

Studi Awal Potensi Energi Surya Wilayah Lampung: Studi Kasus Kampus Institut Teknologi Sumatera (ITERA) Menuju *Smart Campus*

Kiki Kananda

Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia 35365

E-mail: kiki.kananda@el.itera.ac.id

Abstract: Konsumsi energi seperti tumbuh lebih cepat dibanding pertumbuhan populasi masyarakat. Sangat perlu pengembangan sumber energi lain, yaitu energi terbarukan. Energi terbarukan yang bersih, paling menjanjikan, dan potensi paling tinggi dibanding sumber energi lainnya untuk menyelesaikan masalah energi dunia adalah energi surya. Indonesia mayoritas kawasannya menerima potensi tinggi insolasi matahari global dalam rentang 4.6 kWh/m² dan 7.2 kWh/m². Dewan Energi Nasional (DEN) telah menskenariokan pada tahun 2025 di Indonesia penggunaan energi terbarukan dari 5.7% diharapkan meningkat hingga 25.9%. Data polygon GIS insolasi di Lampung tiap bulannya sepanjang tahun 2012 bernilai rata-rata 4.81 kWh/m². Berdasarkan hal tersebut, perlu dilihat potensi yang ada di lingkungan Institut Teknologi Sumatera (ITERA). Kemajuan teknologi dalam pemenuhan energi juga merupakan andil dalam mewujudkan ITERA sebagai *smart campus*. Oleh karena itu, perlu adanya studi awal untuk mendapatkan informasi potensi yang sebenarnya di ITERA. Perkiraan luaran energi surya diharapkan dapat menjadi rujukan untuk pembangunan pembangkit energi surya di ITERA. Berdasar pengukuran, potensi energi surya di lingkungan ITERA cukup tinggi. Nilai pengukuran yang didapat berkisar 3.77– 5.05 kWh/m² dengan rata-rata energi luaran panel 0.5 kWh/m²– 0.63 kWh/m². Nilai ini menunjukkan bahwa ITERA sangat berpotensi untuk dipasang pembangkit energi surya sebagai salah satu sumber energi operasional kedepannya.

Kata kunci: Insolasi, energi surya, energi terbarukan, potensi

1. Pendahuluan

Ketersediaan energi dimasa mendatang menarik perhatian semua negara, karena kesejahteraan manusia di kehidupan modern berkaitan erat dengan jumlah dan kualitas energi yang digunakan[1]. Konsumsi energi seperti tumbuh lebih cepat dibanding pertumbuhan populasi masyarakat[1]. Konsumsi akan meningkat 1.5% tiap tahunnya hingga 2030 dan penggerak utama pertumbuhannya adalah negara-negara berkembang di Asia [1]. Untuk itu sangat perlu pengembangan sumber energi lai, energi terbarukan. Energi terbarukan merupakan turunan energi dari proses alami yang tidak melibatkan sumber daya seperti bahan bakar fosil dan uranium [1]. Energi terbarukan diantaranya dapat dalam bentuk energi surya, angin, biomasa, panas bumi dan gelombang laut [1][2].

Energi surya adalah salah satu sumber energi bersih paling menjanjikan, energi terbarukan dan potensi paling tinggi dibanding sumber energi lainnya untuk menyelesaikan masalah energi dunia [1]. Indonesia merupakan negara tropis dan berlokasi digaris ekuator dengan potensi energi surya yang berlimpah [1]. Mempertimbangkan kondisi alam dan geografisnya, Indonesia kaya dengan potensi energi terbarukan seperti energi surya, energi angin, *microhydro* dan energi biomassa [1]. Energi surya didasarkan atas besaran nilai insolasi yang dapat dimanfaatkan di daerah tersebut. Insolasi didefinisikan sebagai jumlah energi yang memenuhi unit area dalam waktu tertentu dan dinyatakan dalam kWh/m²[2]. Ada dua komponen insolasi, yang disebut insolasi (radiasi) langsung dan tersebar[2]. Insolasi matahari dapat dibagi dalam 3 klasifikasi; rendah ($< 4.6 \text{ kWh/m}^2$), sedang (4.9-5.25 kWh/m²) dan tinggi ($> 5.25 \text{ kWh/m}^2$)[6]. Mayoritas kawasan di Indonesia menerima potensi tinggi insolasi matahari global dalam rentang 4.6 kWh/m² dan 7.2 kWh/m² [2].

Kenyataannya saat ini, konsumsi energi Indonesia masih bergantung pada energi fosil seperti minyak, gas dan batubara sebagai bahan bakunya [1]. Namun tuntutan energi di Indonesia dan ketersediaan sumber energi mendorong Indonesia untuk merencakan skenario energi ke depannya. Dewan Energi Nasional (DEN) telah menskenariokan pada tahun 2025 pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia menjadi berimbang dengan pemakaian energi fosil. Penggunaan energi terbarukan dari 5.7% diharapkan meningkat hingga 25.9% pada tahun 2025 [3]. Mendukung skenario DEN dalam mengatasi masalah ketersediaan sumber energi fosil dan pengembangan energi terbarukan, beberapa kebijakan energi telah dilakukan oleh pemerintah diantaranya melalui PP No 14 tahun 2012[4], pemerintah (dalam hal ini Perusahaan Listrik Negara/PLN) memberi kesempatan untuk memanfaatkan secara bersama dengan konsumen jaringan distribusi dengan sistem sewa jaringan distribusi [3]. Ke depan, untuk daerah yang tersedia jaringan listrik(*On Grid*), penggunaan SHS (*Solar Home System*) dapat diganti dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) tersambung ke grid PLN[3]. Konsep sistem PLTS tersambung ke jaringan ini telah diteliti sebelumnya dalam [3].

Penelitian sebelumnya [2] [5] menyebut bahwa daerah Lampung memiliki potensi energi surya. Data polygon GIS insolasi di Lampung tiap bulannya sepanjang tahun 2012 bernilai rata-rata 4.81 kWh/m²,

minimum bulan desember 4.43 kWh/m² dan maksimum bisa mencapai 5.12 kWh/m² [2]. Lampung juga dinyatakan cocok untuk aplikasi teknologi energi surya karena memiliki karakteristik komponen radiasi langsung yang lebih dominan daripada komponen radiasi tersebarnya [5]. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilihat potensi yang ada di lampung khususnya dilingkungan Institut Teknologi Sumatera (ITERA). ITERA memiliki motto *smart, friendly and forest campus*. *Smart* dalam menggunakan teknologi dan pemanfaatan teknologi tinggi dalam hal pengembangan dan operasional kampusnya. Pengembangan ITERA dan dunia akademik menuntut kebutuhan fisik bangunan dan peralatan konsumsi listrik yang juga semakin meningkat. Sehingga dalam masa pengembangan diri ini, ITERA sangat membutuhkan peningkatan pasokan energi listrik setiap tahunnya. Kemajuan teknologi dalam pemenuhan energi juga merupakan andil dalam mewujudkan ITERA sebagai *smart campus*. Oleh karena itu, perlu adanya studi awal untuk mendapatkan informasi potensi yang sebenarnya di lingkungan ITERA. Hasil studi awal akan digunakan untuk perkiraan pengembangan energi surya di lingkungan ITERA selanjutnya. Perkiraan luaran energi surya yang didapat dari hasil pengujian ini juga diharapkan dapat menjadi rujukan untuk pelaksanaan studi kelayakan pembangunan pembangkit energi surya di ITERA.

ITERA termasuk dalam konsumen jaringan distribusi wilayah Lampung, sehingga dapat menerapkan sistem PLTS yang tersambung ke jaringan seperti yang dijelaskan penelitian sebelumnya[3]. Ada banyak manfaat dalam penggunaan konsep ini, diantaranya [3]:

1. Biaya investasi dan perawatan sangat berkurang karena tidak perlu battery.
2. Pada saat daya dari PLTS lebih besar daripada beban (penggunaan listrik rumah kita), kelebihan daya bisa disalurkan/dijual ke jaringan listrik. Jadi tagihan rekening listrik kita bisa berkurang.
3. Lebih ramah lingkungan karena mengurangi sampah baterai yang memerlukan perlakuan khusus dan kurang ramah terhadap lingkungan.
4. Pengurangan jaringan (transmisi dan distribusi)

Energi surya juga tidak dapat digunakan sepenuhnya sesuai dengan potensi yang diukur dan berbeda untuk tiap daerah. Energi listrik yang dihasilkan sel surya sangat dipengaruhi oleh insolasi yang diterima oleh sistem sel surya (panel surya). Adapun yang menjadi faktor dari pengoperasian sel surya agar didapatkan nilai yang maksimum sangat tergantung pada beberapa faktor dibawah ini [6]:

- a. Temperatur lingkungan
Sel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 25°C), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada sel akan menurunkan nilai tegangan (V_{oc}). Setiap kenaikan temperatur sel surya 1°C (dari 25°C) akan berkurang sekitar 0.4 % pada total daya yang dihasilkan atau akan melemah dua kali (2x) lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10°C
- b. Radiasi matahari (Insolasi)
Radiasi matahari di bumi dan berbagai lokasi bervariasi, dan sangat tergantung keadaan spektrum matahari ke bumi. Insolasi matahari akan banyak berpengaruh pada arus (I) sedikit pada tegangan.
- c. Kecepatan angin
Kecepatan angin disekitar lokasi sel surya dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca-kaca sel surya.
- d. Keadaan atmosfer bumi
Keadaan atmosfer bumi berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (Rh), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maksimum arus listrik dari sel surya.
- e. Orientasi panel atau sel surya
Orientasi dari sel surya ke arah matahari secara optimal penting agar panel/deretan sel surya dapat menghasilkan energi maksimum. Selain arah orientasi, sudut orientasi (*tilt angle*) dari panel/deretan sel surya juga sangat mempengaruhi hasil energi maksimum. Sebagai pedoman: untuk lokasi yang terletak di belahan utara garis lintang, maka panel/deretan sel surya sebaiknya diorientasikan ke selatan.
- f. Efisiensi Panel surya
Efisiensi panel surya dipengaruhi oleh material sel surya yang digunakan. Untuk tiap panel surya memiliki efisiensi yang berbeda-beda tergantung tipe dan pabrikan dari panelnya. Saat ini panel surya memiliki efisiensi rentang 11-15% dipasaran.

Dari beberapa faktor tersebut, maka sangat mendorong untuk mengetahui potensi surya yang ada di ITERA.

2. Metode

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rangkaian sederhana dari panel surya, memenuhi rangkaian panel surya dan beban. Panel surya yang digunakan berjenis Polikristal dengan daya luaran 100 Wp (Tabel 1).

Name/Tipe	Solar Module/Polikristal
Daya maksimum	100 Wp / 3 %
Arus saat daya maksimum	5.50 A
Tegangan saat daya maksimum	18.2 V
Arus hubung singkat	6.05 A
Tegangan hubungan terbuka (Voc)	22.4 V
Berat	7.7 kg
Dimensi	1030 x 665 x 30 mm
Tegangan sistem maksimum	715 V
<i>Rating fuse</i> seri maksimum	8 A
Kondisi standart tes data	AM :1.5
	1000 W/m ²
	T: 25° C

Tabel 1. Spesifikasi panel surya

Untuk beban digunakan resistor batu dengan nilai 1 Ohm berdaya 150 W. Besaran R nya dibuat sekecil mungkin untuk mendapatkan nilai arus yang maksimum. Karena pengujian sistem panel surya dilakukan secara langsung tanpa melalui sistem kontrol. Dari rangkaian uji diukur nilai arus dan tegangan yang didapat. Kemudian dilakukan perhitungan daya luaran. Luaran panel surya dihitung menggunakan persamaan daya pada umumnya.

$$P = V \times I$$

$$W = P \times t$$

Dimana :

W = Energi (Watt-hours/Wh)

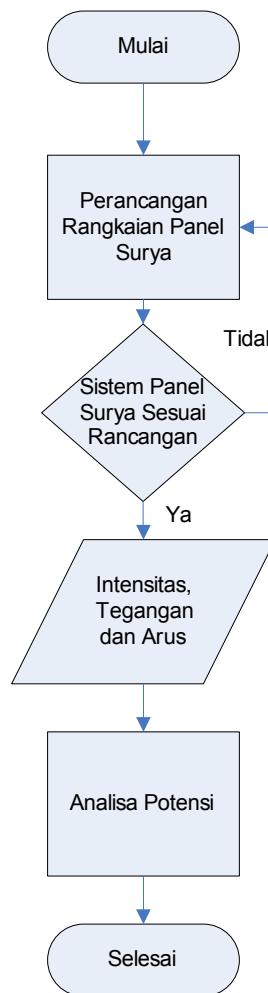
P = daya (Watt)

V = Tegangan (V)

I = arus (A)

T = Waktu (jam/hour)

Berikut adalah diagram alur sistem pengujian potensi energi surya yang digunakan (Gambar 1)



Gambar 1. Diagram alur penelitian



Gambar 2. Pengujian potensi luaran panel surya

Pengujian dilakukan dengan posisi *farming* dan dudukan tetap(tanpa mengikuti arah matahari), dimana panel surya ditempatkan di halaman ditempat terbuka seperti pada gambar 2 di atas. Pengujian *farming* dipilih dengan tujuan agar lebih mengacu pada perencanaan yang akan diterapkan di lingkungan ITERA. Selain itu dengan secara *farming* maka nilai luaran panel surya yang didapat adalah nilai potensi luaran kondisi minimum yang dapat dilihat di lingkungan ITERA saat ini.

3. Hasil dan Diskusi

Pengukuran dilakukan selama dua hari, mewakili cuaca yang cerah dan dalam keadaan berawan. Hasil pengukuran menunjukkan nilai yang cukup baik untuk cuaca yang cerah ataupun berawan. Hanya saja ketika pemilihan hari yang cerah. Di tengah harinya jam 12.00 tiba-tiba mendung dan hujan rinai, sehingga menyebabkan luaran panel surya juga ikut turun (Tabel 2). Peristiwa ini menunjukkan bahwa luaran panel surya sangat dipengaruhi oleh Insolasi matahari yang dapat diserap oleh panel. Tidak hanya dipengaruhi oleh insolasi seperti yang dijelas pada bagian 2, faktor lain adalah orientasi panel. Pengaruh orientasi panel ini ditunjukkan oleh peristiwa pada jam 16.00. Pada kedua jam tersebut nilai *lux* yang terukur adalah 50321 lx dan 53600 lx. Jika hanya melihat faktor insolasi matahari, maka seharusnya didapat daya luaran pada jam 16.00 lebih besar dari jam 12.00, namun didapat justru sebaliknya. Daya luaran jam 16.00 didapat 40.31 Watt lebih kecil dari jam 12.00 dengan luaran 43.61 Watt. Dudukan panel yang tetap dan tidak mengikuti arah matahari menyebabkan serapan panel surya menjadi tidak maksimum (tidak mendekati 90°) dibanding saat jam 12.00 meskipun saat itu nilai insolasi yang terukur adalah hampir sama atau lebih besar. Secara umum nilai luaran saat cuaca yang cerah jauh lebih besar dibanding saat cuaca berawan (Tabel 3) meskipun beberapa jamnya sempat rinai.

No	Waktu (WIB)	V Solar Panel (V)	V beban (V)	I (A)	Intesitas (lx)	W (Watt-hours)
1	7:00	16.02	0.30	0.34	8900	5.49
2	8:00	20.37	2.95	2.93	63200	59.62
3	9:00	20.54	4.29	3.38	70300	69.57
4	10:00	20.77	5.20	4.91	99500	101.96
5	11:00	20.64	5.84	5.31	104000	109.67
6	12:00	18.76	2.45	2.32	50321	43.61
7	13:00	19.29	3.32	4.02	85100	77.57
8	14:00	19.73	3.69	3.69	79500	72.76
9	15:00	19.72	2.75	2.75	56200	54.30
10	16:00	19.60	2.22	2.05	53600	40.31
11	17:00	15.72	0.27	0.27	14450	4.26
12	18:00	5.33	0.01	0.01	160	0.03
Jumlah						639.15

Tabel 2. Nilai daya keluaran ketika cuaca Cerah

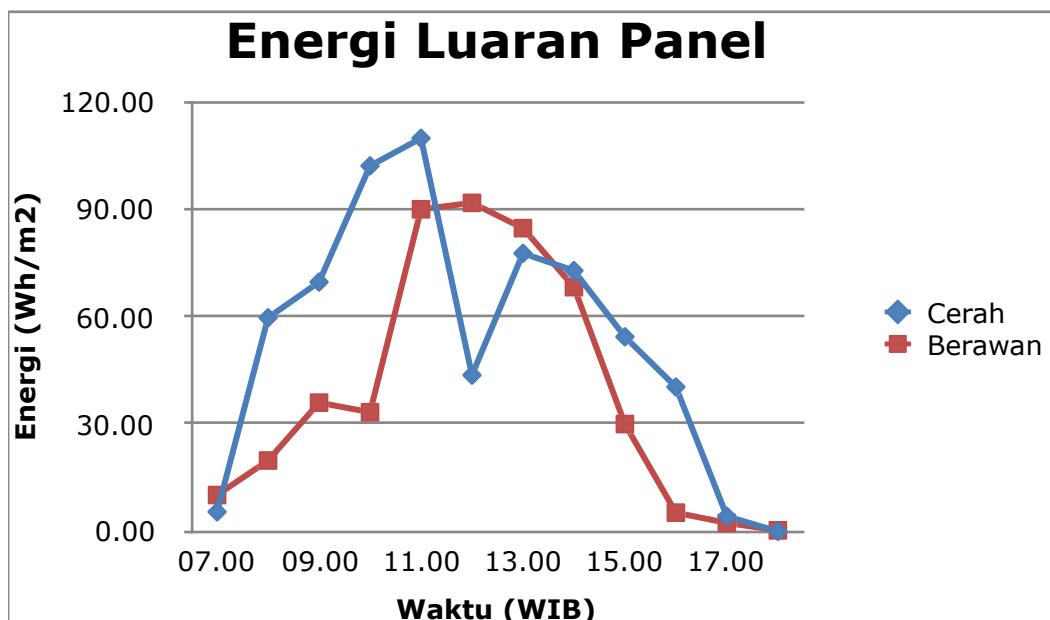
No	Waktu (WIB)	V Solar Panel (V)	V beban (V)	I (A)	Intensitas (lx)	W (Watt-hours)
1	7:00	18.00	0.58	0.56	12730	10.17
2	8:00	19.07	1.06	1.04	44400	19.80
3	9:00	19.84	1.79	1.81	50000	35.94
4	10:00	20.02	1.70	1.66	76500	33.26
5	11:00	20.26	4.61	4.43	82900	89.85
6	12:00	20.56	4.74	4.46	86700	91.64
7	13:00	19.62	4.34	4.31	81500	84.60
8	14:00	19.33	3.72	3.53	63200	68.15
9	15:00	18.87	1.42	1.59	35000	29.97

No	Waktu (WIB)	V Solar Panel (V)	V beban (V)	I (A)	Intensitas (lx)	W (Watt-hours)
10	16:00	16.39	0.32	0.32	9970	5.26
11	17:00	14.13	0.16	0.17	5310	2.40
12	18:00	8.69	0.04	0.04	1080	0.33
						Jumlah 471.39

Tabel 3. Nilai daya keluaran ketika cuaca Berawan

Data hasil pengukuran tersebut diatas, dapat direpresentasikan dalam sebuah grafik luaran dibawah ini. Berdasarkan grafik, nilai rerata untuk pengukuran cuaca cerah terlihat masih tinggi diperkirakan hingga 53 Watt/jam. Sedangkan untuk keadaan yang berawan rata-rata perjamnya menghasilkan 39 Watt. Dalam sehari nilai maksimum yang mungkin untuk diperhitungkan adalah selama 5-6 jam. Pukul 09.00 WIB hingga 15.00 WIB sore harinya. Pagi dan jelang malamnya luaran panel surya sangat rendah sekali baik dalam kondisi cerah ataupun berawan.

Total energi yang dikeluarkan untuk satu panel surya berdimensi $\pm 1\text{m}^2$ dalam sehari adalah 639.15Wh/m^2 dan 471.39 Wh/m^2 dengan rata-rata 555.27 Wh/m^2 . Nilai energi yang didapat adalah nilai luaran bersih dari panel surya. Panel surya yang saat ini digunakan tidak memiliki data sheet lengkap, maka digunakan penyetaraan dengan panel SHARP yang berefisiensi 12-14.7% kondisi standar. Berdasarkan nilai efisiensi tersebut, dari data perkiraan insolasi rata-rata 4.81kWh/m^2 [2], maksimum rata-rata energi luaran panel akan didapat $0.5 - 0.7\text{ kWh/m}^2$. Melihat hasil perhitungan tersebut, nilai yang didapat untuk potensi wilayah ITERA berkisar $3.77 - 5.05\text{ kWh/m}^2$ mendekati nilai tersebut dengan rata-rata energi luaran panel $0.5\text{ kWh/m}^2 - 0.63\text{ kWh/m}^2$, yang berarti potensi energi surya di ITERA dapat dikembangkan lebih luas kedepannya dengan kajian lanjut lebih spesifik.



Gambar 2. Keluaran daya panel surya ketika cuaca cerah dan mendung

4. Kesimpulan

Luaran panel surya sangat dipengaruhi oleh banyak faktor, terutama insolasi (radiasi matahari) dan efisiensi panel surya. Berdasar pengukuran, potensi energi surya di wilayah Lampung khususnya di lingkungan ITERA cukup tinggi. Nilai pengukuran yang didapat potensi wilayah ITERA berkisar $3.77 - 5.05\text{ kWh/m}^2$ dengan rata-rata energi luaran panel $0.5\text{ kWh/m}^2 - 0.63\text{ kWh/m}^2$, yang berarti potensi energi surya di ITERA dapat dikembangkan lebih luas kedepannya dengan kajian lanjut lebih spesifik. Nilai ini menunjukkan bahwa ITERA sangat berpotensi untuk dipasang pembangkit energi surya sebagai salah satu sumber energi operasional kedepannya. Namun perlu adanya kajian lanjut pada luaran panel surya untuk kelayakan dan menjaga kestabilan luaran ketika terjadi perubahan cuaca mendadak.

5. Penghargaan

Kiki Kananda (penulis) mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi Sumatera atas bantuan dana penelitian ini melalui Program Hibah Mandiri tahun 2017 (No 228/IT9.A/SK/PP/2017)

6. Daftar Pustaka

- [1] Hasan, M.H., T.M.I. Mahlia., Hadi Nur. 2012. *A Review on energy scenario and sustainable energy in Indonesia*. Renewable and sustainable energy reviews 16 (2012) 2316-2328.
- [2] Rumbayan, Meyta. Asifujiang Abudureyimu., Ken Nagasaka. 2012. *Mapping of Solar energy potensial in Indonesia using artificial neural network and geographical information system*. Renewable and sustainable energy reviews 16 (2012) 1437-1449.
- [3] Kananda, Kiki., Refdinal Nazir. 2013. Konsep Pengaturan Aliran Daya untuk PLTS Tersambung ke Sistem Grid pada Rumah Tinggal. JNTE Vol 2 No 2, pp.65-71.
- [4] PP No 14 Tahun 2012. <http://www.pln.co.id/dataweb/STAT/STAT2011IND.pdf>. Akses online tanggal 24 november 2012.
- [5] Utomo, Yusuf Suryo., Sugiyatno. 2012. Studi Potensi Energi Surya Provinsi Lampung. Seminar Nasional Fisika 2012 Pusat Penelitian Fisika – LIPI Serpong, 4 - 5 Juli 2012 ISSN: 2088-4176 No. Arsip : LIPI-12063
- [6] Asy'ari, Hasyim., Jatmiko., Angga. 2012. Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya. Simposium Nasional RAPI XI FT UMS.ISSN:1412-9612