

Analisis Kapasitas Peralatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Rooftop* dengan Simulasi Pvsyst

FAHRUL JAE LANI^{1*}, SYAHRIAL²

^{1,2} Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: Jaelanifahrul22@mhs.itenas.ac.id

Received 01 09 2023 | Received 08 09 2023 | Accepted 08 09 2023

ABSTRAK

Sistem PLTS merupakan salah satu energi baru terbarukan yang berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia. Konfigurasi yang digunakan On-Grid dan software PVsyst yang berlokasi di Gedung Teknik Mesin SMKN (X). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Desain PLTS yang optimal, analisis kapasitas peralatan, analisis biaya listrik tahunan dan analisis penurunan emisi karbon. Hasil penelitian ini, dari luas rooftop bangunan 400 m² akan menghasilkan daya sebesar 81 kWp menggunakan peralatan solar panel 450 Wp, 180 unit, string Combiner Box menggunakan model 4 input 2 output, Grid solar inverter yang digunakan Inverter Huawei dengan 2 MPPT, kapasitas 40 kW, Combiner Box kapasitas 1 x 30 kW. Dengan kapasitas 81 kWp maka akan terjadi penghematan pembayaran rekening listrik semula rata-rata tagihan Rp 22.546.496 per bulan menjadi sebesar Rp 17.878.421 per bulan dengan besar penghematan Rp 4.668.075 Kontribusi menurunkan emisi karbon Indonesia pada gedung tsb 21 % atau sebesar 54.607,28 Kg Co2/ tahun.

Kata Kunci: Konfigurasi, Aplikasi Pvsyst, Peralatan PLTS, Penghematan Pembayaran Listrik, Emisi Karbon

ABSTRACT

The PLTS system is one of the new renewable energies that has the potential to be developed in Indonesia. The configuration used is On-Grid and PVsyst software which is located in the Mechanical Engineering Building at SMKN (X). This study aims to determine the optimal PLTS design, analyze equipment capacity, analyze annual electricity costs and analyze carbon emission reduction. The results of this study, from a rooftop area of 400 m², will produce a power of 81 kWp using 450 Wp solar panel equipment, 180 units, String Combiner Box using the 4 input 2 output model, Grid solar inverter used Huawei Inverter with 2 MPPT, capacity 40 kW, Combiner Box capacity 1 x 30 kW. With a capacity of 81 kWp, there will be savings in paying electricity bills, originally an average bill of Rp. 22,546,496 per month to Rp. 17,878,421 per month with a large savings of Rp. 4,668,075 Contribution to reduce Indonesia's carbon emissions in the building by 21% or by 54.607,28 Kg of Co2/ year.

Keywords: Configurations, Pvsyst Applications, PLTS Equipment, Savings on Electricity Payments, Carbon Emissions.

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu kebutuhan dasar untuk terlaksananya pembangunan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat, oleh karenanya pengelolaan energi harus dilakukan secara berkeadilan, berkelanjutan, rasional, optimal dan terpadu. Kebutuhan energi meningkat seiring dengan bertambahnya penduduk dan meningkatnya kegiatan ekonomi. Apabila energi tidak dikelola dengan baik maka akan terjadi kelangkaan energi, oleh karena itu salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan energi adalah dengan melakukan diversifikasi sumber energi yang berasal dari energi baru terbarukan. Energi baru terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bio energi, sinar matahari, aliran dan terjunan air **(Sukmajati & Hafidz, 2015)**.

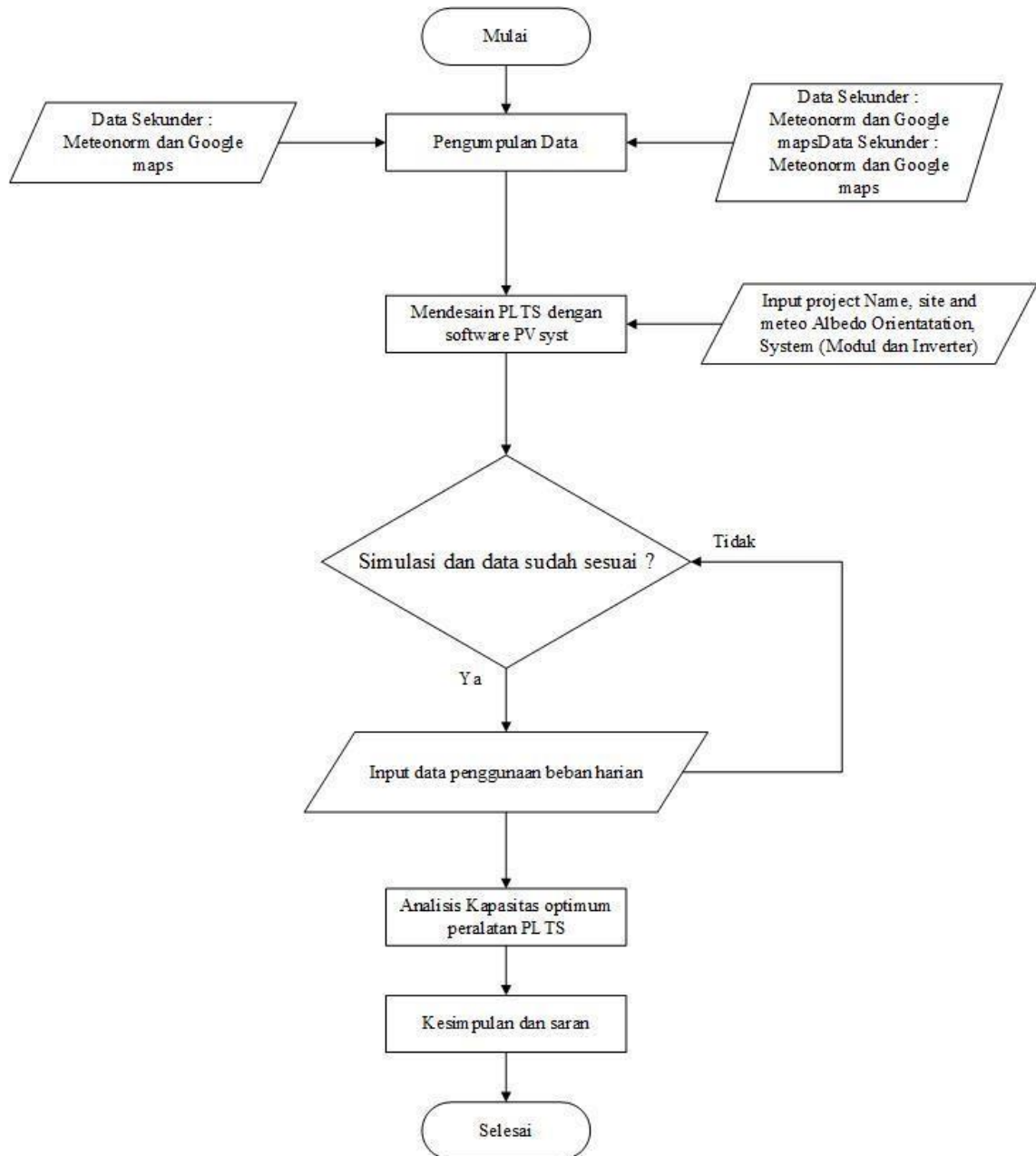
Kewajiban pemerintah daerah untuk meningkatkan pemanfaatan energi baru dan terbarukan tercantum dalam Pasal 21 Ayat 2 Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang energi serta PP Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. Dalam kebijakan energi tersebut diharapkan bauran energi yang bersumber dari energi baru terbarukan adalah sebesar 23% pada tahun 2025 dan pada tahun 2050 sebesar 31% **(Syaeiful Anwar, 2021)**.

Aksi Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral memiliki rencana untuk membangun pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) *Rooftop* di berbagai lokasi sekolah SMA/SMK di Jawa Barat. Pembangunan PLTS *Rooftop on grid* tersebut memerlukan perencanaan yang baik karena gedung sekolah SMA/SMK merupakan area publik yang harus diperhatikan segi keamanan dan kenyamanannya. Dengan adanya kegiatan perencanaan ini diharapkan dapat diketahui lokasi yang memenuhi kelayakan secara teknis dan non teknis untuk pembangunan PLTS *Rooftop*. Spesifikasi teknis komponen PLTS *Rooftop* yang akan dibangun serta persyaratan administrasi dan teknis untuk kegiatan pembangunan PLTS *Rooftop* **(Sukmajati & Hafidz, 2015)**.

Penulis memilih Gedung Teknik Mesin di SMKN (X) Jawa Barat sebagai lokasi perencanaan PLTS *Rooftop* karena sekolah SMKN (X) ini mengkonsumsi listrik yang cukup besar perbulannya yaitu 25051,66 Kwh. Selain itu, sekolah SMKN (X) ini berpotensi untuk dipasang PLTS *rooftop*, tidak ada shading dan bangunan menghadap ke utara. Dilihat dari struktur bangunannya juga sangat baik. Kondisi atap menggunakan metal sheet, rangka menggunakan baja ringan dan tinggi bangunan sekitar 8 meter dan luas 440 m² akan menghasilkan energi listrik yang besar dan mampu membantu memenuhi konsumsi dan mengurangi biaya pembayaran listrik pertahunnya dari sekolah SMKN (X). Perhitungan potensi PLTS *Rooftop* dapat dilakukan dengan berbagai macam pendekatan dan bantuan perangkat lunak. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah PVsyst versi 7.3 **(Sahori, 2016)**.

2. METODE PENELITIAN

Gambar 1 menjelaskan tentang proses pengambilan data, simulasi PLTS dan menganalisis kapasitas peralatan. Simulasi pada penelitian ini menggunakan software PVsyst.



Gambar 1. Diagram Alir Simulasi PVsyst dan Analisis Peralatan PLTS

Gambar 1 menjelaskan langkah – langkah yang dilakukan saat melakukan penelitian ini mulai dari studi literatur, pengumpulan data sekunder dan data primer, mendesain PLTS dengan software PVsyst, pengolahan data berdasarkan analisis yang dipakai, pembuatan laporan penelitian.

2.1. Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah:

- Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer yaitu melakukan pengumpulan data melalui pengukuran. Pengukuran yang dilakukan diantaranya adalah pengukuran luasan *rooftop* gedung , pengukuran penggunaan beban harian pada Panel MDP dan menentukan energi

pemakain bertujuan untuk mengetahui nilai nilai yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian.

b. 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.

c. Metode Observasi

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

d. 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:

1. Pengkajian data radiasi matahari untuk lokasi, yang membantu untuk memperkirakan jumlah listrik yang dihasilkan.
2. Pengkajian area yang tersedia, yang membantu untuk berapa luas area yang bisa dimanfaatkan untuk pembangkitan PLTS
3. Pengkajian konfigurasi sistem PLTS, pemilihan konfigurasi yang cocok untuk lokasi pembangkitan
4. 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.

2.2. Simulasi *Software* PVsyst

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

1. Menentukan lokasi

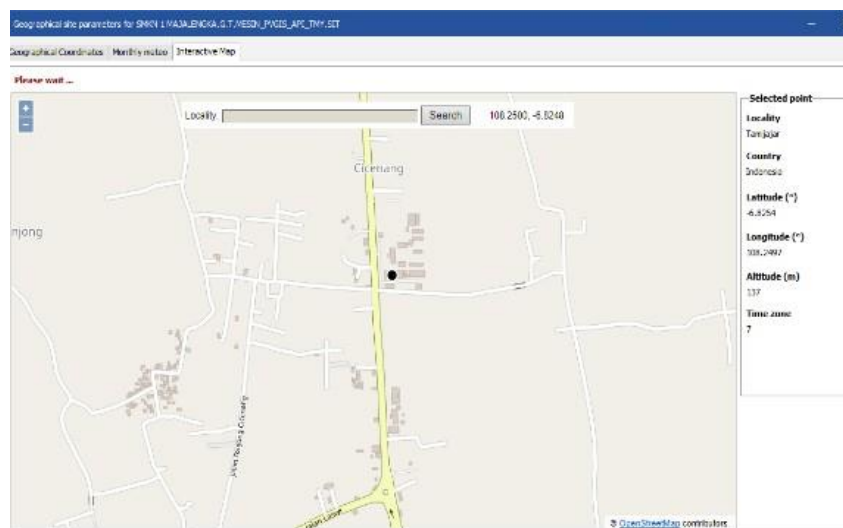
Tahap pertama dalam penelitian ini adalah menentukan lokasi dan posisi pemasangan modul surya dengan mempertimbangkan ketersediaan luas atap dan meminimalkan gangguan tangkapan cahaya matahari. Berdasarkan pertimbangan dan hasil perhitungan luas atap gedung mesin yang dapat dipasang modul surya adalah 440 m² ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi SMKN (X).

2. Parameter geografis

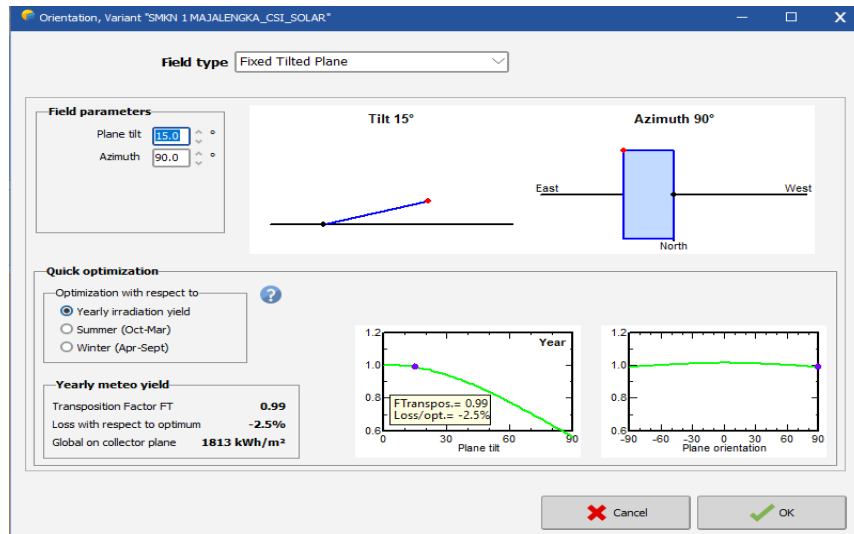
Parameter geografis dapat ditentukan dengan memasukkan koordinat lokasi atau dengan memilih lokasi pada peta. Ketepatan koordinat geografi akan mempengaruhi data meteorologi sebagai salah satu parameter untuk simulasi lebih lanjut. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Gedung Mesin SMKN (X) terletak pada koordinat -6.82° LS dan $108,25^{\circ}$ BT ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Parameter Geografis Gedung Teknik Mesin SMKN (X).

3. Parameter orientasi

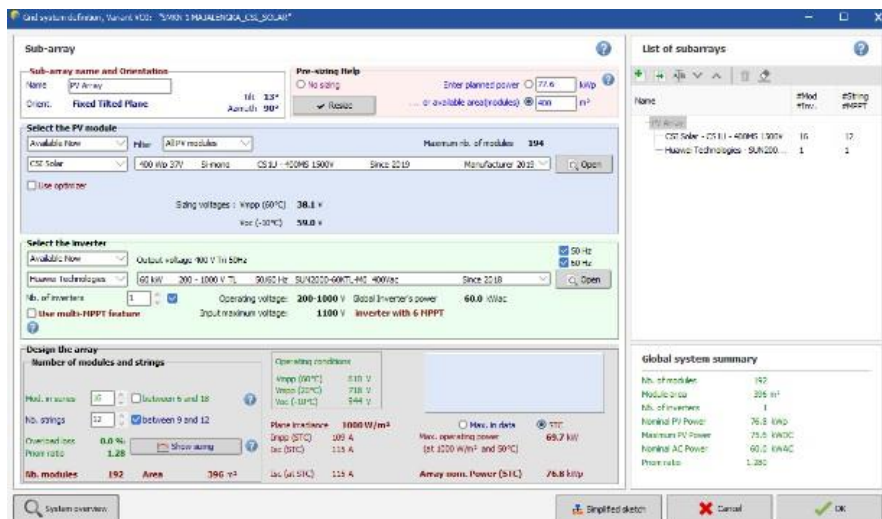
Orientasi sudut azimuth merupakan sudut arah modul surya orientasi modul fotovoltaik, dalam hal ini terhadap arah utara atau arah selatan. Sudut adalah sudut kemiringan dan azimuth modul kemiringan dan azimuth yang dimasukkan seperti fotovoltaik merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan sistem tenaga surya ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Orientasi Azimuth dan Tilt.

4. Parameter Sistem

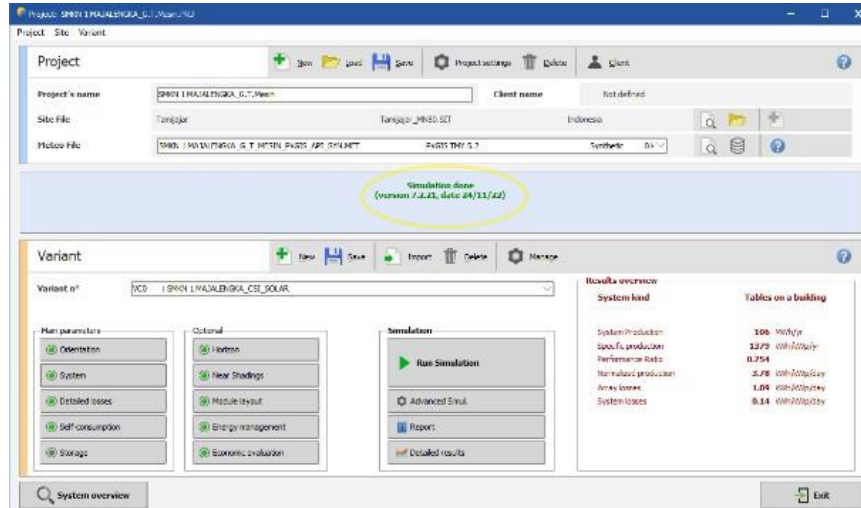
Pemilihan modul surya fotovoltaik dan inverter merupakan langkah yang perlu dilakukan dalam parameter sistem ini. Pada penelitian ini modul yang digunakan jenis Si-monocrystalline dengan spesifikasi 450 Wp, 37 V, dan 180 unit pemilihan modul surya dan 2 inverter seperti ditunjukkan pada Gambar 5 .



Gambar 5. Parameter Sistem.

5. Simulasi

Apabila semua parameter telah dimasukkan atau dipilih dan sudah memenuhi ketentuan simulasi maka akan muncul pemberitahuan bahwa simulasi siap dijalankan ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Simulasi PVsyst Siap dijalankan.

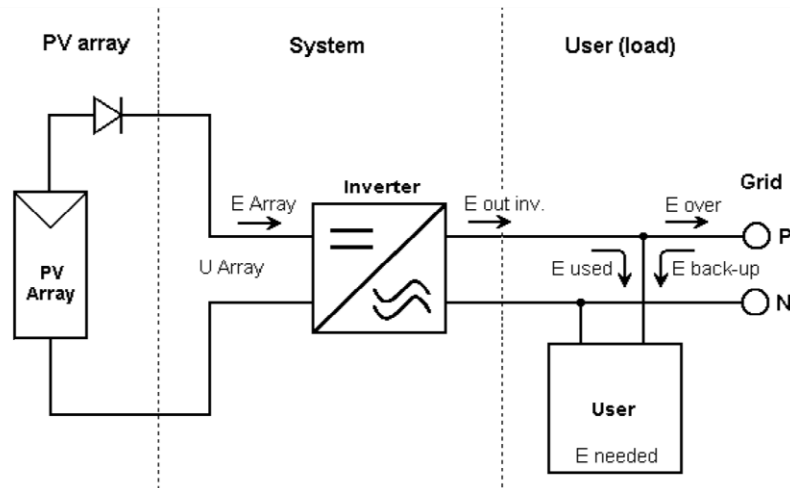
3. DATA DAN ANALISIS

3.1. Gambaran Umum Sistem

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh gambaran umum sistem PLTS *rooftop* grid-connected di Gedung Teknik Mesin SMKN (X) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8. Jumlah inverter yang dipasang sebanyak 2 unit, dan modul anel surya sebanyak 180 unit dengan total daya 81 kWp. Luas atap gedung teknik mesin adalah 440m² (**Standar IEEE 1562 Solar Sizing of array and batteries stand alone, 2007**).

Project summary			
Geographical Site Gedung Mesin Smkn 1 Majalengka Indonesia		Situation Latitude: -6.83 °S Longitude: 108.25 °E Altitude: 135 m Time zone: UTC+7	Project settings Albedo: 0.20
Meteo data Gedung Mesin Smkn 1 Majalengka PVGIS api TMY			
System summary			
Grid-Connected System Simulation for year no. 10		Tables on a building	
PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth: 17 / 0 °		Near Shadings Linear shadings	User's needs Daily profile weekly modulation Average: 176 kWh/Day
System information PV Array Nb. of modules: 180 units Pnom total: 81.0 kWp		Inverters Nb. of units: 2 units Pnom total: 80.0 kWac Pnom ratio: 1.013	

Gambar 7. Ringkasan Simulasi Sistem PLTS di Gedung Teknik Mesin SMKN (X)



Gambar 8. Skema Sederhana Sistem PLTS Gedung Teknik Mesin SMKN (X).

3.2. Potensi Energi Listrik

Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 potensi energi listrik yang dapat dihasilkan sistem PLTS *rooftop* grid-connected kapasitas 81 kWp di Gedung Teknik Mesin SMKN (X) adalah di atas 3000 kWh setiap bulannya. Potensi energi listrik yang terbesar dihasilkan pada bulan September yang mencapai 8532 kWh. Hal ini dapat dijelaskan karena iradiasi horizontal global atau global horizontal irradiation (GHI) dan nilai effective global (GlobEff) pada bulan Oktober paling tinggi diantara bulan lainnya, seperti ditunjukkan pada tabel 1 (Irfan, 2017).

Tabel 1. Balances and Main Results.

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_User kWh	E_Solar kWh	E_Grid kWh	EFrGrid kWh
January	124.4	79.85	23.25	114.2	109.8	7555	5615	3581	3849	2034
February	116.0	68.85	23.48	109.6	105.8	7220	4925	3077	4021	1848
March	149.5	76.94	24.10	147.7	143.7	9702	5426	3584	5958	1842
April	146.8	66.65	24.66	153.3	149.4	10049	5196	3179	6170	2017
May	169.2	59.99	24.52	189.0	184.9	12381	5615	4292	7892	1324
June	145.9	62.85	24.23	165.1	161.3	10896	5196	3940	6785	1256
July	173.6	57.69	24.08	197.2	193.0	12898	5426	4038	7288	1387
August	185.5	61.70	24.35	200.2	196.4	13032	5615	4323	8496	1292
September	191.8	69.45	25.73	195.1	191.1	12566	5006	3824	8532	1182
October	170.4	85.01	25.49	163.4	158.8	10636	5615	3782	5998	1833
November	145.3	81.01	24.83	133.9	129.2	8777	5385	3683	4953	1702
December	133.7	82.06	23.74	121.1	116.3	8015	5236	3381	4505	1855
Year	1851.9	852.04	24.37	1889.7	1839.7	123727	64256	44683	74445	19573

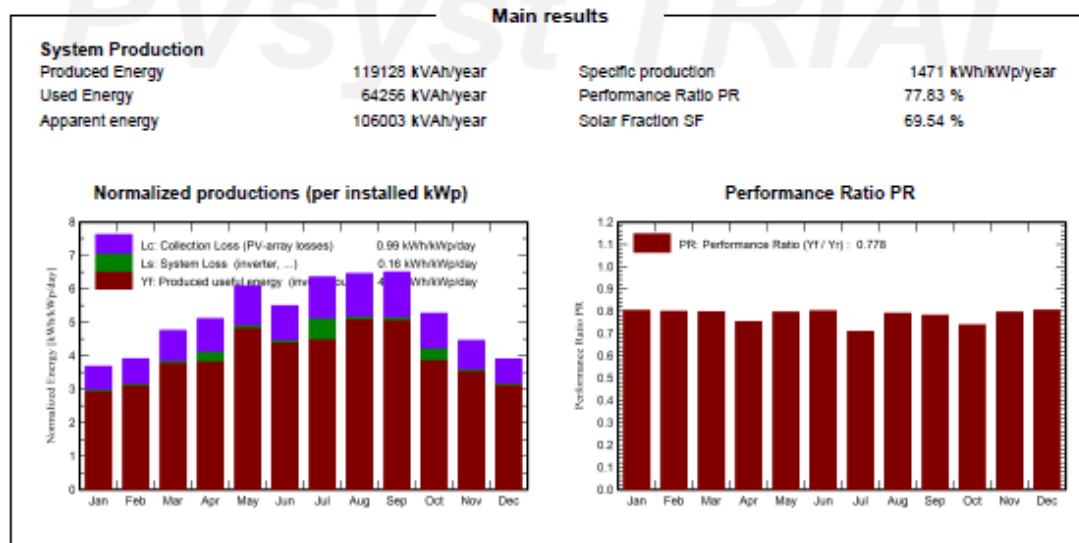
Legends

GlobHor Global horizontal Irradiation
 DiffHor Horizontal diffuse Irradiation
 T_Amb Ambient Temperature
 GlobInc Global incident In coll. plane
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings

EArray Effective energy at the output of the array
 E_User Energy supplied to the user
 E_Solar Energy from the sun
 E_Grid Energy injected into grid
 EFrGrid Energy from the grid

Performance Ratio (PR) atau rasio kinerja adalah rasio energi yang dihasilkan secara efektif, sehubungan dengan energi yang akan dihasilkan jika sistem terus bekerja pada STC (Standard Test Conditions). Normalised energy productions dijelaskan dalam standar International elektrotechnical commisions (IEC) dan merupakan parameter standar untuk penilaian kinerja sistem plts. Hal ini dapat dievaluasi untuk membandingkan perilaku arsitektur fotovoltaiik yang dibangun dalam

kondisi iklim yang sama. Produksi energi dan rugi-rugi sistem yang dihasilkan per kWh/hari yang terpasang dievaluasi dari simulasi dan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Normalised Energy Production dan Performance Ratio.

Secara ringkas, hasil simulasi atau potensi energi listrik yang dihasilkan PLTS *rooftop* grid connected di Gedung Teknik Mesin disajikan pada Gambar 9 potensi energi listrik yang dihasilkan setiap tahun adalah 119.128 kVA atau 119,128 MVA (Suantika, 2018).

3.3 Penghematan tagihan listrik

Pada Tabel 2 menjelaskan tentang perhitungan penghematan biaya listrik perbulan di SMKN (X).

Tabel 2. Perhitungan Penghematan Listrik.

	Satuan	SMKN (X)
Tagihan PLN sebelum menggunakan <i>rooftop</i> solar		
Kapasitas listrik PLN terpasang	VA	105000
Tarif Dasar Listrik (TDL)	Rp/kWh	900
Tagihan listrik	Rp/bulan	Rp 22.546.496,00
Energi yang digunakan (diimpor dari PLN) (a)	kWh/bulan	25051,66
Rekening minimum (40 jam/bulan x TDL * kVA)	Rp/bulan	Rp 3.780.000,00
Perkiraan Tagihan PLN setelah menggunakan <i>rooftop</i> solar		
Kapasitas solar panel terpasang	kWp	40
Produksi energi (hasil simulasi)	MWh / Tahun	62,266
	kWh/bulan	5188,83
Energi yang diimpor dari PLN	kWh/bulan	25051,66
Energi surya yang digunakan secara langsung	MWh / Tahun	62,241
	kWh/bulan	5186,75
Energi surya yang diekspor ke PLN	MWh / Tahun	0,025
	kWh/bulan	2,083333333

Jumlah Pemakaian Tenaga Listrik yg ditagihkan	Rp/bulan	Rp 17.878.421,00
Kompensasi = ekspor x 65% (di kurangkan bulan berikutnya)	Rp/bulan	Rp 1218,75
Potensi Pengurangan Biaya Tagihan Listrik	Rp/bulan	Rp 4.668.075,00
Perkiraan tagihan bulan pertama setelah di pasang	Rp/bulan	Rp 17.878.421,00
Perkiraan tagihan bulan kedua dan selanjutnya	Rp/bulan	Rp 17.877.202,25

Dengan adanya PLTS pada SMKN (X) diperkirakan dapat menghemat tagihan listrik sebesar Rp 4.668.075,00 perkiraan pembayaran bulan ke-1 setelah di pasang PLTS sekitar Rp 17.878.421,00 dan perkiraan tagihan bulan ke-2 setelah dipasang PLTS sekitar Rp 17.877.202,25.

3.4 Penurunan Emisi Karbon

Pemasangan PLTS *Rooftop* pada SMKN (X) berkontribusi dalam penurunan karbon di Indonesia sesuai data PVsyst yaitu :

Tabel 3. Penurunan Emisi Karbon.

		Satuan	SMKN (X)
Total energi per bulan PLN	:	Kwh	23.051,66
Total energi per bulan PLTS	:	Kwh	5.188,83
Nilai Faktor Emisi (FE)	:	kg Co ₂ /Kwh	0,88
Nilai Global Warming Potensial GWP	:		1
Hasil Reduksi (Total energi PLN – Total energi PLTS)	:	Kwh	238.353,95
Hasil Co ₂ PLN (Total energi PLN/Tahun x FE x GWP Co ₂)	:	kg Co ₂ /Kwh	263.643,69
Hasil Co ₂ PLTS (Total energi PLTS/Tahun x FE x GWP Co ₂)	:	kg Co ₂ /Kwh	54.607,28
% Penguran Emisi karbon Co ₂ PLN	:	%	21

Maka dapat disimpulkan dengan penggunaan energi dari PLTS dalam setahun dapat mengurangi emisi gas karbon sebesar 21 % atau 54.607 kg Co₂ (5.4 ton Co₂).

4. KESIMPULAN

Dengan mempertimbangkan letak geografis dan kondisi meteorologi lokasi dapat di tentukan desain PLTS dengan menggunakan software PVsyst. PVsyst dipilih karena software ini sangat handal dalam penelitian, penentuan kapasitas (sizing) dan analisis data dari sistem plts. Software PVsyst telah dibekali database baik data meteorologi maupun komponen sistem plts dari beberapa manufakturnya, dari hasil modeling dan pengolahan data dengan PVsyst maka di peroleh desain kapasitas PLTS pada sekolah SMKN (X) dengan parameter sebagai berikut: Kapasitas total PV adalah

81 kWp, modul PV yang digunakan sebagai acuan desain adalah modul PV 450 Wp. Modul PV akan disusun dalam bentuk array dan string. Modul PV dipasang menghadap ke arah utara dengan kemiringan 17°, String Combiner Box menggunakan model 4 input 2 output. Solar grid inverter, yang digunakan sebagai acuan desain adalah GTI Inverter Huawei dengan kapasitas 40 kW. Dengan dipasangnya PLTS *Rooftop* pada sekolah SMKN (X) dengan kapasitas 81 kWp maka akan terjadi penghematan pembayaran rekening listrik semula rata-rata tagihan Rp 22.546.496 per bulan menjadi sebesar Rp 17.878.421,00 per bulan dengan besar penghematan Rp 4.668.075,00. Kontribusi menurunkan emisi karbon Indonesia digedung tersebut 21 % atau sebesar 54.607,28 Kg Co₂/ tahun.

DAFTAR ISI

- Irfan, M. (2017). Perencanaan teknis dan ekonomis pembangkit listrik tenaga surya sistem on-grid. Fakultas sains dan teknologi universitas islam negeri sultan syarif kasim riau.
- Sahori, M. (2016, January 06). Perancangan pembangkit listrik tenaga surya sebagai catu daya lampu lalu lintas di pekanbaru. Retrieved from <http://repository.uin-suska.ac.id/id/eprint/366>
- Standar IEEE 1562 Solar Sizing of array and batteries stand alone. (2007). Sunwize Power.
- Suantika. (2018). Studi analisis pengaruh perubahan posisi terhadap efisiensi panel surya LPJU pass ngurah rai. SPEKTRUM Vol. 5, No. 1, 151-156.
- Sukmajati, S., & Hafidz, M. (2015). Perancangan dan analisis pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 10 Mw on grid di yogyakarta. Energi dan kelistrikan, 49-63.
- Syaeful Anwar, A. (2021, May 20). Analisis kelayakan pembangkit energi listrik tenaga surya *rooftop* di gedung fakultas teknik universitas siliwangi . Retrieved from Sarjana thesis, universitas siliwangi: <http://repositori.unsil.ac.id/id/eprint/2391>