

Analisis Daya Ekspor Impor kWh Meter PLTS *on Grid* sebagai Upaya Menjaga Stabilitas Pasokan Listrik Laboratorium Institut Teknologi PLN

Nurmiati Pasra*, Kartika Tresya Mauriraya, Heri Suyanto, Andi Makkulau

Institut Teknologi PLN, Indonesia

Email: nurmiati@itpln.ac.id*, kartika@itpln.ac.id, heri.suyanto@itpln.ac.id,
andi.m@itpln.ac.id

Keywords:

Power; EBT; PLTS; kWh Export-Import

Abstract

The increasing demand for electrical energy and environmental sustainability issues encourage the utilization of renewable energy sources, particularly through grid-connected Solar Power Plants (PLTS). This system enables the integration of solar energy generation with the national electricity network through the implementation of export-import kWh meters (EXIM) to manage bidirectional energy flows. This study aims to analyze the export-import power performance of a grid-connected PLTS system and evaluate its contribution to electricity supply stability and energy cost efficiency at the Renewable Energy Laboratory of Institut Teknologi PLN. This research employed a descriptive quantitative method by collecting and analyzing operational data, including PLTS energy production, electrical load consumption, exported and imported energy, and energy efficiency calculations based on monitoring data from December 2022 to June 2023. The results indicate that the 15 kWp PLTS system generated a total energy production of 6,167.558 kWh during the observation period. The analysis shows that the EXIM kWh meter mechanism effectively supports laboratory electricity requirements, achieving an average energy efficiency of 53% and reducing electricity costs by approximately 13%. The implementation of a grid-connected PLTS system contributes to improving energy utilization efficiency and reducing dependence on conventional electricity sources. This study concludes that optimizing the export-import energy mechanism through EXIM kWh meters is an effective strategy to support sustainable energy management in educational institutions.

Kata Kunci:

Daya; EBT; PLTS; kWh Expor - Impor

Abstrak

Peningkatan kebutuhan energi listrik dan isu keberlanjutan lingkungan mendorong pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT), salah satunya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sistem *on-grid*. Sistem ini memungkinkan integrasi antara pembangkit energi surya dengan jaringan PLN melalui penggunaan kWh meter export-import (EXIM) untuk mengatur aliran energi dua arah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja daya ekspor-impor pada sistem PLTS *on-grid* serta mengevaluasi kontribusinya terhadap stabilitas pasokan listrik dan efisiensi biaya energi pada Laboratorium EBT Institut Teknologi PLN. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif deskriptif

melalui pengumpulan dan analisis data operasional produksi energi PLTS, konsumsi beban listrik, energi ekspor-impor, serta perhitungan efisiensi penggunaan energi berdasarkan data monitoring periode Desember 2022 hingga Juni 2023. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem PLTS berkapasitas 15 kWp mampu menghasilkan energi sebesar 6.167,558 kWh selama periode pengamatan. Analisis menunjukkan bahwa mekanisme kWh EXIM mampu mendukung pemenuhan kebutuhan energi laboratorium dengan tingkat efisiensi rata-rata sebesar 53% serta memberikan penghematan biaya listrik sekitar 13%. Penerapan sistem PLTS on-grid terbukti mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi dan mengurangi ketergantungan terhadap suplai listrik konvensional. Penelitian ini menyimpulkan bahwa optimalisasi sistem ekspor-impor energi melalui kWh EXIM dapat menjadi strategi efektif dalam mendukung pengelolaan energi berkelanjutan di lingkungan institusi pendidikan.

PENDAHULUAN

Saat ini sudah banyak pengguna listrik di Indonesia atau konsumen PLN (Perusahaan Listrik Negara) dengan jenis pelanggan rumah tangga, bisnis perkantoran, pemerintah, maupun industri yang menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pemasangan PLTS terhitung dari bulan September 2023 terdapat pemasangan 1.435 PLTS yang terpasang dengan rincian terdapat kurang lebih 800 konsumen PLN pasang baru sejak kebijakan tentang PLTS di luncurkan pada bulan Desember 2022 (Bachtiar, 2006). Pemasangan PLTS terdapat beberapa sistem pemasangan dengan sistem Off Grid, pada pemasangan nya tanpa terhubung dengan PLN melainkan penyimpanan daya yang dihasilkan PLTS disimpan baterai, dan On Grid, pada pemasangan nya terhubung dengan PLN tanpa menyimpan daya melainkan dapat mengirim kelebihan daya yang dihasilkan PLTS sehingga ada surplus akan dapat digunakan nanti (Halim, 2022; Sitohang, 2019; Wicaksono & Bangsa, 2022).

Pemasangan PLTS di Indonesia terus meningkat seiring dengan kebijakan transisi energi menuju energi baru terbarukan (EBT) yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Bachtiar, 2006; Irfan, 2017; IEA, 2023). Sistem PLTS on-grid memungkinkan integrasi dengan jaringan PLN sehingga kelebihan energi dapat diekspor kembali ke jaringan listrik nasional (Bayuaji Kencana et al., 2018; Shukla et al., 2017). Penggunaan kWh meter export-import (EXIM) menjadi komponen penting dalam sistem ini karena mampu mencatat aliran energi dua arah secara akurat (Gidion, 2014; Green, 2022).

Selain itu, kebijakan pemerintah melalui Peraturan Menteri ESDM mendorong optimalisasi pemanfaatan PLTS atap dengan skema ekspor-impor energi listrik (Kementerian ESDM, 2018; Kementerian ESDM, 2021). Namun demikian, implementasi PLTS masih menghadapi tantangan biaya investasi awal yang relatif tinggi serta kurangnya pemahaman masyarakat terhadap manfaat jangka panjangnya (Hariyati et al., 2019; Zahedi, 2006).

Sistem PLTS jika menggunakan sistem On Grid dengan panel surya atau PV (Photovoltaik) yang terpasang pada atap bangunan, inverter, panel proteksi, kWh Expor Import (EXIM) (Bayuaji Kencana et al., 2018). Di Indonesia, penggunaan kWh meter EXIM sudah diatur pada peraturan Kementerian ESDM (Energi Sumber Daya Mineral) dengan PLN sebagai

penyedia jaringan utilitas listrik (Gidion, 2014). kWh meter EXIM merupakan perangkat atau alat penghitung energi sama seperti kWh meter biasa yang membedakan dari kWh meter pada umumnya dengan kWh meter EXIM adalah kWh meter EXIM dapat menerima/import dari daya yang dikirim oleh PLN, dan mengirim/eksport daya lebih yang dihasilkan oleh sistem jaringan PLTS kemudian dikirimkan ke PLN lalu mengurangi biaya tagihan listrik (Hafidz, 2016). Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan PLTS sistem on-grid memiliki kontribusi signifikan terhadap efisiensi penggunaan energi listrik.

Penelitian Hariyati et al. (2019) mengenai sistem fotovoltaik terintegrasi *on-grid* pada gedung menunjukkan bahwa integrasi PLTS dengan jaringan listrik mampu mengurangi konsumsi energi dari sumber konvensional serta memberikan manfaat ekonomi melalui penghematan biaya listrik. Studi Irfan (2017) juga menemukan bahwa analisis teknis dan ekonomi PLTS *on-grid* menunjukkan kelayakan penerapan sistem energi surya pada sektor industri melalui peningkatan efisiensi energi dan pengurangan biaya operasional. Selain itu, Shukla et al. (2017) menjelaskan bahwa perkembangan teknologi fotovoltaik terintegrasi bangunan (*Building Integrated Photovoltaic/BIPV*) semakin memperkuat peluang pemanfaatan energi surya sebagai bagian dari sistem kelistrikan modern. Penelitian Nguyen dan Song (2020) juga menegaskan bahwa optimalisasi sistem PLTS terhubung jaringan membutuhkan pengelolaan kapasitas pembangkitan, konsumsi beban, dan mekanisme penyimpanan atau ekspor energi agar diperoleh kinerja sistem yang maksimal.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas mengenai perancangan, kelayakan ekonomi, serta performa teknis PLTS on-grid, masih terdapat keterbatasan penelitian terkait evaluasi empiris terhadap mekanisme ekspor-impor energi menggunakan kWh meter EXIM pada lingkungan institusi pendidikan, khususnya laboratorium yang memiliki karakteristik beban listrik dinamis. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih menitikberatkan pada aspek desain sistem, potensi energi matahari, maupun kelayakan investasi, sementara kajian mengenai hubungan antara produksi energi PLTS, konsumsi beban, energi yang diekspor ke PLN, energi yang diimpor dari PLN, serta efisiensi penghematan biaya listrik masih relatif terbatas (Dwiastoro, 2021; Seftiani, 2024). Padahal, sistem kWh EXIM memiliki peran penting dalam memastikan keseimbangan energi antara pembangkit lokal dan jaringan utilitas. Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan penelitian yang mampu memberikan gambaran nyata mengenai performa sistem ekspor-impor energi pada PLTS on-grid berdasarkan data operasional aktual.

Urgensi penelitian ini semakin meningkat karena penggunaan energi listrik pada institusi pendidikan dan laboratorium cenderung mengalami perubahan berdasarkan aktivitas pengguna, jadwal akademik, serta kondisi lingkungan. Pada penelitian ini, produksi energi PLTS Laboratorium EBT IT-PLN selama periode Desember 2022 hingga Juni 2023 menunjukkan adanya variasi produksi akibat faktor iradiasi matahari, kondisi cuaca, serta pola penggunaan beban listrik. Data penelitian menunjukkan bahwa total produksi energi selama periode tersebut mencapai 6.167,558 kWh, dengan efisiensi penggunaan daya ekspor-impor rata-rata sebesar 53%. Selain itu, penerapan sistem kWh EXIM mampu memberikan penghematan biaya listrik dengan rata-rata persentase efisiensi sekitar 13%. Temuan tersebut menunjukkan bahwa evaluasi sistem ekspor-impor energi tidak hanya penting dari aspek teknis, tetapi juga memiliki implikasi terhadap efisiensi operasional dan keberlanjutan pengelolaan energi pada fasilitas pendidikan.

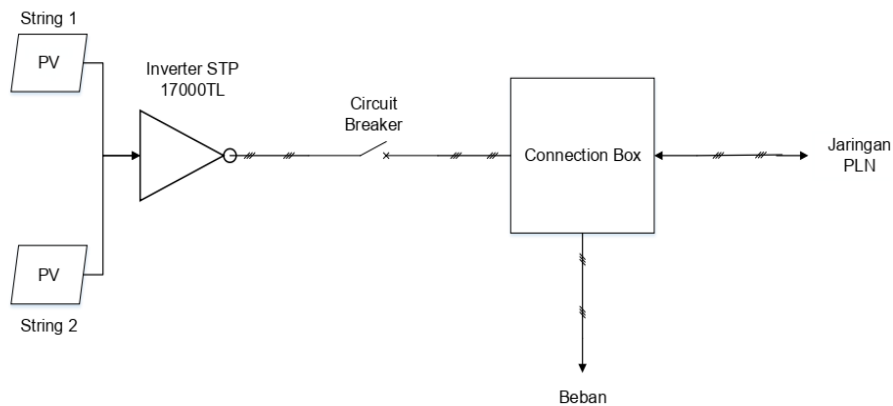
Kebaruan penelitian ini terletak pada analisis komprehensif terhadap kinerja aktual sistem PLTS on-grid melalui integrasi tiga aspek utama, yaitu produksi energi PLTS, distribusi energi melalui mekanisme ekspor-impor kWh EXIM, serta dampaknya terhadap efisiensi biaya listrik pada laboratorium pendidikan. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya berfokus pada simulasi sistem atau studi kelayakan pemasangan PLTS, penelitian ini menggunakan data monitoring operasional untuk mengevaluasi performa sistem yang telah berjalan. Pendekatan tersebut memberikan kontribusi praktis karena mampu menggambarkan bagaimana sistem PLTS on-grid bekerja dalam kondisi nyata dengan mempertimbangkan faktor beban listrik, perubahan produksi energi, serta interaksi antara sistem pembangkit lokal dengan jaringan PLN.

Berdasarkan permasalahan dan kesenjangan penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya energi ekspor-impor pada sistem PLTS *on-grid* menggunakan kWh meter EXIM di Laboratorium Energi Baru Terbarukan Institut Teknologi PLN, mengetahui besarnya energi yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan beban laboratorium, serta mengevaluasi tingkat efisiensi dan penghematan biaya listrik yang diperoleh dari penerapan sistem tersebut. Melalui analisis tersebut, penelitian ini diharapkan mampu memberikan pemahaman mengenai efektivitas pemanfaatan PLTS *on-grid* sebagai bagian dari strategi pengelolaan energi berkelanjutan.

Penelitian ini memberikan manfaat secara teoritis maupun praktis. Secara teoritis, penelitian ini dapat memperkaya kajian mengenai penerapan energi baru terbarukan, khususnya terkait optimalisasi sistem PLTS on-grid dan mekanisme pengukuran energi menggunakan kWh meter ekspor-impor. Secara praktis, hasil penelitian dapat menjadi referensi bagi institusi pendidikan, pengelola fasilitas energi, maupun pengguna PLTS lainnya dalam mengevaluasi performa sistem dan menentukan strategi peningkatan efisiensi energi. Selain itu, penelitian ini dapat mendukung upaya percepatan transisi energi bersih di Indonesia melalui pemanfaatan energi surya yang terintegrasi dengan jaringan listrik nasional secara lebih optimal.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan membahas terkait analisa sistem daya energi export import yang terkonfigurasi pada PLTS di Laboratorium EBT Institut Teknologi PLN, Analisa daya energi yang digunakan pada beban pada Laboratorium dengan sistem export import yang terkonfigurasi pada PLTS, dan menghitung biaya tagihan listrik dan efisiensi dengan adanya pemanfaatan sistem export import pada Laboratorium Institut Teknologi PLN.



Gambar 1. Konfigurasi Sistem PLTS

Pada Gambar 1. Konfigurasi Sistem PLTS terdapat kumpulann dari beberapa modul fotovoltaik dengan kapasitas satu modul fotovoltaiknya sebesar 260 Wp dimana terdapat 4 string. Pada setiap 1 string terdapat 24 modul fotovoltaik disusun seri yang kemudian diparalel dan masuk ke *inverter sunny tri power*. *Inverter sunny tri power* memiliki dua masukan arus searah (*direct current*) kemudian diubah menjadi arus bolak-balik (*alternating current*) 3 fasa. Sebelum masuk ke connection box terdapat *circuit breaker* untuk memutus sirkuit saat terjadi hubung singkat pada jaringan. Di dalam *connection box* terdapat pembagian aliran ke beban untuk pemakaian sendiri dan terhubung dengan jaringan PLN melalui kWh meter ekspor-impor. Jika beban tidak dapat disuplai oleh PLTS maka jaringan PLN dapat membantu mensuplai beban melalui kWh meter ekspor-impor. Sehingga tidak ada pemadaman beban saat produksi energi dari PLTS tidak memenuhi kebutuhan beban.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem PLTS on Grid Laboratorium EBT IT-PLN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya Laboratorium EBT IT – PLN telah beroperasi sejak tahun 2019 silam dengan kapasitas 15 KWp on-grid dengan jaringan dari PLN. Selama 4 (empat) tahun operasi telah menghasilkan energi sekitar 49 MWh dipakai untuk pemakaian sendiri dan dijual ke PLN melalui kWh meter ekspor – impor. Daya yang dihasilkan pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya berasal dari 60 modul fotovoltaik dengan kapasitas tiap modulnya adalah 260 Wp Keluaran dari modul fotovoltaik merupakan arus searah (*direct current*) sehingga menggunakan Inverter Sunny Tri Power yang dapat menghasilkan arus bolak-balik (*alternating current* i) 3 fasa yang dihubungkan langsung ke beban untuk pemakaian sendiri dan jaringan PLN.

Tabel 1. Total Daya Produksi PLTS

Total Daya Yang Dihasilkan Dari 2019 – 2023	
Tahun	MW
2019	7.415.992
2020	17.108.585
2021	11.780.821
2022	7.595.551
2023	5.351.740
Total	49.252.689

Spesifikasi Modul PV 260 Wp

Untuk menghasilkan daya pada pembangkit listrik tenaga surya maka komponen utama yang digunakan adalah modul fotovoltaik. Modul fotovoltaik adalah suatu alat yang dapat mengkonversikan energi matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip fotoelektrik. Khusus pada pembangkit listrik tenaga surya 14 KWp pada laboratorium EBT IT – PLN salah satunya menggunakan modul fotovoltaik 260 Wp dengan jenis polycrystalline silicon seperti pada tabel 3. Spesifikasi ini dapat berdasarkan standard test condition dengan Irradiasi 1000 W/m^2 , Module Temperature 25°C dan $\text{AM} = 1.5$.

Tabel 2. Tabel Spesifikasi Photovoltaik 260 Wp

STC	Modul Fotovoltaik 260 Wp
<i>Maximum Power (Pmax)</i>	260 W
<i>Power Tolerance</i>	0/+5 W
<i>Optimum Operating Voltage (Vmp)</i>	30.9 V
<i>Optimum Operating Current (Imp)</i>	8.42 A
<i>Open Circuit Voltage (Voc)</i>	37.7 V
<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	8.89 A
<i>Maximum System Voltage</i>	1000 Vdc
<i>Solar Cell</i>	<i>Polycrystalline Silicon</i>
<i>No. Of Cell</i>	60 (6 x 10)
<i>Dimension of Cell</i>	156 mm X 156 mm
STC : Irradiance 1000 W/m^2 , Module Temperatur 25°C dan $\text{AM} = 1.5$	

Inverter Modul PV 260 Wp

Energi listrik pada pembangkit listrik tenaga surya berasal dari modul fotovoltaik. Keluaran dari modul fotovoltaik merupakan arus searah (*direct current*) maka diperlukan inverter untuk mengubah arus searah (*direct current*) menjadi arus bolak – balik (*alternating current*). Inverter sunny tri power merupakan suatu alat yang dapat mengubah arus searah arus bolak – balik 3 fasa dengan daya yang sama setiap fasa nya.



Gambar 3. Single Line Diagram Laboratorium IT – PLN

Tabel 3. Spesifikasi Inverter Input

DC INPUT	STP 17000TL-10
Maximum DC Power	17.41 W
Maximum Input Voltage	1000 V
MPP Voltage Range	400 V to 800 V
Minimum Input Current, Input A	33 A
Maximum Input Current, Input B	11 A
Maximum short – circuit current, Input A	50 A
Maximum short – circuit current, Input B	17 A

Tabel 4. Spesifikasi Inverter Output

AC OUTPUT	STP 17000TL-10
Rated Power at 230 V, 50 Hz	17000 W
Maximum Apparent AC Power	17000 VA
Nominal AC Voltage	220 V, 230 V, 240 V
Nominal AC Current at 230 V	24.6 A
Rated Power Frequency	50 Hz
AC Power Frequency	50 Hz / 60 Hz
Operating Range at 50 Hz	44 Hz to 55 Hz
Operating Range at 60 Hz	54 Hz to 65 Hz
Power Factor	1
Connection Phases	3

Spesifikasi KWh EXIM EDM1 MK10E



Gambar 4. Spesifikasi kWh Exim MK10E

Untuk menghitung pengukuran daya yang digunakan pada laboratorium atau dapat dibidang mampu merekam penggunaan daya selama sebulan maupun setahun, yaitu menggunakan kWh Meter. kWh meter yang digunakan pada laboratorium EBT Institut Teknologi PLN merupakan jenis kWh *Export – Import*, kWh ini dapat menerima daya yang dikirim dari PLN dan mengirim daya lebih pelanggan ke PLN. kWh jenis merupakan tipe EDM1 MK10E

Produksi Daya PLTS Di Salurkan Pada Beban

Di Indonesia, khususnya ibukota DKI Jakarta potensi energi pembangkit listrik tenaga surya sangat melimpah dan tidak ada habisnya karena berasal dari matahari dan berada di garis khatulistiwa. Pemasangan pembangkit listrik tenaga surya on – grid pada laboratorium Institut Teknologi PLN dengan kapasitas 15 kWp. Pada data yang di monitoring mencakup produksi energi yang dihasilkan selama Desember 2022 – Juni 2023.

Variasi produksi energi PLTS dipengaruhi oleh faktor iradiasi matahari, kondisi cuaca, serta pola penggunaan beban listrik (Rehman et al., 2015). Pada sistem on-grid, ketika produksi energi melebihi konsumsi, maka energi tersebut akan diekspor ke jaringan PLN dan tercatat pada kWh EXIM (Green, 2022; Nguyen & Song, 2020). Sebaliknya, ketika produksi tidak mencukupi, maka suplai energi akan berasal dari PLN sebagai energi impor (Shukla et al., 2017).

Efisiensi sistem PLTS juga dipengaruhi oleh performa inverter, konfigurasi modul, serta manajemen energi pada sisi beban (Ackermann et al., 2001). Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi PLTS dengan sistem EXIM mampu memberikan penghematan biaya listrik yang signifikan, terutama pada sektor institusi pendidikan dan laboratorium (Saidur et al., 2010).

Produksi Daya Energi PLTS Disalurkan Pada Beban Bulan Desember 2020 – Juni 2021.

Berikut ini data tabel produksi daya energi yang digunakan pada beban

Tabel 5. Produksi Daya Energi PLTS Disalurkan Pada Beban Bulan Desember 2022 – Juni 2023

Bulan	Total Pemakaian Daya (kWh)
Desember 2022	538,596
Januari 2023	214,962
Februari 2023	515,864
Maret 2023	532,6
April 2023	537,32
Mei 2023	485,371
Juni 2023	142,616

Penggunaan Daya Energi Pada Laboratorium EBT IT – PLN

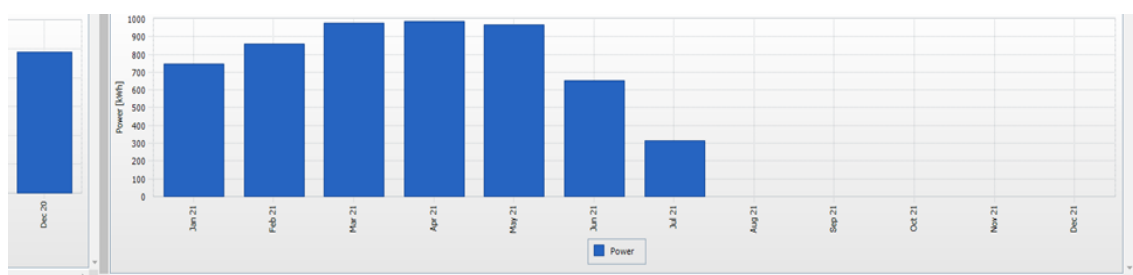
Pemasangan PLTS pada laboratorium ini telah didapatkan jumlah produksi energi listrik dari pembangkit listrik tenaga surya dengan kapasitas 15 kWp, pada data yang di dapat

secara monitoring mencakup produksi PLTS yang dihasilkan selama Desember 2022 – Juni 2023. Berikut adalah tabel dan grafik hasil energi yang didapat PLTS.

Tabel 6. Total Produksi Desember 2022 – Juni 2023

No	Bulan	Energi Yang Dihasilkan perbulan (kWh)
1	Desember 2022	980,695
2	Januari 2023	746,383
3	Februari 2023	857,454
4	Maret 2023	978,759
5	April 2023	984,48
6	Mei 2023	967,771
7	Juni 2023	652,016
	Total	6167,558

Dari tabel 6. diatas dapat dilihat jumlah produksi energi PLTS selama 7 bulan dimana produksi terendah berada pada bulan Juni 2023 dan tertinggi di bulan desember 2022, tentunya banyak faktor yang mempengaruhi produksi setiap bulannya.



Gambar 5. Grafik Produksi Daya

Dari gambar 5 dapat dilihat jumlah produksi energi PLTS di laboratorium IT – PLN dalam 7 bulan 1 Desember 2022 – 30 Juli 2023 dimana dalam setahun, hasil energi tidak stabil yaitu dimana produksi terendah pada tanggal Juni 2023 dan tertinggi April 2023 tentunya terdapat banyak faktor yang mampu mempengaruhi perbedaan dari setiap bulan.

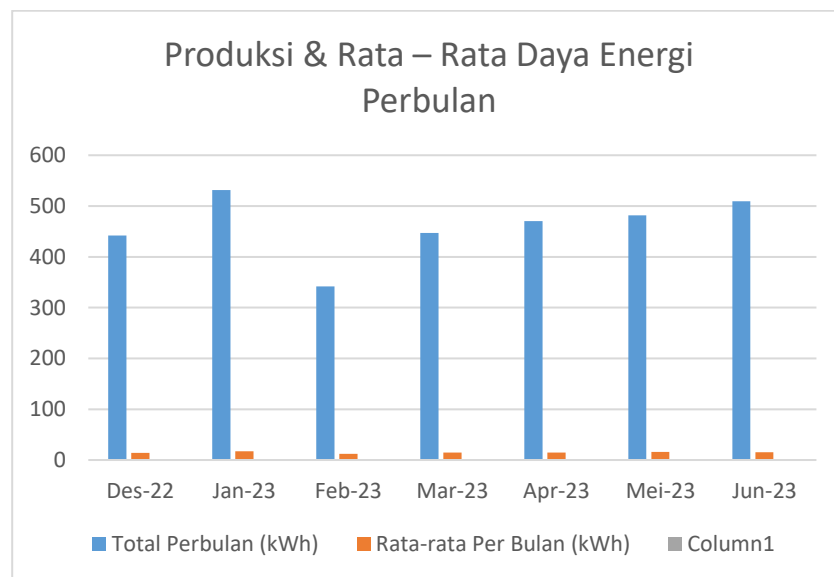
Profil data energi bulanan tertinggi pada bulan April 2023 dapat dilihat energi puncak yang didapatkan sangat tinggi terlepas dari cuaca yang bagus dan juga sistem yang baik maka didapatkan pada bulan oktober dapat terbilang optimal. Dapat dilihat dari grafik di atas produksi bulannya mencapai 984,48 kWh. Profil data energi bulanan terendah pada bulan Juni 2023 dapat dilihat energi puncak yang didapatkan sangat tinggi terlepas dari cuaca yang bagus dan juga sistem yang baik maka didapatkan pada bulan oktober dapat terbilang optimal. Dapat dilihat dari grafik di atas produksi bulannya mencapai 314,56 kWh.

Penggunaan Daya Energi

Pada Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang digunakan pada laboratorium IT – PLN memiliki hasil produksi daya setiap bulan dan akan dikirim ke PLN pada tiap bulannya menurut perhitungan PLN. Berikut data yang di export dari PLTS laboratorium IT – PLN ke PLN.

Tabel 7. Produksi Daya Yang Ter Import

Time		Import	
Bulan	Hari	Total Perbulan (kWh)	Rata – Rata Per bulan (kWh)
Des-22	31	442,090	14,261
Jan-23	31	531,420	17,143
Feb-23	28	341,590	12,200
Mar-23	31	447,160	14,425
Apr-23	30	470,270	15,676
Mei-23	31	481,400	15,529
Jun-23	30	509,400	16,980

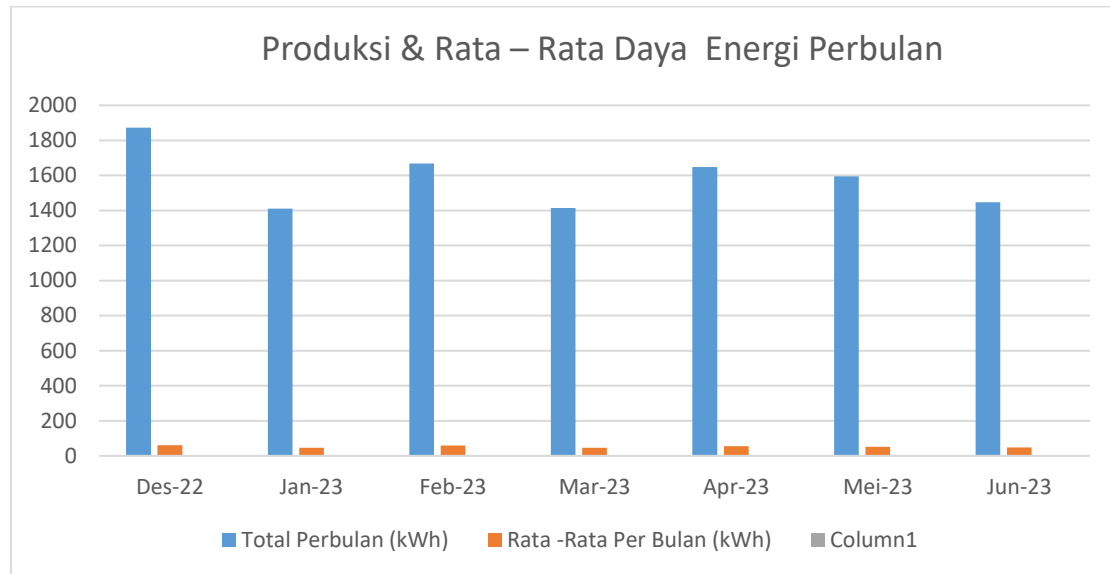
**Gambar 6. Produksi & Rata – Rata Daya Energi Perbulan**

Data Produk Daya Energi Pemakaian Dari PLN Ke Laboratorium EBT IT – PLN (Impor)

Pada sistem pemasangan PLTS on grid dengan menggunakan kWh EXIM ini juga mendapatkan suplai daya pengiriman dari PLN setiap bulan nya. Berikut tabel daya import yang di terima laboratorium IT – PLN.

Tabel 8. Daya Energi Yang Ter Export PLN

Time		Export	
Bulan	Hari	Total Per Bulan (kW)	Rata – Rata Per Bulan (kW)
Des-22	31	1872,84	60,41
Jan-23	31	1409,84	45,47
Feb-23	28	1667,85	59,56
Mar-23	31	1414,03	45,61
Apr-23	30	1648,30	54,94
Mei-23	31	1594,67	51,4
Jun-23	30	1447,15	48,23



Gambar 7. Grafik Produksi & Rata – Rata Daya Energi Perbulan

Data Beban Yang Digunakan Pada Laboratorium EBT IT – PLN

Didapatkan daya yang akan disuplai ke beban untuk menyalakan komponen dan peralatan elektronik pada laboratorium IT-PLN. Berikut tabel daya yang tersuplai pada beban laboratorium EBT IT – PLN.

Tabel 9. Data Beban Laboratorium

Beban	Jumlah	Daya (w)	Jam	Perhari (Wh)
Lampu TL	12	18	24	5184
Lampu Led	4	14	12	480
Lampu Led Bulb	2	5	12	240
TV Monitor 56"	1	60	1	60
Komputer	3	700	1	2100
Printer	2	20	1	40
AC	4	1400	12	67200
Total				75304

Perkiraan total daya energi laboratorium selama satu bulan :

$$75.304 \text{ Wh} \times 30 \text{ Hari} = 2259120 \text{ Wh} = 2259,12 \text{ kWh}$$

Sehingga, total perkiraan daya yang digunakan untuk menyuplai beban pada laboratorium selama 1 bulan yaitu sebesar 2259,12 kWh. Lalu pada tabel berikut ini akan menampilkan data daya energi yang tersuplai pada beban yang digunakan selama 7 bulan dari Desember 2022 – Januari 2023. Berikut tabel daya yang digunakan pada laboratorium EBT IT – PLN.

Analisis Penggunaan Daya Energi Pada Laboratorium IT – PLN

Berdasarkan data Tabel 7. ini yaitu daya yang dihasilkan dari produksi daya pembangkit listrik tenaga surya yang di export ke PLN dan sudah didapatkan dari total per

bulan nya, dimana pada daya yang ter import dari produksi daya pembangkit listrik tenaga surya ke PLN pada setiap bulan nya itu tidak menentu, kadang di bulan ini daya yang ter import cukup besar lalu bulan selanjutnya kecil. Penyebabnya daya yang di import itu tidak menentu terdapat beberapa faktor nya dari daya yang digunakan, dimana daya yang digunakan beban pada laboratorium IT – PLN. Pada beban yang digunakan sangat jarang maka produksi daya pembangkit listrik tenaga surya lalu daya yang akan ter import akan begitu besar. Bila dilihat pada Tabel 7. pada bulan Januari 2023 dan Juni 2023 daya yang di import lumayan besar dikarenakan di bulan Januari 2023 sedang libur semester sehingga dosen yang ke laboratorium jarang dan penggunaan beban juga tidak begitu sering, lalu pada bulan juni 2023 itu pun sama jarang yang menggunakan beban pada laboratorium dikarenakan pembatasan kegiatan sehingga penggunaan beban jarang.

Pada data Tabel 7. merupakan daya export yang dikirim dari PLN dan diterima pada laboratorium EBT IT – PLN untuk menghidupkan komponen – komponen listrik atau dapat dibilang beban yang tersuplai dari daya import. Daya yang di export ini juga tidak menentu daya yang diterima setiap bulan nya, disebabkan beberapa faktor yang mempengaruhi besar nya daya yang ter import dari PLN. Faktor yang mempengaruhi daya yang ter export yaitu cuaca yang mendung atau hujan dikarenakan produksi daya yang dihasilkan pada pembangkit listrik tenaga surya kecil ketika hujan itu tidak seoptimal ketika cuaca sedang cerah, sehingga PLN harus mengirimkan daya atau daya export ke pelanggan. Bila dilihat data dari Tabel 7. pada bulan Januari 2023, Maret dan Juni 2023 daya yang di export sangat kecil penyebabnya sama seperti sebelumnya karena penggunaan beban yang jarang pada laboratorium sehingga daya yang diimport dari PLN tidak begitu besar. Dari data Tabel 7. ini menghitung daya yang di gunakan pada beban setiap bulan nya dimana terlebih dahulu selisih dari total produksi dikurangi dari daya yang ter import lalu total dari dari selisih itu di jumlahkan dengan export sehingga hasil dari penjumlahan itu merupakan daya yang digunakan pada laboratorium IT – PLN. Dapat dilihat dari data Tabel 4.16 pada bulan Januari 2023 dan Juni 2023 total pemakaian daya hanya 1624,8 kWh dan 1589,77 di sebabkan pada penggunaan beban tidak begitu sering karena pada bulan Januari 2023 tidak ada perkuliahan sedang libur semester, sedangkan pada bulan juni sedang ada program dari pemerintah pembatasan kegiatan sehingga kampus tutup sehingga beban pada lab tidak sering digunakan.

Daya Energi Export & Import

Produksi daya merupakan daya yang dihasilkan dari sumber yang kemudian disalurkan ke beban – beban yang akan digunakan. Daya Import merupakan daya yang dihasilkan oleh energi yang akan dikirim dari pelanggan ke suatu tempat ataupun PLN. Pada daya export itu adalah daya yang diterima dari pengirim, contoh nya seperti PLN mengirim daya ke pelanggan PLN.

Tabel 10. Data Riil Import

Bulan	Daya Import (kWh)
Desember 2022	442.090
Januari 2023	531.420
Februari 2023	341.590
Maret 2023	447.160
April 2023	470.270
Mei 2023	481.400
Juni 2023	509.400
Rata – Rata	243.233

Perhitungan Expor – Impor Berdasarkan PERMEN ESDM No. 49 Tahun 2018

Laboratorium EBT IT – PLN dengan golongan pelanggan tarif S2 dengan kapasitas PLTS yang terpasang adalah 16.500 VA dengan acuan tarif listrik yang digunakan adalah produksi selama 1 tahun. Apabila suatu pelanggan PT. PLN yang memasang PLTS dengan status kepemilikan PLTS di laboratorium EBT IT – PLN maka perhitungan ekspor – impor daya listrik dengan sistem On – Grid ke jaringan PLN, berlaku aturan menurut PERMEN ESDM NO. 49 Tahun 2018 BAB III pasal 6 ayat 1, yaitu “energi listrik pelanggan PLTS atap yang diekspor dihitung berdasarkan nilai kWh ekspor yang tercatat pada meter kWh EXIM dikali 65% (enam puluh lima persen)”.

Tabel 11. Pemakaian kWh Export – Import

Bulan	Total Pemakaian kWh	Total Pemakaian kWh Export
Desember 2022	0	1.872,84
Januari 2023	0	1.409,84
Februari 2023	1,446	1.667,85
Maret 2023	1,123	1.414,030
April 2023	1,342	1.648,3
Mei 2023	1,282	1.594,670
Juni 2023	1,116	1.447,150
Rata – Rata dalam setahun	0,837833	1.576,34

Dapat dihitung berapa efisiensi penghematan energi yang dihasilkan PLTS pada bulan Desember 2022 – Juni 2023.

- Pemakaian Kwh =

$$\text{Pemakaian kWh} \times \text{tarif PLN}$$

- Pemakaian Import =

$$\text{Pemakaian kWh Import} \times \text{tarif PLN}$$

- Efisiensi

$$(\text{Import} - \text{Pemb Kwh}) : \text{Export} \times 100\%$$

Tabel 12. Data Total Rupiah Export – Import

Bulan	Rupiah Pemakaian KWh	Rupiah Export	Efisiensi
Desember 2022	Rp. 0	Rp. 1.685.556	1%
Januari 2023	Rp. 0	Rp. 1.268.856	1%
Februari 2023	Rp.1.301.400	Rp. 1.501.065	13%
Maret 2023	Rp.1.010.700	Rp. 1.501.065	32%
April 2023	Rp.1.207.800	Rp. 1.272.627	1%
Mei 2023	Rp.1.153.800	Rp.1.435.203	19%
Juni 2023	Rp. 1.004.400	Rp.1.302.435	22%
Rata – Rata	Rp. 811.157	Rp. 1.423.830	13%

Dari data yang didapat maka rata rata persentase penghematan perbulan dalam 7 bulan sekitar 13%. Jika total daya rata rata impor dirupiahkan sebesar Rp. 1.423.830 dan jika total Pemakaian kWh dirupiahkan sebesar Rp. 811.157. Bila dilihat pada tabel pada Desember 2022 – Januari 2023 pemakaian kWh sejumlah 0 kWh dikarenakan sistem dari PLN yang akan di stimulus dan menjadi 0 pada saat akhir tahun dan awal tahun.

Effisiensi Daya Energi Produksi & Daya Export

Produksi daya yang dihasilkan dari plts laboratorium EBT IT – PLN ini akan di export ke PLN ini untuk mengurangi pembayaran biaya yang nanti nya akan di kalkulasi oleh PLN. Daya yang dihasilkan dari produksi pembangkit listrik tenaga surya ini tidak keseluruhan nya akan di export. Berikut data tabel Effisiensi.

Tabel 13. Effisiensi Pemakaian daya Export & Import

Bulan	Daya Import (kWh)	Produksi Daya (kWh)	Effisiensi
Des-22	442,09	980,686	45%
Jan-23	531,42	746,383	71%
Feb-23	341,59	857,454	39%
Mar-23	447,16	979,759	45%
Apr-23	470,27	984,48	47%
Mei-23	481,4	967,771	49%
Jun-23	509,4	652,016	78%
Rata – Rata			53%

Analisis Daya Energi Export – Import

Pada data Tabel 10. ini merupakan data riil export dari PLN yang dikirim dari produksi daya pembangkit listrik tenaga surya ke PLN. Dari data yang dihasilkan oleh PLN ini merupakan daya import yang di serap PLN. Pada pengiriman daya import ini tidak setiap bulan nya jumlah daya yang dikirim sama besar. Perbedaan besar daya yang dikirim terdapat faktor yang mempengaruhi bukan hanya dari besar dan kecil iradiasi matahari melainkan, penggunaan beban yang berlebih menyebabkan daya yang di import kecil, seperti di bulan Januari 2021 daya yang ter import ke PLN paling tinggi sebesar 531.420 kWh dikarena kan pada saat itu kampus sedang libur semester sehingga pemakaian beban tidak terlalu sering sehingga produksi pembangkit listrik tenaga surya melebihi daya yang terpakai sehingga daya yang ter

export ke PLN tinggi. Dari data tabel 11. ini merupakan data dari PLN yang menunjukkan jumlah pemakaian kWh yang akan dijumlahkan dengan tarif pelanggan S2 yaitu Rp. 900 dan menunjukkan total pemakaian kWh export yang nantinya akan di totalkan dengan tarif pelanggan yaitu Rp. 900. Dari data yang didapat maka rata rata persentase penghematan perbulan dalam 7 bulan sekitar 12%. Jika total daya rata rata export dirupiahkan sebesar Rp. 1.423.830 dan jika total Pemakaian kWh dirupiahkan sebesar Rp. 811.157.

Pengurangan biaya listrik setiap bulan memberikan penghematan untuk Laboratorium EBT IT – PLN. maka dengan ada nya pemasangan kWh EXIM sangat memberikan penghematan pada biaya tagihan listrik perbulannya sekitar Rp. 612.673.

Produksi daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya pada laboratorium EBT IT – PLN ini akan di export oleh PLN tetapi tidak keseluruhan dari hasil produksi akan dikirim atau di import ke PLN di karenakan akan di kalkulasi oleh PLN dimana perhitungan PLN daya yang di import ini dilihat dari pemakaian daya pada laboratorium, contoh nya jika pada beban banyak digunakan dan daya yang dihasilkan produksi ini tidak bisa melebihi daya yang digunakan beban maka daya yang di export akan sedikit melainkan PLN akan mengirimkan daya atau daya export yang mencukupi beban pada saat itu.

Bila dilihat dari data Tabel 4.13 ini rata – rata efisiensi daya import dengan produksi daya sebesar 53%. Maka dapat dikatakan dari rata – rata efisiensi ini total produksi yang dihasilkan selama 7 bulan dari bulan Desember 2022 – Juni 2023 sebesar 53% total produksi daya pembangkit listrik tenaga surya ini yang di import ke PLN dan dengan efisiensi tersebut bagus sehingga dapat menghematkan tagihan tarif biaya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Analisis Daya Ekspor Impor KWh Meter PLTS On Grid sebagai Upaya Menjaga Stabilitas Pasokan Listrik Laboratorium Institut Teknologi PLN, dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem PLTS on-grid dengan kWh meter export-import (EXIM) mampu mendukung efisiensi pemanfaatan energi listrik melalui mekanisme pertukaran energi dua arah antara pembangkit surya, beban laboratorium, dan jaringan PLN. Sistem PLTS berkapasitas 15 kWp yang terpasang pada Laboratorium EBT Institut Teknologi PLN mampu menghasilkan energi listrik sebesar 6.167,558 kWh selama periode pengamatan Desember 2022 hingga Juni 2023. Hasil analisis menunjukkan bahwa kinerja sistem dipengaruhi oleh faktor intensitas radiasi matahari, kondisi cuaca, serta pola penggunaan beban listrik. Implementasi kWh EXIM memberikan kontribusi terhadap pengurangan konsumsi energi dari jaringan PLN dengan tingkat efisiensi rata-rata sebesar 53% berdasarkan perbandingan produksi energi dan energi yang digunakan. Selain itu, sistem ini mampu memberikan penghematan biaya listrik dengan rata-rata efisiensi penghematan sekitar 13%, sehingga menunjukkan bahwa PLTS on-grid tidak hanya berperan sebagai sumber energi alternatif, tetapi juga sebagai strategi pengelolaan energi yang lebih ekonomis dan berkelanjutan pada lingkungan institusi pendidikan.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar kajian mengenai sistem PLTS on-grid dapat dikembangkan dengan cakupan data yang lebih panjang agar mampu menggambarkan performa sistem secara lebih komprehensif dalam berbagai kondisi musim dan perubahan pola konsumsi energi. Penelitian berikutnya juga dapat mempertimbangkan analisis faktor teknis lainnya seperti degradasi modul fotovoltaik, efisiensi inverter, kualitas daya, serta pengaruh

perubahan beban terhadap stabilitas jaringan. Selain itu, kajian aspek ekonomi seperti analisis kelayakan investasi, payback period, dan proyeksi penghematan jangka panjang perlu dilakukan untuk memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai keberlanjutan penerapan PLTS on-grid. Pengembangan sistem monitoring berbasis teknologi digital juga dapat menjadi alternatif penelitian lanjutan guna meningkatkan akurasi pengukuran energi ekspor-impor dan mendukung optimalisasi manajemen energi pada fasilitas pendidikan maupun sektor lainnya.

REFERENSI

- Ackermann, T., Andersson, G., & Söder, L. (2001). Distributed generation: A definition. *Electric Power Systems Research*, 57(3), 195–204.
- Bachtiar, M. (2006). Prosedur perancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk perumahan (*Solar Home System*). *Jurnal SMARTek*, 4(3), 176–182. <https://media.neliti.com/media/publications/221906-prosedur-perancangan-sistem-pembangkit-l.pdf>
- Bayuaji Kencana, B., Prasetyo, B., Berchmans, H., Agustina, I., Myrasandri, P., Bona, R., Panjaitan, R. R., & Winne. (2018). *Panduan studi kelayakan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS)*. Indonesia Clean Energy Development II.
- Dwiastoro, A. (2021). *Inovasi perusahaan: Kepedulian PT Indonesia Power memperkuat kesejahteraan masyarakat*.
- Gidion. (2014). *Studi pemanfaatan PLTS atap yang terhubung dengan jaringan PLN dengan menggunakan kWh ekspor–impor di Perumahan Griya Nimrah Permai Palopo*.
- Green, M. A. (2022). Solar cell efficiency tables (Version 60). *Progress in Photovoltaics*, 30(7), 687–701.
- Hafidz, M. (2016). *For renewable energy power system pembangkit listrik tenaga surya*.
- Halim, L. (2022). Analisis teknis dan biaya investasi pemasangan PLTS on-grid dan off-grid di Indonesia. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 5(2), 131–136.
- Hariyati, R., Qosim, M. N., & Hasanah, A. W. (2019). Konsep fotovoltaik terintegrasi on-grid dengan gedung STT-PLN. *Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah*, 11(1), 17–26.
- International Energy Agency. (2023). *Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028*.
- Irfan, M. (2017). *Analisis teknis dan ekonomis pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sistem on-grid (Studi kasus di PT Pertamina RU II Dumai)*.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2018). *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2021). *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 26 Tahun 2021 tentang pembangkit listrik tenaga surya atap*.
- Nguyen, H. Q., & Song, J. B. (2020). Optimal sizing of solar PV and battery storage for grid-connected systems. *Energy Reports*, 6, 123–132.
- Rehman, S., Al-Hadhrami, L. M., & Alam, M. M. (2015). Pumped hydro energy storage system: A technological review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 586–598.
- Saidur, R., et al. (2010). A review on electrical motors energy use and energy savings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(3), 877–898.
- Seftiani, S. (2024). *Praktik ekonomi hijau di Indonesia*. Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Shukla, A. K., Sudhakar, K., & Baredar, P. (2017). Recent advancement in BIPV product technologies: A review. *Energy and Buildings*, 140, 188–195.
- Sitohang, M. P. (2019). *Perancangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) terpusat off-grid system* (Skripsi). Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

- Wicaksono, M. T. C., & Bangsa, I. A. (2022). Instalasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) *photovoltaic rooftop* pada gedung gardu induk kantor pusat PT Pembangkit Jawa Bali. *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*, 107–115.
- Zahedi, A. A. (2006). Solar photovoltaic (PV) energy: Latest developments in the building integrated and hybrid PV systems. *Renewable Energy*, 31(5), 711–718.