



MATAHARI SEBAGAI ENERGI MASA DEPAN

Panduan Lengkap Pembangkit Listrik
Tenaga Surya **(PLTS)**

Rosnita Rauf ■ Ritnawati ■ Fatmawaty Rachim
Ahmad Thamrin Dahri ■ Hanalde Andre
Richard A. M. Napitupulu ■ Erdawaty
Aminur ■ Dean Corio ■ Parulian Siagian

MATAHARI SEBAGAI ENERGI MASA DEPAN

Panduan Lengkap Pembangkit Listrik
Tenaga Surya (**PLTS**)



UU 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Perlindungan Pasal 26

Keterluan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- a. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- b. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- c. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- d. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

Matahari sebagai Energi Masa Depan

Panduan Lengkap Pembangkit Listrik

Tenaga Surya (PLTS)

Rosnita Rauf, Ritnawati, Fatmawaty Rachim
Ahmad Thamrin Dahri, Hanalde Andre
Richard A. M. Napitupulu, Erdawaty
Aminur, Dean Corio, Parulian Siagian



Penerbit Yayasan Kita Menulis

Matahari sebagai Energi Masa Depan

Panduan Lengkap Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2023

Penulis:

Rosnita Rauf, Ritnawati, Fatmawaty Rachim
Ahmad Thamrin Dahri, Hanalde Andre
Richard A. M. Napitupulu, Erdawaty
Aminur, Dean Corio, Parulian Siagian

Editor: Abdul Karim

Desain Sampul: Devy Dian Pratama, S.Kom.

Penerbit

Yayasan Kita Menulis

Web: kitamenulis.id

e-mail: press@kitamenulis.id

WA: 0821-6453-7176

IKAPI: 044/SUT/2021

Rosnita Rauf., dkk.

Matahari sebagai Energi Masa Depan: Panduan Lengkap Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Yayasan Kita Menulis, 2023

xiv, 162 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-623-113-032-7

Cetakan 1, Oktober 2023

- I. Matahari sebagai Energi Masa Depan: Panduan Lengkap Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)
- II. Yayasan Kita Menulis

Katalog Dalam Terbitan

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku tanpa
izin tertulis dari penerbit maupun penulis

Kata Pengantar

Dengan kerendahan hati, penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT karena atas hidayah, ridha serta segala limpahan rahmatNya penulis dapat menyelesaikan penyusunan buku ini. "Buku ini berjudul Matahari sebagai Energi Masa Depan: Panduan Lengkap Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)" dapat digunakan oleh pembaca khususnya kalangan mahasiswa untuk pengembangan Pembangkit Energi Alternatif di Jurusan Teknik Elektro.

Terima kasih penulis ucapkan kepada rekan-rekan yang telah memberi dukungan dalam penyelesaian buku ini.

Penulis berharap buku ini akan bermanfaat bagi pembaca. Akhirnya, agar lebih sempurna dalam edisi mendatang, segala saran dan masukan dari pembaca sangat penulis harapkan.

Padang, 20 Oktober 2023

Penulis

Rosnita Rauf

Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xiii

Bab 1 Pengenalan Energi Surya

1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Surya	2
1.3 Penilaian Sumber Daya Photovoltaik	3
1.4 Sistem Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya	4
1.4.1 Waktu Puncak Matahari.....	5
1.4.2 Posisi Matahari.....	6
1.5 Sistem Pemasangan Panel Surya.....	7
1.5.1 Sistem On-Grid.....	7
1.5.2 Sistem Off-Grid	8
1.5.3 Sistem Hybrid	8
1.6 Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Indonesia	11

Bab 2 Komponen Utama Sistem PLTS

2.1 Sistem PLTS	13
2.2 Jenis Dan Komponen Utama Sistem PLTS	15
2.2.1 Panel Surya PLTS.....	15
2.2.2 Rak Panel Surya.....	16
2.2.3 Solar Charge Controller	17
2.2.4 Inverter.....	18
2.2.5 Baterai.....	20
2.2.6 Panel Listrik	21
2.3 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	22

Bab 3 Desain Dan Perencanaan Sistem PLTS

3.1 Pendahuluan.....	27
3.2 Gambaran Umum PLTS	29
3.3 Komponen Utama PLTS	29
3.4 Modul Surya	30

3.5 Solar Charge Controller (SCC) Atau Battery Charge Controller (BCC)	32
3.6 Inverter	33
3.7 Baterai.....	35
3.8 Konfigurasi Sistem PLTS	39
3.9 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	43

Bab 4 Instalasi Dan Integrasi Sistem

4.1 Pendahuluan.....	47
4.1.1 Latar Belakang.....	47
4.2 Teori Dasar.....	48
4.2.1 Sistem Photovoltaic	48
4.2.2 Komponen Utama Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya	49
4.2.3 Sistem On Grid Dan Off Grid.....	52
4.2.4 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	52
4.2.5 Integrasi Solar Home System	55

Bab 5 Pemeliharaan Dan Monitoring PLTS

5.1 Pemeliharaan PLTS.....	60
5.1.1 Kinerja Sistem PLTS.....	61
5.1.2 Thermography And Electroluminescence	62
5.1.3 Debu.....	63
5.1.4 Risiko Operasional Dan Pemeliharaan	64
5.1.5 Identifikasi Kegagalan Sistem	65
5.2 Monitoring PLTS	67

Bab 6 Finansial Dan Aspek Ekonomi PLTS

6.1 Pendahuluan.....	71
6.1.1 Keuangan Berkelanjutan dan Pembiayaan Hijau.....	71
6.2 Regulasi.....	72
6.3 Aspek Finansial	76
6.4 Aspek Ekonomis.....	80
6.4.1 Gambaran Garis Besar Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	80

Bab 7 Teknologi PLTS Terbaru

7.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	87
7.2 Cara Kerja PLTS	92
7.3 Struktur Umum Sel Surya.....	93
7.3.1 Stc (Standar Tes Condition).....	94

7.3.2 Klasifikasi Sumber Listrik Tenaga Surya	95
---	----

Bab 8 PLTS Dalam Skala Komunitas Dan Industri

8.1 Pendahuluan.....	99
8.1.1 PLTS Di Rumah Tangga	102
8.1.2 PLTS Pada Gedung Komersial	102
8.1.3 PLTS Untuk Bisnis Dan Industri.....	103
8.1.4 PLTS Pada Pembangkit Listrik Besar.....	103
8.2 PLTS Dalam Skala Komunitas	104
8.2.1 Komunitas PLTS Di Indonesia.....	106
8.2.2 Lembaga Pengelola Komunitas.....	107
8.3 PLTS Dalam Skala Industri.....	108

Bab 9 Aspek Lingkungan Dan Keberlanjutan Energi Surya

9.1 Dampak Lingkungan Produksi Panel Surya.....	113
9.2 Pengelolaan Limbah Panel Surya.....	116
9.3 Kontribusi Terhadap Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca	117
9.4 Peran Energi Surya Dalam Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGS). 118	
9.5 Inovasi Dan Penelitian Untuk Keberlanjutan	120
9.6 Aspek Hukum Dan Kebijakan	122

Bab 10 Studi Kasus Pemanfaatan PLTS

10.1 Pendahuluan.....	125
10.1.1 Kontribusi Meteorologi Energi.....	125
10.2 Studi Kasus Deskripsi Model Pasar Spanyol.....	126
10.2.1 Model-Model Remunerasi	126
10.3 Perlunya Prakiraan Radiasi.....	128
10.3.1 Konsep Model.....	128
10.3.2 Data Masukanmodel Eurad	129
10.3.3 Prakiraan Penyinaran Ecmwf	130
10.4 Definisi Model Pembangkit Listrik Tenaga Panas Surya	133
10.4.1 Batasan	134
10.5 Studi Kasus: Pembangunan PLTS Pada Rumah Sakit.....	135
10.5.1 Analisis Teknik PLTS.....	138
10.5.2 Analisis Dan Kelayakan Bisnis (Beberapa Program Bisnis)	139
10.6 Program Swot	140
10.6.1 Strength	141
10.6.2 Weakness.....	141
10.6.3 Opportunity	142

10.6.4 Threats	142
Daftar Pustaka	143
Biodata Penulis	157

Daftar Gambar

Gambar 1.1:	Matahari.....	2
Gambar 1.2:	Kurva Radiasi Matahari Selama Siang Hari.....	5
Gambar 1.3:	Posisi Sudut Matahari.....	6
Gambar 1.4:	PLTS Grid Connection.....	8
Gambar 1.5:	PLTS Off Grid	8
Gambar 1.6:	PLTS Hybrid.....	9
Gambar 1.7:	Keunggulan Sistem Tenaga Surya: Ramah Lingkungan, Stabil, dan Hemat	10
Gambar 1.8:	Pembangkit Energi Terbarukan Terpasang di Indonesia tahun 2023	11
Gambar 2.1:	Ilustrasi Proses Terjadinya Listrik Pada Sel Surya	22
Gambar 2.2:	Typical “Bathtub curve” of PLTS module failure	24
Gambar 3.1:	Sel Surya.....	30
Gambar 3.2:	Monocrystalline, Polycrystalline, a-Si-H.....	31
Gambar 3.3:	Diagram Dasar PLTS Off Grid	40
Gambar 3.4:	Skema Dasar PLTS On Grid	41
Gambar 3.5:	Skema Dasar PLTS Hibrid	42
Gambar 3.6:	PLTS Roof-Mounted atau PLTS Rooftop	44
Gambar 3.7:	PLTS Ground-Mounted	45
Gambar 3.8:	PLTS Floating solar system	45
Gambar 4.1:	Cara Kerja Fotovoltaik	53
Gambar 4.2:	Cara Kerja Fotovoltaik	54
Gambar 4.3:	Skema Diagram Satu Garis Integrasi Solar Home System Dengan Jaringan Listrik PLN Menggunakan Relay Dan Kontaktor Magnet Untuk Beban AC	55
Gambar 4.4:	Rangkaian Pengendali Integrasi Solar Home System Dengan Jaringan Listrik PLN	56
Gambar 4.5:	Bentuk Fisik Rangkaian Pengendali	58
Gambar 5.1:	Diagram Pemeliharaan PLTS	60
Gambar 5.2:	Arsitektur Sistem Monitoring Panel Surya	67

Gambar 6.1:	Rata-Rata Jangka Panjang Intensitas Cahaya Matahari di Indonesia	76
Gambar 6.2:	Gambar Rangkuman Komponen dan Aspek Keuangan Proyek Energi Terbarukan	77
Gambar 6.3:	Potovoltaik dan Solar Water Heater	80
Gambar 6.4:	Residential Grid-tied solar PV System Diagram	81
Gambar 6.5:	Sistem Fotovoltaik	81
Gambar 6.6:	Proses Pengembangan Proyek Energi Terbarukan	83
Gambar 6.7:	Aspek Penting Dalam Analisis Pembiayaan PLTS	85
Gambar 7.1:	Sistem Instalasi Dengan Sistem Surya	93
Gambar 7.2:	Susunan lapisan solar cell secara umum	94
Gambar 7.3:	PLTS Roof-Mounted atau PLTS Rooftop	95
Gambar 7.4:	PLTS Ground-Mounted	96
Gambar 7.5:	Skema Konfigurasi PLTS Off – Grid	98
Gambar 8.1:	Blok Diagram Sistem PLTS	102
Gambar 9.1:	Distribusi Potensi Matahari	112
Gambar 9.2:	Kapasitas Energi Terbarukan di 2022	113
Gambar. 10.1:	Konfigurasi Skematik dari Proyek Andosol-1	133
Gambar 10.2:	Pengukuran DNI di Darat Pada Hari Cerah	134
Gambar 10.3:	Sistem PLTS Off-Grid	137
Gambar 10.4:	Design dan Cara Kerja PLTS Pada Rumah Subsidi	137

Daftar Tabel

Tabel 6.1: Potensi energi Listrik Energi Terbarukan di Indonesia.....	74
Tabel 6.2: Tarif Pembelian Listrik dari PLTS FV	74
Tabel 6.3: Cash flow schedule Ilustrasi Rincian Biaya Untuk Sebuah Proyek PLTS dengan kapasitas 1 MW dan sekitar 5 MW	79
Tabel 8.1: Jenis-Jenis PLTS (ES, 2018).....	101

Bab 3

Desain Dan Perencanaan Sistem PLTS

3.1 Pendahuluan

Selama 10 tahun terakhir di Indonesia, pemanfaatan tenaga surya untuk menghasilkan listrik telah berkembang pesat, terutama dalam upaya pemerintah untuk mencapai target rasio kelistrikan melebihi 70% pada tahun 2012 (PLN, 2012). Keputusan untuk mengadopsi teknologi ini diambil karena banyaknya lokasi terpencil atau terisolasi seperti pulau-pulau terluar yang sulit atau mahal untuk menghubungkannya ke jaringan listrik yang sudah ada secara teknis dan ekonomis (PLN, 2012). Sistem fotovoltaik yang umumnya digunakan oleh departemen yang bertanggung jawab untuk mengembangkan daerah terpencil adalah sistem fotovoltaik berukuran kecil. Sistem ini biasanya tersedia dalam bentuk paket yang dipasang secara terdistribusi di setiap rumah, yang dikenal sebagai SHS (Solar Home System). Di Indonesia, dalam praktiknya, kelemahan sistem ini terletak pada fakta bahwa setiap penghuni rumah yang memiliki SHS harus memiliki pengetahuan dan keterampilan untuk mengoperasikan dan merawat sistem SHS tersebut. Namun, pada umumnya, masyarakat menghadapi keterbatasan dalam hal ini.

Sejak awal tahun 2010, PLN telah memulai pemanfaatan teknologi ini untuk menyediakan listrik di lokasi-lokasi terpencil yang sulit dijangkau oleh jaringan PLN. Tidak seperti instansi lain, PLN telah mengembangkan teknologi ini dengan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) secara terpusat, yang merupakan pembangkit listrik tenaga surya dengan skala yang relatif besar (PLN, 2012). Program ini dimulai dengan pembangunan beberapa PLTS di beberapa lokasi sebagai proyek percontohan. Tujuan dari proyek-proyek tersebut adalah untuk memperoleh pengalaman dalam perencanaan dan pembangunan PLTS yang akan digunakan sebagai referensi untuk pelaksanaan program selanjutnya. Hal ini penting karena pada saat itu, PLN belum memiliki panduan resmi untuk membangun PLTS, termasuk standar peralatan dan konfigurasi pembangkit tersebut. Selain itu, terdapat komponen penting lain yang belum memiliki standar produk, seperti inverter, dan tiap produk inverter memiliki karakteristik yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan suatu parameter untuk menentukan kapasitas atau jenis inverter yang sesuai.

Perencanaan PLTS pada dasarnya jauh lebih sederhana dibandingkan dengan jenis pembangkit listrik lainnya atau pembangkit konvensional. Namun, karena teknologi ini masih dalam tahap perkembangan, prosesnya terlihat kompleks dan tidak begitu familiar. Hampir semua peralatan yang digunakan dalam PLTS terdiri dari sistem yang dilengkapi dengan perangkat elektronik, sehingga pemasangannya menjadi semacam 'colok dan operasikan'. Memahami faktor-faktor kunci yang terkait dengan peralatan tersebut akan memudahkan perencanaan PLTS.

Secara prinsip, dalam perencanaan PLTS, perlu mempertimbangkan berbagai faktor, seperti rencana pola operasi PLTS dan apakah PLTS akan terhubung ke jaringan listrik di lokasi yang direncanakan (Simon, 1991). Faktor-faktor ini akan memengaruhi pemilihan jenis dan kapasitas komponen utama, seperti modul surya (PV), inverter, dan baterai (Endecon, 2001). Kapasitas PLTS dinyatakan dalam kilowatt peak (kWp), kapasitas inverter dalam kilowatt (kW), dan kapasitas baterai dalam ampere-hour (Ah) atau kilowatt-hour (kWh). Tingkat kehandalan yang diinginkan juga akan memengaruhi konfigurasi, kapasitas, dan jumlah inverter yang dipilih.

3.2 Gambaran Umum PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu sistem pembangkit listrik yang menggunakan radiasi sinar matahari sebagai sumber daya untuk menghasilkan energi listrik melalui sel surya (fotovoltaik). Proses ini mengubah radiasi sinar matahari menjadi energi listrik (Putra, 2015).

Energi matahari adalah sumber daya yang bersifat ramah lingkungan dan memiliki potensi yang sangat menjanjikan untuk masa depan. Hal ini karena dalam proses konversi energi dari sinar matahari menjadi listrik, tidak ada polusi yang dihasilkan. Selain itu, sinar matahari adalah sumber energi yang melimpah alamiah dan tersedia sepanjang tahun, terutama di negara-negara tropis seperti Indonesia (Permadi, 2008)

3.3 Komponen Utama PLTS

Fotovoltaik adalah sebuah perangkat yang memiliki kemampuan untuk mengubah energi dari matahari (foton) menjadi arus listrik searah. Selanjutnya, arus listrik searah ini dikonversi menjadi arus bolak-balik sesuai dengan tegangan dan frekuensi sistem lokal. Sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu panel surya (fotovoltaik), inverter, dan baterai (Michael, 2012).

PLTS tidak menghasilkan daya listrik yang konstan (sistem non-capacity value generation) karena kapasitas keluarannya sangat tergantung pada tingkat radiasi matahari yang senantiasa berubah sepanjang waktu. Penilaian kinerja PLTS didasarkan pada seberapa banyak energi yang dapat dihasilkan, bukan seberapa besar dayanya, kecuali dalam kasus sistem yang dilengkapi dengan penyimpanan energi. Karena itu, kapasitas suatu PLTS ditentukan berdasarkan jumlah energi yang diperlukan oleh suatu beban dalam periode tertentu, dengan mempertimbangkan rata-rata konsumsi energi suatu beban di lokasi dan periode yang sama.

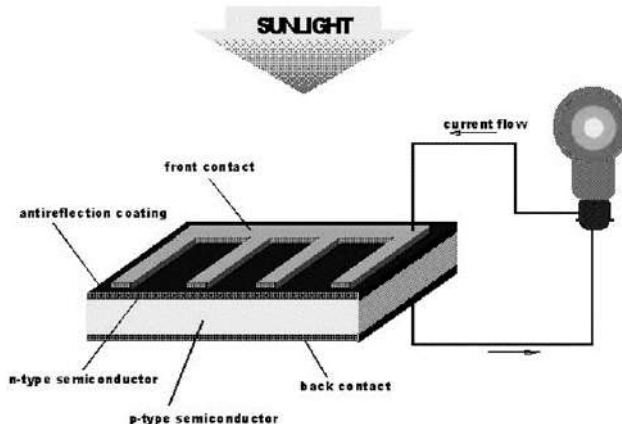
Penentuan kapasitas komponen utama PLTS, seperti modul surya, inverter, dan baterai, disesuaikan dengan jenis dan desain PLTS yang akan dibangun. Dalam konteks sistem PLTS, proses penentuan kapasitas komponen ini, yang sering disebut sebagai "sizing," sangat krusial karena kapasitas yang terlalu kecil dapat mengakibatkan sistem tidak mampu memenuhi kebutuhan energi

yang diinginkan, sementara kapasitas yang terlalu besar dapat mengakibatkan biaya PLTS menjadi sangat tinggi. Sistem PLTS memiliki komponen utama yang meliputi modul surya, inverter atau power conditioner unit (PCU), pengontrol pengisian baterai (solar charge controller atau battery charge controller), dan sistem penyimpanan energi (baterai).

3.4 Modul Surya

Komponen paling kecil dalam teknologi fotovoltaik adalah sel surya, yang pada dasarnya adalah sebuah dioda besar yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan daya listrik. Fotovoltaik terdiri dari dua jenis bahan yang berbeda yang dihubungkan melalui suatu wilayah junction, di mana jika cahaya matahari jatuh pada permukaan junction tersebut, cahaya tersebut akan diubah menjadi arus listrik searah (Patel, 1984).

Untuk mencapai daya yang signifikan, diperlukan sejumlah besar sel surya. Biasanya, sel-sel surya tersebut telah dirangkai menjadi panel yang dikenal sebagai modul surya. Ilustrasi dalam Gambar 1 menggambarkan tampilan potongan melintang dari suatu sel surya yang berfungsi sebagai sumber listrik.

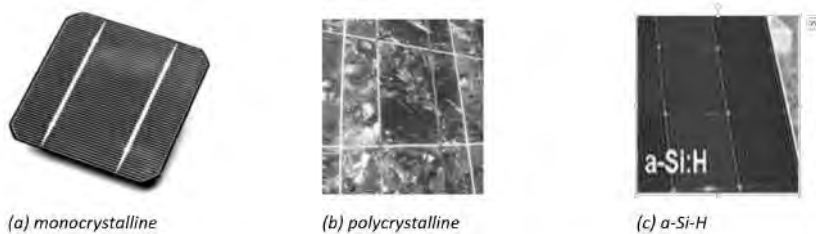


Gambar 3.1: Sel Surya

Terdapat dua jenis modul surya yang paling umum, yaitu modul kristal silikon dan modul tipis (thin film). Modul kristal silikon terbuat dari silikon, sementara modul tipis sebagian besar menggunakan bahan kimia. Modul kristal silikon terdiri dari dua jenis, yaitu monokristalin (lihat Gambar 3.2a) dan polikristalin (lihat Gambar 3.2b). Setiap jenis memiliki efisiensi yang berbeda, dengan

monokristalin mencapai 14-16% dan polikristalin 13-15% (Luque & Hegedus, 2002). Modul surya tipis terdiri dari beberapa jenis yang dinamai sesuai dengan bahan dasarnya, seperti A-Si:H, CdTe, dan CIGs (lihat Gambar 3.2c) (Konagai & Takahashi, 1986). Rata-rata efisiensi modul surya tipis adalah sekitar 6,5-8%. Oleh karena itu, dengan kapasitas yang sama, setiap jenis modul memiliki ukuran per modul yang berbeda, yang akan berdampak pada lahan yang diperlukan.

Kapasitas modul surya dinyatakan dalam Watt puncak (Wp) dan tersedia dalam berbagai ukuran. Dalam penggunaan pembangkit listrik, ukuran modul yang umum digunakan berkisar antara 80 hingga 300 Wp per modul. Untuk mencapai tegangan yang lebih tinggi, modul disusun secara seri, sedangkan untuk mendapatkan arus yang lebih besar, modul disusun secara paralel.



Gambar 3.2: monocrystalline, polycrystalline, a-Si-H

Kapasitas yang dibutuhkan dari panel surya, diukur dalam kWp (Kilowatt puncak), ditentukan oleh jumlah energi (kWh atau Kilowatt-jam) yang diperlukan oleh beban selama suatu periode tertentu dan tingkat radiasi matahari di lokasi tersebut. Berbagai faktor seperti suhu, konektivitas kabel, inverter, baterai, dan lain-lain dapat memengaruhi efisiensi panel surya. Oleh karena itu, dalam praktiknya, hasil perhitungan sering dikoreksi dengan menggunakan faktor derating yang umumnya berkisar sekitar 0,67%. Perhitungan kapasitas kWp dihitung menggunakan rumus (Castaner & Maskavart, 2003) berikut ini:

$$\text{kWp} = \frac{I_o}{H_o} \cdot \frac{E_o}{\eta_{sm}} \cdot C_f \frac{E_o}{PSH \times \eta_{sm}} \cdot C_f \dots \dots \dots (1)$$

Untuk menghitung kapasitas panel surya yang dibutuhkan, kita menggunakan rumus berikut:

$$E_o \text{ (kWh)} = (H \text{ (kWh/m}^2\text{/hari)} * I_o \text{ (1 kW/m}^2\text{)} * H \text{ (\%)}) / (C_f * PSH \text{ (jam/hari)} * \eta_{sm} \text{ (0,67 - 0,75)})$$

Dalam rumus ini:

1. E_o adalah energi yang ingin dihasilkan (dalam kWh).
2. H adalah tingkat radiasi matahari di lokasi (dalam kWh/m²/hari).
3. I_o adalah iradiasi standar (1 kW/m²).
4. H adalah efisiensi sistem modul (dalam persentase).
5. C_f adalah faktor koreksi temperatur (antara 1,1 hingga 1,5).
6. PSH adalah jam matahari puncak dalam suatu periode.
7. η_{sm} adalah efisiensi total sistem (antara 0,67 hingga 0,75).

Untuk mencapai tegangan yang diinginkan, modul surya dihubungkan secara berderet dalam susunan yang disebut sebagai "string." Sedangkan, untuk mencapai daya atau arus yang diinginkan, string-string modul surya tersebut dihubungkan secara paralel. Tegangan dari string-string ini disesuaikan dengan tegangan masukan inverter.

3.5 Solar Charge Controller (SCC) atau Battery Charge Controller (BCC)

Charge controller berperan penting dalam memastikan bahwa baterai tidak mengalami *over discharge* (pelepasan muatan berlebihan) atau *over charge* (pengisian muatan berlebihan), yang dapat merusak dan mengurangi umur baterai. Fungsi *charge controller* melibatkan pemantauan dan pengaturan tegangan dan arus yang masuk dan keluar baterai sesuai dengan kondisi baterai tersebut.

Charge controller sering disebut sebagai *solar charge controller* (pengontrol pengisian surya) jika berperan dalam menghubungkan panel surya ke baterai atau peralatan lainnya, seperti inverter. Sebaliknya, jika bagian ini berperan dalam menghubungkan inverter ke baterai, seringkali disebut sebagai *battery*

charge controller (pengontrol pengisian baterai). Namun, penting untuk dicatat bahwa istilah ini tidak selalu baku dan bisa bervariasi dalam penggunaan.

Meskipun keduanya memiliki fungsi yang sama, yaitu mengatur pengisian baterai, ada perbedaan antara *solar charge controller* (SCC) dan *battery charge controller* (BCC). *Solar charge controller* dilengkapi dengan PWM-MPPT (Pulse Width Modulation-Maximum Power Point Tracking), yang merupakan kemampuan untuk mengoptimalkan daya listrik yang diterima dari panel surya ke titik maksimumnya.

3.6 Inverter

Inverter merupakan komponen inti dalam sistem PLTS. Peran utama inverter adalah mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus bolak-balik (AC). Tegangan DC dari panel surya biasanya tidak stabil dan bervariasi sesuai dengan tingkat radiasi matahari. Inverter bertugas mengubah tegangan masukan DC yang tidak stabil ini menjadi tegangan AC yang stabil dan siap digunakan atau dihubungkan ke dalam sistem yang sudah ada, seperti jaringan PLN. Parameter tegangan dan arus keluaran inverter umumnya telah diatur sesuai dengan standar nasional atau internasional.

Saat ini, semua inverter menggunakan komponen elektronika di dalamnya. Teknologi terbaru dalam inverter telah mengadopsi IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor) (Patel, 1984) sebagai komponen utamanya, menggantikan komponen lama seperti BJT, MOSFET, J-FET, SCR, dan lainnya. Karakteristik IGBT adalah kombinasi dari keunggulan yang dimiliki oleh MOSFET dan BJT.

Pemilihan jenis inverter dalam perencanaan PLTS disesuaikan dengan desain yang akan digunakan. Jenis inverter yang digunakan dalam PLTS harus disesuaikan dengan apakah PLTS tersebut merupakan sistem On Grid (terhubung ke jaringan listrik utama) atau Off Grid (terisolasi dari jaringan listrik utama) atau merupakan sistem Hibrid. Inverter untuk sistem On Grid, yang dikenal sebagai On Grid Inverter, harus memiliki kemampuan untuk memutuskan hubungannya dengan jaringan listrik utama (islanding system) jika terjadi pemadaman listrik di jaringan. Sementara inverter untuk sistem PLTS hibrid harus memiliki kemampuan untuk mengubah arus dari arah DC

ke AC dan sebaliknya dari AC ke DC. Oleh karena itu, inverter ini sering disebut sebagai inverter bi-directional.

Saat ini, belum ada standar yang mencakup semua aspek kelengkapan suatu inverter, sehingga produk inverter yang satu dengan yang lainnya mungkin tidak sepenuhnya kompatibel. Beberapa inverter telah dilengkapi dengan fungsi charge controller (SCC dan BCC) serta fungsi lainnya yang terintegrasi di dalamnya. Alat semacam ini sering disebut sebagai PCS (Power Conditioner System) atau Power Conditioner Unit (PCU). Apakah diperlukan SCC atau BCC tambahan akan tergantung pada kemampuan dan kelengkapan inverter tersebut. Jika inverter sudah memiliki charge controller (SCC dan BCC) di dalamnya, maka mungkin tidak perlu lagi menggunakan charge controller eksternal.

Berikut adalah beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan saat memilih inverter:

1. Kapasitas/daya Inverter: Kapasitas inverter harus cukup untuk menangani beban dalam kondisi daya rata-rata, tipikal, dan puncak. Secara umum, kapasitas inverter dihitung sekitar 1,3 kali dari beban puncak.
2. Tegangan Masukan Inverter: Ketika beban panel surya berfluktuasi, tegangan keluaran dari panel surya dapat mencapai tegangan tanpa beban (Voc). Untuk mencegah kerusakan akibat kenaikan tegangan, tegangan masukan inverter biasanya dihitung sekitar 1,1 hingga 1,15 kali Voc dari string PV.
3. Arus Masukan Inverter: Pada saat sinar matahari sangat terang, panel surya dapat menghasilkan arus yang tinggi, mirip dengan arus tanpa beban (Isc). Untuk mencegah kerusakan akibat peningkatan tegangan, kapasitas arus masukan inverter biasanya dihitung sekitar 1,1 hingga 1,15 kali Isc dari string PV.
4. Kualitas Daya Keluaran Inverter: Inverter memiliki berbagai jenis kualitas daya keluaran, seperti sinus murni, modified square wave, atau square wave. Disarankan untuk memilih inverter yang menghasilkan daya dengan kualitas sinus murni agar cocok untuk berbagai jenis beban.

5. Jenis Transistor Inverter: Pilihlah inverter yang menggunakan sistem komutasi elektronik dengan Insulated-Gate Bipolar Transistor (IGBT).
6. Maximum Power Point Tracking (MPPT): Pastikan inverter memiliki sistem pengaturan MPPT dengan metode Pulse Width Modulation (PWM) untuk meningkatkan efisiensi.
7. Kemampuan Kerja dalam Suhu Tinggi: Pastikan inverter mampu beroperasi pada suhu hingga 45°C.

3.7 Baterai

Dalam sistem PLTS, keberadaan baterai sangat penting untuk menyimpan energi secara sementara ketika panel surya tidak mendapatkan sinar matahari yang cukup, seperti saat malam hari. Baterai umumnya diperlukan dalam sistem Off Grid, di mana PLTS terisolasi dari jaringan listrik utama.

Terdapat beberapa teknologi baterai yang umum digunakan, termasuk lead acid, alkalin, NiFe, Ni-Cad, dan Li-ion. Setiap jenis baterai memiliki kelebihan dan kelemahan, baik dari segi teknis maupun ekonomi (biaya). Lead acid sering dianggap sebagai pilihan yang unggul jika mempertimbangkan kedua aspek tersebut. Baterai lead acid yang digunakan dalam PLTS berbeda dengan baterai lead acid yang digunakan dalam mesin start seperti baterai mobil. Baterai yang digunakan dalam PLTS, khususnya tipe deep cycle lead acid, dapat mengeluarkan muatan secara terus menerus hingga mencapai kapasitas nominalnya.

Baterai merupakan salah satu komponen utama dalam PLTS dan biasanya merupakan investasi awal yang signifikan, setelah panel surya dan inverter. Oleh karena itu, pengoperasian dan pemeliharaan yang tepat sangat penting untuk menjaga umur baterai sesuai dengan rencana. Faktor-faktor seperti Depth of Discharge (DoD), jumlah siklus, efisiensi baterai, tingkat discharge/charge, dan suhu perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis dan kapasitas baterai yang diperlukan untuk PLTS, serta bagaimana faktor-faktor tersebut dapat memengaruhi umur baterai.

1. Depth of Discharge (DoD)

Depth of Discharge (DoD) merujuk pada jumlah energi atau muatan yang telah digunakan atau dikeluarkan dari baterai. DoD diukur dalam persentase dari kapasitas nominal baterai. Misalnya, DoD 80% berarti bahwa baterai tersebut telah melepaskan 80% dari total kapasitasnya yang mencapai 100%. Dalam kondisi ini, baterai akan memiliki sisa muatan sekitar 20%, yang sering disebut sebagai State of Charge (SOC).

Semakin besar DoD suatu baterai, semakin cepat umur baterai akan berkurang. Dalam perhitungan baterai, terdapat dua angka DoD yang penting, yaitu DoD maksimal dan DoD harian. DoD maksimal adalah level DoD tertinggi yang dapat dicapai oleh baterai. Ketika DoD maksimal tercapai, charge controller akan memutuskan koneksi antara baterai dan beban, yang dikenal sebagai cut-off. Sementara itu, DoD harian adalah level DoD rata-rata yang akan dicapai dalam setiap siklus penggunaan baterai.

Biasanya, dalam perencanaan baterai untuk sistem PLTS, DoD (Depth of Discharge) ditetapkan sekitar 25% hingga 30% untuk memastikan umur baterai mencapai sekitar 5 tahun. Dengan kata lain, kapasitas baterai harus beberapa kali lebih besar dari jumlah energi yang akan digunakan dalam satu siklus penggunaan. Umur baterai secara signifikan dipengaruhi oleh level DoD yang tercapai dalam setiap siklusnya. Baterai yang memiliki DoD 50%, misalnya, akan memiliki umur dua kali lebih lama dibandingkan dengan baterai yang memiliki DoD 10%. Oleh karena itu, biaya baterai bisa menjadi lebih tinggi jika Anda memerlukan umur yang lebih panjang atau DoD yang lebih dalam.

2. Jumlah Siklus Baterai

Biasanya, umur baterai diukur berdasarkan jumlah siklus yang dapat dijalani oleh baterai. Dalam hal ini, satu siklus terdiri dari satu proses pengeluaran (discharge) dan satu proses pengisian kembali (charge). Misalnya, jika baterai dinyatakan memiliki umur siklus 1800, dan digunakan dengan tingkat satu siklus per hari, maka umur baterai

relatifnya adalah 1.800 siklus dibagi dengan 365 hari, yang setara dengan sekitar 4,9 tahun. Namun, jika baterai digunakan dengan tingkat dua siklus per hari, maka umur baterai akan lebih pendek, yaitu sekitar 2,5 tahun.

3. Efisiensi Baterai

Baterai berperan sebagai penyimpanan sementara dalam sistem PLTS, dan proses kunci yang terjadi pada baterai melibatkan pengisian (charging) dan pengeluaran (discharging) energi. Sebagian energi listrik pada saat pengisian dan pengeluaran baterai dapat hilang sebagai panas akibat resistansi internal baterai. Efisiensi baterai dalam satu siklus umumnya sekitar 75%, dan hal ini dikenal sebagai efisiensi perjalanan bolak-balik (round trip efficiency).

4. Discharge dan Charge Rate

Kapasitas baterai tidak selalu dapat digunakan sesuai dengan rating yang diumumkan. Biasanya, kapasitas baterai dikaitkan dengan tingkat pengisian atau pengeluaran baterai, yang dinyatakan dalam tingkat Cxx. Standar umum adalah tingkat C20, yang mengindikasikan seberapa besar arus yang dapat dikeluarkan baterai dalam waktu 20 jam. Misalnya, jika baterai memiliki kapasitas 2000 Ah dan tingkat C20, maka baterai mampu mengeluarkan arus maksimum 100 A (2000 Ah dibagi 20 jam). Namun, jika baterai harus mengeluarkan arus lebih besar dari 100 A, maka kapasitas baterai seharusnya mencukupi hanya selama kurang dari 10 jam.

Kenyataannya, kapasitas baterai akan berkurang lebih cepat daripada yang diharapkan saat tingkat pengeluaran baterai meningkat. Tingkat pengisian dan pengeluaran baterai juga memengaruhi efisiensinya. Semakin tinggi tingkat pengisian atau pengeluaran, semakin rendah efisiensi baterai karena aliran arus listrik menjadi lebih kuat.

5. Temperatur Baterai

Suhu baterai memiliki dampak signifikan pada performanya. Suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan kinerja baterai, memungkinkannya beroperasi pada kapasitas maksimalnya, tetapi

juga dapat menyebabkan penuaan dini baterai. Suhu ideal untuk baterai biasanya berkisar antara 20 hingga 25 derajat Celsius.

6. Kapasitas dan Spesifikasi Baterai Bank

Dalam program PLTS 1000 Pulau, kapasitas baterai bank memiliki perbedaan yang signifikan antara PLTS Tipe Off Grid dan PLTS Tipe Hibrid. Keandalan PLTS Off Grid sangat bergantung pada kemampuan baterai yang tersedia, sehingga kapasitasnya ditentukan oleh baterai bank yang ada.

Dengan mempertimbangkan karakteristik baterai yang telah dijelaskan sebelumnya, penentuan kapasitas operasional, spesifikasi, dan pengaturan operasional baterai untuk PLTS Terpusat (komunal) harus memenuhi beberapa kriteria teknis sebagai berikut:

1. Baterai yang digunakan adalah jenis deep cycle.
2. Baterai harus memiliki sistem ventilasi atau katup pengatur Valve Regulated Lead Acid (VRLA) battery.
3. Media elektrolit yang digunakan dapat berupa cair, gel, atau AGM (Absorbed Glass Mat).
4. Elektroda positif harus berjenis tubular.
5. Tegangan per sel (VPC) baterai adalah 2 volt dc.
6. Kapasitas per sel baterai minimal 1800 Ah pada C20 discharge.
7. Baterai harus memiliki jumlah siklus minimal sebanyak 2.000 siklus dengan Depth of Discharge (DoD) 80% pada C20 discharge.
8. Kapasitas baterai harus cukup untuk memenuhi days of autonomy selama 2 kali periode operasinya.
9. DoD maksimal adalah 80%.
10. DoD harian maksimal adalah 50% untuk PLTS Off Grid dan 60% untuk PLTS Hibrid.
11. Baterai harus mampu beroperasi pada suhu hingga 45°C.

Hal-hal ini harus diperhatikan dalam menentukan spesifikasi dan penggunaan baterai dalam sistem PLTS Terpusat.

Untuk perhitungan kapasitas baterai (battery bank), digunakan rumus berikut:

$$kWh = DoA \cdot \frac{E_o}{DoD \text{ maks } \eta \text{ disc}} \cdot Cf \text{ batt} \dots \dots \dots (2)$$

di mana E_o : energy yang siap suplai oleh baterai (kWh), DoA: days of autonomy/hari berawan (hari), DoD: kapasitas yang boleh dikeluarkan (%), η_{disc} : discharge efficiency/efisiensi discharge (%), Cf_{batt} : faktor koreksi baterai.

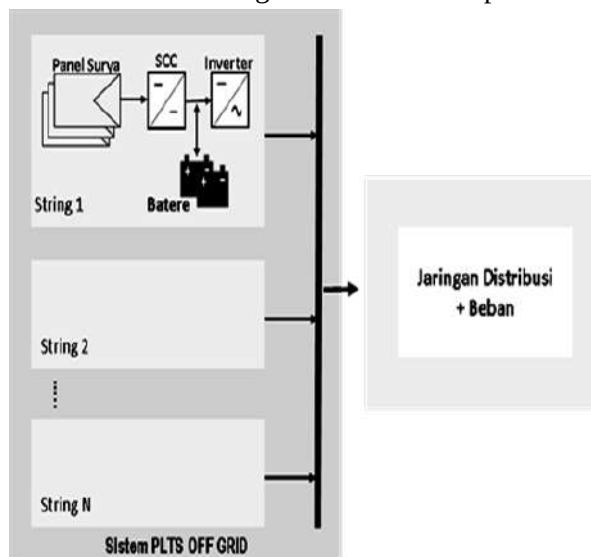
Selanjutnya, setelah menentukan kapasitas baterai, langkah berikutnya adalah menentukan kapasitas dan tegangan persatuan baterai yang dibutuhkan untuk memenuhi kapasitas tersebut.

3.8 Konfigurasi Sistem PLTS

Umumnya, terdapat tiga tipe desain PLTS yang berbeda, yaitu:

1. PLTS Off Grid/stand alone Ini adalah sistem PLTS yang berdiri sendiri dan tidak terhubung dengan jaringan listrik utama. PLTS Off Grid, yang juga sering disebut sebagai PLTS Stand Alone, mengacu pada sistem yang hanya mendapatkan pasokan energi dari panel surya tanpa campur tangan dari jenis pembangkit lain seperti PLTD. Sistem ini sepenuhnya bergantung pada sinar matahari sebagai sumber energinya, karena panel surya tidak dapat terus-menerus menerima sinar matahari, terutama pada malam hari, PLTS Off Grid memerlukan penggunaan baterai sebagai media penyimpanan energi. Biasanya, PLTS Off Grid dirancang untuk mengalimentasi daerah yang sangat terpencil, di mana akses transportasi sulit, sehingga membangun PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) akan menimbulkan kendala dalam pengadaan bahan bakar minyak. Menentukan kapasitas panel dan baterai secara akurat sangat penting. Pada sistem Off Grid, umumnya kapasitas baterai ditambah untuk mengantisipasi hari tidak ada sinar matahari/hari berawan yang disebut days of autonomy (DoA). Berdasarkan pertimbangan biaya, kapasitasnya ditambahkan 1-2 kali periodenya. Dalam perencanaan,

kapasitas PV harus menyuplai beban minimal pada tingkat radiasi rata-rata 1 kW/m^2 dan secara bersamaan, mampu mengisi baterai dengan jumlah energi yang dibutuhkan dalam periode discharge. Waktu pengisian sekitar peak sun hour (PSH) periode, yaitu lamanya penyinaran matahari secara efektif, di Indonesia sekitar 3-4 jam/hari. Kapasitas panel (kWp) harus memperhitungkan round trip efisiensi baterai. Gambar 3.3 adalah diagram dasar PLTS tipe Off Grid.



Gambar 3.3: Diagram Dasar PLTS Off Grid (Rafael, 2014)

Dalam perencanaan sistem PLTS Off Grid untuk daerah yang belum memiliki pasokan listrik, beberapa asumsi digunakan untuk menghitung beban listrik. Asumsi-asumsi ini mencakup indikator-indikator listrik berikut:

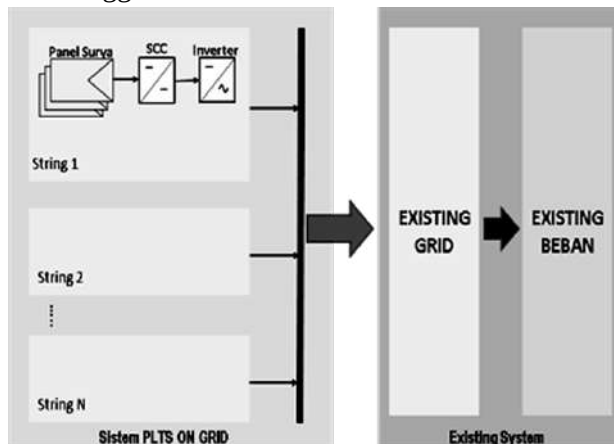
- Load factor (LF):** Karena tidak ada data Load factor (LF) yang tersedia untuk daerah yang belum berlistrik, maka LF dapat dianggap sama dengan LF yang tercatat pada lokasi terdekat yang sudah memiliki pasokan listrik. Alternatifnya, bisa digunakan LF tipikal, yang berkisar antara 0,5 hingga 0,6.
- Demand factor (DF):** Secara umum, untuk daerah pedesaan di Indonesia, nilai DF rata-rata adalah sekitar 0,35.

- c. Diversity factor (DiF): Biasanya, nilai DiF untuk PLN (Perusahaan Listrik Negara) adalah sekitar 1,2.

Asumsi-asumsi ini digunakan sebagai dasar dalam menghitung beban listrik dalam perencanaan sistem PLTS Off Grid.

2. PLTS On Grid Ini adalah sistem PLTS yang terhubung ke jaringan listrik utama yang sudah ada. PLTS yang diatur sebagai On Grid dimaksudkan untuk digunakan di lokasi yang sudah memiliki pasokan listrik dan mengoperasikan sistemnya selama periode siang hari. Istilah "On Grid" digunakan karena PLTS ini terhubung ke dalam sistem listrik yang sudah ada. Tujuan utama dari pembangunan PLTS jenis ini adalah untuk mengurangi konsumsi bahan bakar minyak (BBM).

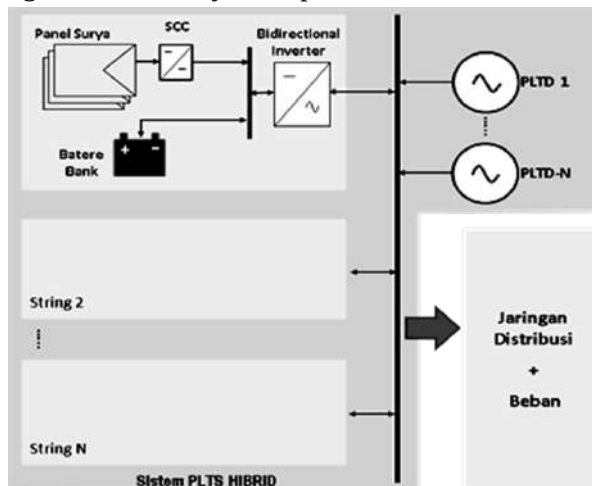
PLTS tipe On Grid tidak menggunakan baterai sebagai media penyimpanan energi. Agar PLTS tidak berdampak negatif pada stabilitas sistem listrik utama, kapasitas PLTS dibatasi agar tidak melebihi 20% dari beban rata-rata selama periode siang hari. Inverter yang digunakan dalam sistem PLTS On Grid juga dikenal sebagai On Grid Inverter. Jenis inverter ini memiliki kemampuan untuk memutuskan koneksi ketika sistem listrik utama kehilangan tegangan. Gambar 3.4 menggambarkan skema dasar dari suatu PLTS On Grid.



Gambar 3.4: Skema Dasar PLTS On Grid (Rafael, 2014)

3. PLTS Hibrid Ini adalah sistem PLTS yang terintegrasi dengan satu atau beberapa pembangkit listrik lain yang menggunakan sumber energi primer yang berbeda, dan memiliki pola operasi terpadu. PLTS Hibrid adalah sistem PLTS yang dioperasikan secara terpadu dengan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang telah ada sebelumnya. Dalam sistem ini, PLTS diharapkan memberikan kontribusi maksimum dalam memasok beban listrik selama periode siang hari. Untuk memastikan bahwa bagian PLTS tidak mengganggu operasi sistem yang sudah ada, PLTS dilengkapi dengan baterai sebagai penyimpanan sementara atau pengatur kestabilan. Prinsipnya, dengan baterai ini, PLTS dapat memberikan daya dan energi ke beban selama periode siang (hours of sun) tanpa menimbulkan risiko gangguan pada sistem yang sudah ada.

Dalam perencanaan PLTS Hibrid, kapasitas panel surya harus mempertimbangkan kemampuan panel untuk mengisi baterai sambil menyediakan daya ke beban jika radiasi matahari berada di atas rata-rata. Sistem PLTS Hibrid ini dirancang untuk memperpanjang jam operasi atau pelayanan sistem yang sudah ada dan pada saat yang sama mengurangi konsumsi bahan bakar. Diagram dasar dari PLTS Hibrid dengan PLTD ditunjukkan pada Gambar 2.3



Gambar 3.5: Skema Dasar PLTS Hibrid (Rafael, 2014)

Inverter yang digunakan dalam sistem PLTS Hibrid harus memiliki kemampuan untuk mengubah arus baik dari arus searah (DC) ke arus bolak-balik (AC) saat memberikan daya ke beban maupun sebaliknya, dari AC ke DC saat mengisi baterai. Karena inverter ini memiliki kemampuan dalam kedua arah ini, biasanya disebut sebagai inverter berkecepatan ganda atau bi-directional inverter.

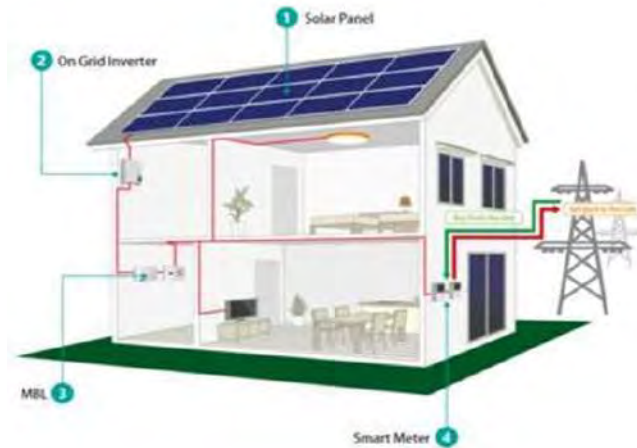
3.9 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

1. Berdasarkan Teknologi

Instalasi PLTS dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis berdasarkan teknologi penginstalasiannya, yaitu: roof-mounted, ground-mounted, dan sistem floating solar yang terpasang di waduk atau danau. Berikut adalah penjelasan singkat tentang ketiga jenis teknologi PLTS ini:

2. Metode roof-mounted

Metode roof-mounted merupakan teknik instalasi PLTS yang memanfaatkan area tanpa hambatan di atap bangunan. Atap berfungsi sebagai kerangka penyangga untuk sistem PLTS, tetapi perlu persiapan khusus untuk mengatasi perubahan cuaca. Pendekatan teknologi pemasangan PLTS di atap sangat efektif untuk sistem pembangkitan daya yang memiliki kapasitas kecil, dapat mengurangi biaya tagihan listrik dengan adopsi sistem ekspor dan impor daya, merupakan solusi modern yang menggunakan sumber energi terbarukan, serta berkontribusi pada upaya mitigasi perubahan iklim. Metode teknologi pemasangan PLTS di atap serupa dengan yang terlihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6: PLTS Roof-Mounted atau PLTS Rooftop (Adyasolar, 2018)

3. Ground-Mounted

Cara pemasangan ground-mounted mengaplikasikan area tanah kosong yang datar dan stabil tanpa hambatan. Struktur dukungan terdiri dari tiang dan balok baja, dan penelitian dilakukan untuk menilai stabilitas tanah dalam jangka waktu yang panjang. Pendekatan ground-mounted efektif digunakan untuk pembangkitan listrik dalam skala besar. Keuntungan panel surya yang terletak di atas tanah adalah tingkat suhu panel surya yang lebih konsisten karena adanya pendinginan dari kontak dengan tanah yang dapat menyerap panas. Tapi, kekurangan dari sistem ini adalah memerlukan lahan yang luas, dan ada potensi masalah debu dan kotoran karena posisinya lebih dekat dengan permukaan tanah, yang jika tidak di atasi bisa mengakibatkan penurunan hingga 20% dalam produksi panel surya. Solusi untuk masalah ini adalah membersihkan panel surya setiap empat bulan sekali (Rokhmat & Fauzi, 2019). Teknologi ground-mounted seperti gambar 3.7



Gambar 3.7: PLTS Ground-Mounted (ESDM, 2019)

4. Reservoir/lake base floating solar system

Cara pemasangan sistem photovoltaic (PV) floating dilakukan dengan memanfaatkan air sebagai platform apung. Sistem solar floating ini dapat diaplikasikan di berbagai perairan seperti lautan, waduk, danau, dan sebagainya. Penggunaan sistem floating PV di waduk atau danau memiliki potensi yang sangat menarik karena permukaan air ini secara alami menerapkan pendinginan evaporatif, menjaga suhu panel solar tetap rendah, dan meningkatkan efisiensi panel hingga 11% lebih tinggi daripada sistem PV ground-mounted (Sahu, et al., 2016).



Gambar 3.8: PLTS Floating solar system (Sujay, 2017)

Pendekatan pemasangan ini juga mengurangi jumlah hambatan yang dapat menyebabkan kehilangan pencahayaan dan mengurangi dampak debu yang dapat mengurangi kinerja panel (Golroodbari & van Sark, 2020).

MATAHARI SEBAGAI ENERGI MASA DEPAN

Panduan Lengkap Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Matahari dianggap sebagai salah satu sumber energi masa depan yang sangat potensial. Energi matahari, atau energi surya, merujuk pada penggunaan sinar matahari untuk menghasilkan listrik, panas, dan energi lainnya.

Energi matahari memiliki berbagai keunggulan, termasuk sumber daya yang tak terbatas, ramah lingkungan, dan kemandirian energi. Namun, ada tantangan seperti biaya awal investasi dan ketergantungan pada cuaca dan lokasi geografis. Meskipun begitu, dengan teknologi yang terus berkembang dan komitmen global untuk berpindah ke sumber energi yang lebih bersih dan berkelanjutan, energi matahari menjadi semakin penting sebagai bagian dari portofolio energi masa depan.

Buku ini membahas:

- Bab 1 Pengenalan Energi Surya
- Bab 2 Komponen Utama Sistem PLTS
- Bab 3 Desain Dan Perencanaan Sistem PLTS
- Bab 4 Instalasi Dan Integrasi Sistem
- Bab 5 Pemeliharaan Dan Monitoring PLTS
- Bab 6 Finansial Dan Aspek Ekonomi PLTS
- Bab 7 Teknologi PLTS Terbaru
- Bab 8 PLTS Dalam Skala Komunitas Dan Industri
- Bab 9 Aspek Lingkungan Dan Keberlanjutan Energi Surya
- Bab 10 Studi Kasus Pemanfaatan PLTS



YAYASAN KITA MENULIS
press@kitamenulis.id
www.kitamenulis.id

ISBN 978-623-113-032-7

