

# Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar

H. Kristiawan<sup>1</sup>, I.N.S. Kumara<sup>2</sup>, I.A.D. Giriantari<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: [henokh@student.unud.ac.id](mailto:henokh@student.unud.ac.id)<sup>1</sup>, [satya.kumara@unud.ac.id](mailto:satya.kumara@unud.ac.id)<sup>2</sup>, [dayu.giriantari@unud.ac.id](mailto:dayu.giriantari@unud.ac.id)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) *rooftop* adalah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari selaku sumber energi terbarukan dan atap gedung (*rooftop*) sebagai tempat panel surya. Makalah ini menyajikan hasil kajian tentang potensi pembangkit listrik tenaga surya berbasis atap gedung di kota Denpasar dengan mengambil lokasi pada atap gedung SD Negeri 5 Pedungan Jalan Diponegoro no 60 Denpasar dengan menggunakan objek PLTS yang sudah terpasang. Kajian dilakukan dengan bantuan *software Heliospoce*. Berdasarkan kajian tersebut diperoleh informasi bahwa potensi energi matahari ada 1912,8kWh/m<sup>2</sup>/tahun atau rata-rata sebesar 5,2kWh/m<sup>2</sup>/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.

## ABSTRACT

*Solar Power Generation System (PLTS) is a power generation system that utilizes sunlight as a renewable energy source and a rooftop as a place for solar panels. This paper presents the results of a study of the potential of a rooftop-based solar power plant in the city of Denpasar by taking a location on the roof of the SD Negeri 5 Pedungan Diponegoro No. 60 Denpasar road using PLTS objects that have been installed. The study was carried out with the help of Heliospoce software. Based on the study, information was obtained that the potential of solar energy was 1912.8 kWh / m<sup>2</sup> / year or an average of 5.2 kWh / m<sup>2</sup> / day in the city of Denpasar. Sunlight that can produce electricity starts at 07.00 -18.30 WITA. The installed energy potential of PLTS is 3214.6 kWh with an angle corresponding to the roof angle of 30.96°. The result of the potential energy produced will be greater if the installation of PV uses the optimal angle (15°) that is equal to 3407kWh.*

**Keyword :** Renewable Energy, PV Rooftop, Energy Production, Potential of PV Energy.

## 1 PENDAHULUAN

Penggunaan solar panel sebagai Energi Baru Terbarukan (EBT) menjadi salah satu sumber daya energi yang diharapkan dapat menopang kebutuhan energi listrik di Indonesia [1]. Pengembangan solar panel yang dapat dimanfaatkan masyarakat saat ini ialah PLTS *rooftop*, dimana solar panel diletakkan di atas atap rumah, perkantoran, atau sekolah dengan tujuan memanfaatkan ruang kosong atap bangunan untuk dipasang solar panel. Beberapa peneliti melakukan penelitian terkait pemanfaatan sinar matahari sebagai sumber energi listrik menggunakan solar panel.

Penelitian yang dilakukan oleh Yonata (2017) menjelaskan tentang perhitungan dengan simulasi PV syst dan perhitungan

ekonomi pada modul jenis monokristal dan polikristal dengan variasi sudut kemiringan sebesar 10°, 15°, dan 20°. Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan, sistem PLTS akan mengalami pengembalian modal investasi setelah berproduksi selama 14 tahun untuk penggunaan modul polikristal dan 13 tahun untuk modul monokristal. [1].

Penelitian yang dilakukan oleh Rachmad Ikshan (2017) menjelaskan penerapan sistem *Building Applied Photovoltaics* (BAPV). Hasil penelitian ini menjelaskan perhitungan jika nilai rata-rata radiasi matahari di Politeknik Aceh mencapai 4,79 kWh/m<sup>2</sup>/hari, maka energi yang dihasilkan dari sistem hibrid BAPV-PLN pada atap Gedung Politeknik Aceh sebesar 237 MWh/tahun dengan

menggunakan *charge controller* 7490A dan kapasitas baterai 64.487Ah. Jenis panel yang digunakan adalah Monokristal dengan sudut kemiringan panel (*tilt angle*) sebesar 25° [2]

Pembangkit listrik tenaga surya berbasis atap gedung di kota Surabaya dengan mengambil lokasi pada atap gedung kampus Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Hasil penelitian ini menjelaskan potensi energi matahari di daerah kampus Universitas Katolik Widya Mandala sebesar 1720,5kWh/m2/tahun atau rata-rata sebesar 4,7kWh/m2/hari. [3].

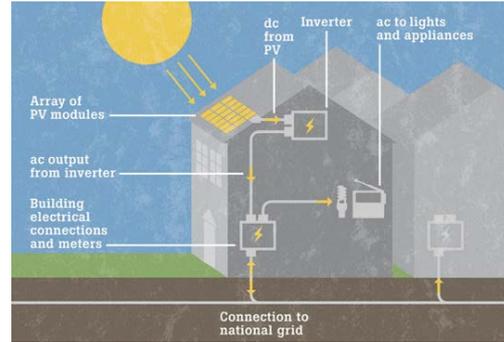
Ketiga penelitian ini membahas tentang efisiensi penggunaan solar panel pada *rooftop*. Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini menekankan penggunaan PLTS *rooftop* pada gedung sekolah menggunakan software *Helioscope*.

Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai potensi energi SD Negeri 5 Pedungan pada sekolah lain dalam hal pemasangan PLTS pada gedung sekolah tersebut.

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Radiasi Sinar Matahari dapat dimanfaatkan sebagai salah satu energi terbarukan dengan bantuan solar panel sebagai pengubah energi radiasi menjadi pembangkit listrik. Berdasarkan penerapan PLTS, sistem pembangkit listrik tenaga surya dapat dibedakan berdasarkan tempat meletakkan panel surya. *Solar park* adalah sist5em PLTS yang panel surya diletakkan di atas permukaan tanah, sedangkan *rooftop photovoltaic system* adalah PLTS dengan panel surya diletakkan di atas atap gedung. Berdasarkan instalasi PLTS dibedakan menjadi sistem *Off grid* dan *On grid connected*. PLTS *off grid* dikenal juga dengan sistem *stand alone* dengan *On grid* adalah PLTS yang terhubung ke *grid utility* [4].



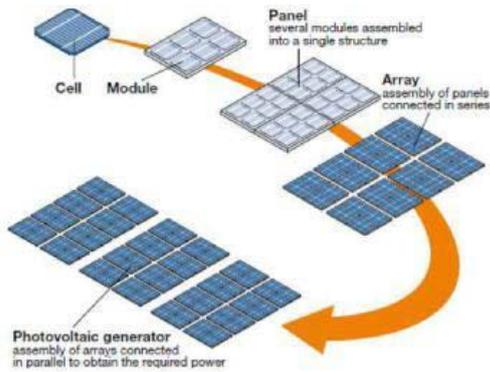
Gambar 1. Contoh skema PLTS *rooftop On Grid* [2]

Gambar 1 menunjukkan contoh skema Sistem PLTS *rooftop grid connected*. Komponen sistem PLTS *rooftop grid connected* terdiri dari sejumlah panel surya yang tersusun kombinasi seri, paralel, atau seri paralel yang diletakkan di atas atap gedung yang mengubah sinar matahari menjadi listrik arus searah. Arus searah akan diubah oleh inverter menjadi arus bolak balik yang akan disambungkan ke jaringan listrik pengguna. Adapun cara kerja dari sistem PLTS *grid connected* sebagai berikut [5]:

1. Sinar matahari dikumpulkan oleh panel surya yang dipasang pada atap gedung dengan arah yang memungkinkan mendapat sinar terbesar.
2. Tegangan DC yang dihasilkan oleh panel surya disalurkan menuju inverter.
3. Inverter mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC sesuai dengan persyaratan.

### 2.2 KARAKTERISTIK MODUL SURYA

Sebuah sel surya mempunyai fungsi untuk mengubah radiasi matahari (*irradiance*) menjadi energi listrik arus searah secara langsung [6]. Proses konversi energi dari cahaya menjadi energi listrik terjadi saat sel surya terkena cahaya, maka hole dan elektron akan berhubungan melalui bahan semikonduktor yang memberikan output arus listrik searah dan akan di ubah menjadi listrik arus bolak balik melalui inveter.



Gambar 2. Hubungan sel surya, PV module dan array [6].

Berdasarkan jenis dan bentuk susunan atom-atom penyusunnya, *solar cell* dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu [6]:

**1) Monokristal (*mono-crystalline*)**

Monokristal adalah jenis *PV module* yang memiliki efisiensi hasil tinggi pada setiap satuan luas *PV Module*. Efisiensi dari modul ini adalah 14% - 17%. Kelemahan dari *PV module* jenis ini adalah tidak akan berfungsi di tempat yang kurang mendapat sinar matahari.

**2) Polikristal (*Poly-crystalline*)**

Polikristal adalah jenis *PV module* yang memiliki susunan kristal acak yang dikarenakan produksi PV ini menggunakan proses pengecoran. *PV module* polikristal mempunyai efisiensi yang lebih rendah dari jenis monokristal yaitu 12%-14%. *PV Module* polikristal memiliki harga yang lebih murah dari monokristal

**3) Amorphous**

*Amorphous* adalah jenis *PV module* yang memiliki efisiensi 4%-6% pada jenis *Amorphous Silicon*. *PV Module* ini memiliki bahan utama pembuatan dari non kristal sehingga memiliki bentuk yang pasti.

**2.3 KARAKTERISTIK PLTS *Grid Connected***

Negara maju menerakan sistem PLTS *rooftop grid connected* kapasitas 1 MW atau lebih besar. China saat ini sedang membangun PLTS dengan kapasitas 5,8 MW, Singapura telah membangun PLTS kapasitas 142,5 kW [7]. Penelitian Pande Ketut Budi Sutawan (2017) membahas tentang operasi PLTS Jurusan Teknik Elektro, Universitas Udayana yang dapat beroperasi *on-grid* dan *off-grid* saat terjadi pemutusan aliran listrik pada jaringan distribusi PLN (*islanding*) menggunakan *Simulink matlab* dengan kapasitas 50Wp.

PLTS *On-grid* atau *Grid-connected PV plant* merupakan sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan. Berdasarkan pola operasi sistem tenaga listrik ini dibagi menjadi dua yaitu, sistem dengan penyimpanan (*storage*) atau disebut *Gridconnected PV with a battery back up*, menggunakan baterai sebagai cadangan dan penyimpanan tenaga listrik dan tanpa baterai atau disebut *Grid-connected PV without a battery back up* [8].

**2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Energi Keluaran Panel Surya**

Faktor yang dapat mempengaruhi energi keluaran yang dihasilkan dari panel surya antara lain

[9]:

- a. Bayangan (*Shading*)
- b. Efisiensi
- c. Sudut penyinaran (*Angle of Incidence*)
- d. Orientasi panel surya
- e. Suhu (*temperature*)
- f. Cuaca (cerah, mendung, gerimis)
- g. Intensitas radiasi matahari (*Irradiance*)

**3 METODELOGI PENELITIAN**

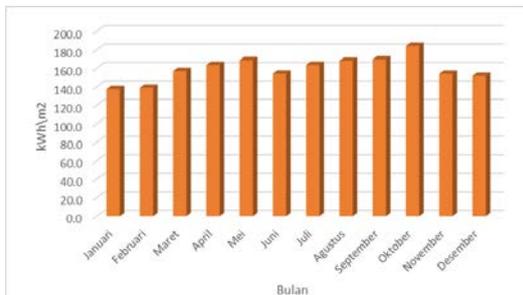
Penelitian ini terdiri dari 8 aktivitas pokok dengan waktu penelitian dari bulan September 2018 sampai Agustus 2019. Makalah ini merupakan hasil dari aktivitas pokok 1 sampai 3. Aktivitas 1 mengumpulkan data meteorologi pada lokasi penelitian yang meliputi letak dan besarnya energi matahari dalam setahun dengan satuan kWh/m<sup>2</sup>/bulan. Aktifitas 2 mengumpulkan data beban terpasang pada gedung dan besarnya konsumsi energi pada gedung selama setahun terakhir dengan mengumpulkan tagihan rekening listrik dari pihak sekolah. Aktivitas 3 mendesain sistem PLTS untuk kapasitas sesuai terpasang di gedung sekolah dan mensimulasikannya dengan software untuk menghasilkan *blue print* Sistem PLTS tersebut. Simulasi dilakukan menggunakan *software helioscope* dengan berpedoman pada data temuan Aktivitas 1 dan 2. Simulasi menghasilkan data faktor teknis. Faktor teknis meliputi teknologi yang digunakan, besar kapasitas PLTS, jumlah panel surya, Inverter, dan jumlah energi per tahun.

#### 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengumpulan data satelit diperoleh bahwa SD Negeri 5 Pedungan, yang berada di kota Denpasar, Bali. mempunyai letak geografi pada koordinat 8,71 lintang selatan (*latitude*), dan 115,12 bujur timur (*longitude*), dan zona waktu GMT +8. Data meteorologi lokasi yang meliputi energi yang dapat dihasilkan per meter persegi dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Data iradiasi matahari SDN 5 Pedungan

Month	kWh/m <sup>2</sup>
Januari	137,6
Februari	139,1
Maret	157,0
April	163,7
Mei	168,9
Juni	154,2
Juli	163,8
Agustus	168,3
September	169,8
Oktober	184,5
November	154,1
Desember	151,8



Gambar 3. Grafik data iradiasi SD negeri 5 Pedungan

Tabel 1. dan Gambar 3. menunjukkan data dan grafik iradiasi pada SDN 5 Pedungan dengan satuan kWh/m<sup>2</sup>. Data dan grafik di atas menunjukkan bahwa bulan Oktober memiliki nilai iradiasi tertinggi yaitu sebesar 184,5 kWh/m<sup>2</sup> dan nilai iradiasi terendah adalah pada bulan Januari yaitu sebesar 137,6 kWh/m<sup>2</sup>. Atap Gedung SD Negeri 5 Pedungan menghadap utara, dengan kemiringan 30,96°. Luas atap yang dapat dimanfaatkan sebagai tempat panel surya sebesar 405m<sup>2</sup>. Gedung tersebut digunakan untuk kegiatan belajar mengajar sehingga beban listriknya pada umumnya

seperti kipas angin, lampu, pengeras suara. Berdasarkan data Meteorologi yang dihasilkan dapat dirancang PLTS rooftop dengan sistem *grid-connected* menggunakan input 2 sudut yaitu sudut optimal dan sudut pada atap

1. Orientasi Panel surya: *fixed tilt plane*, *Tilt* = 30,96° (sudut atap) & 15° (sudut optimal) *Azimuth* = 5,8° *Orientation optimization* = yearly irradiation yield  
Luas area atap yang tersedia : 405m<sup>2</sup>
2. Parameter Panel Surya yang dipakai  
Model : CSUN 260 60P  
Kapasitas : 260 Wp per unit ; *Maximum Power Voltage* (Vmpp) : 31V; *Open Circuit Voltage* (Voc) : 38.2V  
Inverter : Goodwe 5000D-NS

Tabel 2. Hasil Produksi Bulanan simulasi Helioscope

Bulan	Produksi Bulanan Hasil Simulasi (kWh)		Selisih (%)
	Sudut 15°	Sudut 30.96°	
Januari	220,4	191,6	15
Februari	230	205,4	12
Maret	266,8	248,4	7
April	297,8	288,1	3
Mei	330,8	334	-1
Juni	317,2	322,6	-2
Juli	334,5	338,4	-1
Agustus	322,9	317,1	2
September	296,6	280,1	6
Oktober	304,4	271,7	12
November	244,9	211,1	16
Desember	240,7	206,1	17
<b>TOTAL</b>	<b>3407</b>	<b>3214,6</b>	<b>6</b>

Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui jumlah produksi energi PLTS Rooftop SD Negeri 5 Pedungan setiap bulan selama satu tahun. Nilai minus mengartikan bahwa nilai produksi dengan sudut 30,96° lebih besar dari pada sudut optimal. Perbedaan hasil sudut atap dan sudut optimal paling besar terjadi pada bulan Desember sebesar 17% lebih besar sudut optimal (15°) daripada sudut terpasang (30,96°). Tabel 2 secara keseluruhan menunjuk perbedaan hasil energi secara simulasi sebesar 6% lebih besar sudut optimal (15°) daripada sudut terpasang (30,96°).

#### 5 KESIMPULAN

Makalah ini telah memaparkan kajian simulasi suatu sistem PLTS di kota Denpasar, tepatnya di SD Negeri 5 Pedungan. Potensi PLTS Rooftop menggunakan simulator Helioscope

dengan variabel sudut atap  $30,96^\circ$  menghasilkan potensi energi sebesar 3214,6 kWh. Potensi PLTS Rooftop dengan variabel sudut optimal  $15^\circ$  menghasilkan nilai potensi energi listrik yang lebih besar yaitu 3407 kWh. Informasi dalam penelitian ini menggunakan skenario dasar PLTS yang sudah terpasang pada atap gedung sekolah. Untuk itu perlu dikaji lebih lanjut dengan menggunakan berbagai jenis teknologi panel surya, Inverter, dan kapasitas maksimal pada atap gedung SD Negeri 5 Pedungan.

## 6 DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yonata, K. Analisis Tekno-Ekonomi Terhadap Desain Sistem Plts Pada Bangunan Komersial Di Surabaya, Indonesia. *Tugas Akhir Tf141581*. 2017.
- [2] Sitepu, R.; Gunadhi, A. Kajian Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Atap Gedung Kota Surabaya: Studi Kasus Gedung Perkuliahan. *3rd National Conference on Industrial Electrical and Electronic*. 2014.
- [3] Ikshan, R. Studi Kasus Kelayakan Penerapan Sistem Hybrid Building Applied Photovoltaics (BAPV)-PLN pada Atap Gedung Politeknik Aceh. *Jurnal Rekayasa ElektriKa Vol. 13, No. 1, April 2017, hal. 48-56*. 2017.
- [4] Shaahid, S.M,. Review of research on autonomous wind farms and a solar parks and their feasibility for commercial loads in hot regions, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, Issue 8, 3877-3887. 2011.
- [5] Ashden. Grid-connected solar systems. <http://www.ashden.org/solar-grid>, diakses tanggal 10 juli 2019
- [6] ABB. Technical Application Papers No. 10 Photovoltaic Plants. Bergamo, Italy: ABB SACE. 2010.
- [7] Wittkopf ,Stephen; Valliappan, Selvam; Liu, Lingyun; Ang, KianS; Cheng, S,H,J; Analytical performance monitoring of a 142,5 kW, grid-connected rooftop BIPV system in Singapore, *Renewable Energy* 74, 9-20. 2012.
- [8] Sutawan, P.K.B. Simulasi Sistem Kontrol Operasi *On-grid* Serta *Islanding* Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro. Vol.14, No.2*. 2015
- [9] Bhalchandra V. Chikate, dan Y.A. Sadawarte. "The Factors Affecting the Performance of Solar Cell," International Conference on Quality Up-gradation in Engineering, Science and Technology (ICQUEST). 2015.