

ANALISIS POTENSI DAN UNJUK KERJA PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) UNTUK MENSUPPLAI LAMPU PENERANGAN JALAN UMUM DI UNIVERSITAS DIPONEGORO MENGGUNAKAN SOFTWARE PVSYSY 6.43

Widhi Prakoso¹⁾, Bambang Winardi dan Agung Nugroho

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: widhi15.prakoso@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang secara geografis terletak tepat berada di garis khatulistiwa dan memberikan beragam keuntungan serta potensi besar dalam hal pemanfaatan energi matahari. Hal ini dikarenakan besarnya radiasi matahari bergantung pada letak garis lintang, kondisi atmosfer, dan posisi matahari terhadap garis khatulistiwa. Indonesia mempunyai tingkat radiasi rata-rata yang relatif tinggi. Hal ini merupakan sebuah keuntungan besar bagi Indonesia dalam hal pemanfaatan dan pembangkitan energi matahari menjadi energi listrik (PLTS). Universitas Diponegoro, sebagai salah satu universitas terbaik di Indonesia memiliki sebuah lahan kosong terletak disamping Departemen Teknik Elektro yang belum teroptimalkan dengan baik. Tingkat radiasi matahari yang cukup tinggi tiap harinya, menjadikan lahan kosong samping Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro yang terletak di Tembalang, Semarang, Jawa Tengah ini dapat dimanfaatkan sebagai sebuah siteplan PLTS yang cukup besar guna mensuplai beban LPJU di kawasan Universitas Diponegoro sehingga lahan kosong tersebut memiliki nilai guna dan manfaat yang tinggi. Melalui software PVSyst 6.43, potensi dan kinerja dari perencanaan PLTS untuk mensuplai LPJU di kawasan Universitas Diponegoro ini menghasilkan energi sebesar 119,645 MWh tiap tahun nya. Dengan sistem PLTS yang tanpa terhubung jaringan (OffGrid), PLTS ini mampu untuk mensuplai beban LPJU di malam hari yaitu sebesar 74,810 MWh tiap tahun nya.

Kata kunci: PLTS, LPJU, OffGrid, PVSyst

Abstract

Indonesia is a country that is geographically located right on the equator and provides a variety of advantage and great potential in terms of solar energy utilization. This is because the magnitude of solar radiation depends on the location of the latitude, atmospheric conditions, and the position of the sun on the equator. Indonesia has a relatively high average radiation level. This is an advantage for Indonesia in terms of the utilization and generation of solar energy into electricity (PLTS). Diponegoro University, as one of the best universities in Indonesia, has an empty land located beside the Department of Electrical Engineering that has not been well optimized. The level of solar radiation is quite high every day, making the vacant land next to the Department of Electrical Engineering of Diponegoro University located in Tembalang, Semarang, Central Java have high use and benefit values. Through software PVSyst 6.43, the potential and performance of PLTS planning to supply LPJU in the Diponegoro University area produces energy of 119,645 MWh per year. With a PLTS system that is without network connection (OffGrid), this PLTS is capable of supplying LPJU loads at night, which is 74,810 MWh per year.

Keywords: PLTS, LPJU, OffGrid, PVSyst

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang secara geografis terletak tepat berada di garis khatulistiwa dan memberikan beragam keuntungan serta potensi besar dalam hal pemanfaatan energi matahari, serta mempunyai tingkat radiasi rata-rata relatif tinggi [1]. Berdasarkan hal tersebut, tentu saja Indonesia mempunyai modal besar

guna mengembangkan teknologi pembangkitan listrik menggunakan teknologi panel surya. Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi daya keluaran sel surya adalah radiasi matahari dan temperatur sel surya [2]. Daya keluaran yang dihasilkan sel surya sangat bergantung pada radiasi yang diterima oleh modul surya, begitu pula dengan temperaturnya. Untuk memaksimalkan daya keluaran yang dihasilkan, maka sel surya harus

memperoleh radiasi matahari maksimal dan dibutuhkan temperatur relatif rendah agar daya keluaran yang dihasilkan meningkat. Dalam pemasangan Lampu Penerangan Jalan Umum (LPJU) untuk sumber energi listriknya pada umumnya menggunakan sumber PLN yaitu dengan cara menarik jaringan distribusi pada tiang terdekat dengan beban. Namun, sekarang tidak hanya menggunakan sumber PLN saja melainkan terdapat sumber Energi Baru dan Terbarukan (EBT) yang dapat dimanfaatkan juga untuk mensuplai lampu penerangan jalan umum yaitu dengan menggunakan *Photovoltaic* (PV) [3]. Lampu Penerangan Jalan Umum dengan catu daya tenaga surya merupakan sebuah alternatif yang murah dan hemat untuk digunakan sebagai sumber listrik penerangan karena menggunakan sumber energi gratis dan tak terbatas yang disediakan oleh alam yaitu berasal dari energi matahari [4]. Universitas Diponegoro sebagai salah satu Perguruan Tinggi Negeri (PTN) terbesar di Indonesia memiliki 8 lokasi kampus yang tersebar diberagam daerah di Jawa Tengah sebagai sarana perkuliahan. Salah satunya adalah kampus yang terletak di Jalan Prof. Soedarto, S.H., Kelurahan Tembalang, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah. Kampus UNDIP Tembalang ini merupakan pusat dari segala aktivitas civitas akademika Universitas Diponegoro yang terdiri dari 11 fakultas dan 1 sekolah vokasi diatas lahan seluas 2.009.862 m² [5]. Penelitian ini bertujuan guna merancang dan menganalisis potensi dan unjuk kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan memanfaatkan serta mengoptimalkan penggunaan lahan kosong samping Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro sebagai catu daya beban listrik harian Lampu Penerangan Jalan Umum (LPJU) di Universitas Diponegoro menggunakan *software* PVSyst 6.43. Dengan adanya LPJU yang menggunakan sumber dari tenaga surya (*solar cell*), diharapkan dapat mengurangi konsumsi akan kebutuhan pasokan listrik dari PLN bahkan sumber pasokan listrik untuk mensuplai LPJU cukup dari PLTS itu sendiri [6].

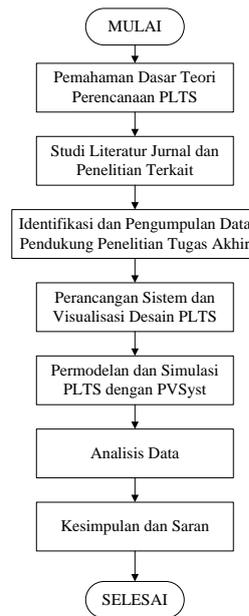


Gambar 1. Lahan Kosong Samping Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro

2. Metode

2.1. Perancangan Simulasi

Diagram alir dari Penelitian berjudul “Analisis Potensi dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Mensuplai Lampu Penerangan Jalan Umum di Universitas Diponegoro Menggunakan *Software* PVSyst 6.43” dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Pengerjaan Penelitian

2.2. Pengambilan Data

Pada tahap pengerjaan Penelitian ini, dilakukan pengambilan data di *website* NASA [7] guna mengetahui beragam parameter meteorologi dan klimatologi di wilayah perencanaan yakni di wilayah Kota Semarang selama periode tahun 2018. Adapun beberapa data yang diperlukan guna pengerjaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Intensitas Radiasi Matahari Tahun 2018

BULAN	INTENSITAS RADIASI MATAHARI (kWh/m ² /hari)
Januari	4,26
Februari	4,89
Maret	4,92
April	5,47
Mei	5,32
Juni	4,97
Juli	5,46
Agustus	5,75
September	6,05
Oktober	6,24
November	5,02
Desember	4,79
Rata-Rata	5,26

Tabel 2. Temperatur Rata-Rata Tahun 2018

BULAN	TEMPERATUR RATA-RATA (°C)
Januari	24,6
Februari	24,6
Maret	25,0
April	25,4
Mei	25,0
Juni	24,6
Juli	24,1
Agustus	24,7
September	26,5
Oktober	27,1
November	26,2
Desember	25,3
Rata-Rata	25,3

Selain diperoleh dari *website* NASA, pengambilan data guna menunjang Penelitian ini diperoleh juga melalui hasil redesain beban harian lampu penerangan jalan umum di Universitas Diponegoro. Data ini dibutuhkan sebagai estimasi penggunaan daya yang diperlukan untuk suplai LPJU berdasarkan hasil redesain. Berdasarkan data hasil redesain tersebut, diperoleh data bahwa beban lampu penerangan jalan umum sebesar 204,96 kWh/hari.

Tabel 3. Hasil Redesain Beban Harian LPJU

Lokasi	Jenis Lampu	Jumlah Lampu	Daya Tiap Lampu (W)	Total Daya (W)	Pemakaian Perhari (Hours)	Total Daya Perhari (Wh)
Taman Depan Teknik Elektro	Lampu LED	7	70 W	490 W	12 jam	5880 Wh
Budaran Widyia Puraya	Lampu LED	6	70 W	420 W	12 jam	5040 Wh
Jalan Dekanat	Lampu LED	44	70 W	3080 W	12 Jam	36960 Wh
Jalan Soedharto	Lampu LED	32	70 W	2240 W	12 Jam	26880 Wh
FPP	Lampu LED	11	70 W	770 W	12 Jam	9240 Wh
Depan Teknik Industri	Lampu LED	10	70 W	700 W	12 Jam	8400 Wh
Depan Teknik Mesin	Lampu LED	10	70 W	700 W	12 Jam	8400 Wh
Samping Rektorat	Lampu LED	10	70 W	700 W	12 Jam	8400 Wh

Lanjutan Tabel 3.

Depan FEB	Lampu LED	16	70 W	1120 W	12 Jam	13440 Wh
Depan FK	Lampu LED	17	70 W	1190 W	12 Jam	14280 Wh
Turunan FPP	Lampu LED	36	70 W	2520 W	12 Jam	30240 Wh
Depan Teknik Sipil	Lampu LED	9	70 W	630 W	12 Jam	7560 Wh
Samping Teknik Arsitek	Lampu LED	8	70 W	560 W	12 Jam	6720 Wh
Depan Fisip dan Hukum	Lampu LED	22	70 W	1540 W	12 Jam	18480 Wh
Taman Inspirasi	Lampu LED	6	70 W	420 W	12 Jam	5040 Wh
Total		244		17080 W		204960 Wh = 204,96 kWh

2.3. Perhitungan Komponen Sistem PLTS

Dalam pembuatan rancangan PLTS di lahan kosong samping Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro, diperlukan beragam komponen pendukung yang baik guna mengoptimalkan kinerja sistem PLTS tersebut[8]. Adapun penggunaan komponen guna mendukung kinerja sistem PLTS ini antara lain:

1. Panel Surya

Jenis panel surya yang digunakan dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di Universitas Diponegoro ini menggunakan panel surya dengan merk AUO Tipe PM060MW4. Panel surya ini mempunyai kapasitas pada kondisi standar sebesar 320 Watt-peak (Wp). Berikut merupakan rumus untuk menghitung total energi yang diterima pada modul surya :

$$\text{Total Energi Modul} = \frac{\text{Total energi per hari}}{1 - \text{total rugi-rugi}} \quad (1)$$

Total energi yang diterima oleh modul surya sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Total Energi Modul} &= \frac{204.960}{1 - 0,435} = 362.761 \text{ Wh} \\ &= 362,761 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai total energi yang diterima pada modul surya, maka langkah selanjutnya yaitu dengan menentukan kapasitas modul atau biasa yang dikenal dengan istilah daya beban puncak yang dapat diterima oleh modul surya. Berikut merupakan rumus untuk menghitung kapasitas daya yang diterima pada modul surya :

$$\text{Kapasitas Modul} = \frac{\text{Total energi modul}}{\text{Minimum rata-rata iradiasi}} \quad (2)$$

Sehingga, nilai kapasitas modul sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Modul} &= \frac{362,761}{4,26} = 85,15 \text{ kWp} \\ &= 85.155 \text{ WP} \end{aligned}$$

Apabila nilai kapasitas daya beban puncak yang dapat diterima oleh modul surya sudah ditentukan, maka selanjutnya dapat menentukan jumlah modul surya yang diperlukan agar daya yang dihasilkan oleh modul surya mampu untuk mensuplai beban lampu penerangan jalan umum dikawasan Universitas Diponegoro. Berikut merupakan rumus untuk menghitung jumlah modul surya yang dibutuhkan :

$$\text{Jumlah Modul} = \frac{\text{Kapasitas Modul}}{\text{Daya Nominal Modul}} \quad (3)$$

Sehingga, jumlah modul yang diperlukan sebanyak :

$$\text{Jumlah Modul} = \frac{85.155}{320} = 266,109$$

Perhitungan diatas masih harus dikalikan dengan nilai batas aman yaitu sebesar 1,25% sehingga didapatkan perhitungan selanjutnya untuk menentukan jumlah modul surya yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Modul} &= (\text{jumlah modul awal} \times \text{batas aman}) + \\ &\text{jumlah modul awal} \\ &= (266,109 \times 0,0125) + 266,109 \\ &= 269,435 = 270 \text{ modul surya} \end{aligned}$$

2. Baterai

Baterai merupakan komponen sistem PLTS yang cukup penting apabila PLTS terpasang secara *off-grid*. Baterai ini berfungsi sebagai alat penyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya. Tanpa adanya baterai, maka PLTS hanya dapat digunakan pada siang hari atau pada kondisi matahari bersinar. Baterai yang akan digunakan dalam perancangan sistem PLTS ini adalah merk Energy Cell 106-RE. Baterai ini memiliki kapasitas 100 Ah dengan tegangan normal kerja 12 Volt. Berikut merupakan rumus untuk menghitung kapasitas yang diperlukan pada baterai :

$$C = \frac{N \times E_d}{V_s \times DOD \times \eta} \quad (4)$$

Dimana :

C = Kapasitas Baterai (Ah)

N = Jumlah hari otonom (hari)

E_d = Konsumsi energi harian (kWh)

V_s = Tegangan Baterai (Volt)

DOD = Kedalaman maksimum pengosongan baterai (%)

η = Efisiensi baterai dan inverter (%)

Maka dapat dilakukan perhitungan menggunakan persamaan rumus (4) sehingga didapatkan nilai kapasitas baterai sebesar :

$$C = \frac{2 \times 204960}{360 \times 0,75 \times 0,8} = 1897,8 \text{ Ah}$$

Jika baterai yang digunakan memiliki spesifikasi 12V – 100 Ah, maka :

- Jumlah baterai yang dihubung seri sebanyak $= \frac{360V}{12V} = 30$ baterai
- Jumlah baterai yang dihubung paralel sebanyak $= \frac{1897,8 \text{ Ah}}{100 \text{ Ah}} = 20$ baterai

Sehingga, jumlah baterai yang dibutuhkan yaitu :

Jumlah baterai = jumlah baterai seri x jumlah baterai paralel

$$\text{Jumlah baterai} = 30 \times 20 = 600 \text{ baterai.}$$

3. Solar Charger Controller

Pada kondisi lapangan, panel surya selalu memiliki nilai tegangan dan arus yang berubah, hal ini disebabkan nilai radiasi matahari yang selalu berubah dan terkadang tidak optimal. Sedangkan dalam pengisian baterai, dibutuhkan nilai tegangan dan arus yang konstan. Untuk itu digunakan *Solar Charger Controller* yang berfungsi untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai sehingga tegangan dan arus menjadi konstan. *Solar Charger Controller* yang digunakan menerapkan teknologi MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Maximum Power Point Tracking (MPPT) adalah sebuah metode yang di gunakan pada *solar charge controller* pada sistem PLTS untuk memaksimalkan daya tegangan yang di keluarkan dari sumbernya. Berikut merupakan rumus untuk menghitung kapasitas yang diperlukan pada *Solar Charge Controller* :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Solar Charge Controller} \\ &= \frac{\text{Kapasitas Modul} \times \text{Batas Aman}}{\text{Sistem Tegangan}} \quad (5) \end{aligned}$$

Dimana batas aman ditentukan sebesar 1,25

Sehingga, nilai kapasitas *Solar Charge Controller* sebesar

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Solar Charge Controller} &= \frac{85.155 \times 1,25}{97,8} \\ &= 1088,38 \text{ A} \end{aligned}$$

Jika *Solar Charge Controller* yang digunakan memiliki spesifikasi 60A, maka jumlah *Solar Charge Controller* yang dibutuhkan yaitu :

$$\text{Jumlah Solar Charge Controller} = \frac{1088,398}{60} = 18,1$$

4. Inverter

Inverter adalah salah satu komponen sistem PLTS yang penting untuk diperhatikan dengan baik spesifikasinya. Alat ini akan mengubah arus DC (*direct current*) yang dihasilkan dari panel surya menjadi arus AC (*alternating current*) untuk digunakan dalam beban sistem LPJU. Daya beban puncak yaitu sebesar 85,15 kW, sedangkan inverter yang digunakan memiliki spesifikasi daya keluaran AC sebesar 100. Hal ini membuktikan bahwa inverter telah sesuai karena daya keluaran AC pada inverter lebih besar dari daya beban puncak dan hanya membutuhkan 1 buah inverter.

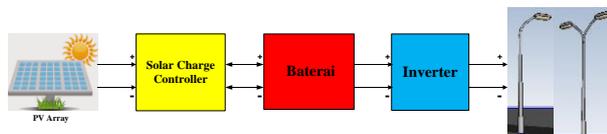
Berdasarkan perhitungan tiap komponen diatas, maka rekapitulasi spesifikasi dan kapasitas komponen sistem PLTS LPJU Universitas Diponegoro ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 4. Spesifikasi Komponen PLTS

No	Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Panel Surya	Type: Monocrystalline Pmax : 360 WP Vmp : 32,6V Imp : 9,83A Voc : 39,9V Isc : 10,35A Power tolerance: ± 5% Efficiency: 18,5%	270
2	MPPT Controller	Type: MPPT Max Charging Current : 60 Ampere MPPT Volt : 48-150 Vdc Battery Voltage @48V Efficiency : >95%	18
3	Inverter	Type: Inverter/Charger Output Power Output: 100 kW Output voltage : 380 VAC 50Hz Output current : 142 A Nominal DC Input : 48 V Efficiency: >95%	1
4	Baterai	Type LeadAcid, AGM Capacity : 100 Ah Voltage : 12V DOD : 75%	600

2.4. Skema Kerja Sistem PLTS

Berikut rancangan skema kerja sistem PLTS yang akan di implementasikan di lahan kosong samping Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro sebagai berikut :



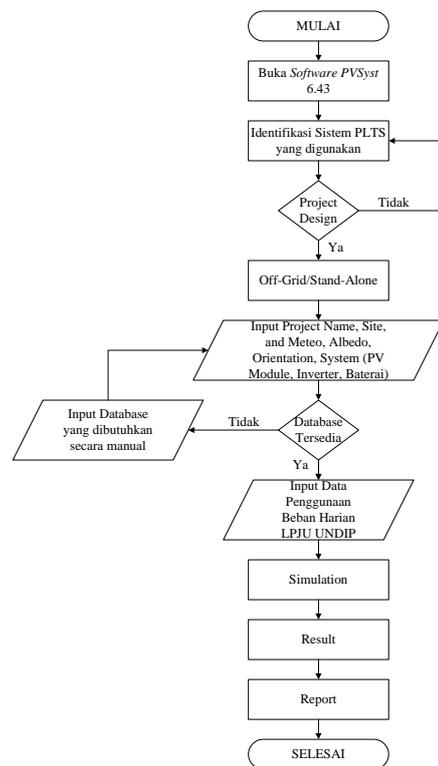
Gambar 3. Skema Kerja Sistem PLTS OffGrid

Berdasarkan skema kerja sistem PLTS *off-grid* pada gambar 3. dapat diketahui bahwa modul surya dengan kapasitas 320 WP sebanyak 270 buah dihubungkan menuju *Charge Controller* sebanyak 18 buah yang bertujuan agar mengatur arus dan tegangan yang masuk dari panel surya maupun arus dan tegangan yang keluar masuk dari penyimpanan baterai. Penyimpanan baterai yang dibutuhkan yaitu sebanyak 600 buah, hal ini dikarenakan seluruh daya yang dihasilkan dari 270 panel surya semuanya ditampung dan disimpan di dalam baterai pada siang hari sehingga pada siang hari keadaan baterai mengalami proses siklus pengisian (*charging*) karena

beban lampu penerangan jalan umum hanya membutuhkan suplai energi pada malam hari, sehingga pada malam hari kondisi baterai mengalami proses pengosongan (*discharging*) karena daya yang disimpan pada baterai disalurkan untuk mensuplai beban LPJU. Namun sebelumnya, daya yang disalurkan dari baterai untuk suplai beban LPJU harus melewati inverter terlebih dahulu dikarenakan arus yang mengalir pada komponen panel surya, *charge controller*, dan baterai masih berupa arus searah (*DC Current*) sehingga perlu nya 1 buah inverter guna mengubah arus searah (*DC Current*) menjadi arus bolak-balik yang biasa disebut dengan (*AC Current*).

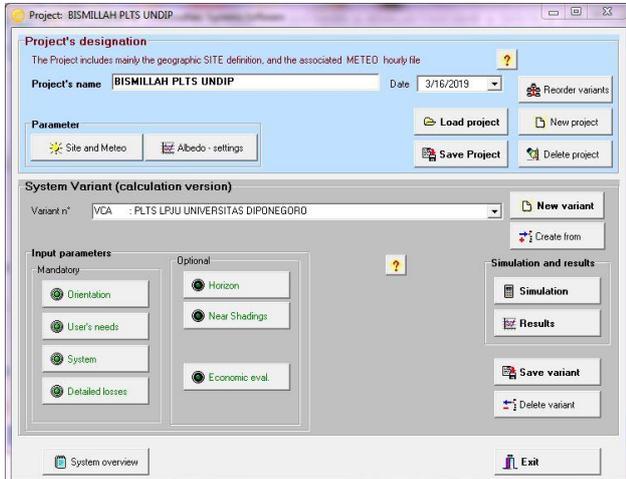
2.5. Simulasi

Perancangan PLTS di lahan kosong samping Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro menggunakan *software* PVSyst 6.43 sebagai perangkat lunak utama guna mengolah data yang diperoleh dan identifikasi analisis potensi serta unjuk kerja sistem PLTS yang dirancang. Adapun diagram alir dari pengoperasian *software* PVSyst 6.43 untuk perancangan simulasi adalah sebagai berikut:



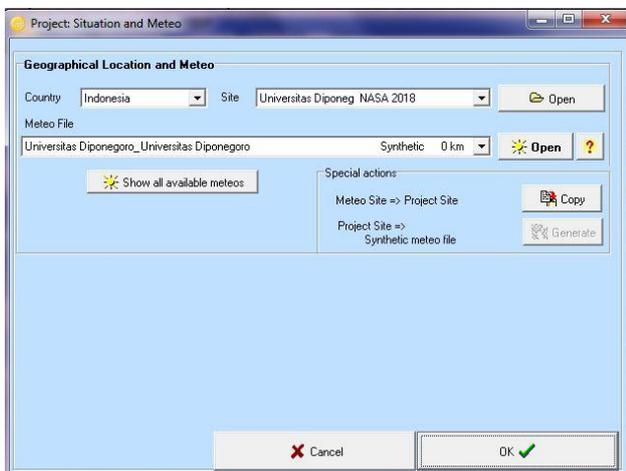
Gambar 4. Diagram Alir Simulasi Software PVSyst

Membuka software *PVSystem*, kemudian memilih *project design* dan memilih sistem yang akan dibuat sesuai dengan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Universitas Diponegoro yaitu *Off-Grid* atau *Stand alone*.



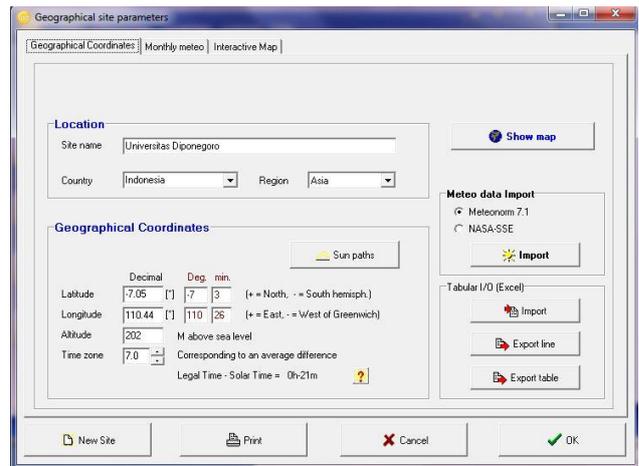
Gambar 5. Tampilan Menu Awal Software PVSyst 6.43

Membuat proyek baru dan menuliskan nama proyek tersebut. Setelah itu mengatur dan memilih Parameter “*site and meteo*”. Untuk *site and meteo*, data yang digunakan adalah data lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Universitas Diponegoro.



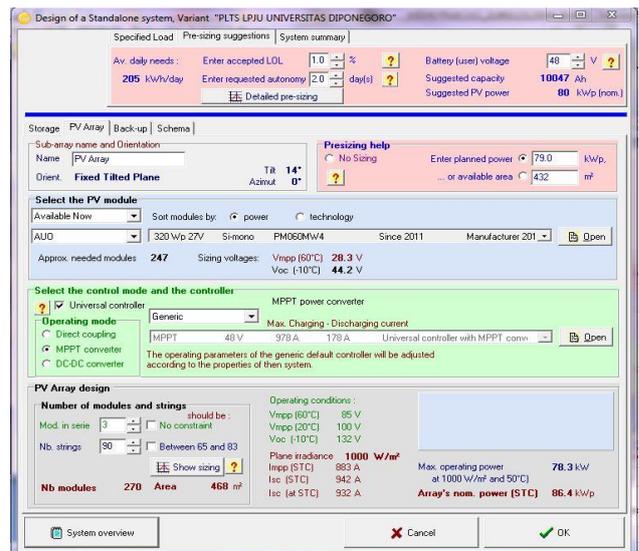
Gambar 6. Tampilan Menu Parameter Site and Meteo

Setelah memilih lokasi, kemudian memasukan data koordinat letak sistem PLTS UNDIP yaitu -7,05 LS dan 110,44 BT serta memasukan data *meteorologi* dan *klimatologi* yang bersumber dari *website* NASA tahun 2018, kemudian klik ok.



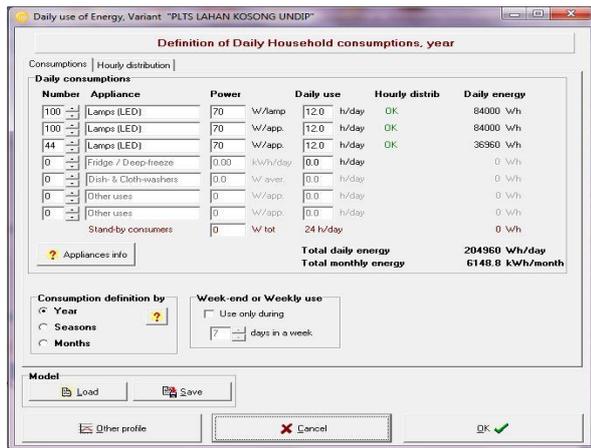
Gambar 7. Tampilan Menu Geographical Site Parameters

Selanjutnya menentukan sistem dan spesifikasi komponen yang digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Universitas Diponegoro.



Gambar 8. Tampilan Menu Input Komponen

Kemudian menentukan data kebutuhan beban yang dibutuhkan pengguna dengan memasukan data konsumsi harian dan juga waktu penggunaan beban dalam sehari.



Gambar 9. Tampilan Menu User's Needs

3. Hasil dan Analisis

Berdasarkan hasil dari simulasi *software PVSystem*, Pembangkit Listrik Tenaga Surya Universitas Diponegoro memiliki potensi optimal untuk menghasilkan energi listrik sebesar 137,64 MWh per tahunnya. Adapun hasil simulasi *PVSystem* pada perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Universitas Diponegoro dapat dilihat pada gambar 10. di bawah ini:

Gambar 10. Hasil Simulasi dengan PVSystem 6.43

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E Avail MWh	EUnused MWh	E Miss MWh	E User MWh	E Load MWh	SoIFrac
January	132.1	118.3	8.65	1.463	0.600	5.754	6.354	0.906
February	136.9	126.0	9.20	2.317	0.000	5.739	5.739	1.000
March	152.5	147.0	10.70	3.076	0.000	6.354	6.354	1.000
April	164.1	166.5	12.09	4.698	0.000	6.149	6.149	1.000
May	164.9	176.3	12.84	5.189	0.000	6.354	6.354	1.000
June	149.1	163.2	11.89	4.638	0.000	6.149	6.149	1.000
July	169.3	184.5	13.43	5.642	0.000	6.354	6.354	1.000
August	178.3	186.9	13.51	5.867	0.000	6.354	6.354	1.000
September	181.5	179.8	12.93	5.524	0.000	6.149	6.149	1.000
October	193.4	181.8	13.05	5.409	0.000	6.354	6.354	1.000
November	150.6	135.6	9.86	2.496	0.000	6.149	6.149	1.000
December	148.5	131.4	9.83	2.022	0.000	6.354	6.354	1.000
Year	1921.2	1897.3	137.78	48.341	0.600	74.211	74.810	0.992

Berdasarkan gambar 10. energi listrik yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Universitas Diponegoro adalah sebesar 137,78 MWh setiap tahunnya sebelum dikonversi menjadi listrik arus bolak-balik. Setelah melalui proses konversi energi listrik dan pembalikan arus, energi listrik yang dihasilkan berkurang menjadi 123,151 MWh per tahun dimana 74,810 MWh digunakan guna mencatu daya beban Lampu Penerangan Jalan Umum Universitas Diponegoro dan 48,341 MWh sisanya dapat disimpan di dalam baterai sebagai cadangan apabila cuaca mendung sehingga daya yang dihasilkan sistem PLTS tidak optimal serta dapat dimanfaatkan untuk keperluan energi listrik fasilitas umum Universitas Diponegoro lain nya. Energi listrik yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Universitas Diponegoro memiliki hasil produksi energi listrik yang beragam dan *fluktuatif* ditiap bulannya. Dengan produksi energi listrik

terbesar pada bulan Agustus dan terendah pada bulan Januari. Berikut tabel perbandingan daya kebutuhan beban LPJU dan daya keluaran dari sistem PLTS :

Tabel 5. Perbandingan Daya LPJU dan PLTS

Sumber Energi	Total Daya	kWh/hari	kWh/bulan	MWh/tahun
LPJU Hasil Redesain	17080 W = 17,1 kW	204,96 kWh/hari	2459,52 kWh/bulan	74,810 MWh/tahun
Perencanaan Sistem PLTS LPJU UNDIIP	28127 W = 28,1 kW	337,2 kWh/hari	4046,4 kWh/bulan	123,151 MWh/tahun

Berdasarkan tabel 5. diatas, maka dapat disimpulkan bahwa daya yang dihasilkan oleh sistem PLTS Universitas Diponegoro mampu untuk mensuplai beban LPJU di kawasan Universitas Diponegoro dikarenakan daya yang dihasilkan oleh sistem PLTS lebih besar atau melebihi daya yang dibutuhkan oleh beban LPJU yaitu sebesar 62,5%. Kelebihan daya yang masih dimiliki oleh sistem PLTS tersimpan di dalam baterai sebagai cadangan energi apabila cuaca mendung dan tingkat intensitas radiasi matahari kecil.

4. Kesimpulan

Sistem PLTS yang dirancang pada perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Universitas Diponegoro adalah sebuah sistem tanpa terhubung jaringan PLN (*OffGrid*). Besar energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS UNDIIP adalah sebesar 123,151 MWh/tahun, dimana konsumsi energi listrik guna mencatu daya beban Lampu Penerangan Jalan Umum Universitas Diponegoro sebesar 74,810 MWh/tahun dan sisa nya sebesar 48,341 MWh/tahun disimpan di dalam baterai sebagai cadangan. Jumlah produksi terbesar yaitu pada bulan Agustus sebesar 13,51 MWh/tahun dan terendah pada bulan Januari sebesar 8,65 MWh/tahun. Pengaruh sudut kemiringan dalam pemasangan panel surya cukup besar pada unjuk kerja PLTS dalam memproduksi energi listrik tiap tahunnya. Pada lokasi perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Universitas Diponegoro yakni dengan *latitude* -7,05° dan *longitude* 110,44° memiliki sudut kemiringan optimal pemasangan panel surya yakni 14°. Daya yang dihasilkan oleh sistem PLTS lebih besar atau melebihi daya yang dibutuhkan oleh beban LPJU yaitu sebesar 62,5% dimana daya yang dihasilkan oleh sistem PLTS sebesar 28,1 kW, sedangkan daya yang dibutuhkan untuk mensuplai LPJU yaitu sebesar 17,1 kW.

Referensi

[1] Bien, L. E., Perancangan Sistem Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Jala-jala Listrik PLN untuk Rumah Perkotaan, Universitas Trisakti, 2008.

- [2] King, Boyson, & Kratochvil, *Analysis of Factors Influencing The Annual Energy Production of Photovoltaic Systems*, IEEE, 2002.
- [3] Puspita, Adevia Arva, *Perancangan Kebutuhan Daya LPJU dengan Tenaga Surya pada Komplek Kantor Kabupaten Boyolali*, Universitas Diponegoro, 2015.
- [4] T.B. Sihombing, Donny, *Perencanaan Sistem Penerangan Jalan Umum dan Taman di Areal Kampus USU Dengan Menggunakan Teknologi Tenaga Surya (Aplikasi di Areal Pendopo dan Lapangan Parkir)*, Universitas Sumatera Utara, 2013.
- [5] Universitas Diponegoro, 2019. Lokasi UniversitasDiponegoro. <https://www.undip.ac.id/language/id/lokasi> (diakses pada 24 Maret 2019).
- [6] Ramadhani, Bagus, *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*, DJ EBTKE KESDM, 2018.
- [7] Website NASA, <https://power.larc.nasa.gov/data-access.2019>.
- [8] Sudrajat, Adjat, *Sistem-Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, BPPT Press, 2007.