

**ANALISIS KELAYAKAN PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK  
TENAGA SURYA *ROOFTOP* DI GEDUNG FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SILIWANGI**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Oleh:

Nama: Ahmad Syaeful Anwar

NPM: 167002108



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SILIWANGI**

**TASIKMALAYA**

**2021**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Ahmad Syaeful Anwar

NPM : 167002108

Fakultas : Fakultas Teknik

Jurusan : Teknik Elektro

Bersama ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa laporan skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri dan saya pribadi bertanggung jawab secara penuh terhadap hasil karya ini.

Tasikmalaya 22 Febuari 2021

Ahmad Syaeful Anwar

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Ahmad Syaeful Anwar

NPM : 167002108

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Kelayakan Pembangkit Energi Listrik Tenaga

Surya *Rooftop* Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I Asep Andang, S.T., M.T. (.....)

Pembimbing II Firmansyah MSN, M.Kom (.....)

Penguji I Nurul Hiron, S.T., M.Eng (.....)

Penguji II Ifkar Usrah, Ir., M.T. (.....)

Ditetapkan di : Tasikamalaya

Tanggal :

Mengetahui,

Dekan  
Fakultas Teknik

Ketua Program Studi  
Teknik Elektro

Prof. Dr. Eng. H. Aripin  
NIP.196708161996001001

Nurul Hiron, M.Eng  
NIDN.0419087504

## ABSTRAK

Nama :Ahmad Syaeful Anwar  
Program Studi :Teknik Elektro  
Judul :Analisis Kelayakan Pembangkit Energi Listrik Tenaga Surya *Rooftop* Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi

Penelitian ini membahas perancangan pembangkit energi listrik tenaga surya pada *rooftop* Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi. Sistem PLTS merupakan salah satu energi terbarukan yang berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia. PLTS memiliki beberapa konfigurasi diantaranya adalah *grid-connected* dan *stand-alone*. Dalam penelitian ini dilakukan simulasi dan analisis kelayakan pembangkitan energi listrik tenaga surya. Analisis kelayakan menggunakan parameter nilai investasi diantaranya adalah Penghematan Biaya Pengeluaran Untuk Tagihan Listrik, Analisis Waktu Kembali Modal Investasi, dan Effisiensi dari PLTS Setiap Tahunnya. Penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak PVsyst dengan berlokasi di *rooftop* Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan apabila dibangkitkan PLTS di *rooftop* Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa di gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi tidak dapat dibangkitkan PLTS dengan konfigurasi *off-grid* karena luasan *rooftop* yang terbatas, tetapi dapat dibangkitkan PLTS dengan konfigurasi *on-grid* yang memerlukan lahan pembangkitan seluas 87 m<sup>2</sup>, menggunakan solar panel 300 Wp sebanyak 58 Unit yang mampu menghasilkan daya sebesar 17,4 kWp, dengan hasil analisis investasi waktu kembali modal investasi adalah selama 13,21 tahun dan penghematan pertahun sebesar Rp. 33.704.100 artinya PLTS di *rooftop* Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi mengefisiensikan pengeluaran pertahun sebesar 38,75 %.

Kata Kunci : Analisis Kelayakan, Perancangan PLTS, PLTS *Rooftop*.

## ABSTRACT

Name :Ahmad Syaeful Anwar  
Study Program :Electrical Engineering  
Title :Feasibility Analysis of Rooftop Solar Power Generation at the Faculty of Engineering, Siliwangi University Building

This study discusses the design of solar power plants on the rooftop of the Faculty of Engineering, Siliwangi University. Solar Power Plant (SPP) system is one of the renewable energy that has the potential to be developed in Indonesia. SPP has several configurations including grid-connected and stand-alone. In this study, simulation, and analysis of the feasibility of solar power generation. Feasibility analysis using investment value parameters include Cost Savings for Electricity Bills, Investment Capital Return Time Analysis, and Efficiency from SPP Every Year. This research was conducted using PVsyst software located on the rooftop of the Siliwangi University Faculty of Engineering Building. This study aims to find out the feasibility of the SPP raised on the rooftop of the Faculty of Engineering Siliwangi University. The results of this study showed that

in the Faculty of Engineering building Siliwangi University could not be raised SPP with off-grid configuration due to limited rooftop area, but can be resurrected SPP with an on-grid configuration that requires a generating land area of 87 m<sup>2</sup>, using solar panels 300 Wp as much as 58 Units capable of producing power of 17.4 kWp, with the results of investment analysis time back investment capital is for 13.21 years and annual savings of Rp. 33,704,100 means SPP on the rooftop building of the Faculty of Engineering Siliwangi University expenses per year of 38.75 %.

Keywords : Design of SPP, Feasibility Analysis, SPP Rooftop.

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
BAB I PENDAHULUAN	I
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-3
1.3 Tujuan Penelitian .....	I-4
1.4 Manfaat Penelitian .....	I-4
1.5 Batasan Masalah.....	I-4
1.6 Metode Penelitian.....	I-5
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-5
BAB II KAJIAN TEORI	II
2.1 PLTS .....	II-1
2.1.1 Prinsip Kerja PLTS .....	II-1
2.1.2 Manfaat PLTS .....	II-2
2.2 Konfigurasi PLTS .....	II-3
2.2.1 Sistem PLTS <i>Stand Alone</i> .....	II-4
2.2.2 Sistem PLTS <i>on grid</i> .....	II-6
2.2.3 Konfigurasi Hybrid .....	II-7

2.3	Komponen PLTS.....	II-9
2.3.1	Modul Panel Surya.....	II-9
2.3.1.1	Rangkaian <i>Photovoltaic</i> (PV) Generator .....	II-13
2.3.2	Interver .....	II-14
2.3.2.1	Jenis-jenis Interver .....	II-15
2.3.3	Solar Charge Controller .....	II-16
2.3.4	<i>Battery</i> (Baterai).....	II-18
2.4	Beban Pembangkit .....	II-19
2.5	<i>Software</i> PVsyst .....	II-20
2.6	Rancangan Anggaran Biaya Pembangunan dan Operasional PLTS .....	II-21
2.6.1	Direct Cost (Biaya Langsung).....	II-21
2.6.2	Indirect Cost (Biaya Tidak Langsung).....	II-22
2.6.3	Contingency .....	II-22
2.7	Anlisis Investasi .....	II-23
2.8	Sistem Pentarifan PLTS Atap .....	II-23
2.9	Penelitian Terkait .....	II-24
BAB III PROSEDUR PENELITIAN		III
3.1	Alur Penelitian .....	III-1
3.2	Flowchart Metodologi Penelitian .....	III-3
3.3	Flowchart Simulasi Software PVsyst.....	III-5
3.4	Metode Pengumpulan Data.....	III-6
3.5	Rancangan Sistem PLTS.....	III-8
1	PLTS Dengan Konfigurasi <i>off-grid</i> .....	III-9
2	PLTS Dengan Konfigurasi <i>on-grid</i> .....	III-10

3.6 Waktu dan Tempat Penelitian .....	III-11
<b>BAB IV ANALISIS PEMODELAN DAN SIMULASI</b>	<b>IV</b>
4.1 Analisis .....	IV-1
4.1.1 Pengukuran Luasan Atap GD FT Universitas Siliwangi .....	IV-2
4.2 Pemodelan PLTS Gedung Fakultas Teknik .....	IV-4
4.2.1 Rancangan model PLTS <i>off-grid</i> .....	IV-4
1. Data Rancangan .....	IV-4
2. Analisis Investasi PLTS <i>off-grid</i> .....	IV-7
4.2. Rancangan model PLTS <i>on-grid</i> .....	IV-10
1. . Data Rancangan .....	IV-10
2. . Analisis Investasi PLTS <i>on-grid</i> .....	IV-12
4.3 Simulasi Rancangan Menggunakan <i>Software PVSyst</i> .....	IV-15
4.3.1 Simulasi Rancangan <i>off-grid</i> .....	IV-15
4.3.2 Simulasi Rancangan <i>on-grid</i> .....	IV-15
4.4 Pembahasan.....	IV-20
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>V</b>
5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran .....	V-2
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>DOKUMENTASI</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter Panel Surya .....	II-10
Tabel 2.2 Konsumsi Energi Perhari .....	II-20
Tabel 2.3 Perkiraan Harga Komponen dan Biaya Pekerjaan Pembangunan PLTS .....	II-22
Tabel 2.4 Tabel Penelitian Terkait.....	II-24
Tabel 3.1 Timeline Penelitian .....	III-13
Tabel 4.1 Data Beban Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi.....	IV-1
Table 4.2 Konsumsi Beban GD FT US Berdasarkan Beban yang Terpasang .....	IV-4
Tabel 4.3Perkiraan Harga .....	IV-8
Table 4.4 Perkiraan Harga Nilai Investasi .....	IV-8
Table 4.5 Konsumsi Harian yang Diukur Melalui Panel MDP .....	IV-10
Table 4.6 Perkiraan Harga .....	IV-13
Table 4.7 Perkiraan Harga Nilai Investasi PLTS <i>On-gridd</i> .....	IV-13

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem PLTS <i>Stand Alone</i> .....	II-4
Gambar 2.2 Sistem PLTS <i>on grid</i> .....	II-6
Gambar 2.3 Sistem Hybrid .....	II-8
Gambar 2.4 Blok Diagram PLTS.....	II-9
Gambar 2.5 Kontruksi Solar Cell.....	II-10
Gambar 2.6 Solar Panel <i>Mono-cryztalline</i> .....	II-11
Gambar 2.7 Panel Surya <i>Poly-cryztalline</i> .....	II-12
Gambar 2.8 Kemiringan Solar Panel .....	II-12
Gambar 2.9 Hubungan Sel-sel Surya, Modul, Panel & Array.....	II-14
Gambar 2.10 Interfer .....	II-15
Gambar 2.11 Variasi Gelombang Interfer .....	II-16
Gambar 2.12 Skema Rangkaian SCC .....	II-17
Gambar 2.13 Contoh Baterai .....	II-18
Gambar 2.14 Bangunan Gedung Fakultas Teknik.....	II-20
Gambar 2.15 Tampilan Beranda PVsyst.....	II-21
Gambar 2.16 Permohonan Pembangunan dan Pemasangan PLTS Atap ...	II-23
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Alur Penelitian.....	III-1
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	III-3
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Simulasi <i>Software</i> PVsyst .....	III-5
Gambar 3.4 <i>Flat Plate Arrays system</i> .....	III-8
Gambar 3.5 Blok sistem PLTS <i>off-grid</i> .....	III-9
Gambar 3.6 Blok sistem PLTS <i>on-grid</i> .....	III-10
Gambar 4.1 Grafik Iradiasi Tahunan di Tasikmalaya.....	IV-2

Gambar 4.2 Gedung FT US .....	IV-2
Gambar 4.3 Data rata-rata matahari bersinar di Tasikamalaya.....	IV-5
Gambar 4.4 Tampilan beranda <i>Software</i> PVsyst 6.7.0 .....	IV-16
Gambar 4.5 Tampilan pada <i>project dsign grid-conection</i> .....	IV-16
Gambar 4.6 Penentuan Titik Optimum dari Panel Surya.....	IV-17
Gambar 4.7 Sistem yang digunakan pada PLTS 17,10 kWp.....	IV-17
Gambar 4.8 Detailed <i>Loses</i> pada bagian <i>Wirring Resistance</i> .....	IV-17
<i>Gambar</i> 4.9 Parameter Simulasi .....	IV-18
Gambar 4.10 Grafik Produksi per kWp dengan nominal daya 17,10 kWp .....	IV-18
Gambar 4.11 <i>Loss</i> Diagram yang terjadi dalam jangka satu tahun.....	IV-19
Gambar 4.12 <i>Carbon Balance</i> .....	IV-19
Gambar 4.13 Perhitungan <i>Carbon Balance</i> .....	IV-20

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Listrik merupakan komoditas utama yang digunakan hampir seluruh sektor perekonomian sehingga tarif dasar listrik (TDL) harus ditentukan oleh pemerintah. Kenaikan harga BBM berakibat pada biaya operasional PLN, oleh karena itu pemerintah harus memberikan subsidi agar tidak merugikan PLN (Isdinarmiati, 2012). Tarif dasar listrik konvensional yang berasal dari PLN setiap tahunnya meningkat sekitar 10%. Alasan utama menaikkan TDL ini untuk mengurangi subsidi yang dikeluarkan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai pengelola utama dari sistem kelistrikan yang ada di Indonesia. Pengurangan subsidi tersebut digunakan untuk pemerataan listrik diseluruh daerah Indonesia, bertujuan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi serta pembangunan yang ada di seluruh wilayah (Wiharja and Natalia, 2013).

Berdasarkan SNI 8395:2017, PLTS adalah sistem pembangkit listrik yang energinya bersumber dari radiasi matahari melalui konversi sel fotovoltaik. Sistem fotovoltaik mengubah radiasi sinar matahari menjadi listrik. Semakin tinggi intensitas radiasi (iradiasi) matahari yang mengenai sel fotovoltaik, semakin tinggi daya listrik yang dihasilkannya. Karena listrik seringkali dibutuhkan sepanjang hari, maka kelebihan daya listrik yang dihasilkan pada siang hari disimpan didalam baterai sehingga dapat digunakan kapanpun untuk berbagai alat listrik (Bayuaji Kencana.dkk, 2018).

Energi surya cukup banyak diseluruh wilayah Indonesia dikarenakan Indonesia terletak didaerah khatulistiwa, matahari bersinar sepanjang tahun

dengan iradiasi rata-rata harian 4,5 kWh/m<sup>2</sup>. Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis, energi surya sangat cocok digunakan karena memiliki curah sinar matahari yang tinggi dan bersih untuk pemanfaatan sebagai sumber energi listrik selain itu juga tidak menghasilkan polusi karena tidak menggunakan bahan bakar apapun (Martawati, 2018). Hal ini sejalan dengan peraturan pemerintah No.79 Tahun 2014 mengenai Kebijakan Energi Nasional. Dalam rangka mengurangi emisi gas rumah kaca yang diakibatkan oleh penggunaan bahan bakar minyak sebagai sumber energi dari pembangkit listrik tenaga diesel, perlu ditingkatkan pembangkit dengan energi alternatif ramah lingkungan (BPPT, 2018).

Pada prinsipnya seluruh wilayah di Indonesia memiliki potensi untuk dibangun PLTS. Namun untuk peralihan dari energi konvensional ke EBT banyak kendala dalam berbagai hal antara lain karena harga yang jauh lebih tinggi dalam hal investasi, perlu tenaga ahli dalam pengembangan energi terbarukan dalam hal teknis, dan juga kurangnya campur tangan pemerintah dalam hal pengembangan EBT. Sebagai konsekuensi menyusutnya pasokan minyak bumi dan tingginya harga energi dari sumber EBT masyarakat akan menghadapi kesulitan menjalankan aktivitas ekonomi atau berinvestasi dalam hal pengembangan energi terbarukan ini (Muhammad Irfan, 2017).

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) *rooftop* adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan sumber energi terbarukan dari sinar matahari dan atap (*rooftop*) digunakan sebagai sarana tempat pembangkitan. Penggunaan solar panel sebagai energi baru terbarukan (EBT) menjadi sebuah gerakan untuk mengurangi penggunaan listrik konvensional yang menggunakan bahan bakar minyak berasal dari fosil hal ini dikarenakan solar panel hanya memerlukan sinar matahari

sebagai sumber utama penghasil listrik. Indonesia sebagai salah satu negara yang memiliki dua musim mempunyai sumber energi surya yang berlimpah dengan intensitas radiasi matahari sekitar  $4.8\text{kWh/m}^2$  perhari diseluruh wilayah Indonesia (Irawan Raharjo, 2017).

Universitas Siliwangi belum mengembangkan teknologi solar panel sebagai sumber energi baru terbarukan untuk sarana prasarana kampus. Gedung fakultas teknik merupakan bangunan yang terdapat di Universitas Siliwangi, terdiri dari empat lantai. Gedung fakultas teknik disuplay oleh energi listrik yang berasal dari PLN (energi tidak terbarukan). Atap gedung fakultas teknik bisa dimanfaatkan sebagai sarana pembangkitan dengan metode pemasangan solar panel secara *roofmount*.

Dari beberapa paparan diatas tersebut peneliti ingin merencanakan suatu sistem pembangkit tenaga surya untuk mengetahui kelayakannya dengan menggunakan simulasi *software* PVsyst. Untuk itu tugas akhir ini berjudul **“Analisis Kelayakan Pembangkit Energi Listrik Tenaga Surya *Rooftop* di Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi”**.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana Menganalisis Kelayakan Pembangkit Energi Listrik Tenaga Surya *Rooftop* di Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi.
2. Bagaimana Menentukan Teknologi Yang Tepat Untuk Pembangkit Energi Listrik Tenaga Surya *Rooftop* Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi Dengan Simulasi Menggunakan Bantuan Perangkat Lunak PVsyst.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis Kelayakan Pembangkit Energi Listrik Tenaga Surya *Rooftop* di Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi
2. Merancang Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Atap Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi Dengan Simulasi Menggunakan Bantuan Perangkat Lunak PVsyst

### 1.4 Manfaat Penelitian

Kegiatan Penelitian “Analisis Kelayakan Pembangkit Energi Listrik Tenaga Surya *Rooftop* di Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi” diharapkan dapat memberikan manfaat:

1. Memberikan Pengetahuan, Pemahaman, dan Keterampilan bagi Peneliti dalam Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya.
2. Sebagai Informasi dan Gambaran Tentang Energi Alternatif yang Ramah Lingkungan Kepada Mahasiswa/i Fakultas Teknik, Khususnya Jurusan Teknik Elektro Universitas Siliwangi
3. Memberikan Kontribusi Positif Pada Dunia Pendidikan Terutama di Bidang Ketenagalistrikan Dalam Pengembangan dan Teknologi yang Dapat diandalkan.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Luaran Penelitian Berupa Simulasi Pemodelan Pembangkit Energi Listrik Tenaga Surya *Rooftop* di Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi
2. Penelitian Dilakukan di Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi

3. Penelitian Dilakukan dengan Bantuan Perangkat Lunak PVsyst dan Membahas Mengenai Perancangan PLTS yang disimulasikan dengan *software* PVsyst versi 6.7.0

## 1.6 Metode Penelitian

Metode dalam penelitian ini adalah:

### 1. Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer yaitu melakukan pengumpulan data melalui pengukuran. Pengukuran yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui nilai-nilai yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian.

### 2. Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder, yaitu melakukan pengumpulan data melalui data dari buku, jurnal, dan lembaga terkait lainnya untuk mengetahui data-data yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian.

### 3. Metode Observasi

Metode observasi yaitu melihat langsung kondisi di lapangan untuk mempelajari keadaan di lapangan mengenai pelaksanaan penelitian.

### 4. Luaran penelitian

Penelitian ini berupa hasil simulasi dengan menggunakan *software* PVsyst dalam pemodelan system PLTS diatap Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi

## 1.7 Sistematika Penulisan

Secara garis besar, laporan dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian awal, bagian isi, dan bagian akhir. Berikut adalah sistematika laporan :

1. Bagian awal, terdiri dari sampul, judul, pernyataan orisinalitas,

pengesahan, kata pengantar, persetujuan publikasi, abstrak, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, daftar rumus, dan daftar lampiran.

2. Bagian isi, terdiri dari lima bab, diantaranya :

a. BAB I : Pendahuluan, dalam hal ini diuraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, dan sistematika pelaporan.

b. BAB II : Landasan Teori, yaitu bab yang menguraikan tentang kajian pustaka baik dari buku-buku ilmiah, maupun sumber-sumber lain yang mendukung penelitian ini.

c. BAB III : Metode Penelitian, yaitu bab yang menguraikan tentang objek penelitian, variabel, metode penelitian, metode pengumpulan data, dan metode analisis data.

d. BAB IV : Hasil penelitian dan Pembahasan, yaitu bab yang menguraikan tentang hasil penelitian dan pembahasan dari data yangtelah diperoleh.

e. BAB V : Simpulan dan Saran, yaitu bab yang berisi simpulan hasil dan saran serta hasil penelitian.

3. Bagian akhir, terdiri dari daftar referensi dan lampiran.

## **BAB II**

### **KAJIAN TEORI**

#### **2.1 PLTS**

PLTS adalah salah satu pembangkit listrik yang sangat sederhana dan mudah dipasang di rumah, sehingga PLTS merupakan salah satu sarana untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan listrik yang sangat ramah lingkungan karena memanfaatkan sinar matahari. PLTS sering juga disebut *Solar Photovoltaic*, atau *Solar Energy*. Cahaya matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif yang potensial dan mempunyai prospek cukup besar untuk dikembangkan, karena matahari tidak akan pernah habis dan dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Dengan kapasitas yang relatif kecil penggunaan pembangkit ini bisa digunakan untuk beban lampu atau listrik yang dihasilkan atau dapat dijadikan listrik cadangan misalnya beban penerangan (*emergency lamp*) skala kecil pada saat terjadi pemadaman listrik oleh pembangkit konvensional (Sahori, 2011).

Namun disamping itu juga diperlukan perencanaan dan perhitungan yang tepat agar listrik yang akan dihasilkan nantinya sesuai dengan kapasitas solar cell yang kita miliki. PLTS pada dasarnya adalah pencatu daya (alat yang menyediakan daya), dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri, maupun dengan Hybrid (dikombinasikan dengan sumber lain) (Sahori, 2011).

##### **2.1.1 Prinsip Kerja PLTS**

Prinsip kerja panel surya yang mengkonversi intensitas radiasi matahari menjadi energi listrik searah. Semakin besar tingkat intensitas radiasi matahari

maka akan semakin besar pula potensi energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS tersebut bergantung dengan efisiensi panel surya dan komponen pendukung lainnya (Ridho and Winardi, 2018).

Cahaya matahari dapat diubah menjadi energi listrik melalui modul surya yang terbuat dari bahan semikonduktor. Bahan semikonduktor merupakan bahan semi logam yang memiliki partikel yang disebut elektron proton, yang apabila digerakkan oleh energi dari luar akan membuat pelepasan elektron sehingga menimbulkan arus listrik dan pasangan elektron hole. Modul surya mampu menyerap cahaya sinar matahari yang mengandung gelombang elektromagnetik atau energi foton ini. Energi foton pada cahaya matahari ini menghasilkan energi kinetik yang mampu melepaskan electron-elektron ke pita konduksi sehingga menimbulkan arus listrik. Energi kinetik akan makin besar seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya dari matahari (Sukmajati dan Hafidz, 2015).

Pada siang hari modul surya menerima cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses fotovoltaiik. Listrik yang dihasilkan oleh modul dapat langsung disalurkan ke beban ataupun disimpan didalam baterai sebelum digunakan ke beban. Pada malam hari, dimana modul surya tidak menghasilkan listrik, beban sepenuhnya dicatu oleh baterai. Demikian pula apabila hari mendung, dimana modul surya menghasilkan listrik lebih rendah dibandingkan pada saat matahari benderang (Sahori, 2011).

### **2.1.2 Manfaat PLTS**

Pembangkit Liatrik Tenaga Surya (PLTS) mempunyai berbagai macam manfaat antara lain adalah :

### 1. PLTS di daerah pedesaan

Di daerah pedesaan yang belum tersentuh listrik PLN masyarakat sangat membutuhkan penerangan di malam hari, dengan hadirnya teknologi terbaru aplikasi pembangkit tenaga surya yang merupakan solusi terbaik untuk diterapkan di daerah pedesaan. Berikut ini adalah manfaat PLTS di daerah terpencil:

- a. Tersedianya mutu penerangan yang baik bagi masyarakat, dengan jumlah biaya pengeluaran yang terjangkau.
- b. Menunjang usaha untuk mempercepat pemerataan di daerah pedesaan.

### 2. PLTS di daerah perkotaan

Di daerah perkotaan yang para warganya cenderung memakai listrik dan apabila terjadi pemadaman yang dilakukan oleh PLN maka kebutuhan listrik tidak dapat terpenuhi. Hal ini tentu akan mengganggu kegiatan masyarakat perkotaan yang memiliki mobilitas tinggi. Berikut ini manfaat PLTS di daerah perkotaan :

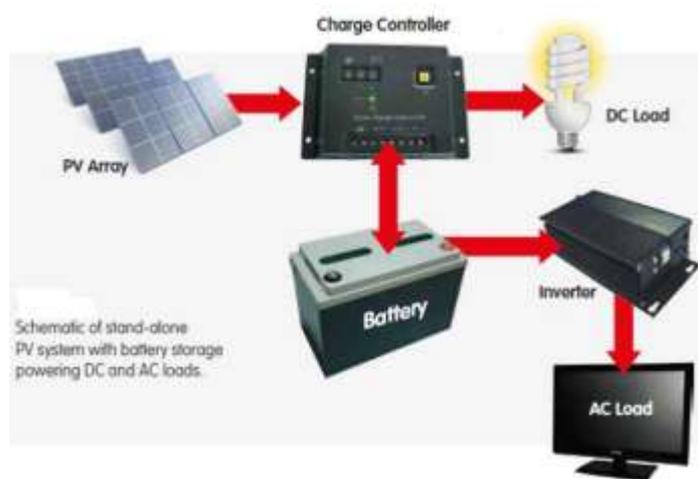
- a. Berperan serta dalam penghematan energi listrik PLN, yang berarti ikut menghemat pemakaian bahan bakar minyak bumi.
- b. Meningkatnya mutu sumber daya manusia, karena proses belajar bisa dilakukan kapan saja tanpa harus terhalang oleh pemadaman listrik dari PLN.
- c. Mutu penerangan yang cukup baik dengan jumlah biaya pengeluaran yang terjangkau (Sahori, 2011).

## 2.2 Konfigurasi PLTS

Konfigurasi merupakan jenis-jenis PLTS, konfigurasi ditujukan untuk menyesuaikan sesuai dengan kebutuhan. Konfigurasi sistem PLTS umumnya terbagi menjadi dua, yaitu *on-grid* dan *off-grid* yang disesuaikan dengan kebutuhan beban yang ada (Muhammad Irfan, 2017).

### 2.2.1 Sistem PLTS *Stand Alone*

PLTS *Stand Alone* atau disebut juga PLTS *off grid* adalah PLTS yang dirancang untuk peroperasian dimana menghasilkan energi secara mandiri dan diperuntukan untuk kebutuhan beban listrik disuatu tempat itu sendiri dengan hanya mengandalkan solar panel sebagai pembangkit (Dede Irfan Riswandi, 2017). Adapun sistem PLTS *Stand Alone* yang dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sistem PLTS *Stand Alone*

Sumber: (Hafidz, 2020)

PLTS *off grid* merupakan aplikasi PLTS terpusat komunal untuk sekelompok masyarakat yang dipasang disuatu tempat dan listrik dibagikan melalui jaringan distribusi untuk kapasitas  $\geq 15$  kWp. Untuk kebutuhan pada saat malam hari digunakan baterai sebagai sumber listrik (Ramdhani, 2017).

Perancangan sistem PLTS *off grid* dilakukan dengan tahapan berikut:

- Mengetahui jumlah total beban gedung ( $E_b$  [kWh])
- Menentukan *PSH* (jam/hari)

*PSH* atau *peak sun hour* adalah puncak matahari dalam sehari dari lokasi PLTS tersebut. *PSH* didapatkan dengan cara menambahkan jumlah total radiasi matahari harian yang diterima. Untuk menghitung berapa *PSH* pada lokasi tersebut dapat digunakan rumus 2.1

$$PSH = \frac{\text{jumlah total iradiasi}}{1000} \dots\dots\dots (2.1)$$

- Diperlukan faktor pengali sebesar 30% untuk mengatasi *drop* tegangan yang disebabkan karena *losses* seperti pada rumus 2.2

$$(\text{Eb derating [kWh]} \times 1.3) \dots\dots\dots (2.2)$$

- Tentukan besarnya kapasitas Panel Surya(PV modul)

Untuk memilih kapasitas PV yang akan digunakan dilakukan perhitungan menggunakan rumus 2.3

$$PPV = \frac{\text{Eb derating}}{PSH} \dots\dots\dots (2.3)$$

- Tentukan konfigurasi *string* dan *aray* PV modul
- Tentukan kapasitas inverter

Kebutuhan inverter yaitu sebagai pengubah daya listrik yang dihasilkan dari DC menjadi AC untuk memberikan suplai pada beban yang memerlukan listrik AC. Dapat dihitung keperluannya dengan menggunakan rumus 2.4

$$\text{inverter} = 1,5 \times \text{Daya Beban} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan asumsi beban listrik hanya lampu dan peralatan yang menggunakan motor listrik yang kapasitasnya kecil, sehingga pada saat starting peralatan tersebut tidak menimbulkan *rush current* yang terlalu besar. Apabila beban listrik yang digunakan terdapat motor listrik dengan kapasitas besar (> 1 kW) maka perhitungan kapasitas daya inverter harus dihitung 2 ~ 3 kali dari kapasitas bebannya.

- Kapasitas baterai (Ah) untuk mengetahui kapasitas baterai yang diperlukan, dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus 2.5

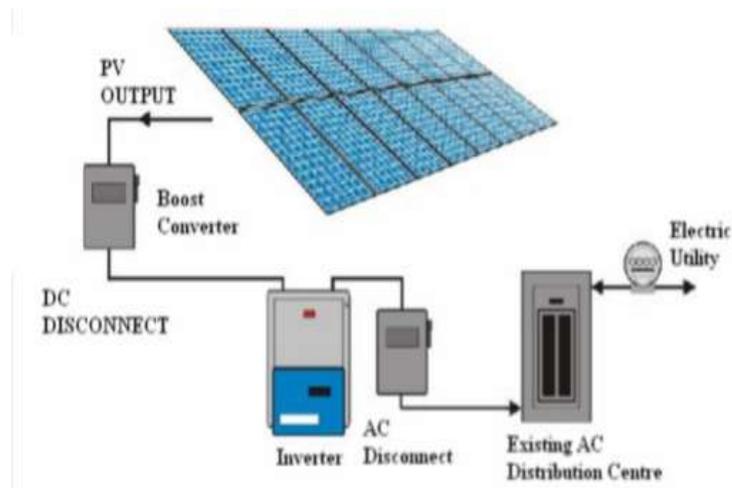
$$\text{batere} = \frac{\text{daya beban (kWh)} \times \text{day of autonomy}}{(\text{efisiensi} \times \text{DOD} \times \text{Tegangan batere})} \dots\dots\dots (2.5)$$

- Menghitung keperluan *SCC* dengan menggunakan hasil dari  $V_{DC}$  dan  $I_{DC}$  dari string dan array

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terpusat (*Off-Grid*) merupakan sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan radiasi matahari tanpa terhubung dengan jaringan PLN atau dengan kata lain satu-satunya sumber pembangkitnya yaitu hanya menggunakan radiasi matahari dengan bantuan panel surya atau photovoltaic untuk dapat menghasilkan energi listrik. Sistem PLTS Off-Grid sendiri juga hanya dimanfaatkan untuk daerah yang tidak terjangkau pasokan listrik dari PLN seperti daerah pedesaan.

### 2.2.2 Sistem PLTS *on grid*

PLTS *on grid*, yaitu sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan PLN. PLTS ini biasanya banyak dipasang diatas atap gedung (*rooftop*) umumnya berkapasitas 100 kWp sampai dengan 1 MWp. (Hafidz, 2020). Contoh dari system PLTS *on grid* dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.2 Sistem PLTS *on grid*

Sumber: (Hafidz, 2020)

Perancangan sistem PLTS *on grid* dilakukan dengan tahapan berikut:

- Data Konsumsi Beban

Data yang diperlukan yaitu data konsumsi beban harian, hal ini untuk mengetahui berapa nilai puncak dan rata rata penggunaan harian.

- Besaran Iradiasi

$$P_{\text{peak PLTS}} = \frac{\text{kWh}_{\text{peak}}}{\text{iradiasiTahunan}/365\text{hari}} \dots\dots\dots (2.6)$$

- Pemilihan Modul Suryadan Perhitungan Luas Area

$$\text{modul (unit)} = \frac{P_{\text{peak PLTS}}}{P_{\text{out Modul}}} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\text{Luas Area (m}^2\text{)} = \frac{P_{\text{peak PLTS}}}{\text{Nilai Effisiensi Modul}} \dots\dots\dots (2.8)$$

- Pemilihan Kapasitas Inverter

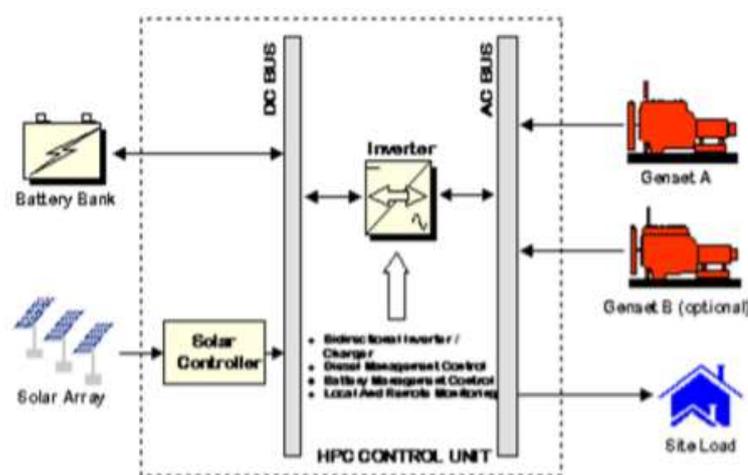
$$P_{\text{inverter (kW)}} = P_{\text{peak PLTS}} + (30\% \times \text{Beban Puncak}) \dots\dots\dots (2.9)$$

Sistem PLTS terinterkoneksi (*on-grid*) adalah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan radiasi matahari untuk menghasilkan listrik dan sesuai dengan namanya, maka sistem ini akan dihubungkan dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari melalui modul surya atau *photovoltaic* modul yang menghasilkan listrik semaksimal mungkin. Sistem ini juga dianggap ramah lingkungan dan bebas emisi. Sistem PLTS terinterkoneksi juga merupakan sebuah solusi *green energi* bagi masyarakat perkotaan baik perkantoran maupun perumahan yang bertujuan untuk dapat memperkecil tagihan rekening listrik dari PLN (Yuwono, 2018).

### 2.2.3 Konfigurasi Hybrid

Konfigurasi hybrid adalah penggunaan lebih dari satu pembangkit dengan sumber pembangkit yang berbeda. Contohnya solar panel sebagai pembangkit

listrik tenaga surya (PLTS) dengan PLTD yakni pembangkit listrik tenaga diesel dengan sumber listrik berasal dari generator yang digerakan dengan bahan bakar minyak yang dapat dilihat pada gambar 2.3. Tujuan hybrid yaitu menggabungkan beberapa sumber untuk saling menutupi kelemahan masing-masing baik secara teknis maupun ekonomis sehingga menjadikan pembangkit yang andal. Perbedaan PLTS hybrid yaitu terletak pada penggabungan lebih dari satu sumber energy (Surya, 2010).



Gambar 2.3 Sistem Hybrid PLTS dan PLTD  
Sumber: (Hafidz, 2020)

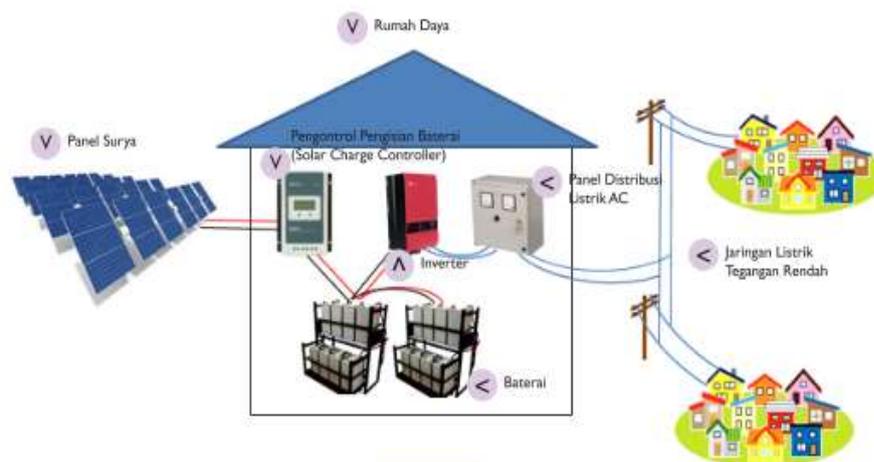
Sistem hybrid adalah sistem yang menghubungkan sistem pembangkit listrik satu dengan yang lain atau yang disebut berkolaborasi antara 2 atau lebih sistem pembangkit dan biasanya sumber pembangkit yang digunakan yaitu energi solar.

Kolaborasi sistem Hybrid antara PV dengan genset dapat memberikan keuntungan bagi genset yaitu akan memperkecil jam kerja genset (semisal awalnya setiap hari beroperasi selama 24 jam kemudian berkurang menjadi hanya beberapa jam per harinya ketika beban puncak saja), sehingga tarif operasi dan manajemen dapat lebih ekonomis. Sedangkan, bagi PV juga mendapatkan

keuntungan dari sistem ini yaitu hanya digunakan sebagai pencatu beban dasar saja, maka tidak membutuhkan biaya modal awal yang besar. Dengan demikian, penggunaan sistem Hybrid PV-Genset ini dapat menghemat biaya operasi dan manajemen, mengurangi jam operasi genset, serta dapat menghindari kebutuhan biaya modal awal yang besar (Yuwono, 2018).

### 2.3 Komponen PLTS

Komponen utama PLTS yaitu sel fotovoltaik dengan kemampuannya mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Komponen tersebut dapat dilihat pada gambar 2.4.



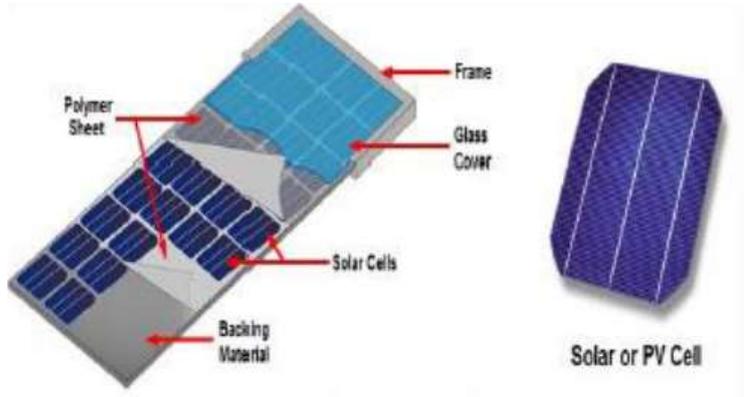
Gambar 2.4 Blok diagram PLTS  
Sumber: (Bayuaji Kencana,dkk, 2018)

Selain itu pula sel fotovoltaik dibantu perangkat lain untuk menunjang dalam keandalan suatu sistem. Komponen PLTS diantaranya sebagai berikut:

#### 2.3.1 Modul Panel Surya

Panel surya adalah alat utama yang berperan sangat penting untuk pembangkit listrik tenaga surya, fungsinya sebagai pengubah energi surya (matahari) menjadi energi listrik. Modul panel surya merupakan sel fotovoltaik yang mana cara kerjanya panas dari cahaya matahari ditangkap oleh panel surya,

kemudian dirubah menjadi energi listrik. Energi tersebut kemudian dimasukan dalam rangkaian tambahan untuk dapat dimanfaatkan (Martawati, 2018). Pada panel surya itu sendiri terdapat beberapa bagian seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kontruksi Solar Cell  
Sumber: (Martawati, 2018)

Panel surya terdiri dari material semi konduktor tipe n (*electron*) dan tipe p (*hole*) yang digabungkan menjadi pn *junction*. Cara kerja: Medan listrik terbentuk saat matahari menyinari sel surya, menyerap cahaya dizona sambungan antara tipe p dan n, menyebabkan elektron bebas, elektron melewati bergerak melalui silicon dan masuk ke sirkuit eksternal, saat memasuki sirkuit eksternal energi dilepaskan untuk menyalakan beban lampu dan kembali ke sel surya (Ramdhani, 2017).

Parameter panel surya dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Parameter Panel Surya

Model	STP250S-20/Wd
Optimum Operating Voltage (Vmp)	30.7 V
Optimum Operating Current (Imp)	8.15 A
Maximum Power (Pmax)	250 W
Modul Efficiency	15.2%
Operating Temperature	-40°C to + 85°C
Maximum System Voltage	1000 V DC
Maximum Series Fuse Rating	20 A
Pwer Tolerance	0/+5%

Sumber: (Hafidz, 2020)

Kinerja panel surya sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari karena semakin tinggi intensitas cahaya matahari maka semakin besar energi

listrik yang dihasilkan oleh *photovoltaik*. Ada dua jenis modul surya yang biasa digunakan:

### 1. *Mono-crystalline*

Modul surya jenis *mono-crystalline* ini terbuat dari silikon kristal tunggal. Dapat ditemukan secara alami, namun sangat jarang atau juga dapat tumbuh dibuat di laboratorium. Proses ini dinamakan dengan *recrystallising*, sehingga pembuatan dan harga dari modul jenis ini sangat mahal. Pada panel *mono-crystalline* memiliki efisiensi sebesar 15%-20% pada suhu 25 °C. Umumnya bentuk *solar cell mono-crystallined* seperti pada gambar 2.6



Gambar 2.6. Solar Panel *Mono-crystalline*  
Sumber: (Bayuaji Kencana,dkk, 2018)

Kelemahan dari jenis *mono-cristalline* yakni tidak berfungsi dengan baik ditempat yang intensitas cahaya matahari yang kurang, dan efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan (Prayogi, 2018).

### 2. *Poly-crystalline*

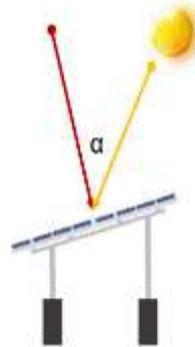
Modul surya jenis *poly-crystalline* adalah jenis modul surya yang terbuat dari kristal silikon *block-cast*. Efisiensinya lebih rendah dibandingkan dengan *mono-crystalline*. Efisiensi yang dimiliki oleh modul jenis ini hanya berkisar 13,5% pada suhu 25 °C (Prayogi, 2018). Umumnya bentuk *solar cell mono-crystallined* seperti pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Panel Surya *Poly-crystalline*  
Sumber: (Bayuaji Kencana, dkk, 2018)

Kelemahan dari jenis *poly-cristalline* yakni memiliki efisiensi yang rendah 1-2% dibawah solar panel *mono-crystalline* (Bayuaji Kencana, dkk, 2018).

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merancang pemasangan solar panel. Diantaranya adalah kemiringan yang disesuaikan dengan datangnya matahari. Semakin sudut kemiringan solar panel mendekati  $0^\circ$  semakin tinggi radiasi yang diterima seperti pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Kemiringan Solar Panel  
Sumber: (Ramdhani, 2017)

Panel surya biasanya dipasang di atap (*roof-mounted*) atau di lapangan (*ground-mounted*) (Sihotang, 2019). Dalam penerapannya, kedua metode tersebut memiliki pertimbangan-pertimbangan yang perlu diperhatikan antara lain:

#### 1. *Roof-Mounted*

- a. Pada umumnya, area terbebas dari penghalang

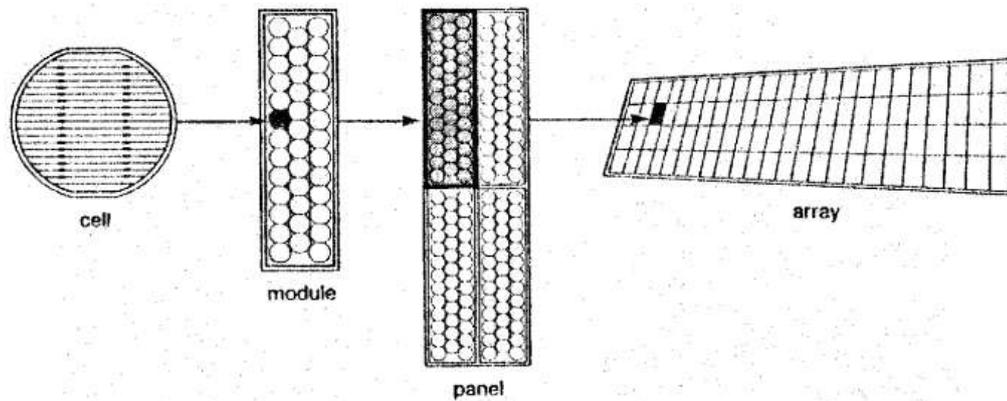
- b. Atap dapat berfungsi sebagai struktur penopang instalasi panel surya
- c. Diperlukan *mounting* yang cukup kuat diperlukan untuk mengatasi permasalahan cuaca
- d. Layak dan *cost-effective* untuk kapasitas pembangkitan yang kecil.

## 2. *Ground-Mounted*

- a. Memerlukan bidang tanah yang datar dan stabil
- b. Memerlukan analisis geoteknik untuk mengetahui stabilitas tanah jangka panjang
- c. Memerlukan tonggak dan balok baja sebagai struktur penopang tambahan
- d. Layak dan *cost-effective* untuk kapasitas pembangkitan yang besar

### 2.3.1.1 Rangkaian *Photovoltaic* (PV) Generator

Agar dapat memperoleh sejumlah *voltage* atau *ampere* yang dikehendaki, maka umumnya masing-masing sel surya dikaitkan satu sama lainnya baik secara hubungan “seri” ataupun secara “pararel” untuk membentuk suatu rangkaian PV yang lazim disebut “Modul”. Sebuah modul PV umumnya terdiri dari 33 sel surya atau 36 sel, dan 72 sel. Beberapa modul pv dihubungkan untuk membentuk satu rangkaian tertentu disebut “PV Panel”, sedangkan jika berderet-deret modul pv dihubungkan secara baris dan kolom disebut “PV Array” seperti pada gambar 2.9 (Sukmajati and Hafidz, 2015).

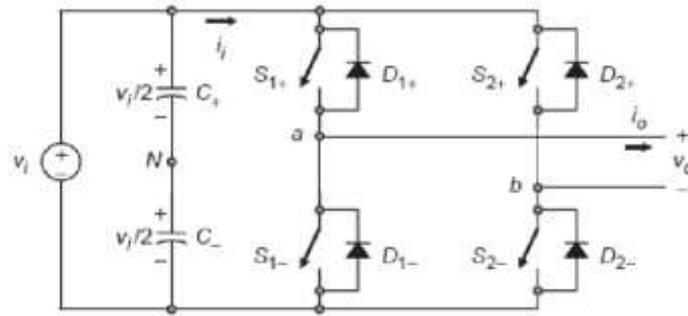


Gambar 2.9 Hubungan Sel Surya, Modul, Panel & Array  
Sumber: (Sukmajati dan Hafidz, 2015)

Hubungan sel-sel surya dalam Modul dapat dilakukan secara “Seri” untuk mendapatkan varian *voltage* umumnya 12V, dan secara “Pararel” untuk mendapatkan varian “Arus Listrik” (*current*). Hubungan Modul-modul PV pada Array juga dapat dihubungkan secara “Seri” untuk mendapatkan tegangan yang tinggi, dan dihubungkan secara “Pararel” untuk mendapatkan arus yang besar.

### 2.3.2 Inverter

Inverter adalah alat elektronik yang berfungsi untuk merubah arus DC menjadi arus AC. Inverter diperlukan karena arus yang keluar dari panel surya adalah arus DC, penggunaan inverter ditujukan untuk mensuplai beban yang memerlukan arus AC untuk dapat digunakan. Pemilihan inverter bergantung kepada beban dan juga pada konfigurasi PLTS (Kristiawan, Kumara and Giriantari, 2019). Salah satu contoh rangkaian inverter dapat dilihat pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Rangkaian Inverter  
Sumber: (Rangkuti Ch dan S.G., 2016)

Sistem PLTS mengubah radiasi surya menjadi arus listrik searah. Keperluan inverter yakni untuk mengubah arus searah menjadi arus bolak-balik, apabila terdapat beban yang memerlukan arus listrik bolak-balik. Tegangan *input* pada inverter adalah tegangan yang sama dengan tegangan baterai dan tegangan keluaran solar panel (Hafidz, 2020).

### 2.3.2.1 Jenis-jenis inverter

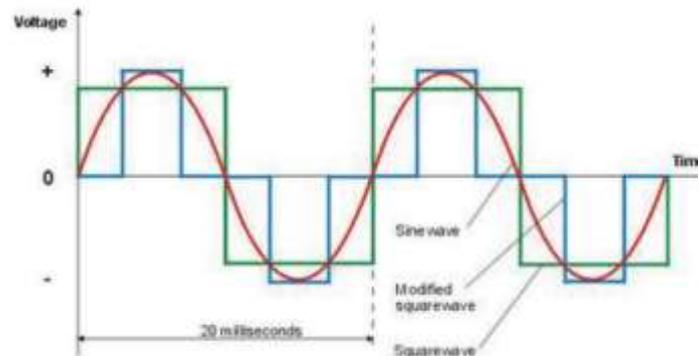
Jenis jenis inverter DC ke AC berdasarkan jumlah fasa output inverter dapat dibedakan sebagai berikut:

- a. Inverter 1 fasa Inverter dengan output 1 fasa
- b. Inverter 3 fasa Inverter dengan output 3 fasa

Jenis jenis inverter berdasarkan pengaturannya:

- a. *Voltage Fed Inverter* (VFI) merupakan inverter dengan tegangan input yang diatur konstan
- b. *Current Fed Inverter* (CFI) merupakan inverter dengan arus input yang diatur konstan
- c. *Variable DC linked inverter* merupakan inverter dengan tegangan input yang dapat diatur

Jenis jenis inverter berdasarkan bentuk gelombang outputnya dapat dilihat pada gambar 2.11



Gambar 2.11 Variasi gelombang inverter  
Sumber: (Sukmajati and Hafidz, 2015)

- a. *Square sine wave inverter*
- b. *Modified sine wave inverter*
- c. *Pure sine wave inverter*
- d. *Grid Tie Inverter*

### 2.3.3 Solar Charge Controller

*Solar charge controller (SCC)* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur aliran arus pengisian yang masuk ke baterai (*charging*) dan juga aliran keluaran baterai ke beban (*discharging*). Selain itu *SCC* juga berfungsi untuk mencegah baterai dari *overcharge* dan *over discharge* serta kelebihan tegangan dari modul surya (Hafidz, 2020).

*Solar charge controller* adalah komponen penting dalam pembangkit listrik tenaga surya. *Solar charge controller* berfungsi untuk:

- a. *Charging mode*: Mengisi baterai (kapan baterai diisi, menjaga pengisian jika baterai penuh).
- b. *Operation mode*: Penggunaan baterai ke beban (pelayanan baterai ke beban diputus jika baterai sudah mulai 'kosong').

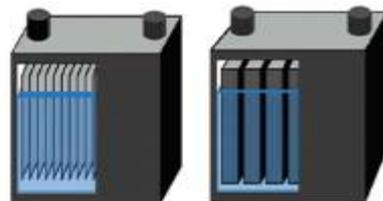


karena biasanya ada '*diode protection*' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya ke baterai, bukan sebaliknya (Sukmajati and Hafidz, 2015).

### 2.3.4 Battery (Baterai)

Baterai berfungsi untuk menyimpan daya yang dihasilkan oleh panel surya yang tidak segera digunakan oleh beban, bertujuan untuk digunakan pada saat periode radiasi matahari rendah atau pada malam hari. Dua peran penting baterai dalam sistem PLTS, yaitu untuk memberikan daya listrik kepada sistem ketika daya tidak disediakan oleh solar panel dan untuk menyimpan kelebihan daya yang dihasilkan oleh panel surya (Hafidz, 2020).

Baterai yang digunakan untuk sistem PLTS umumnya memiliki karakter *deep cycle battery* (siklus dalam) untuk kemampuan pengeluaran secara terus menerus. Ciri fisiknya mempunyai pelat elektroda lebih tebal jika dibandingkan dengan baterai untuk otomotif. Hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan jumlah total energi yang lebih besar seperti pada gambar 2.13 (Hafidz, 2020)



(a)

Gambar 2.13 (a) Baterai Otomotif (Kiri) Baterai Solar Panel (Kanan)

Sumber: (Hafidz, 2020)

Parameter batere adalah :

1. Kapasitas batere (Ah)
2. Effisiensi batere (%)
3. Depth of Discharge (DOD) (%)
4. Tegangan operasional batere (V)

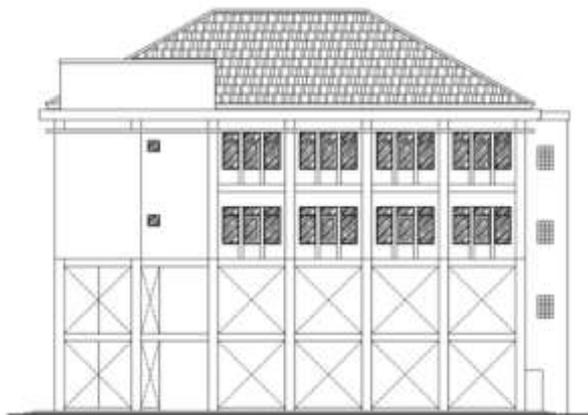
Baterai atau aki adalah penyimpan energi listrik pada saat matahari tidak ada. Secara garis besar, baterai dibedakan berdasarkan aplikasi dan konstruksinya. Berdasarkan aplikasi maka baterai dibedakan untuk otomotif, *marine* dan *deep cycle*. Sedangkan secara konstruksi maka baterai dibedakan menjadi tipe basah, gel dan AGM (*Absorbed Glass Mat*). Baterai jenis AGM biasanya juga dikenal dengan VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*). Baterai yang cocok digunakan untuk PV adalah baterai *deep cycle lead acid* yang mampu menampung kapasitas 100 Ah, 12 V, dengan efisiensi sekitar 80%. Waktu pengisian baterai/aki selama 12 jam - 16 jam (Sukmajati dan Hafidz, 2015).

#### **2.4 Beban pembangkit**

Beban pembangkit PLTS yang akan dirancang dengan simulasi *software* PVsyst yaitu gedung fakultas teknik yang dapat dilihat pada gambar 2.14 Gedung Fakultas Teknik merupakan salah satu gedung yang berada di Universitas Siliwangi, yang terdiri dari empat lantai dengan detail bangunan sebagai berikut:

- a. Tinggi total gedung = 15,85m
- b. Panjang gedung = 24m
- c. Lebar gedung = 20,5m
- d. Luas gedung = 612m<sup>2</sup>

Atap gedung fakultas teknik terdiri dari dua komposisi yaitu atap yang berupa dak cor dan atap yang berupa genteng dengan luasan sebesar 536,35m<sup>2</sup>.



Gambar 2.14. Bangunan Gedung Fakultas Teknik  
Sumber: (Tiara, 2019)

Gedung tersebut disuplai oleh energi listrik dari PLN kota Tasikmalaya dengan beban penerangan yang dapat dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2. Konsumsi Energi Perhari

No	Nama Gedung	Lantai	Watt	Jumlah
1	Fakultas Teknik	1	22.113,9	130.818,8
		2	24.043	
		3	19.976	
		4	26.261,9	
		Lain-lain	38.424	

Jumlah suplai energi yang diperlukan untuk beban penerangan gedung ini tergolong besar yakni sebesar 38.704 Watt perhari beban yang diperlukan pada saat jam kerja (Tiara, 2019).

## 2.5 Software PVsyst

PVsyst adalah *software* yang digunakan untuk proses pembelajaran, pengukuran, dan analisa data dari suatu sistem PLTS secara menyeluruh. PVsyst dikembangkan oleh Universitas Geneva, pada *software* ini dapat dilakukan pemodelan simulasi diantaranya *sistem Grid-connected*, *Stand-alone*, *sistem Pumping*, dan *DC-grid* (I Ketut Suantika, Wayan Rinas, 2018). Tampilan *software* PVsyst dapat dilihat pada gambar 2.15



Gambar 2.15. Tampilan Beranda PVsyst  
Sumber: Software PVsyst

Penggunaan PVsyst sebagai alat bantu untuk simulasi karena fiturnya sesuai dengan yang dibutuhkan pada penelitian. Selain itu PVsyst dilengkapi *database* dari sumber data meteorologi yang luas dan beragam, selain itu data komponen yang diperlukan pada sistem PLTS juga tersedia. Contoh sumber data yang dapat digunakan pada PVsyst yaitu *MeteoNorm v 6.1*, *NASA-SSE*, *PVGIS*, *Satel-Light*, *TMY2/3* dan *SolarAnywhere* (Ridho and Winardi, 2018).

## 2.6 Rancangan Anggaran Biaya Pembangunan dan Operasional PLTS

Rancangan anggaran biaya mencakup mulai dari anggaran persiapan pembangunan/konstruksi hingga operasional dan pemeliharaan PLTS. Komponen pembiayaan yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut.

### 2.6.1 Direct Cost (Biaya Langsung)

Biaya langsung adalah semua biaya yang langsung berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi di lapangan. Biaya-biaya yang dikelompokkan dalam biaya langsung adalah biaya bahan/material, biaya pekerja/upah dan biaya peralatan (*equipment*) (Nurdiana, 2015).

### 2.6.2 Indirect Cost (Biaya Tidak Langsung)

Biaya tak langsung adalah semua biaya proyek yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi dilapangan tetapi biaya ini harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari proyek tersebut. Biaya-biaya yang dikelompokkan dalam biaya langsung adalah *Engineering* desain dan jasa instalasi, Mobilisasi dan demobilisasi (termasuk jasa pengiriman), Pelatihan calon pengelola (Nurdiana, 2015).

### 2.6.3 Contingency

Anggaran ini untuk mengantisipasi biaya di luar anggaran yang sudah direncanakan biasanya perusahaan memberi tambahan dana berkisar 10% dari total biaya langsung dan tidak langsung (Andi, 2019).

Dengan adanya pengelompokan biaya diatas, maka berdasarkan sumber yang didapat harga-harga komponen dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Perkiraan Harga Komponen dan Biaya Pekerjaan Pembangunan PLTS

Komponen	Kisaran harga
<b>Direct cost</b>	
Panel Surya	7.000 - 12.000 per WP
Inverter	4.000 – 4500 per Watt
Pekerja Sipil	1500 – 4000 per Watt
Commissioning	700 per Watt
Kabel	5000 – 10.000 per Meter
Baja Hollow	10.000 – 19.000
<b>Indirect Cost</b>	
Desain Engineering	40 – 60 juta per 50 kWp
Contingency	10% dari total biaya

Sumber: (Andi, 2019)

Perkiraan harga ini menjadi patokan dalam penentuan harga dalam pembangunan PLTS.

## 2.7 Analisis Investasi

Waktu modal kembali (*payback period*) adalah periode lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi dari keuntungan yang dihasilkan oleh proyek (Hidayat, dkk, 2019). Untuk mengetahui kapan waktu modal kembali dalam perencanaan PLTS bisa dilakukan perhitungan 2.10

$$\text{Waktu Modal Kembali} = \frac{\text{biaya investasi}}{P_{\text{peak PLTS}} \times \text{Waktu Effektif} \times \text{tarif PLN} \times 365 \text{ hari}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Penghematan pertahun adalah biaya yang biasa dikeluarkan sebelumnya dikurangi pendapatan yang dihasilkan dari PLTS (Andi, 2019). Dapat dihitung penghematan biaya listrik yang dibayarkan ke PLN dengan menggunakan persamaan 2.11

$$\text{Penghematan Pertahun} = P_{\text{peak PLTS}} \times \text{tarif PLN} \times \text{Waktu Effektif} \times 365 \text{ hari} \dots\dots(2.11)$$

Dari penghematan yang sudah diketahui maka dapat diketahui berapa persen efisiensi PLTS yang di bangun. Dapat diketahui efisiensi dengan persamaan 2.12

$$\text{Effisiensi Pertahun} = \frac{\text{Penghematan Pertahun}}{\text{Biaya Listrik Pertahun}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.12)$$

## 2.8 Sistem Pentarifan PLTS Atap

Kebijakan *feed-in tarif (FiT)* telah diterapkan di banyak negara dalam rangka meningkatkan peranan sumber energi baru-terbarukan sebagai sumber energi alternatif. Melalui Permen ESDM No. 17 tahun 2013, pemerintah Republik Indonesia telah menetapkan kebijakan FiT untuk PLTS yang menggunakan *system photovoltaic*. Dikeluarkannya kebijakan ini, dengan harapan dapat menarik minat para investor untuk membangun PLTS dalam rangka mencapai sasaran bauran energi nasional yang optimal dengan target sebesar 23% adalah peran energi baru-terbarukan pada tahun 2025. Metode yang dipergunakan dalam menghitung tarif penjualan listrik adalah metode *Life Cycle Cost (LCC)*,

merupakan metode yang menghitung keseluruhan biaya sebuah sistem mulai dari perencanaan, pembangunan, operasional dan *maintenance*, penggantian peralatan, dan *salvage value* selama umur hidup sistem tersebut (Ketut Sugirianta, Giriantari, & Satya Kumara, 2016).



Gambar 2.16 Permohonan Pembangunan dan Pemasangan PLTS Atap  
Sumber: Humas EBTKE

Untuk energi listrik yang diproduksi PLTS Atap mayoritasnya digunakan sendiri, untuk kelebihan tenaga listrik nya (*excess power*) akan diekspor ke PLN dengan faktor pengali 65%, dimana pelanggan bisa menggunakan deposit energi untuk mengurangi tagihan listrik bulan berikutnya. Perhitungan ekspor-impor energi listrik dari Pelanggan PLTS Atap ini mulai berlaku 1 Januari 2019. (EBTKE, Humas, 2018)

## 2.9 Penelitian Terkait

Berbagai studi tentang simulasi PLTS sudah banyak dilakukan. Penelitian yang telah dilakukan diantaranya menggunakan *software* yang berbeda-beda. Berikut ini beberapa penelitian yang signifikan atau terkait untuk acuan penelitian perancangan PLTS dengan simulasi *software* dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 Penelitian Terkait

No	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	“POTENSI	1. Penelitian ini	Penelitian ini	<i>Software</i> yang

	PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ATAP GEDUNG SEKOLAH DI KOTA DENPASAR”	dilakukan dengan menggunakan bantuan <i>software</i> Heliospoce. Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh informasi bahwa potensi energi matahari ada 1912,8kWh/m2/tahun atau rata-rata sebesar 5,2kWh/m2/hari di kota Denpasar. Sinar matahari yang dapat menghasilkan listrik mulai pada pukul 07.00 -18.30 WITA. Potensi energi listrik dari PLTS yang terpasang sebesar 3214.6 kWh dengan sudut sesuai dengan sudut atap sebesar 30.96. Hasil Potensi energi listrik yang dihasilkan akan lebih besar apabila dalam pemasangan PLTS menggunakan sudut optimal (15°) yaitu sebesar 3407kWh.	membahas tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya, membahas tentang perancangan PLTS <i>rooftop</i> , dan membahas juga mencari potensi energi matahari	digunakan berbeda, lokasi penelitian berbeda, dan perencanaan yang berbeda
2.	“PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI ATAP GEDUNG HARRY	2. Penelitian ini merancang PLTS dengan cara identifikasi layout atap gedung Hery Hartanto, kemudian dibuat desain yang ideal dengan spesifikasi	Membahas tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya, membahas tentang perancangan PLTS <i>rooftop</i> , dan Merancang juga menganalisis investasi dari rancangan PLTS	Tetapi tidak disimulasikan dengan <i>software</i> , lokasi penelitian berbeda, dan Perencanaan yang berbeda

	HARTANTO UNIVERSITAS TRISAKTI'	<p>peralatan yang ada di pasaran. Setelah itu dilakukan perhitungan biaya yang dibutuhkan dan juga perhitungan daya output listrik yang dihasilkan untuk dilakukan analisa keuntungan dan lama ROI yang dicapai jika listrik tersebut dijual langsung ke PLN. Hasil perancangan menunjukkan dari total area sebesar 855 m<sup>2</sup> didapat panel yang digunakan adalah panel surya berkapasitas 300 WP sebanyak 312 buah dan inverter berkapasitas 20 kW sebanyak 5 buah. Daya yang dihasilkan dari PLTS adalah sebesar 131.232,1 kWh per tahun. Perancangan ini membutuhkan investasi awal sebesar Rp 2.869.777.544 dan juga membutuhkan pemeliharaan PLTS sebesar Rp 28.697.775 per tahun.</p>		
3.	"MODEL SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA	3. Penelitian ini telah menyajikan model strategi pengendalian sistem pembangkit listrik tenaga surya	Membahas tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Merancang Pembangkit Listrik Tenaga Surya	Perbedaan dari penelitian ini adalah Tidak disimulasikan dengan <i>software</i> , lokasi penelitian

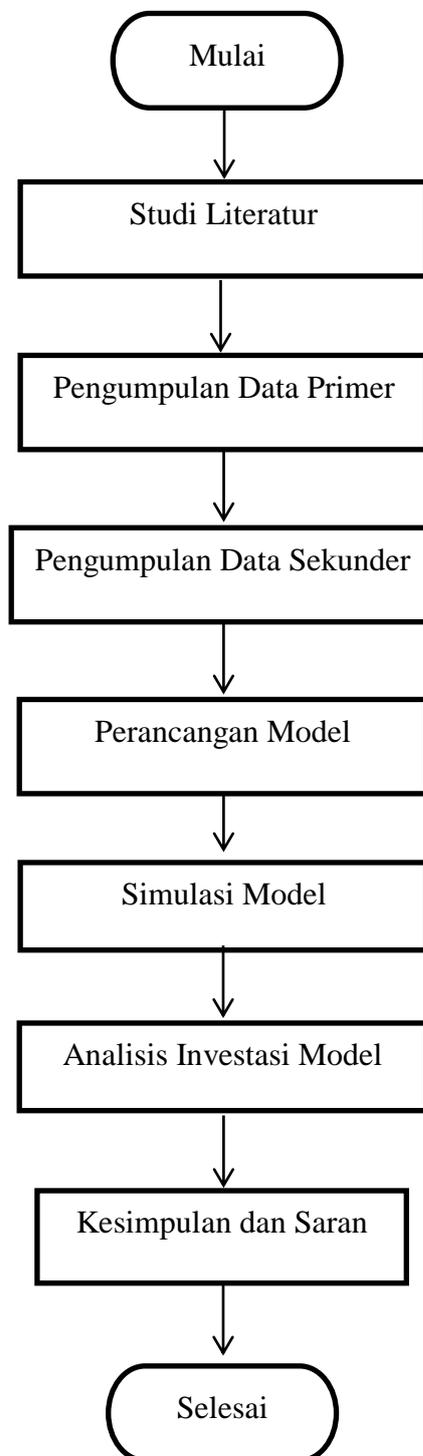
	<p>TERPADU DENGAN BATERAI TERHUBUNG JARINGAN LISTRIK”</p>	<p>terhubung jaringan listrik (PLTSTJL) terpadu dengan baterai penyimpan. Pada umumnya, sebuah PLTSTJL adalah tanpa penyimpanan energi atau baterai. Inverter dalam system PLTSTJL memerlukan pasokan/sambungan ke jaringan listrik umum agar berfungsi dengan baik. Jika tidak ada pasokan jaringan tersedia maka inverter tidak beroperasi. Keandalan sistem sangat tergantung pada pasokan dari jaringan listrik umum. Untuk mengatasi masalah ini, baru-PLTSTJL dengan baterai cadangan merupakan solusi yang populer. Baterai ini digunakan untuk daya cadangan dan media penyimpanan ketika kekuasaan yang menyebabkan tegangan lebih pada titik sambung (point common coupling (PCC)). Selain itu, baterai diperlukan untuk membantu mendapatkan stabil dan handal</p>		<p>berbeda, dan perencanaan yang berbeda</p>
--	---	---	--	--

		pasokan listrik dari PV.		
4.	“SIMULASI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 30 kWp ON-GRID DI KAMPUS UNIVERSITAS MARTIM RAJA ALI HAJI (UMRAH) MENGGUNAKAN SOFTWARE PVSOL”	4. Simulasi yang dilakukan pada pembangkit listrik tenaga surya 30 kWp on-grid bertujuan mendapat gambaran kinerja sistem pembangkit listrik tenaga surya 30 kWp on-grid selama satu tahun, dengan cara menganalisis hasil simulasi software PV*SOL. Total modul yang disimulasikan sebanyak 135 unit modul surya dengan menggunakan 3 unit inverter. Berdasarkan simulasi, intensitas radiasi matahari yang diterima oleh modul surya adalah 1.502,8 kWh/m <sup>2</sup> /tahun dengan kapasitas produksi energi yang mampu dibangkitkan mencapai 29.607,5 kWh/tahun. Energi listrik tertinggi yang mampu diproduksi yaitu 2.801,6 kWh dengan rata-rata intensitas matahari sebesar 142.08 kWh/m <sup>2</sup> pada bulan Maret. Suhu tertinggi pada	Perancangan dan pemodelan pada penelitian ini memiliki kesamaan yaitu penelitian dan perancangan mengenai PLTS dan mensimulasikan dengan software hasil rancangan untuk mengetahui kelayakan dari rancangan yang sudah dibuat.	Perbedaan perancangan dan perbedaan Software yang digunakan berbeda juga Lokasi penelitian berbeda

		<p>modul surya 32,5 0 C terjadi pada Mei, total losses yang diakibatkan oleh suhu pada modul surya adalah 2.890,59 kWh/tahun dan total losses yang diakibatkan oleh bayangan yaitu 3.248,30 kWh/tahun. Sementara keuntungan energi listrik yang bisa disuplai ke grid sebesar 25.106 kWh/tahun.</p>		
--	--	---	--	--

**BAB III**  
**METODE PENELITIAN**

**3.1 Alur Penelitian**

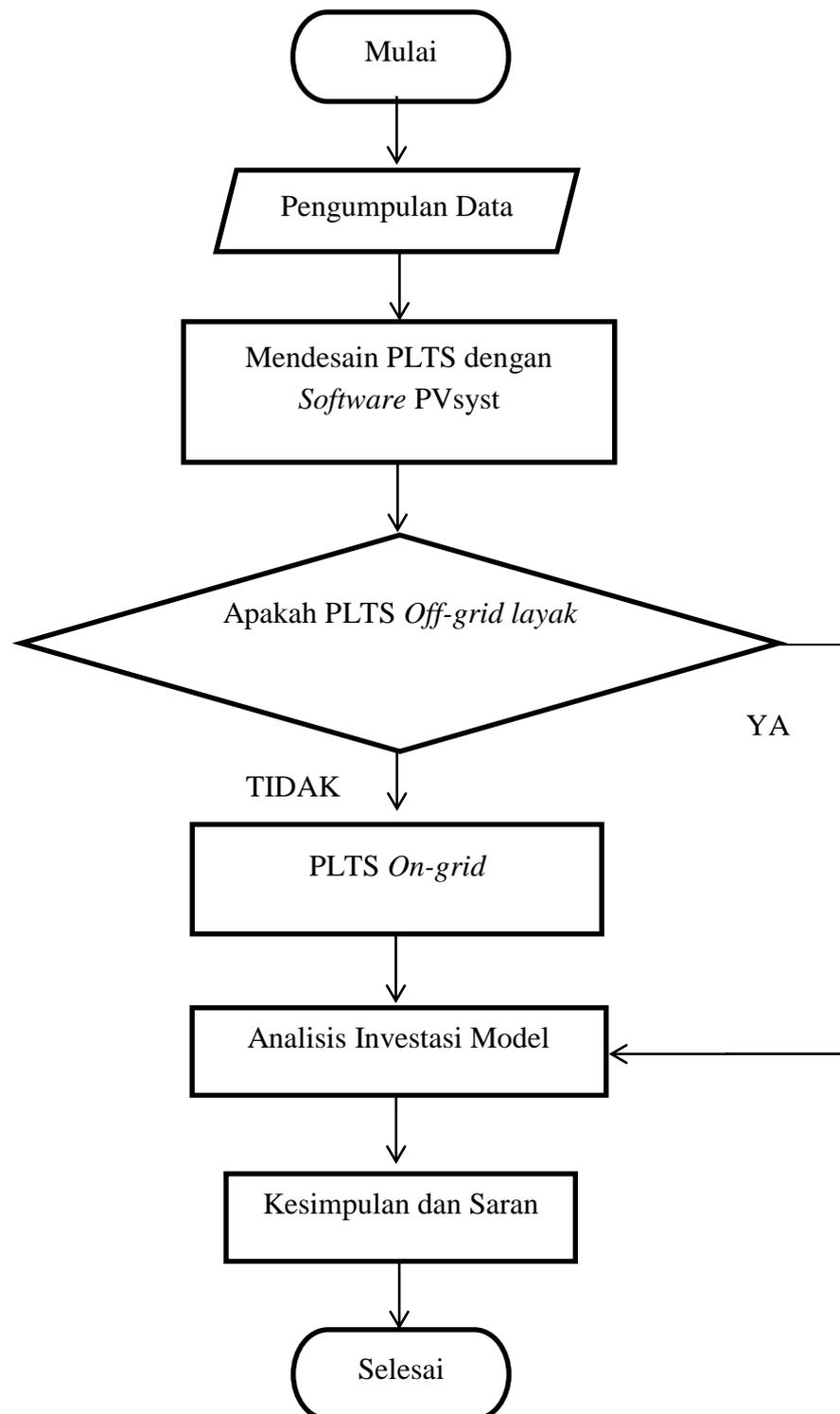


Gambar 3.1. *Flowchart* Alur Penelitian

Penjelasan setiap langkah alur penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Tahapan pertama adalah memulai penelitian
2. Tahapan kedua melakukan studi literatur berupa jurnal, buku, dan informasi terkait PLTS untuk menambah pemahaman
3. Tahapan ketiga melakukan pengumpulan data primer dari Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi diantaranya luasan *rooftop*, beban terpasang dan konsumsi energi
4. Tahapan keempat adalah melakukan pengumpulan data sekunder atau data Meteorologi Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi diantaranya letak geografis, peak sun hour, dan besarnya energi matahari dengan satuan kWh/m<sup>2</sup>
5. Tahapan kelima yaitu Merancang model PLTS dengan bantuan Software PVsyst, dengan berpedoman kepada tahapan tiga dan empat
6. Tahapan keenam adalah Mensimulasikan model PLTS dengan bantuan Software PVsyst, dengan berpedoman kepada tahapan sebelumnya.
7. Tahapan ketujuh berupa analisis investasi untuk mengetahui berapa tahun modal investasi kembali, penghematan, dan efisiensi dari model yang dirancang
8. Kesimpulan penelitian dan saran
9. Tahapan kedelapan adalah penelitian selesai

### 3.2 Flowchart Metodologi Penelitian

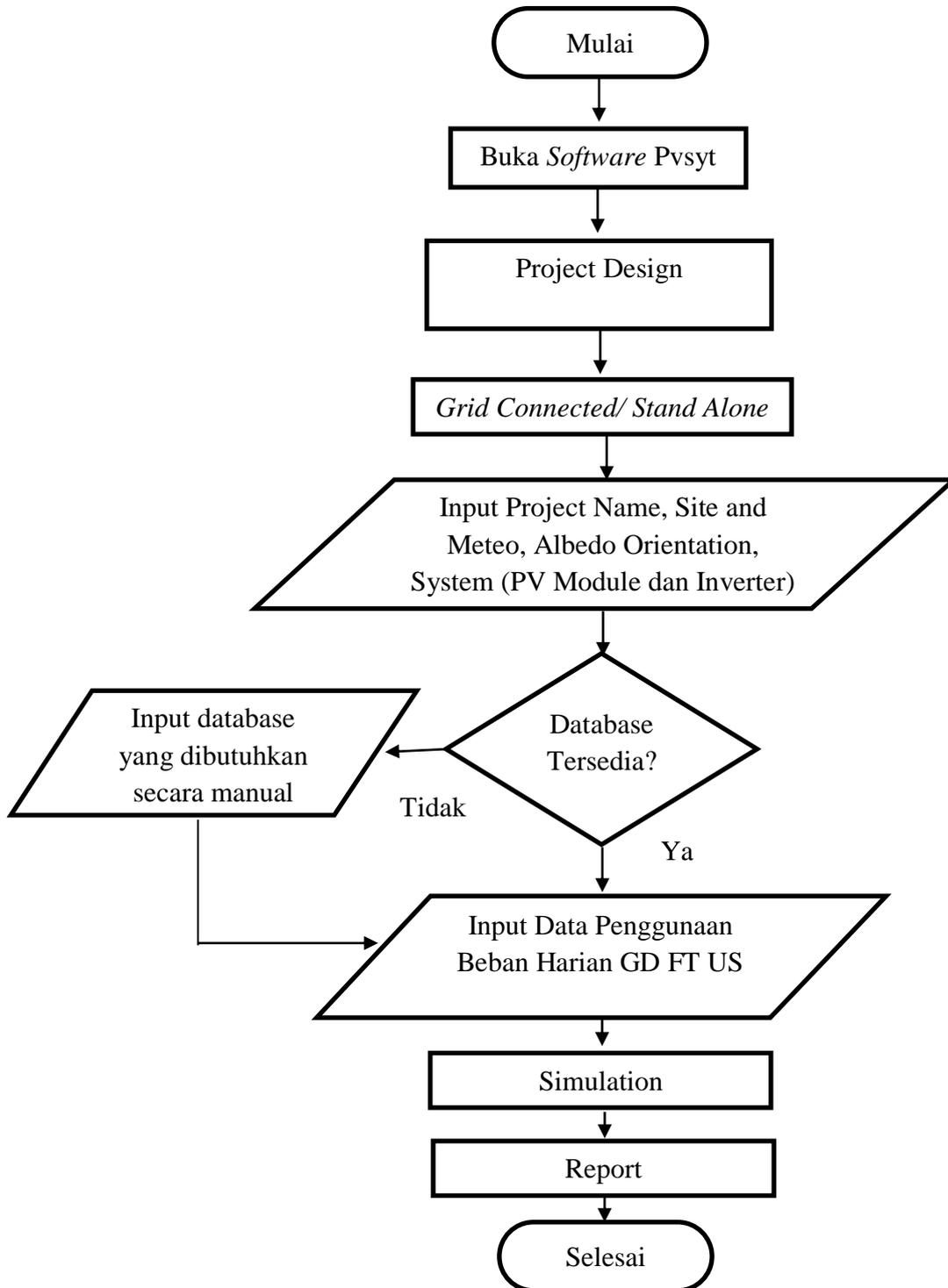


Gambar 3.2. Flowchart Metodologi Penelitian

Penjelasan setiap langkah alur penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Tahapan pertama adalah memulai penelitian
2. Tahapan kedua melakukan pengumpulan data Gedung Fakultas Teknik
3. Tahapan ketiga mendesain PLTS dengan bantuan Software PVsyst
4. Tahapan keempat adalah Mendesain PLTS *off-grid* dengan bantuan Software PVsyst untuk Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi. Apabila PLTS *off-grid* layak untuk dibangkitkan di Fakultas Teknik Universitas Siliwangi maka dilanjutkan pada tahapan analisis investasi model. Hal ini diukur dari apakah daya yang dihasilkan PLTS dapat memenuhi seluruh kebutuhan beban di Fakultas Teknik Universitas Siliwangi. Jika tidak, maka harus mendesai PLTS dengan konfigurasi *on-grid*
5. Tahapan kelima adalah Mendesain PLTS *on-grid* dengan bantuan Software PVsyst untuk Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi.
6. Tahapan keenam melakukan analisis pada hasil simulasi dan menentukan PLTS *off-grid* atau *on-grid* yang berpotensi untuk Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi
7. Tahapan kedelapan adalah penarikan kesimpulan dari hasil Simulasi dan penentuan di tahap keempat dan kelima, kemudian pemberian saran dari penulis untuk pembaca.
8. Tahapan kesembilan adalah penelitian selesai

### 3.3 Flowchart Simulasi *Software* PVsyst



Gambar 3.3 *Flowchart* Simulasi *Software* PVsyst

Penjelasan setiap langkah alur penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Tahapan pertama adalah membuka aplikasi
2. Tahapan ketiga memilih Project Design
3. Tahapan keempat pada menu Project Design memilih *Grid Connected/ Stand Alone* yang akan direncanakan pada simulasi
4. Tahapan kelima Setelah memilih antara memilih *Grid Connected/ Stand Alone* masukan data yang diantaranya adalah *Project Name, Site and Meteo, Albedo Orientation, System (PV Module dan Inverter)*
5. Tahapan keenam apabila komponen yang diinput tidak ada pada *database*, maka upload data yang diperlukan ke *database software*
6. Tahapan ketujuh memasukan data beban Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi yang sudah dihitung manual sebelumnya
7. Tahapan kedelapan setelah semua indikator yang diinput berwarna hijau maka rancangan yang diinput bisa disimulasikan
8. Tahapan kesembilan adalah simulasi, tunggu beberapa saat untuk mendapatkan hasil *report*
9. Tahapan kesepuluh adalah mendapatkan *report* hasil dari simulasi
10. Simulasi selesai

### **3.4 Metode Pengumpulan Data**

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah:

1. Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer yaitu melakukan pengumpulan data melalui pengukuran. Pengukuran yang dilakukan diantaranya adalah pengukuran luasan *rooftop* gedung fakultas teknik dan pengukuran penggunaan beban harian pada

Panel MDP bertujuan untuk mengetahui nilai nilai yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian.

## 2. Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder, yaitu melakukan pengumpulan data melalui data dari buku, jurnal, dan lembaga terkait lainnya untuk mengetahui data-data diantaranya data PSH, Iradiasi, pada lokasi pembangkitan dan spesifikasi komponen PLTS yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian.

## 3. Metode Observasi

Metode observasi yaitu melihat langsung kondisi di lapangan untuk mempelajari keadaan di lapangan mengenai pelaksanaan penelitian.

## 4. Langkah-langkah Perencanaan PLTS

Penelitian ini dimulai dengan tinjauan literatur sistem solar cell. Dengan menggunakan PVsyst untuk mendapatkan gambaran tentang jumlah energi yang akan dihasilkan, memperkirakan total daya dari area yang tersedia, dan akses ekonomi dari perencanaan sistem instalasi PLTS. Yaitu terdiri dari langkah-langkah berikut:

- a. Pengkajian data radiasi matahari untuk lokasi, yang membantu untuk memperkirakan jumlah listrik yang dihasilkan.
- b. Pengkajian area yang tersedia, yang membantu untuk berapa luas area yang bisa dimanfaatkan untuk pembangkitan PLTS
- c. Pengkajian konfigurasi sistem PLTS, pemilihan konfigurasi yang cocok untuk lokasi pembangkitan

d. Mendapatkan informasi dan pemilihan PV Cell, Inverter, Controller dan lain-lain yang dibutuhkan dalam PLTS dari berbagai sumber. Informasi ini mencakup spesifikasi teknis secara lengkap dari masing-masing peralatan.

#### 5. Desain PLTS

Desain PLTS ini berada diatas rooftop dengan sistem *Flat Plate Arrays*, solar panel dipasang fix pada sudut dan arah tertentu untuk menangkap radiasi cahaya matahari dari atap gedung.



Gambar 3.4 *Flat Plate Arrays system*

Hal tersebut bertujuan untuk memanfaatkan atap gedung dengan sudut kemiringan atap selain itu tipe *Flat Plate Arrays* ini lebih murah dibandingkan sistem *Tracking Plate Arrays*. Besarnya PLTS yang akan dibangkitkan menyesuaikan dengan luasnya atap yang tersedia untuk memasang banyaknya solar panel yang dapat terinstal.

#### 6. Simulasi

Simulasi adalah suatu proses peniruan dari sesuatu yang nyata beserta keadaan sekelilingnya. Pada penelitian ini dilakukan simulasi menggunakan bantuan *software PVsyst*

### 3.5 Rancangan Sistem PLTS

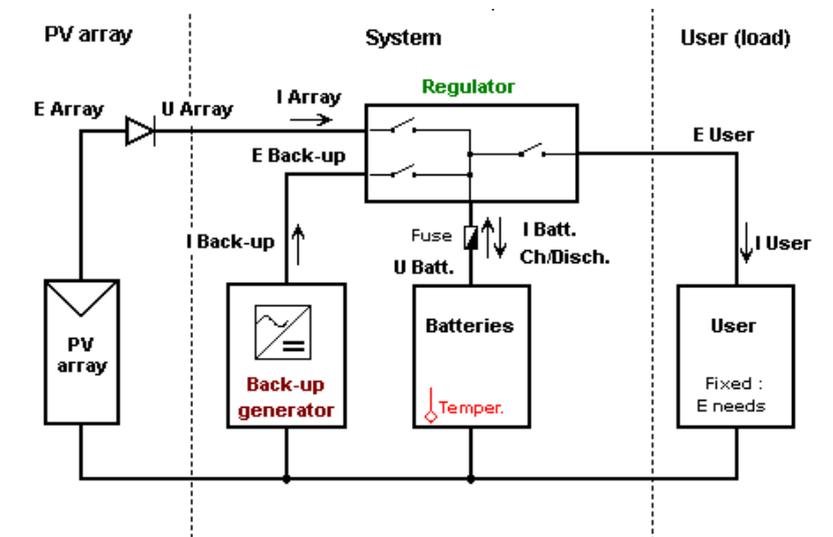
Rancangan system PLTS adalah Tahapan yang dilakukan setelah analisis dari suatu sistem untuk mendefinisikan kebutuhan-kebutuhan fungsional dan

persiapan untuk rancang bangun yang akan implementasikan. Ada 2 rancangan system PLTS yaitu:

### 1. PLTS dengan Konfigurasi *off-grid*

Sistem PLTS *off-grid* adalah sistem PLTS yang hanya menggunakan energi matahari sebagai satu satunya sumber utama untuk memnuhi kebutuhan beban, untuk perancangan sistem PLTS *off-grid* mengacu pada blok sistem sebagai berikut:

#### Blok system PLTS *off-grid*



Gambar 3.5 Blok system PLTS *off-grid*

Pada gambar 3.4 adalah PLTS dengan konfigurasi *off-grid* dengan begitu tidak ada suplay daya lain selain berasal dari PLTS itu sendiri. Daya yang dihasilkan dari PLTS tersebut melalui beberapa proses diantaranya yaitu:

a. PV Array

Pada PV Array cahaya matahari diubah dengan proses photovoltaic untuk mejadi listrik

b. Regulator atau SCC (*Solar Charger Control*)

Pada SCC listrik yang keluar dari PV Panel dialirkan ke Baterai untuk disimpan dengan tegangan yang sudah disesuaikan (*setup*). Selain menjadi controller untuk pengisian baterai SCC juga berfungsi sebagai pengontrol arus yang akan disalurkan ke beban melalui inverter yang ada di bagian backup, untuk merubah arus dari DC ke AC untuk keperluan beban di Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi.

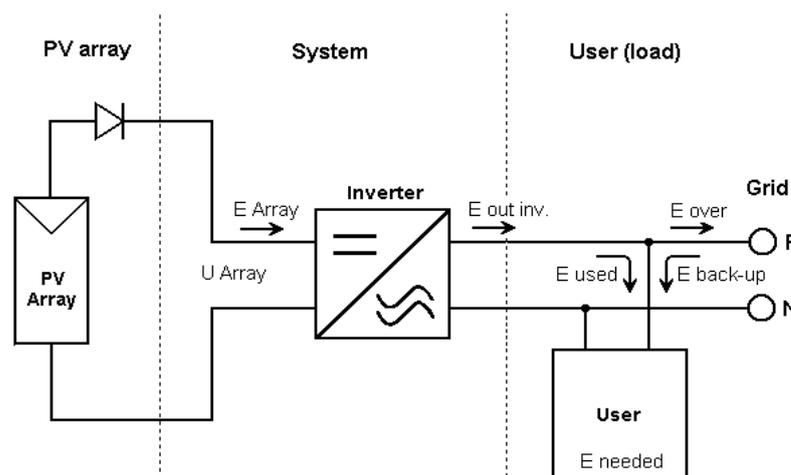
c. Baterai

Sebagai penyimpanan dan sebagai catu daya ketika PV Panel sedang tidak memproduksi listrik

## 2. PLTS dengan konfigurasi *on-grid*

PLTS *on grid*, yaitu sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan PLN. Tujuan PLTS ini untuk dapat memperkecil tagihan rekening listrik dari PLN untuk perancangan sistem PLTS *on-grid* mengacu pada blok sistem sebagai berikut:

### Blok system PLTS *on-grid*



Gambar 3.6 Blok Sisten PLTS *on-grid*

Pada gambar 3.5 adalah PLTS dengan konfigurasi *on-grid* dengan begitu terdapat suplay listrik lain selain berasal dari PLTS itu sendiri yaitu listrik dari

PLN. Fungsi dari PLTS *on-grid* ini untuk memberikan suplai yang kontinu selama matahari masih ada. Listrik yang dihasilkan dari PLTS tersebut melalui beberapa proses diantaranya yaitu:

a. *PV Array*

Pada *PV Array* cahaya matahari diubah dengan proses photovoltaic untuk mejadi listrik

b. *Inverter on-grid (Grid Tie Inverter)*

Inverter diperlukan karena rata-rata beban yang ada pada gedung fakultas teknik adalah beban AC. Apabila listrik yang dihasilkan dari *PV array* melebihi listrik yang diperlukan beban, maka listrik akan disalurkan ke jaringan PLN melalui kWh *Exim. Output Grid Tie Inverter* dapat langsung dihubungkan ke jaringan instalasi karena sudah dapat mensinkronkan daya keluaran dari inverter dengan daya dari PLN.

c. *PLN atau Backup*

Listrik yang berasal dari PLN digunakan untuk beban yang tidak tersuplai oleh PLTS karena PLTS yang dibangkitkan tidak mampu untuk mensuplai seluruh beban gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi.

### **3.6 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian yang dilakukan dalam tahap penyusunan laporan tugas akhir ini dilakukan mulai bulan Oktober sampai dengan selesai di Universitas Siliwangi. Tempat dilaksanakan penelitian ini adalah di Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi. Berikut ini adalah tabel *timeline* penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 *Timeline Penelitian*

	Kegiatan	Waktu Penelitian 2020 – 2021																			
		Oktober				November				Desember				Januari				Februari			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Ujian Proposal																				
2	Perbaikan Hasil Ujian Proposal dan Bimbingan																				
3	Persiapan Penelitian																				
4	Melaksanakan Penelitian (Observasi dilapangan)																				
5	Melakukan Pengukuran di Panel MDP																				
6	Mengolah data yang diperoleh dilapangan																				
7	Menyusun dan Bimbingan Hasil Penelitian																				
8	Sidang Tugas Akhir																				