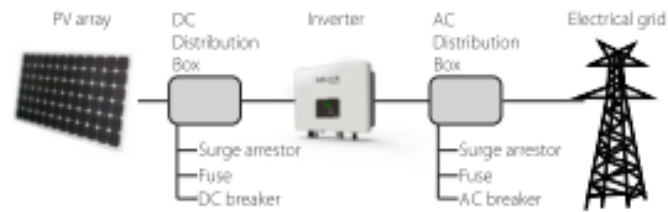
$V$  : Tegangan (*volt*)

$I$  : Arus (*Ampere*)

$\sin\phi$  : Faktor daya

### 2.2.2. PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) memanfaatkan energi dari sinar matahari melalui sel surya (*photovoltaic*) untuk dikonversi menjadi energi listrik. Faktor intensitas matahari, faktor kondisi cuaca lingkungan, faktor temperatur PV modul dan faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap unjuk kerja pada PLTS. Sistem PLTS terdiri dari modul *photovoltaic*, solar charge controller atau inverter jaringan, baterai, inverter baterai, dan beberapa komponen pendukung lainnya. Ada beberapa jenis sistem PLTS, baik untuk sistem yang tersambung ke jaringan listrik PLN (on-grid) maupun sistem PLTS yang berdiri sendiri atau tidak terhubung ke jaringan listrik PLN (off-grid). Meskipun sistem PLTS tersebar (SHS, solar home system) lebih umum digunakan karena relatif murah dan desainnya yang sederhana.



(sumber : Manual, n.d. inverter Solaxpower X3-Pro)

*Gambar 2. 1 Sistem PLTS On-Grid*

PLTS daya dapat dirancang untuk kebutuhan listrik dari yang kecil sampai yang besar, baik secara *hybrid* maupun mandiri, baik dengan menggunakan metode desentralisasi (satu rumah pembangkit) maupun dengan menggunakan metode sentralisasi (listrik didistribusikan dengan jaringan kabel). Energi terbarukan yang energinya melimpah dengan memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energinya dan tidak menimbulkan kebisingan serta tidak mengeluarkan gas buangan atau limbah adalah PLTS.

#### **2.2.2.1. Photovoltaic**

*Photovoltaic* adalah konversi langsung cahaya matahari menjadi listrik pada tingkat atom. Dikenal sebagai efek fotolistrik yaitu menyerap foton cahaya dan melepaskan elektron. Ketika elektron bebas ditangkap, sebuah hasil arus listrik yang dapat digunakan sebagai listrik.

Untuk sel surya, wafer semikonduktor tipis diperlukan untuk membentuk medan listrik, di satu sisi positif dan negatif di sisi lain. Jika konduktor listrik yang terdapat pada sisi positif dan negatif, membentuk sebuah rangkaian listrik, elektron dapat ditangkap dalam bentuk arus listrik.



(Sumber : Mohammad Hafidz ;, 2015)

*Gambar 2. 2 rooftop photovoltaic*

*Photovoltaic* secara umum dibagi menjadi 2 jenis yaitu Monocrystalline dan polycrystalline berikut penjelasannya :

a. Sel Surya Monocrystalline

Sel surya Monocrystalline biasa disebut sebagai sel kristal tunggal, monocrystalline berwarna hitam pekat. Sel monocrystalline terbuat dari bentuk silikon yang sangat murni, membuatnya menjadi bahan paling efisien untuk konversi sinar matahari menjadi energi. Monocrystalline memiliki tingkat efisiensi yang tinggi yaitu 15-20% dan juga performanya lebih baik pada saat cuaca mendung, namun tingkat kinerja menurun disaat peningkatan suhu ekstrem.

b. Sel Surya Silikon Polycrystalline

Panel surya pertama berdasarkan silikon polycrystalline yang juga dikenal sebagai polysilicon (p-Si) dan multi-kristal silikon (mc-Si). Pembuatannya dengan cara Silikon mentah dilebur dan dituangkan ke dalam cetakan persegi yang didinginkan dan dipotong menjadi wafer persegi.

Untuk mengetahui kapasitas *photovoltaic* bisa menggunakan rumus (Safrizal, 2017)

$$CPV = \frac{EPV}{Q} \times FP \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

CPV = Kapasitas Photovoltaic (kWp)

EPV = Konsumsi Energi Harian/EL (kWh) + margin 15 %

Q = Input Energi Matahari pada PV (kWh/m<sup>2</sup>/hari)

FP = Faktor penyesuaian (+10%)

Dan untuk mencari konsumsi energi harian (EL) itu sendiri menggunakan rumus

$$EL = Total\ watt\ saat\ beban\ puncak + Total\ watt\ saat\ tidak\ beban\ puncak \dots \dots \dots (2.8)$$

Setelah mengetahui CPV kita bisa mengetahui jumlah PV yang dengan cara

$$Jumlah\ modul = \frac{CPV}{Wp\ modul} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

CPV = Kapasitas Photovoltaic (Wp)

Wp modul bisa dilihat pada spesifikasi modul PV itu sendiri

Untuk menghitung panel surya yang diseri menggunakan rumus sebagai berikut :

$$N_{pvs} = \frac{V_{max\ Inverter}}{V_{mpPV}} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

$N_{pvs}$  = Banyaknya panel surya yang dihubung seri

$V_{max}$  = Batas tegangan maksimal yang diterima inverter

$V_{mp}$  = Tegangan maksimal yang dihasil modul panel surya



Berdasarkan jumlah panel surya, maka dapat dihitung berapa luas area yang dibutuhkan untuk pemasangan PLTS berdasarkan data dimensi dari panel surya tersebut (Perdana, 2018). Berikut rumus perhitungannya :

$$A_c = \text{panjang modul} \times \text{lebar modul} \dots\dots\dots (2.11)$$

Kemudian menghitung nilai efisiensi dari panel surya sesuai dengan standart test condition (STC), dengan rumus :

$$\eta = \frac{P_{\max PV}}{E \times A_c} \times 100\% \dots\dots\dots(2.12)$$

Setelah dapat efisiensi panel surya, dihitung juga efisiensi keseluruhan dari sistem PLTS. Menurut Badan NREL (2014) faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi dari keseluruhan sistem PLTS meliputi kekotoran, naungan, salju penutup, ketidakcocokan, kabel, koneksi, *rating* panel surya dan ketersediaan operasional. Berikut ini rinciannya :

Tabel 2. 1 Efisiensi Keseluruhan Sistem PLTS

<i>Loss Mechanism</i>	<i>Related Derate</i>
<i>Soiling</i>	0,95
<i>Shading</i>	1,00
<i>Snow</i>	1,00
<i>Mismatch</i>	0,98
<i>Wiring</i>	0,98
<i>AC Wiring</i>	0,99
<i>Connections</i>	0,995
<i>Nameplate rating</i>	0,95
<i>Availability</i>	0,98
<i>Inverter</i>	0,99
<b><i>Total</i></b>	<b>0,828</b>

(sumber : *National Renewable Energy Laboratory*)

Berdasarkan tabel 2.1 menjelaskan bahwa efisiensi keseluruhan dari sistem PLTS adalah 82,8 %.

Kemudian setelah luas area, efisiensi panel surya dan efisiensi keseluruhan didapat, maka langkah selanjutnya menghitung perkiraan daya *output* PLTS menggunakan rumus :

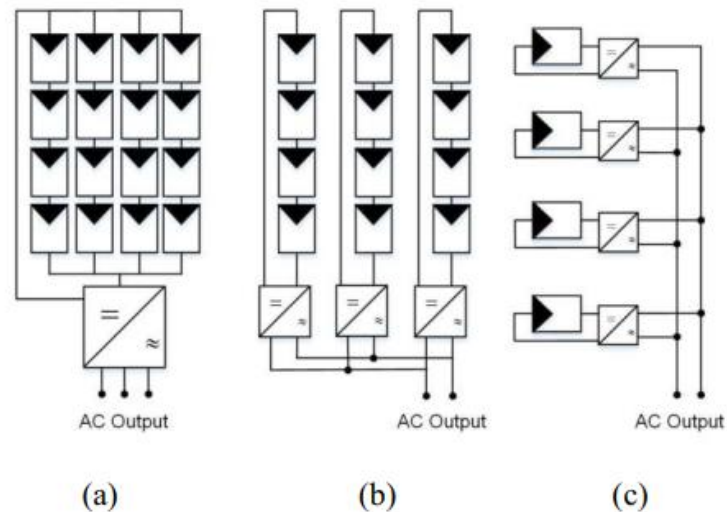
$$P_{out} = A_c \times \eta \times t \times N_{pv} \times \eta_T \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

- $A_c$  = Luas area total panel surya ( $m^2$ )
- $E$  = Luas area penyinaran matahari ( $1000 \text{ W}/m^2$ )
- $P_{out}$  = Daya *output* PLTS (kWh)
- $t$  = Radiasi matahari ( $kWh/m^2/hari$ )
- $\eta$  = Efisiensi panel surya sesuai STC (%)
- $\eta_T$  = Efisiensi keseluruhan sistem PLTS (%)

#### 2.2.2.2. Inverter

Untuk mengkonversi listrik DC menjadi AC memerlukan sebuah *inverter*. Inverter adalah rangkaian listrik yang berfungsi untuk mengubah tegangan input, yaitu dari DC menjadi tegangan AC. Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan baterai ataupun langsung dari PV. Inverter yang digunakan dapat dibagi menjadi 3, yaitu string inverter, central inverter dan micro inverter



(Sumber : Bagus, Sugirianta, Ngurah, & Dwijaya, 2019)

Gambar 2. 3 Kategori inverter untuk PLTS (a) central inverter, (b) string inverter, (c) micro inverter

*Central inverter* seperti pada Gambar 2.3 a, banyak digunakan secara luas. *Inverter* jenis ini dilengkapi dengan *Maximum Power Point Tracking (MPPT) algorithm*. MPPT ini bekerja untuk mengekstrak maksimum daya yang mungkin dihasilkan oleh *photovoltaic* dan meneruskannya ke beban melalui *boost converter* yang berfungsi menaikkan tegangan sesuai yang dibutuhkan.

Satu *central inverter* akan melayani seluruh panel surya yang ada, sedangkan *string inverter* melayani sekelompok modul surya. Pada kedua jenis *inverter* ini, jika salah satu modul terkena bayangan, maka dampaknya akan ke seluruh sistem atau ke satu kelompok panel tersebut. Untuk *micro inverter*, masing-masing modul akan dilengkapi *inverter* yang jika salah satu modul terkena bayangan, maka hanya modul tersebut yang terpengaruh.

Untuk mengetahui kapasitas inverter yang di butuhkan dapat menggunakan rumus :

$$C_{Inv} = Piek\ Load + Safety\ Factor \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

$C_{Inv}$  : Kapasitas maksimal daya yang tersimpan oleh inverter

Piek Load : Beban Tertinggi dalam suatu system (Watt/hour)

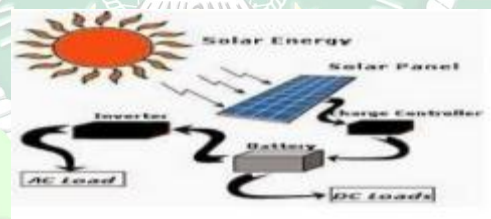
Safety factor : Presentase untuk mengamankan peralatan

Disini saya menggunakan safety factor sebesar 15%

#### A. Jenis inverter berdasarkan sitem rangkaian

##### 1. *Off Grid System*

*Off grid system* adalah sistem pembangkit listrik yang hanya mengandalkan panel surya untuk menghasilkan energi listrik, dan menggunakan baterai sebagai media penyimpanan atau bank energi.



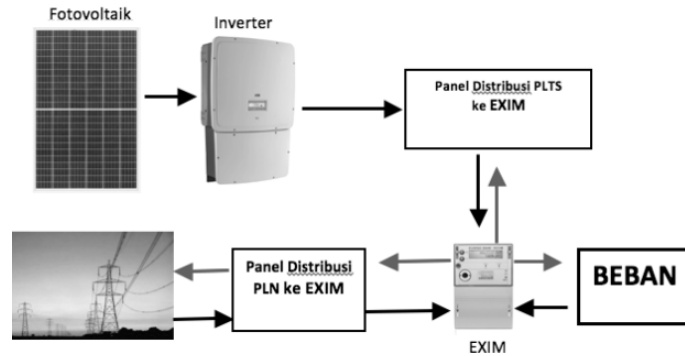
(Sumber : Teguh Priyono, Kho Hie Khwee, 2019)

*Gambar 2. 4 Off grid system*

Sistem ini biasa digunakan pada kawasan yang belum terjamah oleh jaringan grid (PLN).

##### 2. *On Grid System* (disebut juga *Grid Tie/ Grid Interactive*)

Bekerja secara langsung dari solar panel tanpa melalui backup (baterai), bila suplai listrik dari solar panel kurang memadai maka daya listrik bisa diambil dari jaringan PLN.



(Sumber : Hariyati, Qosim, & Hasanah, 2019)

*Gambar 2. 5 Konfigurasi Sistem Konsep On-grid*

Pada sistem ini plts hanya bekerja pada siang hari dan pada malam hari mengambil listrik dari grid (PLN), sistem ongrid dapat menekan akan pengeluaran saat perancangan sistem karena tidak diperlukannya baterai untuk penyimpanan listrik.

### 2.2.3. Kabel Instalasi

Kabel digunakan untuk menghantarkan aliran listrik dari sumber listrik menuju ke perangkat pengguna listrik, sehingga perangkat tersebut dapat bekerja dengan baik sesuai fungsinya.

A. Berdasarkan konstruksinya, penghantar diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Penghantar Pejal (solid)

Peghantar pejal adalah penghantar yang berukuran tidak sampai 10 mm<sup>2</sup> untuk memudahkan penggulungan maupun pemasangannya.

2. Penghantar Berlilit (stranded)

Penghantarnya terdiri dari beberapa urat kawat yang berlilit dengan ukuran 1 mm<sup>2</sup> – 500 mm<sup>2</sup>.

### 3. Penghantar Serabut (fleksibel)

Jenis ini banyak digunakan untuk tempat-tempat yang sulit dan sempit, alat-alat portabel, alat-alat ukur listrik dan pada kendaraan bermotor. Ukuran kabel ini antara  $0,5 \text{ mm}^2$  -  $400 \text{ mm}^2$ .

### 4. Penghantar persegi (busbar)

Penghantar persegi adalah penampang penghantar yang berbentuk persegi empat yang biasanya digunakan pada PHB (Papan Hubung Bagi) sebagai rel-rel pembagi atau rel penghubung, penghantar ini tidak berisolasi.

## B. Jenis kabel bila dilihat dari jumlah dalam satu kabel yaitu :

### 1. Penghantar Simplex

Penghantar Simplex adalah kabel yang dapat berfungsi untuk satu penghantar saja (untuk fasa ataupun untuk netral saja). Contohnya kabel NYA  $1,5 \text{ mm}^2$ , NYAF  $2,5 \text{ mm}^2$  dan lain-lain

### 2. Penghantar duplex

kabel yang memiliki dua aliran (dua fasa berbeda atau fasa dengan netral). Setiap penghantar diisolasi kemudian dijadikan menjadi satu menggunakan selubung. Contohnya kabel NYM  $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$ , NYY  $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$ .

### 3. Penghantar Triplex

Penghantar triplex memiliki tiga penghantar yang dapat menghantarkan 3 fasa (R, S dan T) atau fasa, netral dan ground. Contohnya kabel NYM  $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$ , NYY  $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$  dan lain-lain

### 4. Penghantar quadruplex

kabel dengan empat penghantar untuk mengalirkan arus 3 fasa dan netral atau 3 fasa dan ground. NYM  $4 \times 2,5 \text{ mm}^2$ , NYMHY  $4 \times 2,5 \text{ mm}^2$ .

C. Jenis-jenis kabel listrik berdasarkan isolatornya adalah:

a. Kabel NYA.

Kabel ini hanya memiliki satu inti kabel yang terdiri dari kabel tembaga tunggal berdiameter 1.5 – 2.5 mm dan memiliki isolator berbahan PVC

b. Kabel NYY.

Kabel ini memiliki inti kabel serabut lebih dari satu dan masing-masing dilapisi dengan isolator dengan warna berbeda. Lapisan selubungnya tebal dan kuat serta diberi lapisan anti gigitan tikus. Karena kabel ini dapat dipendam di dalam tanah..

c. Kabel NYAF.

Kabel ini hampir mirip dengan kabel NYA, akan tetapi berupa serabut. Kabel ini lebih fleksibel dibandingkan kabel NYA. Seperti kabel NYA, kabel NYAF ini perlu diberi pelindung pipa. Tegangan nominal 300 – 500 V.

d. Kabel NYMHY.

Kabel ini memiliki beberapa inti kabel serabut yang masing-masing dilapisi isolator dengan warna berbeda. Kabel ini memiliki selubung dalam dan luar dari PVC dan cukup fleksibel.

e. Kabel NYHHY

Kabel ini juga memiliki beberapa inti kabel serabut yang masing-masing dilapisi isolator dengan warna berbeda. Kabel ini hanya memiliki selubung luar PVC dan sangat fleksibel.

f. Kabel NYRGbY/NYBY

Kabel ini memiliki insulator yang cukup kuat dan memiliki lapisan pita serat baja galvanis di antara selubung dalam dan selubung

luarnya yang terbuat dari PVC. Kabel ini dapat dipendam tanpa perlindungan.

g. Kabel NYCY

Kabel ini digunakan dalam tanah maupun di luar ruangan atau *outdoor installation*. Memiliki lapisan pita serabut tembaga yang kuat di antara selubung dalam dan selubung luarnya yang terbuat dari PVC.

#### 2.2.4. Sistem Proteksi

Sistem proteksi adalah suatu sistem pengamanan terhadap peralatan listrik terhadap kondisi abnormal operasi sistem itu sendiri. Kondisi abnormal dapat berupa hubung singkat, frekuensi sistem, beban lebih, tegangan lebih. dll.

A. Pentanahan

Sistem pentanahan untuk array PV menggunakan kabel hijau kuning tipe NYY dengan diameter yang ditentukan berdasarkan perhitungan dan disesuaikan dengan standar SPLN/SNI. Kabel harus dihubungkan secara elektrik ke terminal array PV (menggunakan baut), Resistansi pentanahan tidak boleh melebihi 5 ohm.

sistem pentanahan pada PLTS harus didesain sedemikian rupa sehingga tegangan sentuh pada sistem pentanahan lebih kecil daripada batas tegangan sentuh untuk manusia. Sistem pentanahan pada PLTS juga harus didesain sedemikian rupa sehingga tegangan step lebih kecil daripada batas tegangan step untuk manusia. Tegangan step adalah perbedaan potensial yang dapat terjadi ketika seseorang berada dalam jarak 1 meter dengan kaki yang tidak menyentuh komponen maupun perangkat yang dibumikan.

Proses perancangan sistem pentanahan direkomendasikan untuk mengikuti Standar IEEE no. 80 tahun 2013.



## B. Penangkal Petir

Spesifikasi untuk penangkal petir sebagai berikut

1. Menara (*tower*) : tree angle, guyed wire.
2. Pentanahan penangkal petir harus tersambung secara baik dan di pisah dengan sistem pentanahan *PV array*.
3. Resistansi pentanahan harus  $\leq 5$  ohm (SPLN).
4. Tinggi menara minimal 17 meter.

## C. Proteksi input inverter

Proteksi input inverter biasanya ditempatkan di *combiner box* (*marshalling kiosk*) dengan insulasi kelas IP66 dan rangkaian terbuka maksimum 1000VDC. Ukuran *combiner box* harus cukup bagi operator untuk melakukan pengecekan dan proses pemeliharaan. *Combiner box* harus dilengkapi dengan dc fuse, dc circuit breaker, pelindung surja / surge trap, dan busbar.

### 1. Fuse DC

Fuse atau dalam bahasa Indonesia disebut sekering adalah komponen yang berfungsi sebagai pengaman dalam rangkaian dalam rangkaian listrik. Fuse pada dasarnya terdiri dari sebuah kawat halus pendek yang akan meleleh dan terputus jika dialiri oleh Arus Listrik yang berlebihan ataupun terjadinya hubungan arus pendek (*short circuit*) dalam sebuah peralatan listrik / Elektronika. Dengan putusnya Fuse (sekering) tersebut, Arus listrik yang berlebihan tersebut tidak dapat masuk ke dalam Rangkaian Elektronika sehingga tidak merusak komponen-komponen yang terdapat dalam rangkaian Elektronika yang bersangkutan. Karena fungsinya yang dapat melindungi peralatan listrik dan peralatan Elektronika dari kerusakan akibat arus listrik yang berlebihan, Fuse atau sekering juga sering disebut sebagai Pengaman Listrik.

Fuse (Sekering) terdiri dari 2 Terminal dan biasanya dipasang secara Seri dengan Rangkaian Elektronika / Listrik yang

akan dilindunginya sehingga apabila Fuse (Sekering) tersebut terputus maka akan terjadi “Open Circuit” yang memutuskan hubungan aliran listrik agar arus listrik tidak dapat mengalir masuk ke dalam Rangkaian yang dilindunginya.

## 2. Dc Circuit Breaker

Dc circuit breaker digunakan untuk melindungi beban individu yang bekerja dengan arus searah, atau dapat di gunakan untuk melindungi sirkuit utama seperti inverter, susunan pv, ataupun bank baterai.

Dc circuit breaker bekerja dengan prinsip perlindungan termal dan perlindungan magnetis yang sama seperti dengan *ac circuit breaker*. Perlindungan termal dalam pemutus sirkuit dc melindungi terhadap beban arus berlebih, dan proteksi magnetis memutus sirkuit dc ketika arus gangguan tinggi hadir.

Perbedaan gangguan arus bolak balik dengan arus searah adalah titik pemadam busur lebih tinggi untuk *dc circuit breaker*. Pada arus searah dimana tegangan kontinyu, untuk alasan ini *dc circuit breaker* harus menyertakan tindakan pemadaman tambahan yaitu *dc circuit breaker* biasanya memiliki mekanisme untuk memanjangkan dan menghilangkan busur listrik untuk menyederhanakan gangguan. Dalam *ac circuit breaker* gangguan busur lebih sederhana karena arusnya bolak-balik dan memiliki nilai nol di setiap siklus yang lebih mudah untuk di interupsi.

## 3. Pelindung surja/*surge trap*

Sistem proteksi petir internal bertujuan untuk mengamankan peralatan listrik dari bahaya induksi arus listrik yang diakibatkan oleh sambaran petir tak langsung. Sistem proteksi ini menggunakan peralatan yang disebut dengan Surge Protection Devices (SPD) yang dirancang untuk membatasi tegangan berlebih

dalam periode waktu yang Sangat singkat / sesaat yang ditimbulkan oleh impuls petir. Dalam hal ini impuls yang ditimbulkan oleh petir dapat mempengaruhi setiap jenis jaringan pengkabelan/ wiring.

Sambaran petir tak langsung/direct strike ini adalah fenomena yang mempengaruhi debit arus pada peralatan mulai dari peralatan bertegangan tinggi hingga instrumen elektronik yang digunakan di rumah/domestic.

#### D. Proteksi output inverter

Panel harus dilengkapi dengan sistem proteksi *overload*, *over current*, *over/under voltage*, *reverse polarity*.

##### 1. Over current

*Over current relay*, merupakan salah satu proteksi yang terjadi arus lebih pada sistem kelistrikan 3 fasa, biasa digunakan pada panel utama (main Switch Board),

Prinsip kerjanya menggunakan sensor arus dari CT (Current Transformer), dan nilai arus saat terjadinya *trip* dapat di sesuaikan dengan aplikasi di lapangan.

##### 2. Over/under Voltage

*Over/under voltage relay* adalah sejenis alat proteksi atau pengaman kelistrikan saat terjadi tegangan yang melebihi ataupun kurang dari batasan normal, maka alat ini akan bekerja dan melindungi kerusakan pada alat listrik. Karena tegangan yang berlebih ataupun kurang dapat menyebabkan kerusakan yang cukup serius pada alat listrik yang digunakan.

*Over under voltage relay* akan bekerja apabila tegangan listrik kurang atau melebihi dari tegangan listrik yang ditentukan, dan juga apabila terjadi tegangan listrik yang tidak stabil.

## E. Proteksi Panel Distribusi

Panel harus dilengkapi dengan pembatas arus *mini circuit breaker* (MCB) / *moulded case circuit breaker* (MCCB), *earth leaked circuit breaker* (ELCB). *Fuse*, dilengkapi dengan *timer* dan kontaktor yang berfungsi untuk memutus aliran beban pada waktu yang ditentukan. Di bagian tutup panel harus ada *display meter* untuk volt, amper dan juga frekuensi.

### 1. MCB

MCB adalah suatu alat pemutus rangkain listrik, selain itu MCB juga dilengkapi dengan sistem pengaman yang akan memutus rangkain listrik secara otomatis saat terjadi arus lebih (*over current*).

Batasan arus maksimal MCB hanya sekitar 63 ampere, selain itu batasan arus yang tertera pada MCB tidak dapat di setting sesuai kebutuhan seperti MCCB.

### 2. MCCB

MCCB berfungsi sebagai pemutus arus dan penghubung rangkain listrik, selain itu MCCB juga memiliki kemampuan memutus secara otomatis saat dibebani dengan arus yang melebihi kapasitas maksimal MCCB tersebut. MCCB memiliki kemampuan hantar arus yang lebih besar dari MCB, kemampuan MCCB ada yang mencapai 1000 ampere.

Beberapa model MCCB memiliki kelebihan, yakni dilengkapi dengan selektor pilihan batas arus maksimal MCC, dengan selektor ini dapat diatur berapa presentase batasan arus maksimal yang di kehendaki. MCCB dapat digunakan untuk tegangan *low voltage* sampai *medium voltage*. beberapa jenis MCCB dapat dipasangkan aksesoris tambahan seperti UVT (*under voltage trip*), *switch*, *auxiliary contact*.

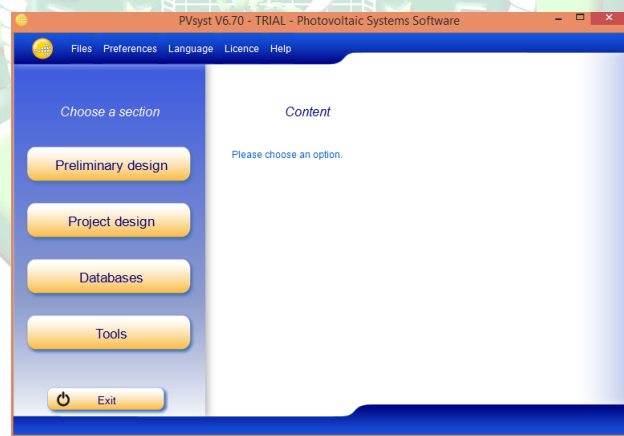
### 3. FUSE

Fuse atau dalam bahasa Indonesia disebut sekering adalah komponen yang berfungsi sebagai pengaman dalam rangkaian dalam rangkaian listrik.

Fuse pada dasarnya terdiri dari sebuah kawat halus pendek yang akan meleleh dan terputus jika dialiri oleh Arus Listrik yang berlebihan ataupun terjadinya hubungan arus pendek (short circuit) dalam sebuah peralatan listrik / Elektronika.

#### 2.2.5. Software PVSyst

*PVSyst* adalah perangkat lunak komputer yang komprehensif untuk sistem surya yang mencakup seperangkat alat untuk mempelajari, mengukur, mensimulasikan dan juga menganalisis data sistem PLTS, dengan tujuan membantu arsitek, insinyur, peneliti, dan bahkan mahasiswa yang tertarik dalam penelitian dan bekerja di bidang ini dirancang.



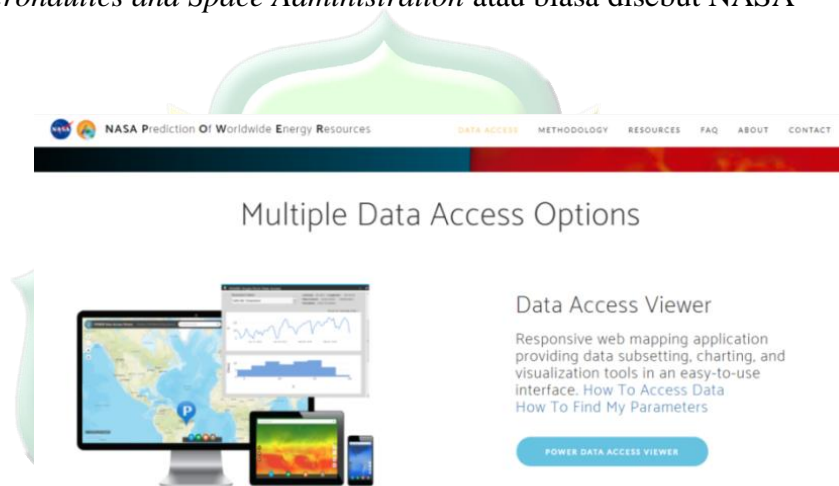
Gambar 2.6 tampilan beranda Pvsyst versi 6.70

Perangkat lunak ini mencakup menu bantuan yang sangat rinci yang sepenuhnya menggambarkan model dan metode yang digunakan seperti *on-grid* dan juga *off-grid*, sehingga siapa pun dapat memulai proyek dalam lingkungan yang benar-benar ramah pengguna dan intuitif untuk selesai. *PVSyst* akan dapat mengimpor data meteorologi dari

berbagai sumber, serta memiliki *data base inverter dan photovoltaic* dari berbagai merk yang cukup lengkap.

### 2.2.6. NASA Data Acces Viewer

Merupakan website yang ditujukan untuk mengetahui data-data di bumi yang berasal dari saltelit seperti kecepatan angin, radiasi matahari, temperatur, dan lain sebagainya dengan cara memasukan atau menginput *longitude* dan *latitude* daerah tersebut. Web ini dimiliki *National Aeronautics and Space Administration* atau biasa disebut NASA



(sumber : <https://power.larc.nasa.gov>)

Gambar 2.7 Tampilan awal NASA Power

Pada penelitian ini data yang diambil hanya data radiasi matahari di Dukuh Krajan III Desa Srobyong Kabupaten Jepara (Latitude -6,517 Longitude 110,704) yang nantinya akan digunakan sebagai acuan untuk perhitungan daya *output* PLTS dan perbandingan dengan data dari *softwere PVsyst*.