

## Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Gedung Bertingkat

Tri Joko Pramono<sup>1</sup>; Erlina<sup>2</sup>; Zainal Arifin<sup>3</sup>; Jef Saragih<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Institut Teknologi PLN

<sup>1</sup>tri.joko@itpln.ac.id

<sup>2</sup>erlina@itpln.ac.id

<sup>3</sup>zainal\_pln@yahoo.com

<sup>4</sup>jeffturnip18@gmail.com

### ABSTRACT

*Solar Power Plant is one of the New Renewable Energy power plants. Solar panels can produce unlimited amounts of electrical energy directly taken from the sun, with no rotating parts and no fuel. In this study are optimize solar power plants using hybrid systems with electricity companies and the use of semi-transparent solar panels in high rise buildings to meet the burden of the building. The research will discussed about use of solar power plants using semi-transparent solar panels in multi-storey buildings. The solar panel used for the facade is a semi-transparent solar panel makes its function become two, that is to produce electrical energy as well as glass through which sunlight and can see the view outside the building without reducing the building's aesthetic value. In this study is the value of solar radiation taken from west is the lowest value in November 1.4 Kwh can produce energy PLTS 3,855 Kwh and the highest solar radiation in July amounted to 3.75 Kwh can produce energy PLTS 10.331 Kwh. From the utilization of this PLTS system, Performance Ratio of 85% was obtained using study of 36 panels on the 3rd to 5th floors, this system can be said to feasible.*

**Keywords:** PLTS, hybrid system, Performance Ratio

### ABSTRAK

*Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan salah satu pembangkit listrik Energi Baru Terbarukan. Panel surya dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini mengoptimalkan pembangkit listrik tenaga surya menggunakan sistim hibrid dengan perusahaan listrik dan penggunaan panel surya semi transparan pada gedung bertingkat untuk memenuhi beban gedung tersebut. Dalam penelitian ini akan dibahas tentang pemanfaatan PLTS dengan menggunakan panel surya semi transparan pada gedung bertingkat. Panel surya yang dipakai untuk fasad yaitu panel surya semi-transparan yang membuat fungsinya menjadi dua yaitu menghasilkan energi listrik sekaligus kaca tempat masuknya cahaya matahari dan dapat melihat pemandangan diluar gedung tanpa mengurangi nilai estetika gedung. Pada penelitian ini terdapat nilai radiasi matahari diambil dari arah barat yaitu nilai terendah bulan November 1,4 Kwh yang dapat menghasilkan energi PLTS 3,855Kwh dan tertinggi radiasi matahari bulan Juli sebesar 3,75 Kwh yang dapat menghasilkan energi PLTS 10,331 Kwh. Dari pemanfaatan sistem PLTS ini diperoleh Performance Ratio sebesar 85% dengan menggunakan studi 36 panel pada lantai 3 sampai lantai 5 maka sistem ini dapat dikatakan layak untuk direalisasikan.*

**Kata kunci:** PLTS, Sistim hibrid, Performance Ratio

## 1. PENDAHULUAN

Energi listrik yang dihasilkan panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima oleh sistem. Intensitas cahaya matahari juga dipengaruhi oleh besarnya radiasi yang sampai pada panel surya, seperti pengaruh atmosfer yaitu debu, uap air, dan oleh gas-gas lainnya berupa bayang bayang (*shaded*). Dari pengaruh atmosfer tersebut menentukan besarnya daya dari energi sumber cahaya yang sampai pada seluruh permukaan panel surya. Semakin besar energi cahaya yang diserap panel surya maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan. Maka dapat dihitung efisiensi *photovoltaic* ditinjau dari variasi bayangan pada panel surya. Dalam penelitian ini akan dibahas tentang pemanfaatan PLTS dengan menggunakan panel surya semi transparan pada gedung bertingkat yaitu Rumah Sakit X.

*Vocabullary Education Develocment Center* (VEDC) Malang pada tahun 2008, melakukan penelitian untuk menganalisis secara teknis dan ekonomis penerapan sistem Photovoltaik sebagai penyedia daya dengan beban pertamanan di *Vocabullary Education Develocment Center* Malang, Dari hasil percobaan dan analisis didapatkan prosentase jatuh tegangan terbesar pada saat cuaca mendung sebesar 4,76 % dan jatuh tegangan terkecil pada keadaan cuaca cerah sebesar 4,17 %.

Dalam penelitian lain yang dilakukan di Hong Kong, Fung dan Yang (2008) menyelidiki kinerja termal *Building-Intergated Photovoiltaic* (BIPV), yang menjaga agar cahaya matahari tetap masuk kedalam ruangan gedung.

Chow et al. (2010) meneliti sebuah studi eksperimental menggunakan kamar uji di Hong Kong yang dilakukan mengevaluasi kinerja energi dari tempat yang berbeda yang berkonfigurasi dengan sistem kaca fotovoltaik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel surya semi-transparan dengan 10% transmitansi secara efektif dapat mengurangi radiasi matahari langsung dan silau yang berlebihan. Pada pemakaian pendingin ruangan, terjadi penurunan konsumsi listrik dari 26% hingga 82%.

## 2. METODE PENELITIAN

Perencanaan Lokasi yang diambil untuk pembangunan PLTS ini yaitu di gedung Rumah Sakit X yang berada di Jawa Barat dengan titik koordinat  $6^{\circ}18'12''$  Lintang Selatan (LS)  $107^{\circ}16'39''$ E.306 Bujur Timur (BT). Lokasi ini diambil karena gedung rumah sakit berada di suatu perkotaan yang padat penduduk, lahan yang cukup luas diperlukan jika menginginkan pembangunan PLTS.



**Gambar 1.** Lokasi Gedung Rumah Sakit X

Semua kaca gedung dimulai dari lantai 2 sampai lantai 5 hingga berjumlah 194 bidang kaca gedung. Dalam usulan ini peneliti akan memasang panel surya pada lantai 3 dan lantai 4 gedung dengan total kaca awal atau rumah sakit yang akan diubah sebanyak 48 kaca.

Pada penelitian ini menggunakan tipe panel surya semitransparan yang memungkinkan kita untuk melihat pemandangan diluar kaca jendela. Semakin transparan daya yang dihasilkan panel surya akan semakin kecil. Panel surya semi-transparan dari *Sun Well Solar* dengan warna *orange* yang transparansinya 20%, *rated power* 90W dengan temperatur minimum -20°C dan maksimal 85°C. Untuk panel surya semi transparan dari *Sun Well Solar* hanya tersedia 1 warna, yaitu warna *orange*, untuk merek yang lain tersedia juga panel surya semi transparan dengan berbagai warna tanpa mempengaruhi daya yang dihasilkan, salah satunya merek Panel surya Solarfirst dengan ketersediaan warna merah, kuning, dan hijau.

**Tabel 1.** Spesifikasi Panel Surya

Property		Physical Specification
Active Material of Cell		Amorphous Silicon
Junction Type of Cell		Single Junction
Material for Encapsulation		Polyvinylbutyral (PVB), thickness: 0.76 mm
Front Cover		Float glass, thickness: 3.2 mm
Back Cover		Float glass, thickness: 3.2 mm
Wiring Material		Tin & silver coated copper ribbon, thickness: 0.1 mm
Junction Box/IP Class	By pass Diode	Yes
	IP Class	IP 67
Junction Box Cable Length		Upward , 800 mm(+) / 600 mm(-)
Connecting Cable/Plug		Rated voltage : 1000V D.C. Plug/Socket : MC4 compatible, diam. 4 mm Cable cross section : 2.5mm <sup>2</sup>

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Radiasi yang Didapat Dari Sisi Barat Gedung Rumah Sakit X

Untuk mengetahui besar radiasi terbaik dari berbagai sisi maka diketahui

$$\begin{aligned} \text{Azimuth : } 0^\circ &= \text{Timur} & -90^\circ &= \text{Utara} & \text{Inclination} &= 90^\circ \\ & 90^\circ &= \text{Selatan} & 180^\circ &= \text{Barat} \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil radiasi setahun yang didapat dari aplikasi web JRC UE dari berbagai arah dengan inclination 90°.

**Tabel 2.** Radiasi matahari yang didiapat dalam satu tahun.

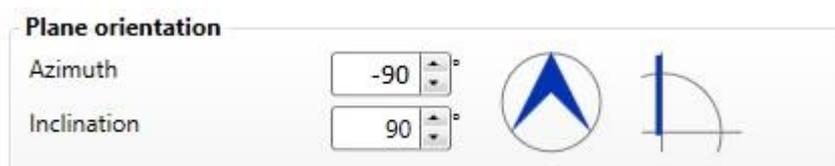
Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
<b>Barat</b> kWh/m <sup>2</sup> .day	1,5	1,6	1,79	2,65	3,14	3,62	3,75	3,45	2,38	1,5	1,4	1,5

Untuk melihat lamanya penyinaran dalam satu hari dapat dilihat radiasi pada rencana pembangunan yang akan dipasang panel surya. Berikut adalah radiasi satu hari arah barat gedung Rumah Sakit X pada bulan Desember.

**Tabel 3.** Radiasi matahari dalam sehari di bulan Desember

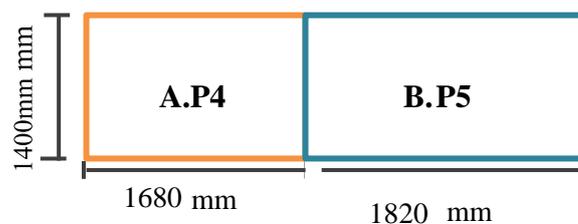
No	Waktu	Radiasi rata-rata W/m <sup>2</sup>	No	Waktu	Radiasi rata-rata W/m <sup>2</sup>
1	6:30	201	14	12:00	111
2	7:00	461	15	12:30	111
3	7:30	503	16	13:00	110
4	8:00	595	17	13:30	109
5	8:30	602	18	14:00	102
6	9:00	580	19	14:30	98
7	9:30	561	20	15:00	82
8	10:00	467	21	15:30	75
9	10:30	434	22	16:00	48
10	10:00	320	23	16:30	48
11	10:30	279	24	17:00	36
12	11:00	112	25	17:30	36
13	11:30	112	26	18:00	36

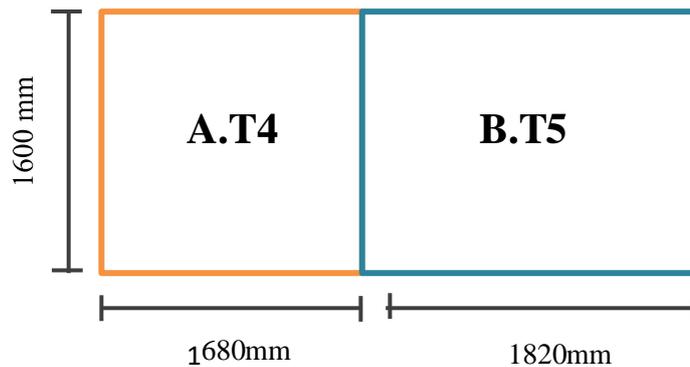
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa radiasi terbesar berada dari jam 6 pagi kemudian semakin naik hingga jam 08.30 siang dan kembali menurun hingga jam 18 sore. Hal ini berarti pemasangan panel surya akan di letakan pada sisi yang menghadap ke barat dengan *azimuth* -90 dan *inclination* 90°, karena kondisi gedung Rumah Sakit X dari arah Timur terhalang oleh gedung lain sedangkan pada arah utara dan selatan gedung lebih sedikit peluang untuk mendapatkan radiasi matahari.

**Gambar 2.** Plane Orientation Panel Surya.

### 3.2. Pangaturan besar Panel surya pada Kaca Fasad Gedung Rumah Sakit X

Pada rumah sakit X setiap lantai memiliki sekat kaca yang tertutup dengan warna putih dengan ukuran yang berbeda dengan kaca jendela yang ada pada setiap lantai tetapi Hal ini dapat dimanfaatkan juga untuk peletakan panel surya.

**Gambar 3.** Ukuran Kaca Fasad Gedung Rumah Sakit X Lantai 3 Dan Lantai 4



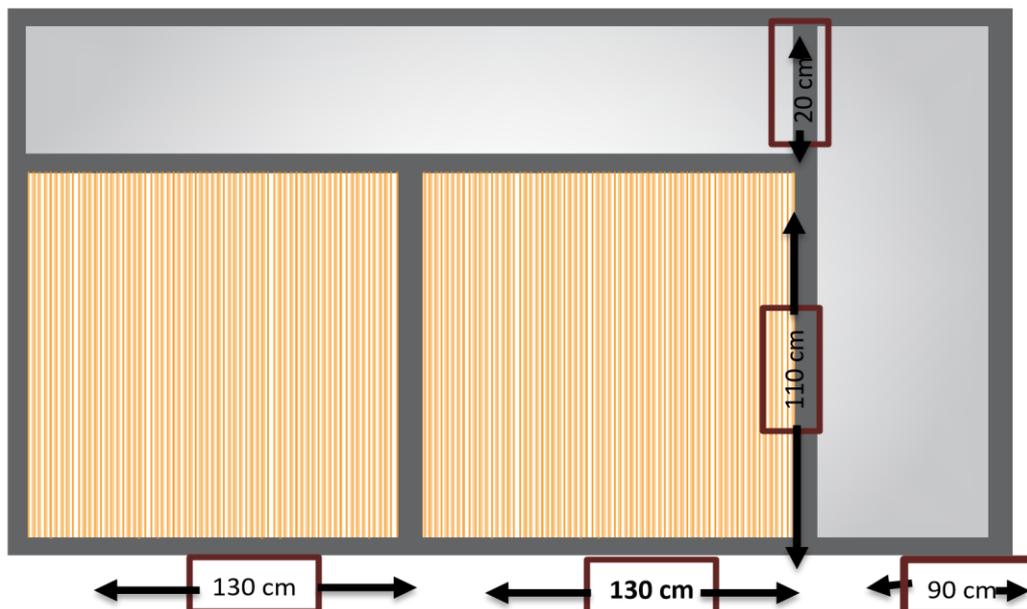
**Gambar 4.** Ukuran Kaca Fasad Gedung Rumah Sakit X Lantai 5

Dilihat ukuran kaca jendela yang ada di rumah sakit X, maka panjang dan lebar panel surya harus disesuaikan dengan kaca tersebut dapat diatur sebagai berikut:

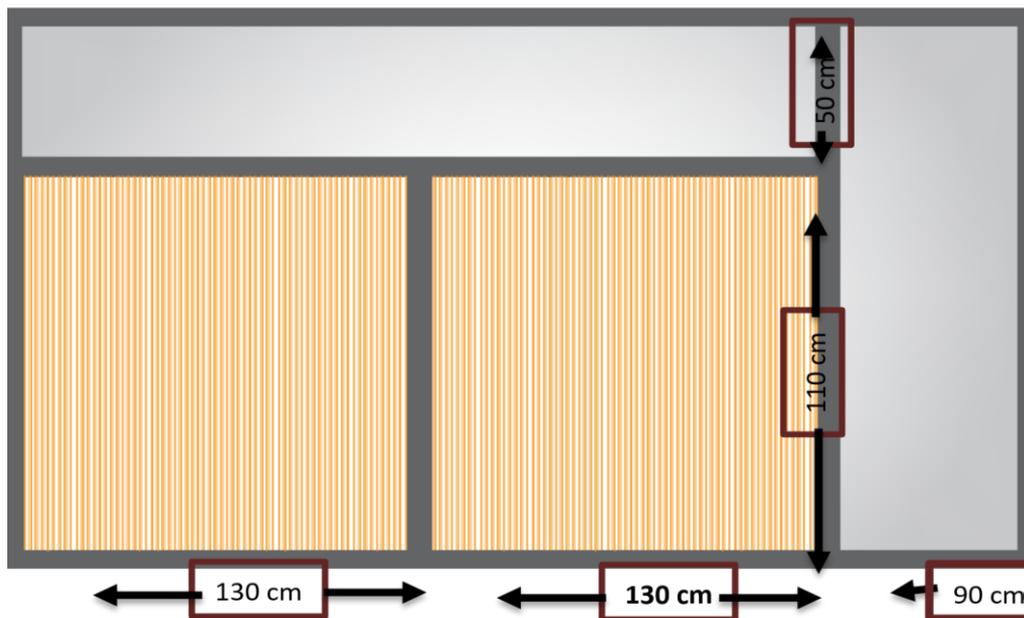
1. Dengan ukuran kaca jendela jika kaca A.P4 di gabungkan dengan kaca B.P5 maka  $168 \text{ cm (Panjang kaca A.P4)} + 182 \text{ cm (panjang kaca B.)} \times 6 \text{ Bidang} = 2,100 \text{ cm}$  atau 21meter Kaca. Dengan tinggi panel surya yaitu  $140 \text{ Cm (Lebar Panel Surya)} - 110 \text{ (tinggi Kaca jendela rumah sakit)} = 30 \text{ cm}$
2. Dengan ukuran kaca jendela jika kaca A.T4 di gabungkan dengan kaca B.T5 maka  $168 \text{ cm (Panjang kaca A.T4)} + 182 \text{ cm (panjang kaca B.)} \times 6 \text{ Bidang} = 2,100 \text{ cm}$  atau 21 meter

Kaca. Dengan tinggi panel surya yaitu  $160 \text{ Cm (Lebar Panel Surya)} - 110 \text{ (tinggi Kaca jendela rumah sakit)} = 50 \text{ cm}$

Dari sisa tinggi panel surya tersebut maka kaca A dapat dipindahkan ke atas sehingga kaca yang ada masih dapat di pakai. Berikut adalah gambar pengaturan panel surya pada 1 bidang kaca jendela.



**Gambar 5.** Pengaturan Panel Surya Pada Satu Bidang Kaca Jendela Lantai 3 Dan Lantai 4



**Gambar 6.** Pengaturan Panel Surya Pada Satu Bidang Kaca Jendela Lantai 5

Dari setiap bidang dipasang 2 panel pada gedung rumah sakit terdapat 6 bidang sehingga dalam satu lantai terdapat 2 panel surya lantai Panel surya dapat dipasang 2 panel surya disetiap satu peletakkan kaca jendela. Jadi setiap lantai dapat dipasang 12 panel surya pada setiap pengganti kaca jendela. Kemudian untuk setiap sekat setiap lantai gedung dengan ukuran yang sama dengan kaca jendela dapat pula dipasang panel surya. Jadi setiap lantai dari lantai 3 sampai lantai 5 yang dapat dipasang panel surya sebanyak :

$$\text{Jumlah panel surya} = 3 \text{ lantai} \times 2 \times 6 \text{ panel surya} = 36 \text{ Panel surya}$$

Jadi banyaknya panel surya yang dapat dipasang yaitu 36 panel surya.

### 3.3. Pengaturan Seri-Paralel Panel Surya

1. Secara seri minimal

$$\text{Min. Modul seri per string} = \frac{150 \text{ V}}{137 \text{ V}} = 1,09 \approx 1 \text{ panel}$$

2. Secara seri maksimal

$$\text{Max.. Modul seri per string} = \frac{1000 \text{ V}}{103 \text{ V}} = 9,7 \approx 10 \text{ panel}$$

3. Secara paralel

$$\text{Max.. paralel} = \frac{33 \text{ A}}{0,90 \text{ A}} = 36,67 \approx 37 \text{ panel}$$

Perhitungan diatas menjelaskan bahwa batas tegangan dan arus input DC ke inverter dari panel surya harus di batasi sesuai dengan spesifikasi inverter. Dan hal ini dapat di atur dengan banyaknya seri atau paralel panel surya yang akan dipasang. Dari perhitungan diatas maka pengaturan yang ditentukan yaitu

$$12 \text{ PV (Dihubung Paralel)} \times 3 \text{ PV (Dihubung seri)} = 36 \text{ Panel surya}$$

$$\text{Besar daya} = 36 \text{ PV} \times 90 \text{ Wp} = 3240 \text{ Watt.}$$

Pemasangan dibagi menjadi 3 blok. Setiap blok terdiri dari 12 paralel yang masing masing paralel memiliki 3 seri. 3 blok ini kemudian dihubungkan dengan dipasangan paralel. Maka perhitungan arus dan tegangannya sebagai berikut :

Blok #1

Besar arus = arus panel surya x jumlah paralel panel surya

Besar arus = 0,90 A x 12 = 10,8 A

Besar Tegangan =  $V_{mp}$  x jumlah seri panel surya pada setiap paralel

Besar Tegangan = 103 V x 3 = 309 V

Blok #2

Besar arus = arus panel surya x jumlah paralel panel surya

Besar arus = 0,90 A x 12 = 10,8 A

Besar Tegangan =  $V_{mp}$  x jumlah seri panel surya pada setiap paralel

Besar Tegangan = 103 V x 3 = 309 V

V Blok #1 dan blok #2 terhubung paralel maka arus yang bertambah dan tegangan tetap. Jadi besar arus keseluruhan adalah

$$\begin{aligned} A_{total} &= \text{Arus Blok \#1} + \text{Arus Blok \#2} \\ &= 10.8 \text{ A} + 10.8 \text{ A} = 21.6 \text{ A} \end{aligned}$$

### 3.4. Menghitung Besar Daya Keluaran PLTS

Pada perencanaan pembangunan PLTS maka tidak akan lepas dari rugi rugi sistem yang mempengaruhi daya yang dihasilkan. Rugi-rugi keseluruhan sistem PLTS dianggap 15% karena keseluruhan komponen sistem yang digunakan masih baru (Bien, Kasim, & Wibowo, 2008:41 dalam bukunya *Mark Hankins, 1991: 68*), rugi-rugi ini sudah termasuk losses kabel, inverter, panel surya (losses yang dipengaruhi dari debu dan temperature) sehingga besar energi dari panel surya adalah sebesar:

$$36 \text{ panel surya} \times 90 \text{ Watt} = 3240 \text{ Watt} = 3,240 \text{ kW}$$

Dengan rugi-rugi 15 % maka keluaran dari PLTS yaitu

$$P_i = \text{besar kapasitas terpasang} \times 15 \% = 3240 \times 15 \% = 486 \text{ Watt}$$

$$P_{total} = 3240 \text{ Watt} - 486 \text{ Watt} = 2754 \text{ Watt} = 2,754 \text{ kW}$$

Rating modul surya berdasarkan kapasitas modul yang terpasang sudah dikurangi dengan rugi-rugi besarnya 2.754 kW. Berikut ini akan dianalisa energi yang dihasilkan oleh modul surya berkaitan dengan data radiasi matahari yang terendah danyang tertinggi.

Apabila data yang digunakan adalah data radiasi matahari yang terendah, yaitu 2,21 maka energi yang dihasilkan modul dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{out} &= P_i \times \text{Radiasi matahari} \\ &= 2754 \text{ Watt} \times 1,4 \text{ Kwh} \\ &= 3855.6 \text{ Wh} \approx 3,855 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Energi yang dihasilkan modul adalah 3,855 kWh.

Apabila data yang digunakan adalah data radiasi matahari yang tertinggi, yaitu 3,75. Berdasarkan persamaan maka energi yang dihasilkan modul dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{out} &= P_i \times \text{Radiasi matahari} \\ &= 2755 \text{ Watt} \times 3,75 \text{ kWh} \\ &= 10331,25 \text{ Wh} \approx 10,331 \text{ kWh} \end{aligned}$$

**Tabel 4.** Perbandingan Tingkat Radiasi Matahari Terendah Dan Tertinggi Dalam Satu Tahun.

Tingkat Radiasi	Radiasi matahari (kWh)	Energi yang dihasilkan PLTS (kWh)
Terendah	1.4	3,855
Tertinggi	3,75	10,331

Apabila ingin dilihat dari energi yang dihasilkan rata-rata pertahun maka digunakan radiasi rata-rata atau dikenal dengan nama *Peak Sun Hour* (PSH) dengan besar PSH yaitu 2,35h.

Sehingga *energy yield* per tahun adalah:

$$\begin{aligned} \text{Energy output PV} &= P_i \times \text{PSH} \\ &= 2755 \text{ Watt} \times 2.35 \text{ h} = 6474,25 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$1 \text{ tahun} = 365 \text{ hari}$$

$$\text{Energi yield} = \text{energi output} \times 365 \text{ hari}$$

$$\text{Energi yield} = 6,474 \text{ kWh} \times 365 \text{ hari} = 2363, 10 \text{ kWh/tahun}$$

### 3.5. Menghitung Jumlah Baterai

Baterai yang digunakan 12 V – 100 Ah

Disusun Seri untuk mendapatkan tegangan 48 V, n : 4 buah

Kapasitas penyimpanan baterai (KPLB)

$$KPLB = 48 \times 100 \text{ Ah} = 4800 \text{ Wh}$$

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{\text{Potensi Energi/KPLB}}{50\%}$$

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{6474 \text{ Wh} / 4800}{50\%} = 2,69 \approx 3 \text{ buah baterai}$$

Dimana : 50% adalah menggunakan asumsi DOD (Deep Of Discharge) pada baterai

$$\begin{aligned} \text{Daya simpan listrik baterai} &= 48V \times 100Ah \times 3 \text{ buah baterai} \\ &= 14400 \text{ Wh} = 14.4 \text{ kWh} \end{aligned}$$

### 3.6. Performance Ratio

*Performance ratio* (PR) adalah ukuran suatu kualitas sistem dilihat dari energi tahunan yang dihasilkan sebenarnya. Sistem dapat dikatakan layak secara teknis bila PR nya sekitar 70% - 90%. Dalam menghitung *performance ratio* dari sistem PLTS dapat menggunakan rumus perhitungan berikut ini :

$$PR = \frac{E_{yield}}{E_{ideal}}, E_{ideal} = P_{array} \text{ STC} \times H_{tilt}$$

$$H_{tilt} = \text{PSH} \times 365 = \left( 2,35 \text{ h} \times \frac{1000W}{m^2} \right) \times 365 \text{ hari}$$

$$= 857.750 \text{ kWh/m}^2$$

Maka rata-rata radiasi selama setahun berdasarkan pada saat PSH (2,35h) adalah:

Energi ideal = daya spesifikasi modul surya x jumlah modul x Hitlt

$$\text{Energi ideal} = 90 \text{ Wp} \times 36 \text{ modul} \times 857.750 \frac{\text{h}}{\text{tahun}} = 2779110 \text{ Wh} / \text{tahun}$$

Energi ideal = 2779,110 kWh/tahun

Sehingga diperoleh PR, sebesar :

$$PR = \frac{E_{yield}}{E_{ideal}} = \frac{2363,10 \text{ kWh/tahun}}{2779,110 \text{ kWh/tahun}} = 0,85 = 85 \%$$

Dari perancangan sistem PLTS ini diperoleh Performance Ratio sebesar 85% maka sistem ini dapat dikatakan layak untuk direalisasikan.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pembahasan dalam penelitian ini dapat di ambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Peletakan panel surya yang tepat dengan orientasi vertikal pengganti jendela pada gedung Rumah Sakit X dilihat dari radiasi yang adalah kearah barat.
2. Panel surya yang dihubungkan seri-paralel berjumlah keseluruhan 36 panel surya yang dapat menghasilkan daya keluaran bersih sebesar 2,754 kW dan daya rata-rata perharinya sebesar 6,5 kWh sehingga energi yang dihasilkan sebesar 2363,1 kWh/tahun.
3. *Performance Ratio* ( PR ) pada PLTS dengan panel surya transparan pengganti jendela adalah sebesar 85%. Sistem dapat dikatakan layak bila PR nya melebihi 70%. Maka sistem ini dapat dikatakan layak secara teknis untuk dipasang pada gedung Rumah Sakit X.

##### 4.1. Saran

Penempatan Panel surya haruslah tepat karena akan mempengaruhi besar radiasi yang didapat sekaligus mempengaruhi daya *output* dari panel surya.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM STT PLN yang telah memberi dukungan yang membantu pelaksanaan penulisan artikel.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azhar Ghazali, Elias Salleh, Lim Chin Haw, Kamaruzzaman Sopian and Sohif Mat. (2016). *Photovoltaic Façade in Malaysia: The Development and Current Issues*. Solar Energy Research Institute (SERI), Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia
- [2] Baharuddin. (2013). *Analisis Perolehan Radiasi Matahari pada Berbagai Orientasi Bidang Vertikal*. Laboratorium Sains dan Teknologi Bangunan, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
- [3] Fung, T. Y. Y. & Yang, H. (2008). Study on thermal performance of semitransparent building-integrated photovoltaic glazings. *Energy and Buildings*, 40, 341-350.
- [4] Hankins, Mark. (1991). *Small Solar Electric Systems for Africa*” Motif Creative Arts, Ltd. Kenya.
- [5] Hafidz Mohammad. (2016). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). *Basic Training For Solar System*, Sekolah Tinggi Teknik-PLN.
- [6] Ng Poh Khai. (2014). *Semi-Transparent Building-Integrated Photovoltaic (Bipv) Windows ForThe Tropics. Thesis, Department Of Architecture National University Of Singapore*.
- [7] Pangestuningtyas D.L, Hermawan, And Karnoto. (2013). *Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari Yang Diterima Oleh Panel Surya Tipe Larik Tetap*. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang.

- [8] Pangestuningtyas D.L\*), Hermawan, And Karnoto. (2013). *Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari Yang Diterima Oleh Panel Surya Tipe Larik Tetap*. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang.
- [9] Santoso, Denny. (2008). *Strategi Aplikasi Sel Surya pada Perumahan dan Bangunan Komersial*, Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan - Universitas Kristen Petra. Surabaya.