



# Analisis Perancangan Sistem PLTS Terhubung Jaringan PLN di Gedung A Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta Menggunakan Software PVSyst 7.2

Anisa Ramadhani<sup>1</sup>, Andi Ulfiana<sup>2</sup>, dan Yuli Mafendro D.E.S<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425,

<sup>2</sup>Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425,

---

## Abstrak

*Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga surya untuk menghasilkan listrik. Listrik pada Gedung A Politeknik Negeri Jakarta (PNJ) diperoleh dari PLN dimana sumber energinya dari energi fosil yang merupakan energi tidak terbarukan yang suatu saat akan habis. Pada penelitian ini akan dirancang PLTS sebesar 27 kWp pada Gedung A Teknik Mesin PNJ sebagai supply untuk beban penerangan. Rancangan ini menggunakan software PVSyst versi 7.2 sebagai simulasi apabila pembangkit akan direalisasikan, dan menggunakan software Google Earth Pro untuk mengetahui ketinggian dan tata letak Gedung. Simulasi yang digambarkan diantaranya adalah potensi shading, ISO shading diagram, Performance Ratio, Daily serta Monthly Production. Rancangan PLTS ini menggunakan 60 buah panel surya dengan jenis monocrystalline berkapasitas 450 wP, 1 buah inverter 2 MPPT dengan kapasitas pembangkit 25 kW. Setelah adanya rugi – rugi daya, system PLTS mampu membangkitkan daya sebesar 3,21 kWh per hari dengan performance ratio sebesar 84%*

*Kata kunci : PLTS, PVSyst, Losses Diagram, Performance Ratio*

## Abstract

*Solar Power Plant is a power plant that convert solar power to generates electricity. Electricity in Building A of the Jakarta State Polytechnic (PNJ) came from PLN that we know the energy source is from fossil energy which is non-renewable energy and will run out as possible. In this journal, a 27 kWp PLTS will be designed in Building A, Mechanical Engineering PNJ as a supply for lighting loads. This case uses PVSyst software version 7.2 as a simulation, and uses Google Earth Pro software to determine the height and layout the building. The simulations includes shading potential, ISO shading diagram, Performance Ratio, Daily and Monthly Production. This PLTS design uses 60 monocrystalline solar panels with a capacity of 450 wP, 1 inverter 2 MPPT with a generating capacity 25 kW. After the effect of power losses, the PLTS system is able to generate power of 3.21 kWh per day with performance ratio 84%*

*Keywords : PLTS, PVSyst, Losses Diagram, Performance Ratio, Total Production*

## 1. PENDAHULUAN

Aktivitas di Gedung A, Teknik Mesin, PNJ membutuhkan energi listrik untuk penerangan maupun peralatan lainnya. Gedung A digunakan untuk kegiatan perkuliahan. Selain itu di Gedung A juga terdapat Laboratorium Fisika, Ruang Komputer, Ruang Dosen dan Perpustakaan. Beban listrik yang terdapat pada Gedung A cukup banyak berakibat kepada meningkatnya jumlah pemakaian energi. Dalam penyediaan energi listrik, selama ini Gedung A mengandalkan produksi listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang mayoritas sumber energinya didapatkan dari energi fosil yang sumber ketersediaannya di muka bumi tidak dapat diperbaharui.

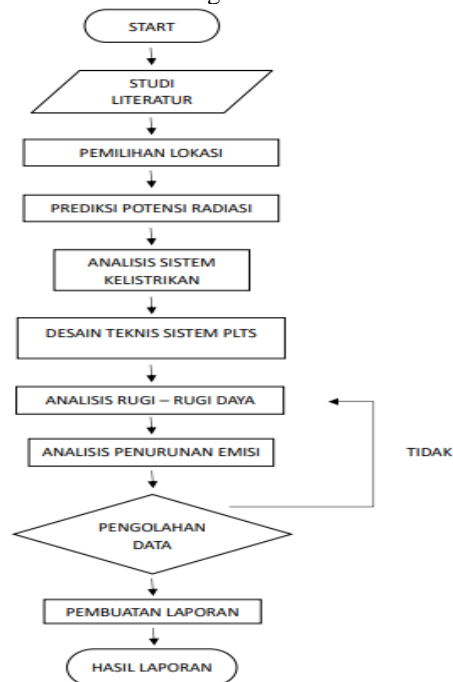
Dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), melalui Peraturan Presiden No.79 tahun 2014, Pemerintah Indonesia menetapkan kebijakan peningkatan pangsa energi terbarukan dalam bauran energi nasional hingga 23% pada tahun 2025.[1]. Oleh karena itu, timbul pemikiran untuk melakukan perencanaan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di atap Gedung A, Jurusan Teknik Mesin, PNJ sebagai sumber alternatif yang dapat digunakan selain sumber daya utama dari PLN. Hal ini juga merupakan salah satu implementasi dalam mendukung program pemerintah dalam penggunaan energi baru terbarukan.

Faktanya, Indonesia memiliki potensi sumber energi matahari yang sangat besar karena berada di garis khatulistiwa dimana matahari menyinari sepanjang tahun. Indonesia yang disebut sebagai daerah tropis yang mendapatkan sinar matahari yang cukup selama 1 tahun penuh karena letak Geografis yang berada pada Garis khatulistiwa dan secara astronomis berada di  $6^{\circ}$  LU sampai  $11^{\circ}$  LS, dan  $95^{\circ}$  BT sampai  $141^{\circ}$ BT dengan Pancaran Sinar Matahari rata – rata 7 jam per hari dan puncak penyinaran matahari 4,5 jam perhari. Potensi energi surya di Indonesia sangat besar yaitu sekitar 4.8 KWh/m<sup>2</sup> atau setara dengan 112.000 GWp, namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 10 MWp. Saat ini pemerintah telah mengeluarkan strategi pemanfaatan energi surya yang menargetkan kapasitas PLTS terpasang hingga tahun 2025 adalah sebesar 0.87 GW atau sekitar 50 MWp/tahun. Jumlah ini merupakan gambaran potensi pasar yang cukup besar dalam pengembangan energi surya di masa yang akan datang.[2]

## 2. METODE PENELITIAN

### A. Diagram Alir

Pada penelitian ini digunakan aplikasi PVsyst versi 7.2. Sebelum dilakukan pembuatan sistem, terlebih dahulu dilakukan studi literatur dan analisa lokasi gedung untuk memperkirakan potensi atap yang dapat digunakan dan untuk mengetahui lokasi koordinat bangunan untuk menentukan posisi pemasangan panel.

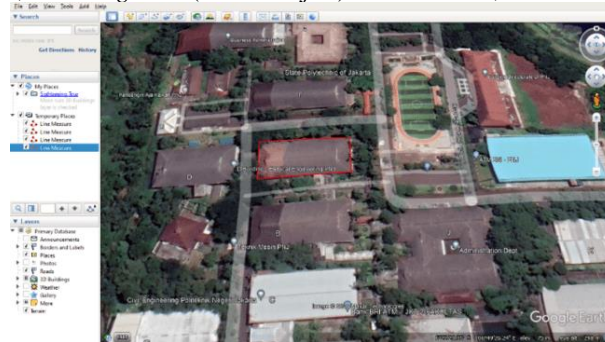


Gambar 1 : Diagram Alir

Gambar 1 merupakan diagram alir yang bertujuan membuat langkah – langkah yang dilakukan pada penelitian ini. Studi literatur merupakan pencarian informasi yang digunakan sebagai acuan dari penelitian ini. Analisis potensi matahari dilakukan penulis dengan menggunakan aplikasi SOLARGIS (<https://solargis.com/>).

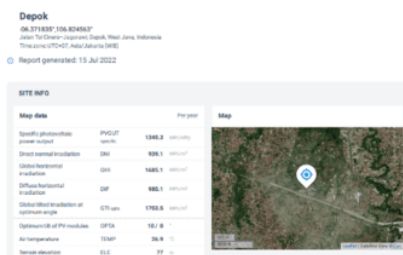
## B. Pemilihan Lokasi dan Potensi Radiasi

Lokasi penelitian berada di Gedung A, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta yang berada di Jalan Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kecamatan Beji, Kota Depok, Jawa Barat dengan titik koordinat *Latitude* ( Garis Lintang ) -6.3719571, dan *Longitude* ( Garis Bujur ) 106.8224975,17.

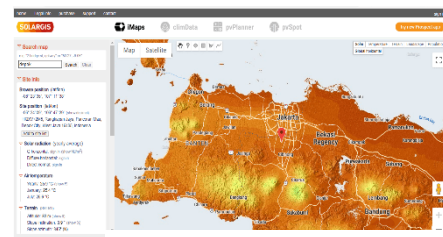


Gambar 2 : Lokasi Penelitian

Sebelum merencanakan pembangunan PLTS, informasi mengenai potensi pancaran radiasi suatu daerah wajib untuk diketahui besarnya[3]. Karena lokasi penelitian berada di Kota Depok, Jawa Barat, maka digunakan data radiasi dari kota Depok melalui aplikasi Globarsolaratlas.com oleh Solar database and PV software © 2021 Solargis seperti yang terlihat pada gambar 2[4].



Gambar 3 Site Info Gedung



Gambar 4 Solar Database

Berdasarkan gambar 3 dan 4, dapat diketahui bahwa Kota Depok memiliki potensi radiasi matahari yang cukup memadai. Semakin pekat (merah) sebuah lokasi pada peta aplikasi Solargis, seperti warna yang tergambar pada gambar 4, maka semakin baik pula potensi radiasi matahari di daerah tersebut.

## C. Sistem Kelistrikan

Ditahap ini dilakukan Analisis terhadap sistem kelistrikan pada Gedung A, Teknik Mesin , PNJ dengan melihat panel distribusi yang berada pada Panel Room di Lantai 1 gedung.

Untuk merencanakan sistem PLTS, diperlukan input data untuk diolah secara teknis berdasarkan tabel 1 agar mendapatkan konfigurasi komponen serta sistem kerja yang sesuai untuk kapasitas yang tersedia[5].

Tabel 1 Analisa Sistem Kelistrikan Obyek Penelitian

<b>Daya PLN</b>	<b>3.300 kVa x 2</b>
<b>Besar Kapasitas PLTS Yang Direncanakan</b>	27 kWp
<b>Total Phasa</b>	3 Phasa
<b>Kebutuhan Energi Harian</b>	240,630 wH

#### D. Analisis Pemilihan Komponen

Pada sistem PLTS, dibutuhkan komponen utama yaitu Panel Surya dan Inverter.



Gambar 5 Sistem PLTS On – Grid

Selain komponen utama, dibutuhkan juga komponen pendukung seperti sistem *mounting*, dan sistem proteksi yang digambarkan seperti pada gambar 5.

#### E. Desain Teknis Sistem PLTS

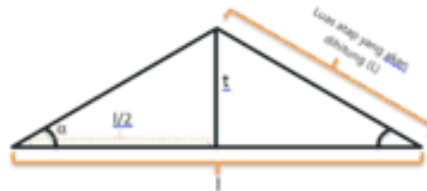
- **Perhitungan Luas Potensi Atap**

Luas atap yang tersedia nantinya menjadi pertimbangan apakah sesuai dengan kebutuhan luas area efektif panel surya untuk kapasitas sistem yang telah ditentukan. Luas area efektif panel surya akan dihitung pada tahap perancangan sistem PLTS atap. Luas atap untuk pemasangan PLTS perlu diperhitungkan dengan cermat, karena apabila atap terkena bayangan, atau ada peralatan utilitas yang berada di atas atap (seperti unit outdoor AC dan pompa), maka luas atap potensial menjadi lebih kecil daripada total luas atap yang tersedia.[6]

Perhitungan luas atap dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Google Earth*

Untuk mencari lebar sisi miring atap ( $L$ ), dapat diketahui dengan bantuan perangkat lunak *Google Earth*, dengan cara ;

1. Mengukur lebar sisi datar atap ( $l$ ) dengan fitur penggaris pada *Google Earth*.
2. Menghitung lebar sisi miring atap ( $L$ ) melalui rumus trigonometri sederhana seperti gambar 6



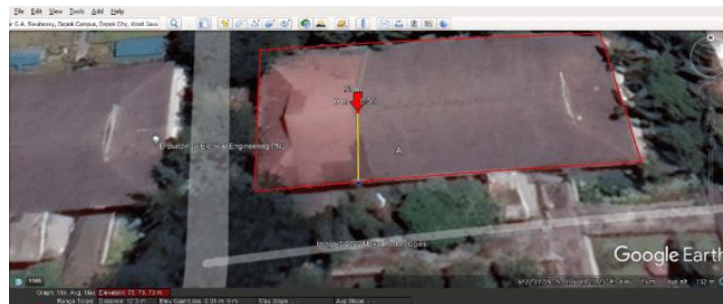
Gambar 6 Menghitung atap yang berbentuk prisma

Keterangan gambar ;

- $\alpha$  : Sudut kemiringan atap prisma
- $t$  : Tinggi atap prisma
- $l$  : Lebar atap Prisma
- $l/2$  : Setengah dari lebar atap prisma

Tabel 2 Tabel Trigonometri

$\alpha$ Sudut (derajat)	$\cos(\alpha)$	$\alpha$ Sudut (derajat)	$\cos(\alpha)$	$\alpha$ Sudut (derajat)	$\cos(\alpha)$	$\alpha$ Sudut (derajat)	$\cos(\alpha)$	$\alpha$ Sudut (derajat)	$\cos(\alpha)$
15	0.966	25	0.906	35	0.819	45	0.707	55	0.574
16	0.961	26	0.899	36	0.809	46	0.695	56	0.559
17	0.956	27	0.891	37	0.799	47	0.682	57	0.545
18	0.951	28	0.883	38	0.788	48	0.669	58	0.530
19	0.946	29	0.875	39	0.777	49	0.656	59	0.515
20	0.940	30	0.866	40	0.766	50	0.643	60	0.500
21	0.934	31	0.857	41	0.755	51	0.629	61	0.485
22	0.927	32	0.848	42	0.743	52	0.616	62	0.469
23	0.921	33	0.839	43	0.731	53	0.602	63	0.454
24	0.914	34	0.829	44	0.719	54	0.588	64	0.438



Gambar 7 Mengukur luas atap menggunakan Google Earth

Untuk menentukan orientasi sistem seperti pada gambar 7, yaitu menentukan orientasi arah panel yang akan dipasang dan menentukan titik azimuth dengan bantuan software *Google Earth Pro* sebagai standart acuan yang digunakan oleh industri instalasi pemasangan panel surya. Karena atap gedung berbentuk prisma dengan memiliki 2 orientasi, maka penulis juga akan meletakkan panel sesuai dengan orientasi gedung yang sudah tersedia.

Secara keseluruhan, luas atap gedung Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta adalah ;

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= P \times L \\ \text{Luas Atap} &= 40,30 \text{ m} \times 12,3 \text{ m}^2 \\ \text{Luas Atap} &= 495,69 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (1)$$

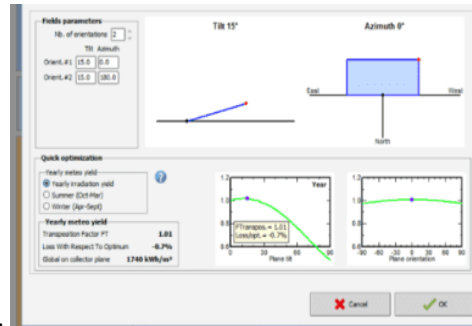
Perhitungan Luas Atap

$$\begin{aligned} \text{Lebar sisi miring atap (L)} &= \frac{1}{2} \times \cos \alpha \\ 12,3 \text{ m} &= \frac{1}{2} \times \cos \alpha \\ \cos \alpha &= 6,15 \\ \cos 6,15 &= 0,991 \end{aligned} \quad (2)$$

Bedasarkan tabel trigonometri, nilai 0,991° sama dengan 15°. Artinya, kemiringan atap gedung A Teknik Mesin PNJ sebesar 15°.

## F. Menentukan Orientasi Sistem

Yaitu menentukan orientasi arah panel yang akan dipasang dan menentukan titik azimuth [7] dengan bantuan software *Google Earth Pro* sebagai standart acuan yang digunakan oleh industri instalasi pemasangan panel surya. Karena atap gedung berbentuk prisma dengan memiliki 2 orientasi, maka penulis juga akan meletakkan panel sesuai dengan orientasi gedung yang sudah tersedia. Gambar 8 menunjukkan arah orientasi pemasangan panel



Gambar 8 Orientasi Panel

Gambar 8 adalah tampilan aplikasi saat akan menentukan azimuth pada bangunan. Panel surya didalam satu rangkaian seri maupun paralel harus dipasang pada orientasi, kemiringan, dan sebaiknya pada ketinggian yang sama.[4] Hal tersebut karena daya yang dihasilkan panel sangat bergantung pada intensitas matahari yang diterima. Intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya dapat dimaksimalkan dengan cara memasang panel surya, dengan sudut kemiringan atau *slope* dan sudut azimuth yang tepat pula.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

- **Data Beban Harian Gedung**

Tabel 3 Data Beban Harian Untuk Penerangan Gedung

No	Jenis Peralatan/Beban	Jumlah	Daya		Operasi Per-hari		Kebutuhan Energi Harian per Beban		Kebutuhan Energi Harian Total (Wh)
			(Watt)		(Jam)		(wh)		
			Siang	Malam	Siang (06.00 – 18.00)	Malam (18.00 – 06.00)	Siang	Malam	
			1	2	3	4	5	(6) = 2*4	
1.	Lampu Ruang Kelas	256	36	36	13	11	468	396	221,184
2.	Lampu Koridor Rt. 1	10	36	36	13	11	468	396	8,640
3	Lampu Koridor Rt.2	9	36	36	13	11	468	396	7,776
4	Lampu Kamar Mandi	8	36	36	10	-	360	-	2,880
5	Lampu Musholla	1	15	15	9	1	135	15	150
6	Total		159	159			1,899	1,203	240,630

Bedasarkan tabel 3, data kebutuhan energi harian total untuk kebutuhan penerangan gedung adalah 240,630 Wh, sehingga penulis memasukan data tersebut kedalam system PVsyst seperti yang terdapat pada gambar 9


PV Array Characteristics			
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC)	27 kWp	Total power	25 kWac
Total	60 modules	Nb. of inverters	1 Unit
Module area	131 m <sup>2</sup>	Pnom ratio	1.08
Cell area	119 m <sup>2</sup>		

Gambar 9 Sistem PVsyst

Untuk mengetahui berapa banyak panel yang akan digunakan, penulis menggunakan rumus sebagai berikut ;

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Panel} &= \frac{\text{Total Kapasitas PLTS Yang Direncanakan}}{\text{Pmax Panel}} \\
 \text{Jumlah Panel} &= \frac{27000 \text{ Watt}}{450 \text{ wP}} \\
 \text{Jumlah Panel} &= 60 \text{ Panel}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Kemiringan (*Tilt*) atap bangunan yang berbentuk prisma adalah  $15^\circ$ . Menggunakan 2 orientasi panel menghadap ke utara dan selatan.



Results overview	
System kind	Tables on a building
System Production	38.5 MWh/yr
Specific production	1427 kWh/kWp/yr
Performance Ratio	0.835
Normalized production	3.91 kWh/kWhp/day
Array losses	0.68 kWh/kWhp/day
System losses	0.09 kWh/kWhp/day

Gambar 10 Sistem PLTS pada *software PVsyst*

Terdapat 3 buah string pada 2 orientasi tersebut yang berisikan masing – masing 20 buah panel, sehingga akan menghasilkan energi sebesar 27 kWp dalam satu hari dan menghasilkan 38,5 MWh dalam satu tahun seperti yang dirangkum pada gambar 10.

#### • Komponen Yang Digunakan

Digunakan panel surya jenis *monocrystalline* dengan spesifikasi pada tabel 4 berikut :

Tabel 4 Spesifikasi Panel Surya

Subjek	Symbol	Nilai
<b>Daya Maksimum</b>	Pmax	450 wP
<b>Toleransi dari Vmax</b>		0-5%
<b>Tegangan sirkuit terbuka</b>	Voc	46,6 V
<b>Arus hubung singkat</b>	Isc	11,53A
<b>Tegangan daya maksimum</b>	Vmpp	38,7V
<b>Arus daya maksimum</b>	Impp	8,77 A
<b>Tegangan sistem maksimum</b>	Vsys	1500V DC
<b>Dimensi</b>	P x L x T	2102 × 1040 × 35 mm
<b>Efisiensi</b>		20,6%
<b>Weight</b>	Kg	28,4 Kg



Gambar 11 Panel Yang Digunakan

Sesuai regulasi yang berlaku, pemilihan inverter pada PLTS *On – Grid* tidak boleh melebihi daya sambung PLN terpasang[8]. Sehingga pada penelitian ini digunakan inverter dengan kapasitas 25.0 kW untuk PLTS ini sesuai rekomendasi sistem *software PVsyst* dengan merk Huawei pada gambar 12 dengan spesifikasi sesuai pada tabel 5 ;

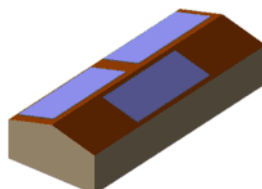
Tabel 5 : Spesifikasi Inverter

<b>Maksimum efisiensi</b>	<b>98,6%</b>
<b>Maksimum PV Power</b>	30.000 wP
<b>Maksimum Input current MPPT</b>	25 A
<b>Rated input voltage</b>	730 V
<b>Rated output voltage</b>	277-480 VAC
<b>Jumlah MPPT</b>	3
<b>Grid connection</b>	25.000 W
<b>Berat</b>	55 Kg
<b>Dimensi</b>	550×770×270 mm



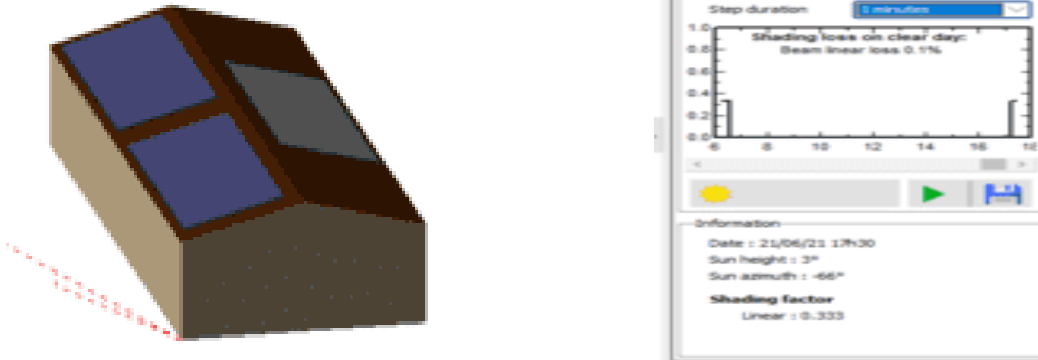
Gambar 12 : Inverter Yang Digunakan

Sebagai referensi untuk desain pemasangan PLTS, penulis membuat referensi desain yang dibuat juga menggunakan *software PVsyst*. Desain ini menggunakan dua orientasi dari atap bangunan, yaitu orientasi yang menghadap ke arah selatan dan utara. Referensi desain seperti yang terdapat pada gambar 13



Gambar 13 Desain PLTS

Pada lokasi objek penelitian, tidak terdapat bangunan lain atau vegetasi lingkungan yang berpotensi dapat mengganggu sinar matahari untuk sampai ke permukaan panel. Namun, akibat dari rotasi perputaran bumi terhadap matahari, menyebabkan fenomena siang dan malam yang akan berpengaruh terhadap potensi sinar matahari. [5]



Gambar 14 Objek Bangunan Yang Terdampak Shading

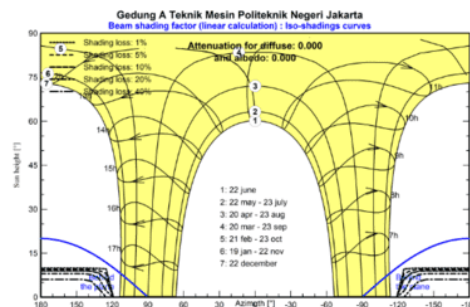
Menjelang matahari terbenam, pukul 5 – 6 sore, panel yang menghadap ke selatan berpotensi mengalami shading, seperti gambar 14.

- Evaluasi Sistem

Grafik 1 menampilkan bahwa apabila direalisasikan, sistem ini menghasilkan *Performance Ratio* (PR) sebesar 0,834 atau 83,4% yang berarti sistem ini optimal dan layak untuk direalisasikan.



Grafik 1 : *Performance Ratio*



Grafik 2 : *ISO Shading*

- *ISO Shading Diagram*

Diagram *ISO shading* pada grafik 2 menggambarkan grafis dari tabel faktor *shading*. Diagram ini berfungsi untuk melihat persebaran *shading* akibat dari rotasi bumi terhadap matahari selama 12 jam matahari bersinar menurut musimnya dalam waktu sepanjang tahun. [5]

- **Losses Diagram (Rugi – Rugi Daya )**

- A. *Losses* pada *Global Incident In Collector Plant*

Pada awalnya, sistem PVsyst memberitahu bahwa total energi yang dapat diterima oleh sel PV per meter persegi apabila posisinya horizontal pada permukaan bumi sebesar 1728 kWh/m<sup>2</sup> (*Horizontal Global Irradiation*). Namun, akibat dari faktor peletakkan panel surya dan faktor perubahan posisi matahari setiap harinya, hal ini menimbulkan kerugian sebesar 1,96% daya awal sistem.

- B. *IAM Losses*

*IAM losses* (rugi refleksi iradiasi matahari pada panel surya) dari sistem sebesar 0,86%, hal ini disebabkan oleh pantulan pada bahan gelas yang menjadi pelindung sel-sel PV didalamnya

- C. *Soiling Losses*

Kerugian yang ditimbulkan akibat adanya debu polutan pada permukaan panel surya sebesar 3% dari daya awal. [9]

Total daya efektif yang diterima panel surya setelah dikurangi rugi – rugi daya pada panel adalah 1644 kWh/m<sup>2</sup> dengan efisiensi sebesar 20,61% pada kondisi STC (*Standart Test Condition*).

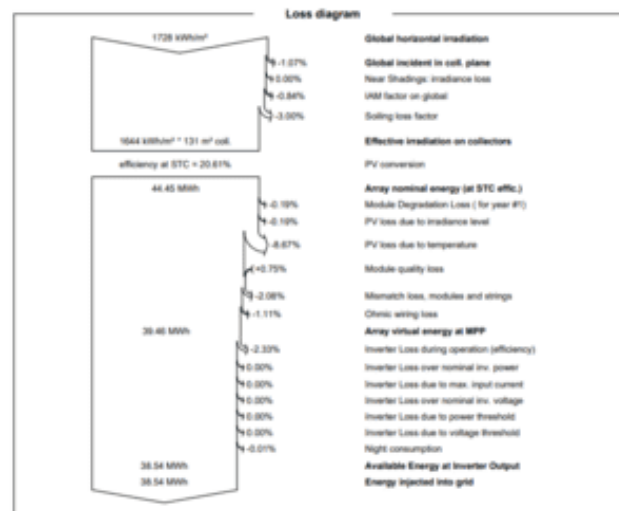


#### D. Module Degradation Selama satu tahun

Semakin lama umur panel surya, efektifitas panel untuk men-konversi energi dari cahaya matahari menjadi energi listrik akan berkurang. Ketika memakai panel surya ini, panel akan mengalami degradasi sebesar 0,19% pertahun. [10]

#### E. PV Irradiance Level

PV irradiance level sebesar 0,20%, di mana losses ini dipengaruhi oleh besar iradiasi. Efisiensi pembangkitan akan berkurang bila iradiasi matahari yang diterima juga kecil. Selain akibat dari pengaruh iradiasi, terdapat juga kerugian yang diakibatkan oleh temperature lingkungan. Terdapat rugi sebesar 8,60% akibat perubahan suhu temperature pada panel. Efektifitas panel mencapai puncaknya ketika berada pada suhu 25°C pada kondisi STC. Apabila terjadi kenaikan suhu >25°, panel akan mengalami penurunan efektifitas yang akan berpengaruh terhadap performa panel (*Performance Ratio*) dan akan menyebabkan rugi pada sistem pembangkit.



Gambar 15 : Diagram Losses

Daya awal yang dapat dihasilkan oleh sistem adalah sebesar 44,45 MWh. Akibat adanya rugi – rugi daya pada sistem seperti pada gambar 15, daya yang berhasil masuk kedalam *grid* hanya sebesar 38,54 MWh. Terjadi pengurangan sebesar 5,91 MWh pada sistem atau berkurang sebesar 13,5% dari daya awal sebelum adanya losses.

## 4. KESIMPULAN

- Sistem ini menggunakan 60 buah panel surya *monocrystalline* dengan daya 450 Wp dengan merk dagang TrinaSolar, sehingga didapatkan kapasitas daya PLTS sebesar 27 kWp dan menggunakan inverter sebesar 25 kW dengan 3 MPPT yang diproduksi oleh HuaweiTechnologies
- Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini akan diinstalasi dengan susunan paralel 3 *string*, dengan 2 orientasi yaitu utara dan selatan yang masing – masing *string* terdiri dari 20 susunan panel surya
- *Performance Ratio* yang didapatkan adalah 83,4% dengan total produksi perhari 3,91 kWh perhari setelah losses sebesar 13,5%

## REFERENSI

- [1] “Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS Atap Indonesia”, Indonesia Clean Energy Development II, Jakarta, Juni 2020.
- [2] “Buku Do & Don’ts PLTS, Instalasi pemasangan PLTS, 'Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi (DJ EBTKE) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) Republik Indonesia, Jakarta, 2018”
- [3] E. Tarigan, “Simulasi Optimasi Kapasitas Plts Atap Untuk Rumah Tangga Di Surabaya,” *Multitek Indones.*, vol. 14, no. 1, pp. 13–22, 2020, doi: 10.24269/mtkind.v14i1.2600.
- [4] S. M. Rachman, M. B. Nappu, and A. Arief, “Penempatan Photovoltaic yang Optimal Menggunakan Metode Continuation Power Flow,” *J. Penelit. Enj.*, vol. 21, no. 1, pp. 66–74, 2017, doi: 10.25042/jpe.052017.10.
- [5] Elisier Tarigan, “Simulation and Feasibility Studies of Rooftop PV System For University Campus Buildings in Surabaya, Indonesia,” *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 8, no. 2, pp. 895–908, 2018.
- [6] M. Irfan, “Perencanaan Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem On-Grid,”

*Semin. Nas. Teknol. Informasi, Komun. dan Ind. 9 Fak. Sains dan Teknol. UIN Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru, 18-19 Mei 2017 ISSN*, vol. 77, no. Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industr, pp. 18–19, 2017.

- [7] D. . Pangestuningtyas, H. Hermawan, and K. Karnoto, “Analisis sudut panel solar cell terhadap daya output dan efisiensi yang dihasilkan,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 0–7, 2020.
- [8] A. Rachmi, B. Prakoso, Hanny Berchmans, I. Devi Sara, and Winne, “Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS atap di Indonesia,” *PLTS Atap*, p. 94, 2020.
- [9] A. G. Hutajulu, M. RT Siregar, and M. P. Pambudi, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) on Grid Di Ecopark Ancol,” *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 1, p. 23, 2020, doi: 10.24912/tesla.v22i1.7333.
- [10] R. T. P. Rocky Alfan, “Analisa Deteksi Photovoltaic Module Degradasi Dengan Metode Electroluminescence (EL) Menggunakan Camera Digital Single Lens Reflex (DSLR),” *J. Ilm. Setrum*,