

Analisa Variasi Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Output Daya Pada Stasiun Ngrombo

Axel Pamoga Akbar, Sukarno Budi Utomo, Dedi Nugroho

Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung

Correspondence Author: axelpamoga@std.unissula.ac.id

Abstract

Saat ini Pemerintah Republik Indonesia melalui RUPTL (Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik) menargetkan bauran Energi Baru dan Terbarukan (EBT) mencapai 23% pada tahun 2025. Pada tahun 2023 PT.KAI telah melakukan implementasi PLTS di 40 Stasiun dengan total kapasitas panel sebesar 1072,5 KWp dengan kontribusi rata-rata sebesar 49,63% dari kebutuhan listrik normal. Langkah tersebut merupakan komitmen PT.KAI untuk turut ikut serta menghijaukan Indonesia dalam program *Environmental, Social and Governance (ESG)* dalam pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT). Stasiun Ngrombo merupakan stasiun kelas 1 yang berada di Purwodadi. Memiliki konsumsi listrik harian sebesar 64,22 kWh. Pada penelitian ini membahas analisa variasi sudut kemiringan panel surya dilakukan guna mengetahui optimalisasi sudut pada Stasiun Ngrombo. Model dan spesifikasi dari PLTS ditetapkan berdasarkan konsumsi listrik harian dari Stasiun. Energi listrik yang nantinya dihasilkan akan difungsikan secara On-Grid sebesar 60% guna membantu suplai listrik pada Stasiun. Parameter yang ditentukan antara lain kapasitas dari panel, konsumsi listrik harian, intensitas radiasi matahari dan kapasitas inverter. Hasil perhitungan diperlukan sekitar 32 buah panel dengan kapasitas masing-masing 330 Wp dengan kapasitas total sebesar 10,8 kWp. Konstruksi dari array dengan struktur 4 string dimana setiap string terdiri atas 8 modul dirangkai seri. Kapasitas inverter yang digunakan sebesar 4,0 kW sebanyak 2 buah. Optimalisasi sudut kemiringan maksimum 15° dengan sudut azimuth menuju utara.

Keyword: PLTS, Sudut Kemiringan, Optimalisasi

1. PENDAHULUAN

Saat ini Pemerintah Republik Indonesia melalui RUPTL (Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik) menargetkan bauran Energi Baru dan Terbarukan (EBT) mencapai 23% pada tahun 2025.[1] Pada tahun 2023 PT.KAI telah melakukan implementasi PLTS di 40 Stasiun dengan total kapasitas panel sebesar 1072,5 KWp dengan kontribusi rata-rata sebesar 49,63% dari kebutuhan listrik normal. Langkah tersebut merupakan komitmen PT.KAI untuk turut ikut serta menghijaukan Indonesia dalam program *Environmental, Social and Governance (ESG)* dalam pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT). Langkah tersebut juga selaras dalam program yang diselenggarakan pemerintah untuk mengurangi gas rumah kaca menuju *Net Zero Emission* pada tahun 2060 mendatang.

Lokasi Stasiun Ngrombo berada di alamat Jl. Solo-Purwodadi, Depok Timur, Kecamatan Toroh, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah 58171. Karena letaknya berada pada garis khatulistiwa yang memiliki rata-rata radiasi matahari sebesar 4,8 KWh/m² [5] maka Stasiun Ngrombo menjadi salah satu sumber energi listrik. Simulasi sistem PLTS ini dibuat dengan cara digabungkan dengan listrik dari PLN dengan metode sistem *on-grid*. Pada penelitian ini menganalisa sudut kemiringan panel *polycrystalline* 330 Wp untuk mengetahui sudut kemiringan yang optimal, penelitian ini akan membahas tentang pengaruh sudut kemiringan panel *polycrystalline* 330 Wp terhadap optimalisasi daya output.

Pada penelitian yang dilakukan Suriadi, dengan judul “PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) TERPADU MENGGUNAKAN SOFTWARE PVSYST PADA KOMPLEKS PERUMAHAN DI BANDA ACEH”. Untuk perencanaan sebuah pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) pada perumahan perlu diperhatikan kapasitas masing-masing komponen PLTS. Dalam perencanaan ini dilakukan perhitungan untuk kebutuhan distribusi listrik rumah tangga sebesar 26,927 kWh perharinya dengan menggunakan *software* PVsyst. Karakteristik modul surya yang digunakan berkapasitas 200 Wp baterai sebanyak 30 unit dengan kapasitas 100 Ah, baterai *charge* regulator dengan kapasitas arusnya sebesar 500 A

dan *inverter* dengan kapasitas daya 12 kW. Apabila setiap komponen terpasang telah memenuhi spesifikasi, maka sistem PLTS ini akan mampu melayani 10 rumah dengan daya sambung 6 A[2].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pengambilan Data Lapangan

Data lapangan yang di ambil antara lain adalah data konsumsi energi harian pada lokasi penelitian. Stasiun Ngrombo memiliki kebutuhan daya harian sebesar 64,22 kWh dengan total kebutuhan daya dalam satu bulan sebesar 1155,9 kWh per bulannya. Kemudian data lainnya yang diambil merupakan data intensitas radiasi matahari pada daerah lokasi Stasiun Ngrombo. Data radiasi sendiri diambil melalui aplikasi PVSyst yang berdasar dari data satelit meteonorm. Untuk data radiasi matahari dapat dilihat pada Gambar 1.

	Global horizontal irradiation	Horizontal diffuse irradiation	Temperature	Wind Velocity	Linke turbidity	Relative humidity
	kWh/m ² /mth	kWh/m ² /mth	°C	m/s	[-]	%
January	136.8	88.0	27.3	1.60	4.828	81.6
February	140.1	79.6	27.2	1.69	4.914	82.4
March	154.2	93.4	27.7	1.30	5.003	80.1
April	162.5	80.6	27.8	1.39	5.160	80.7
May	159.5	69.8	28.6	1.60	4.866	74.8
June	158.2	61.1	27.9	1.60	4.831	72.9
July	165.1	65.0	27.8	1.80	4.821	68.8
August	176.3	73.8	28.0	2.01	5.125	65.9
September	178.8	79.4	28.3	1.89	5.587	66.9
October	192.9	95.7	29.0	1.69	6.987	68.8
November	168.9	89.2	28.1	1.20	6.899	77.3
December	163.1	92.9	27.6	1.20	5.451	80.7
Year	1956.4	968.5	27.9	1.6	5.373	75.1

Gambar 1. Data Radiasi Matahari Dari Satelit Meteonorm

2.2 Tahapan Dalam Penelitian

A. Array Modul Surya

Dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga surya, perlunya mengetahui luasan rencana yang akan di bangunnya pembangkit listrik. Sebelum menentukan spesifikasi dari komponen yang nantinya akan digunakan, hal utama yang perlu dilakukan adalah menentukan luas agar mendapatkan luas *array* yang tepat dan tidak memakan tempat berlebihan. Dengan menggunakan persamaan (1) maka dapat menentukan luas *array*.

$$\text{Luas Array} = \frac{EL}{G_{av} \times \eta_{PV} \times \eta_{Out} \times FKT} \quad (1)$$

Setelah mengetahui luas *array* dari panel surya, selanjutnya dapat menghitung besar dari daya yang ingin dibangkitkan. Perhitungan besarnya maksimal daya yang akan dibangkitkan bisa menggunakan persamaan:

$$P_{Wattpeak} = \text{Luas Array} \times PSI \times \eta_{PV} \quad (2)$$

Setelah mengetahui nilai besarnya daya yang akan dibangkitkan maka dapat menentukan jumlah panel modul yang akan digunakan dengan menggunakan persamaan (3) di bawah ini yaitu :

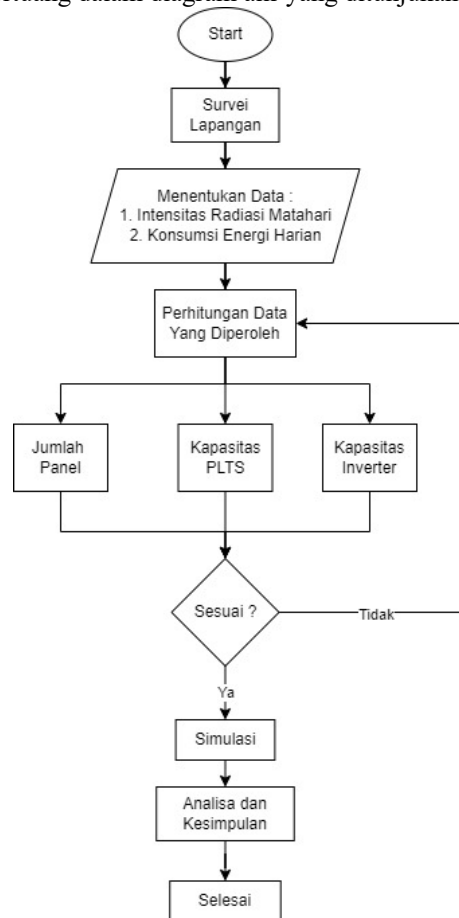
$$\text{Jumlah panel} = \frac{P_{wattpeak}}{P_{max}} \quad (3)$$

B. Inverter

Inverter merupakan rangkaian elektronika yang cara kerjanya yaitu merubah atau mengkonversi arus searah (DC) menjadi arus bolak balik (AC) pada frekuensi tertentu. Dalam aplikasi *inverter* pada PLTS perlu memperhatikan pemilihan *inverter* antara lain yaitu kapasitas, tegangan masukan, arus masukan, kualitas siklus murni, menggunakan sistem komutasi elektronik dengan *insulated gate bipolar transistor*, memiliki sistem aturan MPPT (Maximum Power Point Tracking), kemudian yang terakhir adalah mampu bekerja dalam suhu 45°C. Kapasitas *Inverter* sendiri dapat ditentukan dengan persamaan (4) di bawah ini :

$$\text{Kapasitas Inverter} = P_{mpp} \times \text{Safety Factor} \quad (4)$$

Pada penerapan pembangkit listrik tenaga surya yang harus diperhatikan dalam memilih sebuah *inverter* sendiri antara lain yaitu adanya *inverter* khusus *off-grid*, *on-grid* maupun *hybrid*. *Inverter* sendiri juga dibagi menurut dari jumlah fasanya yaitu *inverter* dengan 1 fasa (L-N) dan *inverter* dengan 3 fasa (R-S-T). Tahapan penelitian tersebut diatas tertuang dalam diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN ANALISA

3.1. Perhitungan Jumlah Panel

Stasiun Ngrombo memiliki kebutuhan daya harian sebesar 64,22 kWh dengan total kebutuhan daya dalam satu bulan sebesar 1155,9 kWh per bulannya. Jumlah daya direncanakan menggunakan rasio 60 : 40 yaitu sebesar 60% dari konsumsi daya harian, sehingga daya yang akan dipasok oleh panel surya sebesar :

$$\begin{aligned}
 EL &= 60\% \times \text{Pemakaian Daya Listrik Harian} \\
 &= 0,6 \times 64,22 \\
 &= 38,53 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya menentukan faktor koreksi temperatur (FKT), hal ini mempengaruhi daya maksimum dari modul setiap ada kenaikan suhu setempat. Setiap kenaikan suhu yang berkisar 1 °C dari 25 °C maka akan terjadi penurunan output pada modul sebesar 0,5 %. Temperatur tertinggi pada Stasiun terjadi pada bulan Oktober dengan suhu 29 °C.

$$\begin{aligned}
 P_{\Delta t} &= 0,5\% \times P_{Mpp} \times \text{Kenaikan Suhu} \\
 &= 0,5\% \times 330 \times 4 \\
 &= 6,6 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat dilihat dimana penurunan output daya terhadap kenaikan suhu yaitu sebesar 6,6 Watt, Maka keluaran dari modul dengan ukuran 330 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{Max\ t} &= 330 - 6,6 \\
 &= 323,4 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Maka dari itu faktor koreksi temperature (FKT) adalah :

$$FKT = \frac{P_{max\ t}}{P_{max\ Modul}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{323,4}{303} \\
 &= 0,98
 \end{aligned}$$

Perhitungan di atas digunakan untuk menentukan luass *array* dari modul yang akan digunakan dalam penelitian, parameter lainnya yaitu efisiensi dari modul yaitu sebesar 17.01%, efisiensi dari *inverter* sebesar 97% juga jumlah total energi yang akan dibangkitkan.

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Array} &= \frac{EL}{G_{av} \times \eta_{pv} \times n_{out} \times FKT} \\
 &= \frac{38,53}{5,36 \times 17,01\% \times 97\% \times 0,98} \\
 &= \frac{0,866}{38,53} \\
 &= 44,49 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Dengan rata-rata solar *irradiation* pada daerah setempat adalah 1000 W/m² maka dapat dihitung daya maksimal yang dapat dihasilkan oleh modul adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{wattpeak} &= \text{Luas array} \times \text{Average Solar Irradiaton} \times \text{Efisiensi modul} \\
 &= 44,49 \times 1000 \times 17,01\% \\
 &= 7567,74 \text{ Wp}
 \end{aligned}$$

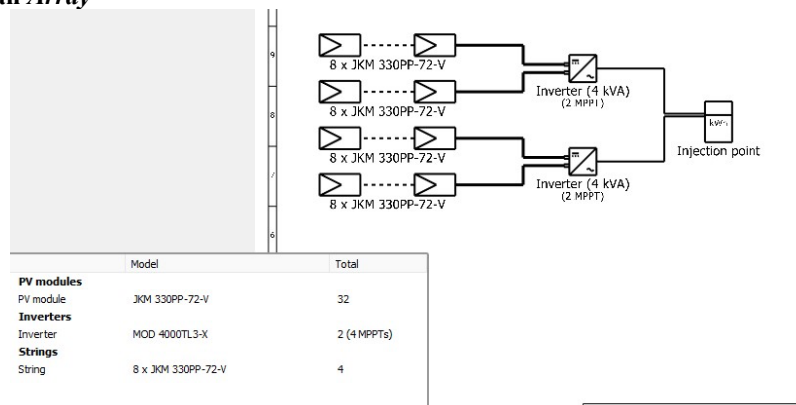
Namun terdapat rugi rugi daya yang terjadi pada saat pembangkitan daya, baik saat transmisi ataupun konversi pada *inverter*. Rugi daya kurang lebih bisa mencapai hingga 30%. oleh karena itu $P_{wattpeak}$ ditingkatkan sebesar 30%.

$$\begin{aligned}
 P_{wattpeak} &= \frac{P_{wattpeak}}{(100 - 30)\%} \\
 &= \frac{7567,74}{0,7} \\
 &= 10.811 \text{ Wp}
 \end{aligned}$$

Untuk kapasitas panel yang akan digunakan sebesar 330 Wp. Maka dapat ditentukan jumlah panel yang akan digunakan pada simulasi adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Panel} &= \frac{P_{wattpeak}}{P_{max} \text{ Module}} = \frac{10,811}{330} \\
 &= 32,7 \text{ atau 32 buah panel}
 \end{aligned}$$

3.2. Penyusunan Array



Gambar 3. Single Line Diagram dari Array

Berdasarkan Gambar 3 *array* akan dirangkai dalam 4 string dimana setiap 1 string terdiri atas 8 panel surya. String tersebut nantinya akan dihubungkan pada 2 *inverter* dengan tiap *inverter* memiliki 2 MPPT. Maka setiap 2 string akan dihubungkan dengan 1 *inverter*. Dengan setiap string menghasilkan tegangan maksimum (V_{mpp}) dan Arus maksimum (I_{mpp}) sebagai berikut. Tegangan Maksimum pada tiap stringnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_{mpp} &= V_{mp} \times \text{Jumlah Seri} \\
 &= 46,9 \times 8 \\
 &= 375,2 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Arus maksimum yang dialirkan oleh tiap string adalah 9,14 Ampere.

Daya Maksimum yang dibangkitkan panel surya pada setiap string.

$$P_{mpp} = V_{mpp} \times I_{mpp}$$

$$= 375,2 \times 9,14$$

$$= 3429,3 \text{ W}$$

Dengan satu *array* terpasang sebanyak 4 string dimana setiap string memiliki tegangan maksimum 375,2 V dan arus maksimum 9,14 A sehingga daya yang dapat dibangkitkan pada satu string adalah 3429,3 W. Sehingga total daya yang mampu dibangkitkan dalam satu *array* adalah $3429,3 \times 4 = 13.717,3 \text{ Watt}$ atau 13,71 kW.

3.3. Menentukan Kapasitas Inverter

Jika daya yang dihasilkan oleh sistem sebesar 3429,3 *Watt* untuk setiap *array*nya, maka setiap *array* membutuhkan *inverter* yang dapat berubah sesuai dengan tegangan PLN. Kapasitas *inverter* dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{Kapasitas Inverter} = P_{mpp} \times \text{Safety Factor}$$

$$= 3429,3 \times 1,25$$

$$= 4,2 \text{ kW}$$

3.4. Simulasi Menggunakan PVSyst

Simulasi menggunakan aplikasi PVSyst bertujuan untuk mengetahui sudut efektif serta pengaruh besar sudut terhadap daya keluaran dari panel surya. Hasil simulasi nantinya dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam penentuan sudut dari panel.

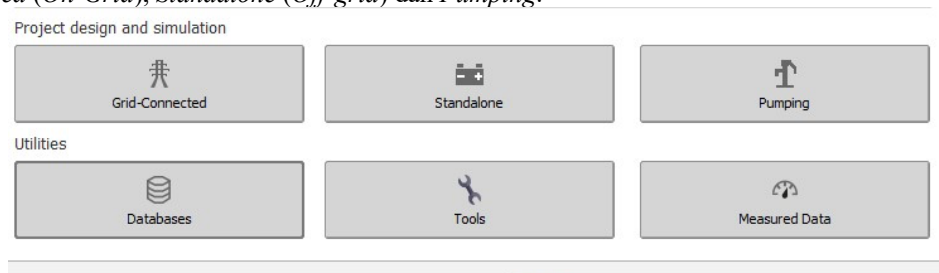
1. Konfigurasi Database

Pada Aplikasi ini yang pertama dilakukan adalah meng input data radiasi matahari pada objek penelitian. Dimana database tersebut dapat dikonfigurasi pada menu database geographical site dimana user akan diminta untuk menentukan titik koordinat dari objek penelitian serta menentukan sumber dari satelit mana data tersebut akan di ambil.

Gambar 4. Tampilan menu *geographical site*

2. Menu Utama

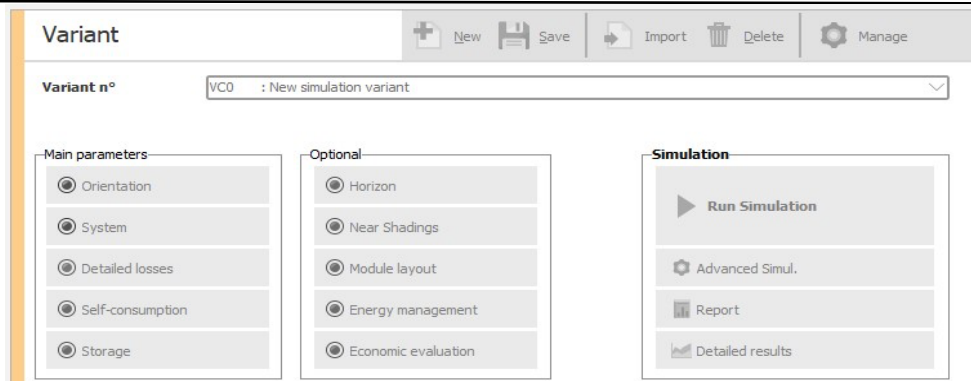
Pada menu ini pengguna dapat menentukan jenis dari PLTS yang ingin disimulasikan antara lain *Grid Connected (On-Grid)*, *Standalone (Off-grid)* dan *Pumping*.



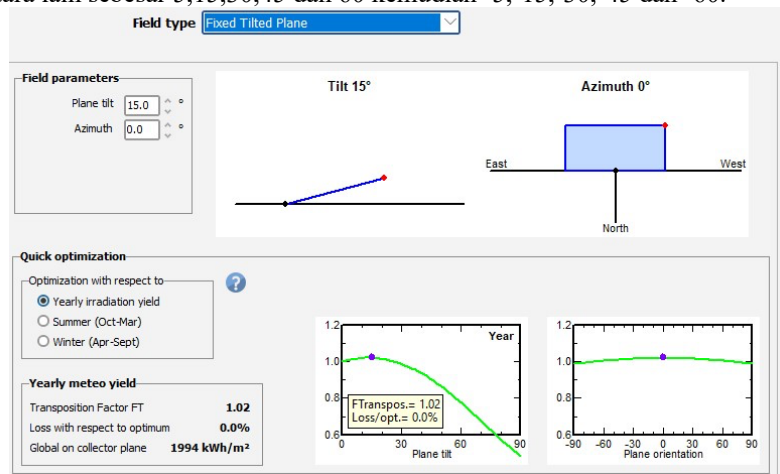
Gambar 5. Menu Utama PVSyst

3. Project Design

Pada menu ini pengguna diminta untuk memasukkan data-data parameter yang akan digunakan dalam simulasi nantinya.

Gambar 6. *Project PVsyst*

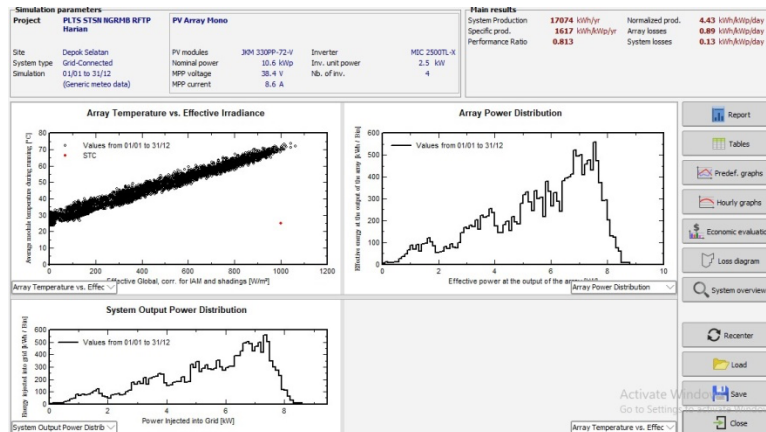
Pada bagian menu Variant dapat dimasukkan parameter yang dibutuhkan untuk simulasi nantinya antara lain Orientation untuk memasukkan data sudut kemiringan dan azimuth. Pada menu ini, dilakukan variasi sudut antara lain sebesar 5,15,30,45 dan 60 kemudian -5,-15,-30,-45 dan -60.

Gambar 7. *Menu Orientation PVsyst*

Kemudian menu System guna memasukkan data jenis panel surya, *Inverter*, luas *array* dan besar daya yang ingin dibangkitkan. Data yang telah didapat dari perhitungan sebelumnya dimasukkan pada menu ini. Maka akan tampil seperti pada gambar berikut ini.

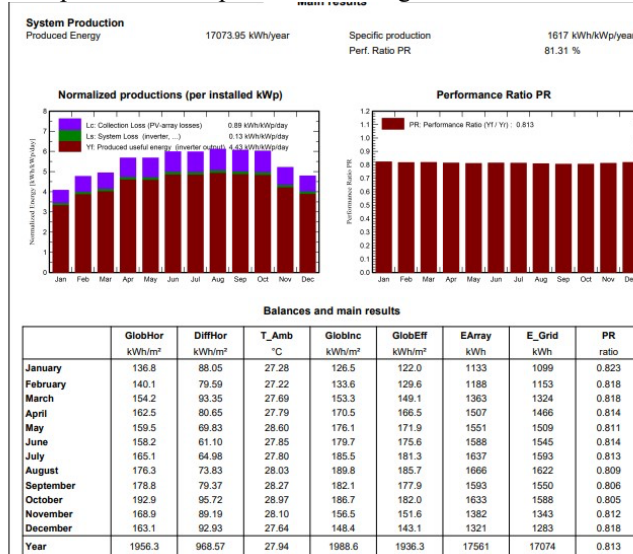
Gambar 8. *System Menu PVsyst*

Pada gambar 8 data yang dimasukkan antara lain yaitu data daya yang ingin dibangkitkan yaitu 10,8 kWp sesuai dari perhitungan sebelumnya. Kemudian panel yang digunakan adalah JinkoSolar dengan kapasitas 330 Wp sebanyak 32 buah dan *inverter* Growatt 4000 sebanyak 4 buah yang akan disusun 8 modul seri dan 1 *inverter* untuk tiap 2 *string* pada *array*nya. Setelah mengisi data-data parameter diatas maka dapat dilakukan simulasi pada menu *project*. Setelah simulasi dijalankan maka akan tampil menu seperti berikut ini.



Gambar 9. Hasil Run Simulation PVSyst

Pada menu report dapat meminta laporan detail mengenai hasil dari simulasi.



Gambar 10. Report Data Hasil Simulasi PVSyst

Pada Gambar 10 akan tampil data – data parameter hasil simulasi yang nantinya akan dimasukkan pada Tabel 1 untuk dilakukan perbandingan unjuk kerja dari masing masing variasi sudut yang nantinya akan di tarik kesimpulan.

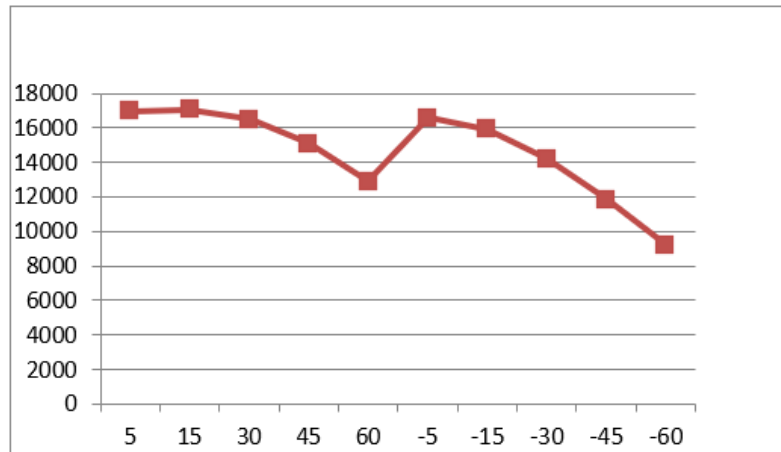
Tabel 1. Hasil Simulasi Variasi Sudut Terhadap Energi Yang Dihasilkan Dalam 1 Bulan

Bulan	Rata-rata Energi Harian Yang Dihubungkan Ke Grid (kWh)									
	5°	15°	30°	45°	60°	(-5°)	(-15°)	(-30°)	(-45°)	(-60°)
Jan	1168	1106	971	794	594	1207	1225	1211	1144	1020
Feb	1199	1159	1052	892	687	1219	1220	1176	1073	913
Mar	1342	1332	1264	1135	947	1331	1298	1196	1034	817
Apr	1473	1473	1468	1392	1242	1375	1289	1102	856	570
Mei	1433	1517	1577	1558	1458	1323	1183	929	631	384
Jun	1422	1554	1650	1660	1581	1302	1136	844	519	326
Jul	1496	1602	1686	1684	1592	1362	1202	911	582	346
Agu	1565	1630	1659	1602	1459	1472	1352	1109	805	479
Sep	1547	1557	1509	1382	1177	1512	1451	1295	1065	768
Okt	1639	1597	1468	1259	980	1655	1644	1560	1394	1148
Nov	1426	1351	1180	951	680	1477	1503	1484	1392	1226
Des	1381	1291	1102	870	612	1445	1484	1486	1418	1278
Tahun	17075	17169	16584	15179	13010	16678	15987	14304	11912	9275

Stasiun Ngrombo sendiri memiliki kebutuhan energi harian sebesar 64,22 kWh dan pada penelitian ini direncanakan menggunakan rasio 60 % PLTS dan 40 % PLN, dan diketahui hasilnya sebesar 38,53 kWh per hari atau sebesar 1155,9 kWh tiap bulannya. Pada simulasi PVSyst didapatkan hasil yang ditunjukkan pada tabel 1. Untuk perbandingan di sini diambil data hasil simulasi dari tabel pada bulan Januari yaitu sebesar 1168 kWh dimana pada bulan ini memiliki intensitas radiasi paling rendah dan dilakukan perhitungan sebagai berikut :

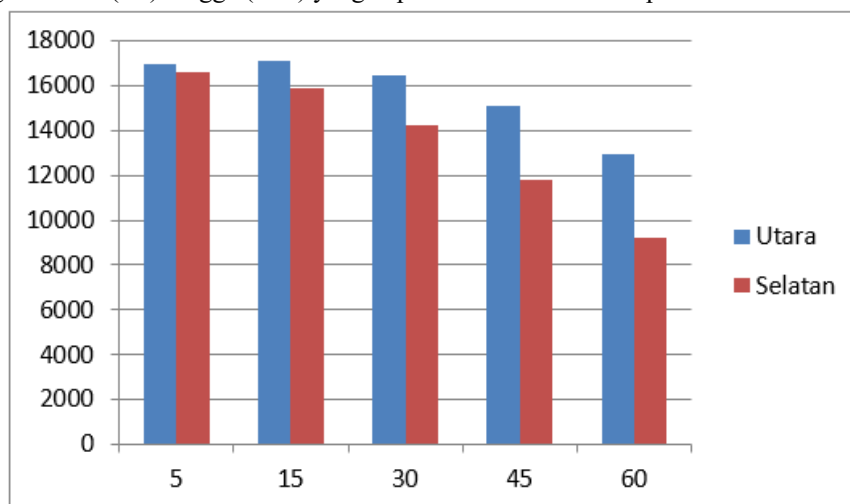
$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\text{Energi Dalam 1 Bulan Yang Dihasilkan PLTS}}{\text{Kebutuhan Energi Stasiun Dalam 1 Bulan}} \\
 &= \frac{1168}{1155} \\
 &= 1,01 \text{ atau } 101 \%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa perencanaan PLTS pada Stasiun Ngrombo mampu memenuhi harapan yaitu sebesar 101% dari total perencanaan energi yang telah diperhitungkan sebelumnya.



Gambar 11. Perbandingan total energi yang disalurkan ke grid dalam setahun berdasarkan sudut kemiringan panel

Pada Gambar 11 dapat dilihat variasi kemiringan sudut panel surya sangat mempengaruhi keluaran energi yang dihasilkan oleh PLTS, bahwa semakin besar sudut kemiringan panel maka semakin kecil total energi yang dapat dihasilkan per tahunnya. Pada grafik 1 menunjukkan hasil yang optimal berada diantara sudut 5° hingga 30° dan (-5°) hingga (-30°). Namun apabila dilihat dari hasil rata-rata perbulannya pada Tabel 4.2, hanya sudut 5° hingga 15° dan (-5°) hingga (-15°) yang dapat memberikan hasil optimal.



Gambar 12. Perbandingan Hasil Output Dari Variasi Arah Sudut Azimut

Dari Gambar 12 diatas dapat dilihat bahwa variasi sudut azimuth juga mempengaruhi terhadap keluaran energi dari PLTS dimana panel surya yang dipasang menghadap ke arah utara saat simulasi mampu menghasilkan energi yang lebih optimal bila di bandingkan dengan panel surya yang dipasang menghadap ke arah selatan saat simulasi.

4. KESIMPULAN

1. Stasiun Ngrombo memiliki kebutuhan energi harian sebesar 64,22 kWh dengan total kebutuhan energi dalam satu bulan sebesar 1155,9 kWh per bulannya. Direncanakan menggunakan rasio 60 % untuk energi yang ingin dibangkitkan yaitu sebesar 38,53 kWh dan 40% disuplai oleh PLN. Hasil dari perhitungan menunjukkan total energi yang akan dibangkitkan sebesar 10,81 kWp dengan total panel sebanyak 32 buah panel surya, dengan masing-masing panel berkapasitas 330 Wp, dengan satu *array* terdiri atas 4 string dimana masing-masing string terdiri atas 8 buah panel yang dihubungkan pada MPPT *inverter* dengan total 2 *inverter*. Untuk *inverternya* sendiri menggunakan kapasitas 4000 *Watt* dari *Growatt*.
2. Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan perangkat lunak PV Syst yang dilakukan, didapatkan sudut kemiringan panel surya yang paling optimal untuk pemasangan PLTS pada stasiun Ngrombo berada pada sudut 15° dengan total energi yang dibangkitkan rata-rata perbulannya sebesar 1.422,8 kWh sedangkan untuk sudut azimuth dapat disimpulkan berdasarkan grafik didapatkan bahwa arah utara dapat memberikan hasil output yang lebih baik dibandingkan bila dipasang menghadap arah selatan.
3. Berdasarkan contoh hasil simulasi sudut 5° pada bulan Januari dimana memiliki nilai intensitas radiasi paling rendah menghasilkan energi sebesar 1168 kWh perbulannya. Diketahui bahwa perencanaan memiliki ekspektasi output energi sebesar 1155 kWh perbulannya, maka bila dihitung rasio dari performanya maka akan mendapatkan hasil sebesar 1,01 atau 101%. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa perencanaan PLTS pada Stasiun Ngrombo layak untuk direalisasikan

DAFTAR PUSTAKA (10 PT)

- [1] Nugroho, Agung. (2019) "Analisis Potensi Dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Menggunakan Software PVSYST 6.43". Universitas Diponegoro.
- [2] Sianipar, Rafael (2014) "Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik". Universitas Trisakti
- [3] Ali, Muhamad Faisal. (2017) "Optimasi Orientasi Dan Sudut Kemiringan Panel Surya Di Gedung CDAST Universitas Jember". Universitas Jember.
- [4] Syukri, Mahdi. (2010) "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan di Banda Aceh". Universitas Syiah Kuala.
- [5] Sumbung, F., Letsoin, Y. and Hardiantono, D. (2016) "Penentuan Kapasitas Dan Karakteristik Modul PV Pada Perencanaan Pembangunan PLTS Komunal Di Distrik Okaba", *MUSTEK ANIM HA*, 5(2), pp. 181-195.
- [6] Santiari, Dewa Ayu Sri. (2011). "Studi Pemanfaatan PLTS Sebagai catu Daya Tambahan pada Industri Perhotelan di Nusa Lembongan Bali". Teknik Elektro Universitas Udayana.
- [7] _____, (2018). "Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No. 44 Tahun 2018 Tentang Persyaratan Teknis Peralatan Persinyalan Perkeretaapian". Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- [8] B. Ramadhani. (2018) "Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts".
- [9] W.Nugroho, A. Nugroho, dan B. Winardi. (2020) "Analisis Potensi Dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro Menggunakan Software PVSyst 6.43," Universitas Diponegoro.
- [10] E. Setyani, B. Winardi, dan Karnoto. (2019) "Analisis Potensi dan Unjuk Kerja Perencanaan PLTS On Grid System di GOR Jatidiri Semarang Menggunakan Software PVSyst 6.43," Universitas Diponegoro.
- [11] Imaduddin Marie Gindo, Heri Suyanto. (2019) "Studi Perencanaan On Grid Dengan Kapasitas 30 kWp Di Taman Wisata Angke Kapuk", STTPLN