

PENGEMBANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) TERHUBUNG JARINGAN DI LABORATORIUM ENERGI TERBARUKAN MENGGUNAKAN PVSYST

Aceng Daud¹, Ribhy Ramelan Rachbini², Kholiq Hernawan³

Email : ¹daud.polban@gmail.com, ²Ribhyrr@gmail.com, kholiq.h@gmail.com

ABSTRAK

Politeknik Negeri Bandung merupakan salah satu perguruan tinggi vokasi yang memiliki beberapa pembangkit listrik alternatif. Diantaranya, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berada di laboratorium surya berkapasitas 18 kWp yang dioperasikan secara *offgrid*. Dimana energi yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) tersebut tidak dimanfaatkan dengan baik karena banyak energi yang terbuang dan tidak tertampung oleh sistem baterai. Oleh karena itu dengan mensinkronisasikan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan jaringan PLN maka listrik yang dihasilkan dapat disalurkan ke jaringan PLN sehingga menghasilkan keuntungan berupa penghematan energi dan penghematan biaya. Perancangan PLTS Lab.Surya terhubung dengan jaringan PLN dilakukan dengan menggunakan Inverter Sunny Mini Central 5000A dan software PVSyst yang menghasilkan total energi sebesar 22,9 MWh/tahun yang disalurkan ke beban sebesar 17,639 MWh dan yang disalurkan ke jaringan PLN yaitu sebesar 5,260 MWh pertahun, sehingga penghematan biaya yang didapatkan dalam 1 tahun apabila kondisi PLTS *ongrid* berbeban yaitu sebesar Rp. 3.364.296 dengan persentase penghematan energi dan biaya sebesar 0,31% sedangkan jika semua energi listrik yang dihasilkan PLTS disalurkan ke PLN penghematan yang didapatkan sebesar Rp. 14.646.840 per tahun dengan persentase penghematan energi dan biaya sebesar 1,37% dari beban biaya PLN yang harus dibayar.

Kata Kunci : *PLTS, Sinkronisasi, PVSyst, Penghematan .*

1. PENDAHULUAN

Politeknik Negeri Bandung merupakan salah satu perguruan tinggi vokasi yang memiliki kegiatan akademik maupun non akademik yang padat seperti kegiatan belajar mengajar, praktikum, administratif, organisasi, dan ekstrakurikuler. Dalam menjalankan kegiatan akademik tersebut dibutuhkan sarana dan prasarana yang digunakan sebagai media pembelajaran yang salah satunya adalah sistem pembangkit listrik. Di Politeknik Negeri Bandung terdapat beberapa pembangkit listrik alternatif yang masih berjalan akan tetapi tidak dimanfaatkan dengan baik seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berada di laboratorium surya berkapasitas 18,7 kWp dengan kondisi belum terhubung dengan jaringan PLN yang ada di laboratorium surya.

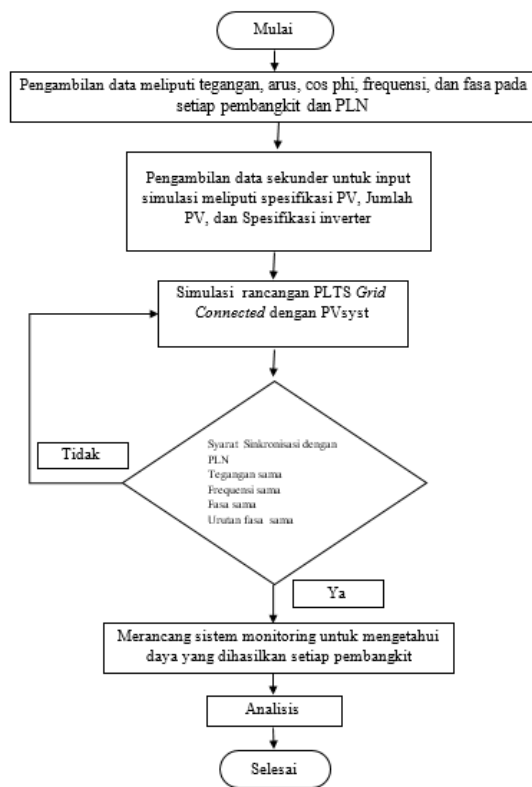
Berdasarkan data dari Meteorologi dengan memperhatikan letak geografis Politeknik Negeri Bandung yaitu 6°52'18.7" Lintang Selatan 107°34'19.1" Bujur Timur diperoleh rata-rata global irradiation yaitu sebesar 128,558 kWh/m² perbulannya dan jumlah global irradiation dalam satu tahun yaitu sebesar 1542,7 kWh/m². Jika hal ini dapat diperbaiki dan dimanfaatkan dengan mengembangkan suatu sistem yang bisa menyalurkan listrik dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ke jaringan PLN yang ada di tempat pembangkit listrik itu berada maka sistem ini akan berpotensi mengurangi biaya energi yang dikonsumsi oleh Jurusan TKE - Politeknik Negeri Bandung. Adapun, secara umum diharapkan sistem on grid ini dapat berkontribusi untuk menurunkan konsumsi listrik di Politeknik Negeri

Bandung, yaitu trafo 2 yang selama ini mengonsumsi rata-rata 30.286,875 kWh per bulan dengan konsumsi listrik sebesar 726.885 kWh per tahunnya.

Beberapa penelitian tentang pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya secara on grid yang sudah pernah dilakukan diantaranya oleh Rony Wijaya dari teknik elektro Universitas Indonesia pada tahun 2012, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik output grid tie inverter dari berbagai macam konfigurasi. Pengujian Grid Tie Inverter (GTI) tersebut dilakukan dengan cara menghubungkan Grid Tie Inverter (GTI) dengan simulator sel surya dan sistem grid dari PLN. Grid Tie Inverter (GTI) yang diuji coba adalah GTI yang mempunyai kapasitas 500W dan 1000W yang dipasang secara tunggal dan paralel (Rony Wijaya, 2012). Penelitian lain juga pernah dilakukan di Politeknik Negeri Bandung pada tahun 2018 oleh Siti Saodah dan Sri Utami yang merancang sistem Grid Tie Inverter (GTI) yang dapat digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Performa sistem dinilai dari nilai efisiensi dan nilai Total Harmonic Distortion (THD) (Siti Saodah, 2018).

Berdasarkan kajian dari literatur dan penelitian yang pernah dilakukan, penulis akan membuat perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terhubung jaringan PLN. Kinerja dari pembangkit listrik tersebut akan dipantau untuk mengetahui energi yang dihasilkan dan digunakan untuk mengetahui besar penghematan konsumsi energi.

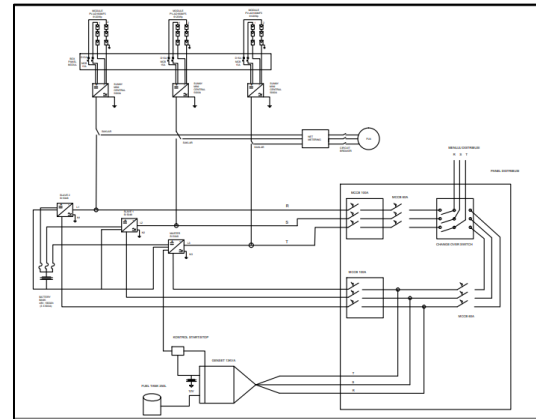
2. METODE PENELITIAN



Gambar 1 Tahapan Perancangan

Gambar 1 merupakan *flowchart* dari tahap perancangan sistem pembangkit listrik terhubung jaringan PLN. Dimana perancangan ini dimulai dari pengambilan data lapangan hasil praktikum seperti tegangan, arus, cos phi, frekuensi, dan fasa pada pembangkit. Kemudian dilakukan proses penentuan dan penyesuaian urutan fasa, sudut fasa, tegangan, dan frekuensi yang disimulasikan dengan aplikasi PVsyst untuk sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Dari hasil simulasi didapatkan jumlah energi yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dapat disalurkan ke setiap jaringan PLN. Setelah persyaratan terpenuhi maka dilanjutkan dengan perancangan monitoring untuk mengetahui jumlah daya yang dihasilkan oleh setiap pembangkit dan setelah dilakukan sinkronisasi jaringan pembangkit kepada jaringan PLN akan dilakukan analisis..

2.1. Rangkaian PLTS Terhubung Jaringan



Gambar 2 Rancangan PLTS Laboratorium Surya On Grid

Pada gambar 2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) laboratorium surya memiliki 104 modul PV jenis Mitsubishi PV-AD180MF5, 180 Wp yang terdiri dari delapan string (rangkaiannya). Kemudian *combiner box* (Box panel modul) menggabungkan beberapa string modul surya secara paralel menjadi tiga rangkaian utama untuk disambungkan ke tiga inverter Sunny Mini Central 5000A yang berkapasitas masing-masing 5kW. Inverter ini dapat beroperasi secara on grid dan off grid. Berdasarkan konfigurasi di lapangan inverter ini dioperasikan secara off grid dengan cara menghubungkannya bersama *bidirectional inverter* yang dapat merubah arus AC dari DC/AC inverter menjadi arus DC pada proses pengisian sistem baterai (*charging*) serta dapat merubah arus DC menjadi arus AC saat pelepasan daya baterai ke beban gedung (*discharging*).

Dalam proses perancangan PLTS terhubung jaringan PLN seperti pada gambar II.2, fungsi dari ketiga inverter Sunny Mini Central 5000A akan dirubah yang awalnya bekerja secara *off grid* menjadi bekerja secara *on grid* dengan memberi saklar selektor yang akan memutus suplay ke baterai dan menyalurkannya ke jaringan PLN.

Untuk menentukan parameter yang akan digunakan dalam menghubungkan PLTS ke jaringan PLN yaitu mengubah mode “*default*” dari inverter dengan mengatur negara pemasangan PLTS tersebut dan / atau standar koneksi kisi yang berlaku untuk negara tersebut ,untuk Indonesia sendiri memakai standard PLN dan keluaran inverter ini akan disalurkan ke jaringan PLN sehingga keluaran inverter tersebut akan sesuai dengan PLN yaitu tegangan sebesar 220V dan frekuensi sebesar 50Hz.

Selanjutnya untuk memonitoring parameter keluaran dari inverter yang disalurkan ke PLN maka dipasang *Net Metering Three Phase*. Untuk menerapkan net metering ini, bangunan pada perancangan akan dipasang alat pembaca meteran listrik 2 arah (kWh Meter EXIM – Expor Impor) yang termasuk dalam instalasi net metering sehingga dapat

membaca besarnya nilai kWh saat impor dan ekspor. Sedangkan untuk melindungi sistem dari bahaya umpan balik maka dipasang *Circuit Breaker* (CB) untuk memustikan saluran di jaringan agar sistem tidak mengalami kerusakan.

2.2. Perancangan Simulasi PLTS dengan PVsyst

PVSyst merupakan paket software perangkat lunak yang digunakan untuk proses pembelajaran, pengukuran, dan analisa data dari sistem PLTS secara lengkap. Salah satu fitur PVSyst yang dapat disimulasikan yaitu sistem terinterkoneksi jaringan (*gridconnected*), dimana PVSyst dilengkapi database dari sumber data meteorologi yang luas dan beragam, serta data komponen-komponen PLTS. Hasil simulasi software PVSyst yang didapat meliputi hasil produksi listrik, performa ratio, dan lainnya

Dalam perancangan PLTS ini terlebih dahulu mengambil data sekunder yang sesuai dengan data lapangan sebagai inputan pada simulasi yang meliputi,

Tabel 1 Data Lapangan PLTS Laboratorium Surya

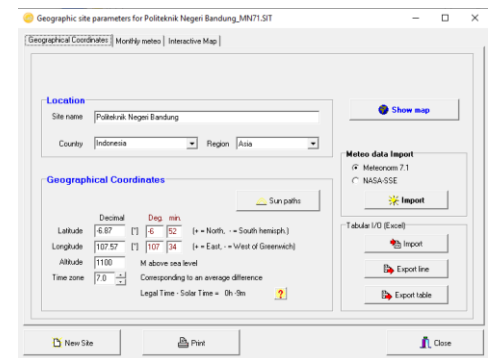
Data	Parameter
Jenis Modul	Mitsubishi PV-AD180MF5, 180 Wp
Kapasitas	18,7 kWp
Jumlah Modul	104
Jumlah string	8
Kemiringan	20°
Jenis inverter	Sunny Mini Central SMC 5000A, 5kW
Jumlah inverter	3
Beban Rata Harian Kerja	6,68 kW (Sumber : Alvera et al,2015)
Beban Rata Harian Libur	1,2 kW (Sumber : Alvera et al,2015)

Berdasarkan data lapangan pada tabel 1 maka tahapan pembuatan menggunakan program simulasi PVSyst akan dijelaskan pada sub bab ini. Berikut tahapannya,

1. Membuka program PVsyst, lalu memilih *database* untuk mengisi *Geographical site* seperti pada gambar 3 dan gambar 4.



Gambar 3 Laman Home HomerPro



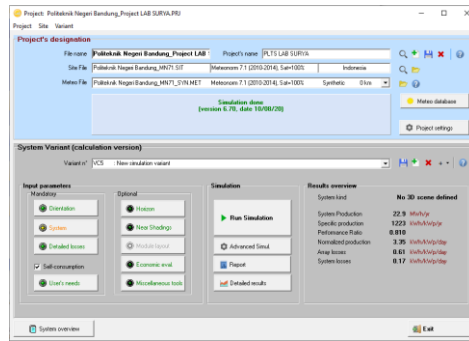
Gambar 4 Laman Geographical Coordinate

2. Kembali ke halaman utama dan pilih *project design* lalu pilih fitur *grid connected* seperti pada gambar 5.

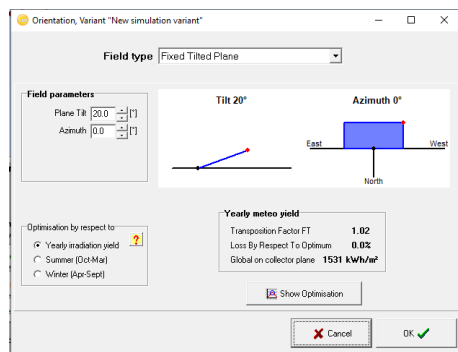


Gambar 5 Laman Home dengan Fitur Project Design

3. Membuat nama *project* dan *system variant* dari PLTS seperti pada gambar 6.

Gambar 6 Laman *Project Design*

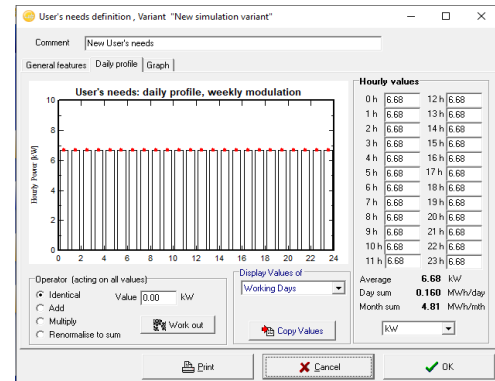
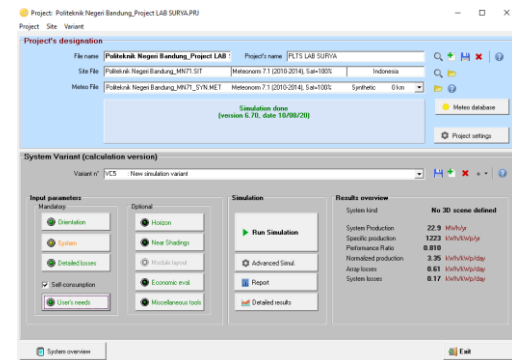
4. Menentukan Orientasi PLTS seperti gambar 7.

Gambar 7 Laman *Orientation*

5. Mengisi sistem PLTS yang dirancang seperti pada gambar 8.

Gambar 8 Laman *System*

6. Mengisi konsumsi beban PLTS Laboratorium Surya seperti pada gambar 9.

Gambar 9 Laman *User' needs*7. Setelah memasukkan semua data sesuai dengan kondisi PLTS, maka tahap terakhir, yaitu menjalankan simulasi dan untuk memunculkan data hasil simulasi pilih *report* seperti pada gambar 10.Gambar 10 Laman *Project Design Setelah Proses Running*

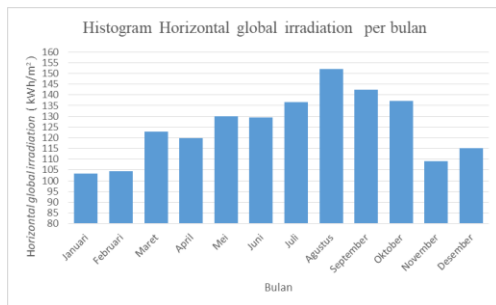
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penentuan lokasi dan pemilihan sistem *grid connected* dengan data dan spesifikasi komponen yang digunakan sesuai dengan keadaan lapangan, maka diperoleh hasil simulasi PVsyst sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil Simulasi PVSyst PLTS Laboratorium Surya

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E Array MWh	E User MWh	E_Grid MWh	PR
January	103.4	64.10	17.28	92.0	88.2	1.486	1.199	0.209	0.817
February	104.5	59.36	16.84	96.3	92.6	1.530	1.140	0.311	0.805
March	122.9	74.31	17.59	120.0	115.8	1.914	1.440	0.380	0.810
April	119.9	69.40	17.84	124.1	120.1	1.965	1.427	0.442	0.805
May	129.9	65.27	18.29	143.0	138.8	2.268	1.578	0.582	0.807
June	129.4	57.95	17.76	146.9	142.9	2.328	1.594	0.625	0.807
July	136.7	68.50	17.63	152.1	147.9	2.424	1.705	0.605	0.811
August	152.0	74.31	17.74	162.8	158.2	2.578	1.766	0.691	0.806
September	142.5	73.75	17.77	141.9	137.3	2.237	1.604	0.527	0.803
October	137.2	83.80	18.19	129.8	125.0	2.079	1.579	0.402	0.815
November	109.1	78.12	17.53	99.9	95.9	1.625	1.336	0.209	0.826
December	115.2	68.13	17.46	101.0	96.7	1.632	1.271	0.278	0.819
Year	1502.7	836.99	17.67	1509.8	1459.2	24.066	17.639	5.260	0.810

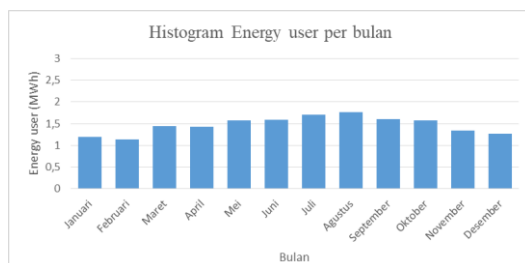
Dari Tabel 2 perancangan PLTS dengan sistem *grid connected* dan *self consumption* didapatkan bahwa energi listrik yang dihasilkan oleh perancangan yaitu sebesar 22,9 MWh pertahun yang disalurkan ke beban yaitu sebesar 17,639 MWh dan yang disalurkan ke jaringan PLN yaitu sebesar 5,260 MWh pertahun.



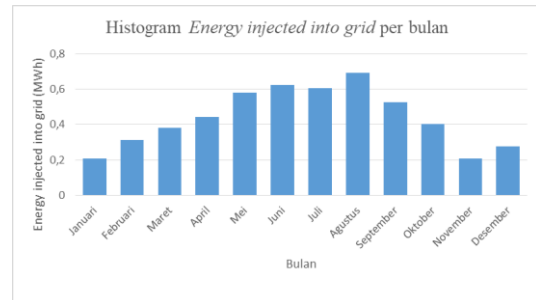
Gambar 11 Horizontal global irradiation per bulan

Global Horizontal Irradiance (GHI) adalah jumlah total radiasi gelombang pendek yang diterima dari atas oleh permukaan yang horizontal ke tanah.

Dari gambar 11 terlihat bahwa intensitas radiasi yang tinggi terjadi di bulan juli sampai oktober dengan intensitas radiasi tertinggi terjadi dibulan agustus. Hal ini berdasarkan data BMKG (Dedy Banurea, 2020) bahwa puncak musim kemarau diprediksi sekitar 9.9% memasuki puncak musim kemarau pada bulan Juli, sedangkan 64.9% pada bulan Agustus, dan sekitar 18.7% pada bulan September.

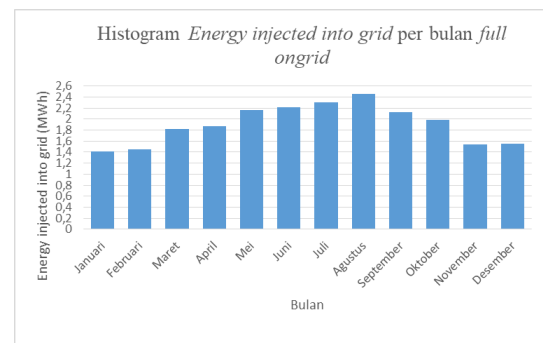


Gambar 12 Energy user per bulan PLTS lab surya



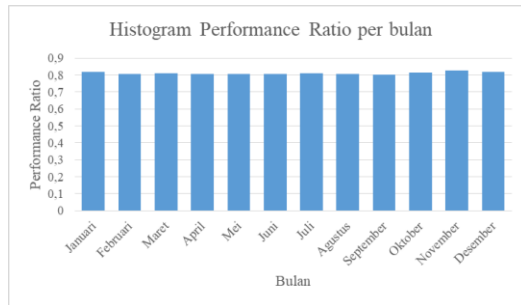
Gambar 13 Energy injected into grid per bulan PLTS lab surya berbeban

Gambar 12 menunjukkan energi listrik yang disalurkan ke beban untuk memenuhi kebutuhan beban dimana konsumsi beban setiap bulannya hampir sama, adapun terdapat fluktuasi dikarenakan kondisi cuaca yang mempengaruhi penggunaan elektronik seperti *air conditioning*. Sedangkan Gambar 13 menunjukkan energi listrik disalurkan ke jaringan PLN (grid), energi yang disalurkan merupakan listrik AC yang tersisa dari kebutuhan beban dan energi terbesar terjadi di bulan Agustus karena supply listrik dari array yang tinggi.



Gambar 14 Energy injected into grid per bulan PLTS lab surya full ongrid

Gambar 14 menunjukkan apabila semua energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTS disalurkan ke jaringan PLN (grid), energi yang disalurkan merupakan listrik AC yang merupakan hasil konversi dari listrik DC oleh inverter. Dalam proses konversi listrik DC menjadi AC terdapat beberapa losses diantaranya rugi Inverter selama operasi (efisiensi), Rugi Inverter melebihi nominal inv. Daya, Inverter Rugi karena maks. arus input, Inverter Rugi lebih dari nominal inv. Tegangan, Rugi Inverter karena ambang daya, dan Rugi Inverter karena ambang tegangan.



Gambar 15 *Performance Ratio* per bulan PLTS lab surya

Rasio kinerja yang ditunjukkan oleh gambar 15 setiap bulannya hampir sama karena jumlah energi yang disalurkan ke jaringan akan berbanding lurus dengan jumlah radiasi yang diterima kolektor yaitu dengan ratio kinerja rata-rata sebesar 81% dan dianggap sistem berkinerja sangat baik.

Perhitungan *cost saving* dan *energy saving* dilakukan dengan melihat penghematan biaya yang didapatkan dalam 1 tahun, dimana diasumsikan alat beroperasi selama 1 tahun.

Tarif harga listrik yang diambil berasal dari PT. PLN pada bulan Juni senilai Rp. 1.467/kWh dan harga jual energi dari PLTS ke PT. PLN yaitu Rp. 639,6. Sedangkan berdasarkan data dari BAUK jumlah konsumsi listrik polban pada trafo 2 selama satu tahun yaitu sebesar 726.885 kWh.

Tabel 3 Perhitungan *energy saving* dan *cost saving* PLTS lab.Surya

Perbandingan perhitungan <i>energy saving</i> dan <i>cost saving</i>			
Parameter	Ongrid Berbeban	Full Ongrid	Keterangan
Listrik yang disalurkan	5.260	22.900	kWh
Harga jual listrik ke PLN	639,6	639,6	Rp/kWh
cost saving/tahun	3.364.296	14.646.840	Rp
Konsumsi listrik trafo 2	726.885	726.885	kWh
Beban biaya PLN yang harus dibayar	1.066.340.295	1.066.340.295	Rp
Persentase <i>energy saving</i>	0,31	1,37	%
Persentase <i>cost saving</i>	0,31	1,37	%

Tabel 3 menunjukkan perbandingan penghematan antara kondisi PLTS ongrid berbeban dan PLTS full ongrid dimana penghematan biaya yang didapatkan dalam 1 tahun apabila kondisi PLTS ongrid berbeban yaitu sebesar Rp. 3.364.296 dengan persentase penghematan energi dan biaya sebesar 0,31% sedangkan jika semua energi listrik yang dihasilkan PLTS disalurkan ke PLN penghematan yang didapatkan sebesar Rp. 14.646.840 per tahun dengan persentase *cost saving* sebesar 1,37% dari beban biaya PLN yang harus dibayar. Begitu juga persentase *energy saving* sebesar 1,37% dari konsumsi energi listrik oleh trafo 2. Perbedaan penghematan ini disebabkan jumlah energi yang disalurkan

dalam kondisi ongrid berbeban lebih sedikit dari kondisi full ongrid karena energi disalurkan terlebih dahulu ke beban

4. KESIMPULAN

1. Perancangan sistem PLTS laboratorium surya terhubung jaringan PLN yaitu dengan cara memaksimalkan kerja dari Inverter Sunny Mini Central 5000A yang merupakan grid tie inverter melalui sistem pensaklaran, sehingga berdasarkan analisis teknis dari software PVSyst diketahui bahwa energi yang dihasilkan oleh sistem PLTS sebesar 22,9 MWh/tahun yang disalurkan ke beban yaitu sebesar 17,639 MWh/tahun dan yang disalurkan ke jaringan PLN yaitu sebesar 5,260 MWh/tahun.
2. Penghematan biaya dari sistem PLTS laboratorium surya yang didapatkan pada kondisi PLTS ongrid berbeban yaitu sebesar Rp. 3.364.296 dengan persentase penghematan energi dan biaya sebesar 0.31% sedangkan jika semua energi listrik yang dihasilkan PLTS disalurkan ke PLN penghematan yang didapatkan sebesar Rp. 14.646.840 per tahun dengan persentase *cost saving* dan *energy saving* sebesar 1,37% dari konsumsi energi listrik oleh trafo 2.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alvera A. M. et al. 2015. "Analisis Evaluasi Kinerja Solar Cell-Hybrid Off Grid 18kWp Gedung Lab.Surya-Teknik Konversi Energi POLBAN". Jurusan Teknik Konversi Energi. Politeknik Negeri Bandung
- [2] Rony Wijaya.2012." Analisis Karakteristik Grid-Tie Inverter". Teknik Elektro. Universitas Indonesia
- [3] Saodah, Siti dan Utami. 2019." Perancangan Sistem Grid Tie Inverter pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya". Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung.
- [4] Sullivan, William G., 1942." *Engineering economy 17th Edition*". Pearson Education, Upper Saddle River, New Jersey