

Studi Aplikasi Sistem Energi Surya Fotovoltaik Hibrid Tanpa Sinkronisasi di Pongpes Mahfilud Duror

Andi Setiawan

Setiawan.teknik@unej.ac.id
Universitas Jember

Abstrak

Sebuah studi tentang implementasi Sistem Energy Surya Fotovoltaik (SESF) di sebuah lembaga pendidikan sudah dilakukan dan menghasilkan kesimpulan bahwa secara ekonomis tidak ada alasan yang bisa membuat rencana implementasi ini menjadi feasible. Namun dengan pertimbangan lain mengingat pentingnya pemasyarakatan teknologi yang sudah matang ini, implementasi ini mejadi sebuah kegiatan yang memiliki tujuan visioner. Dalam skenario implementasi ini SESF dikonfigurasi secara hibrid dengan listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) tanpa sinkronisasi. Untuk membuat sistem ini menghasilkan manfaat yang lebih optimum diperlukan kegiatan rekayasa berupa rekonfigurasi sistem beban dan penjadwalan beban untuk mengurangi eksek energi yang terbuang pada siang hari.

Kata kunci — SESF, renewable energy, hibrid

Abstract

A study of the photovoltaic (PV) system implementation in an educational institution has been done and leads to the conclusion that economically there is no reason that could make this into a feasible implementation plan. However, this technology has been very mature and needs to be implemented as an activity that has a visionary goal. In this deployment scenario, SESF is hybrid configured with PLN without synchronization. To make this system produces a more optimum benefits, some engineering activities is required such as reconfiguration of system load and load scheduling to reduce the wasted excess energy during the day.

Keywords— PV system, renewable energy, hybrid system

I. PENDAHULUAN

Sistem Energi Surya Fotovoltaik (SESF) mengalami perkembangan yang pesat dalam sisi pemanfaatannya di Indonesia. Hal ini dikarenakan Indonesia adalah negara yang berlimpah dengan energi matahari karena posisinya yang berada di lintasan matahari yang optimal yaitu di dekat khatulistiwa. Posisi ini memberikan keuntungan karena tidak diperlukannya tracking mekanik untuk mengubah posisi hadap dari larik-larik panel surya.

Pondok Pesantren Mahfilud Duror (PPMD) adalah lembaga pendidikan partikelir yang mengusahakan pembiayaan

pendidikan untuk siswa-siswanya secara mandiri termasuk untuk biaya pemakaian energi listrik untuk kebutuhan proses pendidikan. Saat ini, ketersediaan listrik sebesar 4400VA sebenarnya kurang dari kebutuhan daya untuk semua aktifitas di lembaga pendidikan ini. Ditambah lagi dengan seringnya pemadaman dengan durasi yang cukup panjang. Namun demikian, biaya yang harus dibelanjakan untuk energi listriknya sudah cukup membebani manajemen PPMD.

Dalam makalah ini akan diulas kelaikan SESF dengan beberapa macam konfigurasi dan opsi pengoperasian yang bervariasi untuk diaplikasikan di PPMD dengan tujuan mengurangi biaya pemakaian energi sekaligus berusaha mengatasi terbatasnya ketersediaan energi listrik.

Hasil studi ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang kelaikan pemanfaatan sumber energi alternative khususnya energi surya yang secara teknologi sudah cukup matang dan dari sisi rekayasa cukup mudah untuk ditransfer kepada masyarakat (pengguna). Dengan pertimbangan ini, diharapkan bahwa teknologi ini pun dapat segera dikuasai pemanfaatannya oleh pihak PPMD, khususnya siswa-siswanya sehingga menjadi bekal bagi mereka untuk mengatasi permasalahan kebutuhan energi di masyarakat.

II. METODE

Studi ini adalah studi analisis yang membutuhkan data tentang jenis beban, pemakaian energi tiap-tiap beban dan konfigurasi dari sistem elektrikal yang ada di PPMD.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam studi ini berupa data-data sebagai berikut:

A. Data Kebutuhan Daya dan Energi di PPMD

Data beban baik berupa jenis beban, pemakaian daya dan energi masing-masing beban dan konfigurasi beban-beban ini didasarkan pada asumsi kebutuhan beban berdasarkan ketersediaan daya yang dikontrak dari PLN yaitu sebesar 4400VA. Sampai saat ini belum dilakukan pengambilan data secara riil ke lapangan, tapi asumsi ini dibuat berdasarkan informasi pengguna.

- B. Data Penyinaran Matahari di Lokasi PPMD
Data penyinaran matahari untuk memprediksikan perolehan energi dalam satu tahun diambil dari data yang sudah disediakan dari Homer. Data ini didasarkan pada pengukuran dan perhitungan simulasi dari NASA dan NREL sampai dengan tahun 2002.
- C. Data Spesifikasi Komponen dan Harga Komponen
Data ini menggunakan data-data komponen dan harga yang didapatkan dari *website* yang disediakan oleh produsen dan perusahaan pemasar.

Instrumentasi

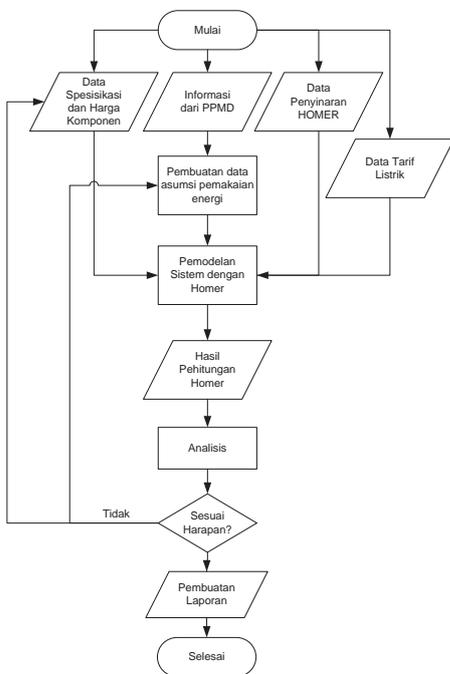
Peralatan yang digunakan dalam studi ini adalah *software* Homer yang merupakan alat perhitungan standar untuk mensimulasikan sistem *renewable energy* (RE). Homer dapat digunakan untuk melakukan perhitungan produksi listrik, ketersediaan, kelebihan dan berarti pula dapat digunakan untuk menghasilkan data yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan keandalan sistem.

Di samping itu, Homer juga menyediakan data atau informasi yang diperlukan untuk analisis ekonomi untuk melengkapi studi kelayakan pengembangan SESF pada PPMD ini.

III. PROSEDUR

Gbr. 1 memperlihatkan alur kegiatan studi yang dilakukan untuk melihat kelayakan aplikasi SESF di PPMD secara umum.

Dalam blok pemodelan sistem dengan Homer dalam Gbr. 1 terjadi beberapa proses. Hal ini terjadi karena pada saat pemodelan sistem diinputkan beberapa alternatif konfigurasi sistem yang mungkin untuk dibuat. Dengan kata lain, Homer akan menghitung semua kemungkinan konfigurasi dengan menggunakan semua data komponen yang diberikan.



Gbr. 1. Flowchart Alur Kegiatan Studi

Dalam blok analisis dilakukan pembahasan dari hasil perhitungan Homer dan juga dilakukan perhitungan manual untuk memberikan perbandingan dan verifikasi hasil perhitungan Homer dengan hasil perhitungan manual yang mengandung banyak asumsi ideal. Hal ini diperlukan untuk memuaskan pertanyaan-pertanyaan yang biasa timbul pada benak pengguna yang tebiasa dengan perhitungan menggunakan rumus-rumus praktis

Pembuatan Data Pemakaian Energi

Data yang didapatkan dari pengguna disusun dan dikelompokkan berdasarkan jenis data dan pengoperasiannya yang akan menghasilkan perhitungan kebutuhan energi per hari sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel I.

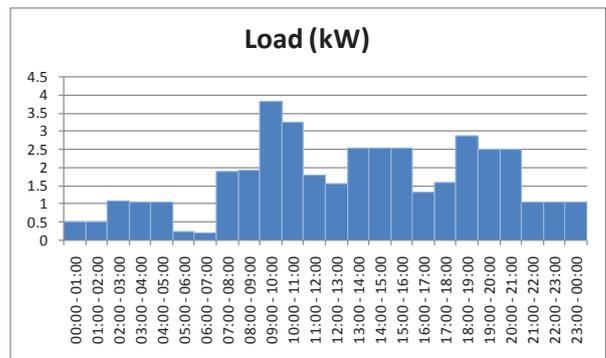
Data dalam Tabel I ini kemudian diterjemahkan ke dalam tabel distribusi pemakaian energi pada masing-masing beban dikarenakan tidak semua beban dipakai secara bersamaan.

Dari hasil tabel distribusi beban didapatkan data distribusi pemakaian energi pada tiap-tiap jam dalam satu hari sebagaimana terlihat dalam Gbr. 2.

Dari data ini terlihat bahwa semua beban dimodelkan dengan sebuah beban primer (*primary load*) yang nilainya dibuat terdistribusi pada masing-masing beban. Pompa juga diasumsikan sebagai beban primer yang jam pengoperasiannya sudah ditentukan.

TABEL I
DATA JENIS BEBAN DAN PEMAKAIAN DI PPMD

No Beban	Jenis Beban	Lokasi Beban	Daya kW	Pemakaian h/d	Energi kWh/d
1	Lampu	Kelas	0.96	10	9.6
2	Lampu	Asrama	0.24	12	2.9
3	Lampu	Kantor	0.08	10	0.8
4	Lampu	Halaman	0.1	12	1.2
5	Lampu	Masjid	0.32	12	3.8
6	Sound System	Masjid	0.1	4	0.4
7	Alat Peraga	Kelas	0.24	4	1.0
8	Alat Peraga	Masjid	0.06	4	0.2
9	Komputer	Kelas	1.2	3	3.6
10	Komputer	Kantor	0.2	6	1.2
11	Pompa Air	Lain-lain	0.25	6	1.5
12	Mesin Praktek 1	Bengkel	1.2	4	4.8
13	Mesin Praktek 2	Bengkel	0.75	4	3.0
14	Mesin Praktek 3	Bengkel	0.5	4	2.0
Total Wattage			6.2		



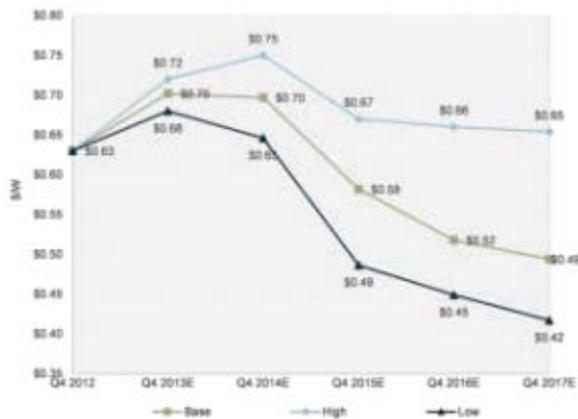
Gbr. 2. Data Energi per Jam/Hari dari Beban

Pemilihan Data Komponen

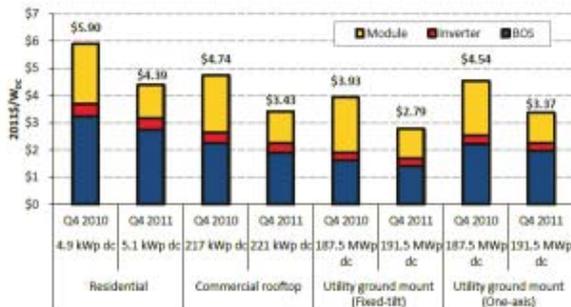
Dalam studi kelayakan ini, data spesifikasi yang digunakan untuk dimasukkan sebagai data input ke Homer adalah data dari komponen yang tipikal. Pemilihannya dilakukan dengan melakukan survey pada beberapa distributor atau toko yang menyediakan data komponen ini di website.

Untuk modul atau panel *photovoltaic* (PV), patokan harga \$0.7/watt dijadikan acuan untuk melakukan perhitungan [1].

Gbr. 3 adalah hasil riset [6] yang menunjukkan kecenderungan penurunan harga modul PV, sedangkan Gbr. 4 adalah data *U.S Department of Energy* dalam [5] yang menggambarkan perbandingan harga *installed system* antara PV, *inverter* dan *balance of system* (BOS). Data harga *inverter* yang digunakan dalam perhitungan adalah \$0.25/watt yang merupakan harga tertinggi dari [2].



Gbr. 3. Harga Modul PV China Q4-2012 s/d Q4-2017.



Gbr. 4. Harga Installed System Sebagai Data Sumber Harga Inverter per Watt Peak System.

Module						
2014/01/15 update						
Item	High	Low	Avg	Chg	Chart	
Module Price (Per Watt)	0.90	0.53	0.660	- (0%)		

PV Inverter						
2014/01/15 update						
Item	High	Low	Avg	Chg	Chart	
PV Inverter Price (Per Watt)	0.25	0.11	0.194	- (0%)		

Gbr. 5. Data Harga PV dan Inverter dari Energy Trend

Di sini tidak diperlukan untuk mendapatkan informasi tentang harga baterai karena SESF yang akan diuji kelayakan implementasinya adalah SESF tanpa baterai.

Data Penyinaran Matahari

Data penyinaran matahari selama satu tahun untuk sebuah lokasi bisa didapatkan langsung dari Homer dengan jalan memasukkan data koordinat dari lokasi tersebut.

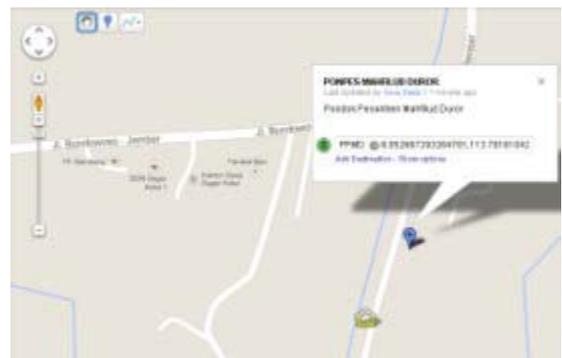
Gbr. 6 adalah lokasi PPMD yang ditentukan dengan *google map*. Dari penentuan lokasi ini didapatkan data koordinat *google map* yang kemudian dikonversikan menjadi data koordinat dalam lintang dan bujur dalam satuan derajat dan menit yang dibutuhkan Homer.

Tabel II adalah data penyinaran matahari yang didapatkan dengan memasukkan koordinat 8°3' LS dan 113°47'BT sebagai koordinat PPMD.

Data Tarif Listrik PLN

Data terakhir yang perlu diperoleh untuk dimasukkan ke Homer adalah data tarif listrik [3], [4].

PPMD menggunakan dua meter masing-masing 2200VA sehingga total kontrak daya ke PLN adalah 4400VA. Untuk pelanggan seperti PPMD PLN menerapkan tarif pemakaian daya dalam satuan Rp./kWh dan biaya beban yang diambil dari rekening minimum (RM).



Gbr. 6. Data Koordinat PPMD

TABEL II
DATA SOLAR RADIATION DI KOORDINAT PPMD

Month	Clearness Index	Daily Radiation (kWh/m2/d)
January	0.475	5.14
February	0.487	5.27
March	0.534	5.61
April	0.578	5.62
May	0.609	5.39
June	0.592	4.95
July	0.601	5.14
August	0.616	5.73
September	0.618	6.27
October	0.575	6.13
November	0.529	5.70
December	0.513	5.52

Perhitungan RM untuk PPMD adalah sebagai berikut:

$$RM = 40 \times DT \times BP \tag{1}$$

$$RM1 = 40 \times 2200 \times 760 = Rp. 66,880.- /bln$$

$$RM2 = 2 \times 66,880.- = 133,760.- /bln$$

Data di atas didapatkan dari data tarif PLN [3].

Pemodelan Sistem

Setelah semua data ini didapatkan, langkah selanjutnya adalah memodelkan sistem ini dalam Homer.

Secara umum, konfigurasi model sistem dalam Homer disusun seperti terlihat dalam Gbr. 7. Data input pada beban adalah data seperti dalam Gbr. 2.

Data *grid* adalah sebagaimana terlihat dalam Tabel III. Dalam tabel ini semua nilai sudah dikonversikan ke dalam satuan mata uang USD.

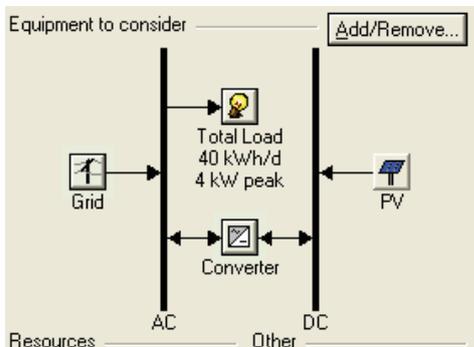
Gbr. 8 menunjukkan kurva yang berhubungan dengan data input harga PV. Life time dibuat 20 tahun dengan derating factor yang mewakili efisiensi converter dc/dc adalah 90%. Harga PV awal investasi dibuat \$1/Wp dengan mempertimbangkan biaya impor barang. Harga penggantian dibuat separuh dari harga investasi awal mengingat kecenderungan harga PV yang masih menurun sampai saat ini.

Gbr. 9 adalah kurva harga inverter dengan asumsi harga \$1/kW output. Hal ini juga berbeda dengan informasi harga yang didapatkan dari hasil survey di internet seperti terlihat dalam Gbr. 5 yang hanya \$0.25/kW. Asumsi harga ini diambil dengan pertimbangan kondisi riil di mana pajak barang impor dengan kategori barang elektronik sangat besar dan juga mempertimbangkan biaya pengiriman serta kewajaran harga barang dengan usia pakai sesuai dengan asumsi jangka waktu proyek yaitu 5 tahun.

Selain harga, yang penting untuk diperhatikan pada input data inverter adalah efisiensi daya. Dalam pemodelan ini diasumsikan efisiensi inverter adalah 91%.

TABEL III
DATA INPUT GRID

Rate	Price \$/kWh	Sellback \$/kWh	Demand \$/kW/mo
TTL PLN	0.063	0.000	11.150



Gbr. 7. Konfigurasi Model Sistem dalam Homer

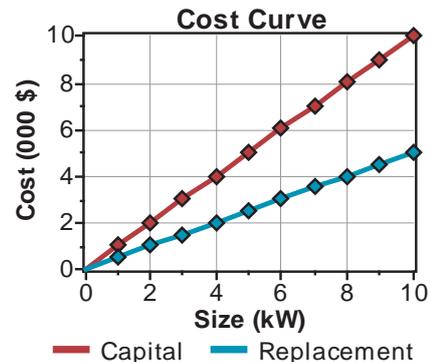
Pemodelan ini menggunakan dua buah skenario. Skenario pertama adalah untuk melihat unjuk kerja sistem tanpa PB sedangkan skenario kedua adalah untuk mensimulasikan sistem dengan menganggap bahwa PV dan *grid* (PLN) akan bekerja secara bergantian dengan PV sebagai sumber utama (*mains*). PLN hanya akan digunakan jika daya dari PV tidak mencukupi untuk memikul semua beban yang menyala selama siang hari, atau selama ada penyinaran.

Untuk skenario kedua ini diberikan opsi beberapa besaran kW dari PV dan inverter serta diberikan opsi untuk menghitung pengoperasian tanpa PV sebagai pembanding. Hasil-hasil perhitungan untuk kedua skenario ini didiskusikan dalam bab IV.

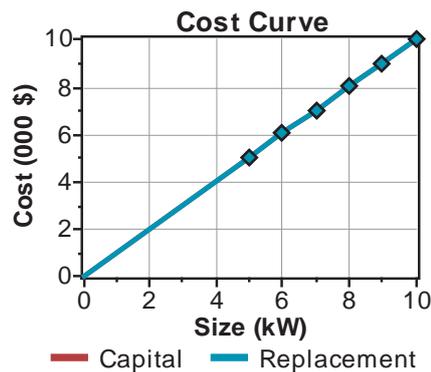
IV. HASIL DAN DISKUSI

Untuk menyederhanakan pembahasan, terlebih dahulu akan kita lihat hasil perhitungan biaya pemakaian daya jika sistem dioperasikan tanpa PV. Untuk skenario ini tidak ada biaya investasi tambahan yang dibutuhkan mengingat sistem sekarang sudah dioperasikan dengan kondisi ini.

Semua perhitungan untuk keperluan analisis ekonomi dilakukan dengan asumsi jangka waktu proyek 5 tahun, suku bunga 7.0%/tahun.



Gbr. 8. Data Input Harga PV



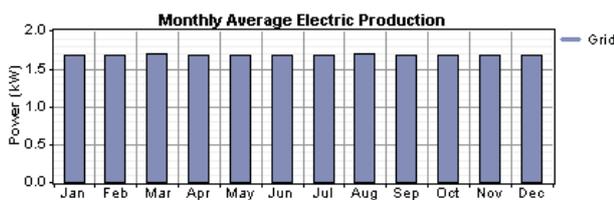
Gbr. 9. Data Input Harga Inverter

TABEL IV
PERHITUNGAN ENERGI DAN BIAYA GRID SISTEM TANPA PV

Month	Energy Purchased	Net Purchases	Peak Demand	Energy Charge	Demand Charge
	(kWh)	(kWh)	(kW)	(\$)	(\$)
Jan	1,251	1,251	4	79	44
Feb	1,128	1,128	4	71	44
Mar	1,255	1,255	4	79	44
Apr	1,213	1,213	4	76	43
May	1,250	1,250	4	79	43
Jun	1,213	1,213	4	76	44
Jul	1,252	1,252	4	79	44
Aug	1,257	1,257	4	79	44
Sep	1,213	1,213	4	76	44
Oct	1,252	1,252	4	79	43
Nov	1,210	1,210	4	76	43
Dec	1,252	1,252	4	79	44
Annual	14,746	14,746	4	929	525

TABEL V
COST SUMMARY SISTEM TANPA PV

Total net present cost	\$5,962
Levelized cost of energy	\$ 0.099/kWh
Operating cost	\$ 1,454/yr



Gbr. 10. Produksi Listrik Bulanan Sistem Tanpa PV.

Hasil Perhitungan Sistem Tanpa PV

Tabel IV dan Tabel V menunjukkan hasil perhitungan biaya energi listrik bulanan dan rangkuman dari biaya listrik untuk sistem tanpa PV.

Gbr. 10 menunjukkan produksi daya rata-rata bulanan yang untuk sistem tanpa PV ini berarti daya rata-rata bulanan yang ditarik dari *grid* (PLN). Jika dibandingkan dengan nilai kontrak daya hal ini menunjukkan bahwa *load factor* cukup rendah.

Perhitungan Sistem Hibrid Tanpa Sinkronisasi

Selanjutnya disimulasikan unjuk kerja sistem dengan memasukkan PV tetapi dioperasikan tanpa sinkronisasi.

Input nilai PV yang diberikan adalah 1-10 kW. Kemudian diberikan kendala bahwa *renewable fraction* (RF) minimum adalah 50%. Hal ini dimaksudkan agar Homer mendapatkan hasil optimum dan perhitungan ini memberikan nilai tambah keuntungan *intangible* untuk tujuan menggalakkan pemanfaatan energi baru terbarukan.

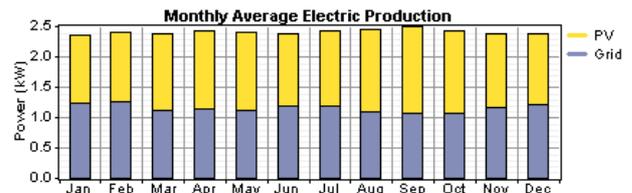
Dengan kendala fraksi RE minimum 50% didapatkan konfigurasi yang menghasilkan *cost of energy* (COE) terendah dengan PV = 6kW, inverter 5kW dan *grid* tetap dengan kondisi semula.

TABEL VI
PERHITUNGAN ENERGI DAN BIAYA GRID SISTEM HIBRID TANPA SINKRONISASI

Month	Energy Purchased	Net Purchases	Peak Demand	Energy Charge	Demand Charge
	(kWh)	(kWh)	(kW)	(\$)	(\$)
Jan	928	928	4	58	43
Feb	841	841	4	53	43
Mar	841	841	4	53	43
Apr	819	819	4	52	43
May	837	837	4	53	43
Jun	862	862	4	54	44
Jul	884	884	4	56	44
Aug	823	823	4	52	43
Sep	768	768	4	48	44
Oct	796	796	4	50	43
Nov	835	835	4	53	43
Dec	901	901	4	57	44
Annual	10,135	10,135	4	639	523

TABEL VII
COST SUMMARY HIBRID TANPA SINKRONISASI

Total net present cost	\$14,157
Levelized cost of energy	\$ 0.234/kWh
Operating cost	\$ 770/yr



Gbr. 11. Produksi Listrik Bulanan Sistem Hibrid Tanpa Sinkronisasi.

Dari Tabel VI, Tabel VII dan Gbr. 11 bisa dibandingkan unjuk kerja sistem dengan tambahan PV sebesar 6kW. Total pembelian daya ke PLN menurun sebesar 4,611kWh, sedangkan PV menyumbang produksi energi sebesar 10,990 kWh. Hal ini menunjukkan adanya energi PV yang tidak dimanfaatkan.

Energi yang terbuang ini bisa terjadi karena penjadwalan beban yang tidak sesuai sebesar 5,923 kWh. Dalam Tabel VIII hal ini dinyatakan sebagai *excess electricity*.

Selain dikarenakan penjadwalan yang tidak eksek energi bisa terjadi karena mekanisme sistem. Dalam skenario ini diterapkan aturan bahwa jika PV tidak bisa memikul semua beban, maka energi hanya akan diambil dari PLN (*grid*). Hal ini dikarenakan output dari inverter tidak disinkronkan dengan output PLN sehingga harus bekerja bergantian.

Gbr. 12 menunjukkan sebuah ilustrasi tentang terjadinya eksek energi listrik. Gambar bagian atas menunjukkan perbandingan antara eksek energi dengan produksi daya PV sedangkan gambar bagian bawah mengilustrasikan pergantian sumber daya sesuai dengan skenario yang diterapkan, yaitu SESF hibrid tanpa sinkronisasi.

TABEL VIII
NERACA ENERGI UNTUK SISTEM HIBRID TANPA SINKRONISASI

Component	Production	Fraction	Load	Consumption
	(kWh/yr)			(kWh/yr)
PV array	10,990	52%	AC primary load	14,746
Grid purchases	10,135	48%	Excess electricity	5,923
			Losses	456
Total	21,125	100%	Total	21,125

Dalam Tabel VIII, selain *exces electricity* juga diperlihatkan adanya *energy losses* sebesar 456 kWh per tahun. Jika kita hitung dari total energi yang diproduksi oleh sistem selama satu tahun, nilai losses ini sangat rendah, yaitu sekitar 2%.

Tapi nilai ini bukanlah informasi yang berguna mengingat tidak semua energi yang dicatukan ke beban mengalami losses. Losses hanya terjadi pada energi yang diproduksi oleh PV yang dilewatkan pada inverter dengan efisiensi 91%. Prosentase losses dari energi yang dilewatkan inverter adalah $456 / (10,990 - 5,923) = 9\%$.

Nilai fraksi RE yang ditunjukkan dalam Tabel VIII adalah fraksi yang dihitung dari total yang diproduksi seperti diilustrasikan dalam 0. Untuk melihat seberapa besar fraksi RE yang digunakan beban dihitung dengan 0.

$$RF1 = \frac{PV_{prod}}{Total_{prod}} \quad (2)$$

$$RF1 = \frac{10,990}{(21,125)} = 52\%$$

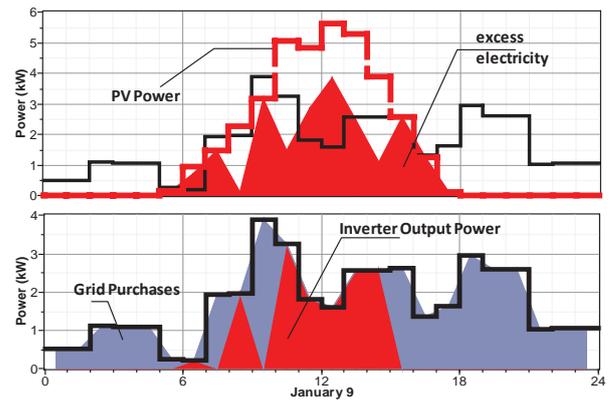
$$RF2 = \frac{E_{Load} - Grid\ Purchase}{E_{Load}} \quad (3)$$

$$RF2 = \frac{14,746 - 10,135}{14,746} = 31\%$$

Dengan membandingkan Tabel V dan 0 terlihat bahwa COE dan (*net present cost*) NPC dari sistem hibrid yang direncanakan masih jauh lebih tinggi, hal ini dikarenakan biaya COE dan NPC pada sistem tanpa PV hanya terdiri dari biaya pemakaian dan biaya beban PLN. Selisih ini juga semakin lebar karena asumsi harga PV dan inverter dinaikkan dua kali lipat dan tiga kali lipat dari harga umum dunia. Solusi dari permasalahan ini adalah dengan parameter-parameter ekonomi yang lebih baik, yaitu:

Harga PV dan inverter yang sesuai dengan harga umum dunia. Asumsi ini bisa kita buat jika teknologi dan sistem produksi sudah bisa dikuasai. Tingkat suku bunga yang lebih rendah, yang akan membuat investasi PV menjadi lebih masuk akal. Subsidi listrik PLN tidak ada sehingga peningkatan fraksi RE berkontribusi lebih besar pada COE dan NPC.

Dari sisi aplikasi, untuk memperbaiki unjuk kerja sistem dengan skenario Hibrid tanpa sinkronisasi bisa dilakukan dengan menjadwalkan ulang pemakaian beban. Untuk kasus di PPMD hal ini bisa dilakukan dengan menjadwalkan ulang kegiatan yang berhubungan dengan pemakaian energi listrik. Perubahan pada unjuk kerja yang berhubungan dengan penjadwalan ulang untuk mengurangi eksen energi ini tentunya harus dihitung ulang untuk setiap perubahan yang dilakukan.



Gbr. 12. Ilustrasi Excess Electricity pada Tanggal 5 Januari

V. KESIMPULAN (PENUTUP)

PPMD adalah sebuah gambaran pengguna yang umum dalam masyarakat yang membutuhkan solusi penyediaan energi. Jika *feasibility* secara ekonomis dipaksakan sebagai pertimbangan implementasi SESF untuk mengatasi permasalahan energi pada pengguna seperti ini, maka tidak akan ada alasan yang masuk akal mengingat COE tidak bisa dibuat menjadi lebih rendah dari sistem dengan listrik PLN selama masa proyek.

Diperlukan alasan lain dengan visi yang lebih panjang untuk membuat implementasi SESF ini menjadi masuk akal. Alasan tersebut bisa saja untuk memberikan pembelajaran energi baru terbarukan kepada siswa-siswa dan masyarakat mengingat PPMD adalah sebuah lembaga pendidikan yang harus juga menjadi pelopor implementasi teknologi energi baru terbarukan.

Hal lain yang memungkinkan untuk dilakukan agar implementasi sistem ini menjadi lebih berhasil guna adalah dengan melakukan penjadwalan beban yang disesuaikan dengan hasil prediksi dan perhitungan yang sudah dilakukan dalam studi ini.

Penelitian lebih jauh yang harus dilakukan adalah dengan mengujicobakan skenario sinkronisasi sehingga pada siang hari beban bisa dipikul bersama antara sumber RE dengan grid.

REFERENSI

- [1] "Compare Solar Panel Before Buy", <http://www.wholesolar.com/solar-panels.html>.
- [2] "Price quotes updated weekly (\$USD)", Energy Trend:PV, 2014, <http://pv.energytrend.com/pricequotes.html>.
- [3] "Tarif Tenaga Listrik(TTL) 2013", <http://www.pln.co.id/dataweb/TTL%202013>
- [4] "Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No: 30 Tahun 2012 tentang Tarif Tenaga Listrik yang Disediakan oleh Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara", <http://www.pln.co.id/dataweb/Tahun%202012%20TTL.pdf>.
- [5] Feldman D., Barbose G., Margolis R., Ryan Wiser, Darghouth N., and Goodrich A., "Photovoltaic (PV) Pricing Trends: Historical, Recent, and Near-Term Projections", U.S Department of Energy, November 2012.
- [6] Jade Jones, Shyam Metha, "Global PV Pricing Outlook 2014: Value Chain Trends, Global Drivers and Regional Dynamics", GTM Research, <http://www.greentechmedia.com/articles>.