

PERBANDINGAN PENEMPATAN PANEL FOTOVOLTAIK DI ATAS TANAH (*GROUND MOUNTING PV*) ATAU DI ATAS ATAP (*ROOFTOP PV*) SEBAGAI IMPLEMENTASI PEMANFAATAN PLTS YANG EFISIEN DI ITERA

Syamsyarief Baqaruzi¹, Kiki Kananda², Ali Muhtar³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro Informatika dan Sistem Fisis

^{1,2,3}Pusat Riset dan Inovasi Konservasi dan Energi Terbarukan
Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan

e-mail: ¹syamsyarief.baqaruzi@el.itera.ac.id, ²kiki.kananda@el.itera.ac.id,
³ali.muhtar@el.itera.ac.id

ABSTRAK

Pemanfaatan panel fotovoltaik (PV) sebagai teknologi material terkini untuk mengubah cahaya matahari yang dikonversi menjadi energi listrik, sehingga dapat menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terus berkembang di dunia, tak terkecuali di Institut Teknologi Sumatera (ITERA). Sebagai perguruan tinggi negeri (PTN) baru di Provinsi Lampung yang berbasis teknologi juga memiliki potensi matahari yang cukup tinggi, dinilai tepat untuk dapat menerapkan fotovoltaik sebagai kunci pemanfaatan penggunaan energi terbarukan. Panel PV yang diteliti adalah perbandingan dengan kondisi penempatan, yaitu di atas atap dan diatas tanah. Agar mendapatkan efisiensi terbaik dari perbandingan panel fotovoltaik yang dipasang, diperlukan rangkaian ekivalen dengan kondisi berbeban maupun tanpa beban dalam merancang, serta melakukan pengamatan selama 7 hari dengan kondisi yang sama. Hasil menunjukkan penempatan PV di atas atap didapatkan nilai sebesar 1.129,91 Wh untuk kondisi berbeban dan 3.961,91 Wh untuk kondisi tanpa beban, sedangkan penempatan PV di atas tanah sebesar 1.064,83 Wh untuk kondisi berbeban dan 3.880,13 untuk kondisi tanpa beban . Dari hasil tersebut menjadi dasar untuk penempatan PV yang sesuai kebutuhan sebelum perencanaan pembangunan PLTS.

Kata kunci: Fotovoltaik, PV, PLTS, Atap, Tanah

ABSTRACT

The use of photovoltaic panels (PV) as the latest material technology to conversion solar energy into electrical energy, so as it can become a Solar Power Plant (PLTS) which is more continues to grow in this world, including Institut Teknologi Sumatera (ITERA). As a new campus technology-based in Lampung Province which also has high solar potential, it is considered appropriate to be able to apply photovoltaic as the key to the use of renewable energy. The PV panel studied is a comparison with the placement conditions, specifically placement on the rooftop and on the groundmounting. In order to get the best efficiency from the comparison of the installed photovoltaic panels, it is necessary to design an equivalent circuit with a load or no load in designing, as well as making observations for 7 days with the same conditions. The results show that the placement of PV on the rooftop is 1,129.91 Wh for a loaded condition and 3,961.91 Wh for a no-load condition, while the placement of PV on the groundmounting is 1,064.83 Wh for a loaded condition and 3,880.13 for a no-load condition. From these results, it becomes the basis for the placement of PV as needed before planning the construction of PLTS.

Keywords: Photovoltaic, PV, PLTS, Rooftop, Groundmounting

PENDAHULUAN

Sel surya atau solar sel ialah suatu sifat konversi dari energi cahaya matahari menjadi energi listrik, Sel surya terbuat dari keping (wafer) bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif, sama dengan dioda hanya permukaannya dibuat luas agar dapat menangkap cahaya matahari sebanyak mungkin. Apabila cahaya jatuh pada permukaan sel surya maka akan timbul perbedaan tegangan. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar sel surya dapat dihubung seri atau paralel tergantung sifat penggunaannya yang pada prinsipnya dinamakan fotovoltaik (PV). Teknologi yang tersedia sekarang sudah memasuki generasi keempat dan terus berkembang seiring perkembangan ilmu teknologi[1]. Energi yang masuk dari matahari diubah menjadi energi listrik oleh panel fotovoltaik yang terhubung dengan rangkaian dapat disesuaikan dengan mekanisme sudut sehingga memberi pengguna opsi untuk berbagai sudut kemiringan[2].

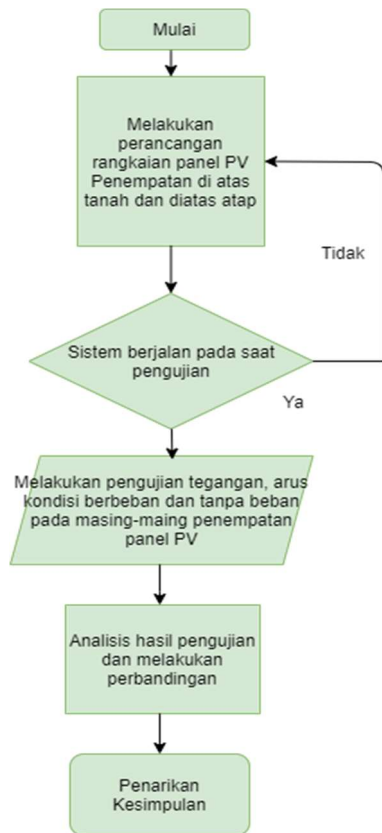
Karena pada masa sekarang Pemerintah sedang giat-giatnya memberikan penyuluhan atas pemanfaatan bauran dari energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025, maka penulis melihat peluang yang layak untuk melakukan pengkajian panel fotovoltaik yang mana merupakan salah satu sumber energi terbarukan, lokasi objek dari penelitian adalah kampus Institut Teknologi Sumatera (ITERA), yaitu sebuah Perguruan Tinggi Negeri (PTN) baru berdiri secara resmi tahun 2014 yang ada di provinsi Lampung, tepatnya Kabupaten Lampung Selatan. Mengingat potensi dari energi matahari yang ada di provinsi Lampung sebesar 2.238 MW[3], maka kondisi dari potensi tersebut dapat dilanjutkan keranah penelitian. Pada penelitian terkait *hybrid* atau kombinasi lebih dari satu

pembangkit pengaruh suhu tegangan kerja dari material fotovoltaik dengan menurunkan kemiringan 10 derajat[4], sedangkan pemodelan yang dilakukan [5] di desain jika terjadi kegagalan dari pemenuhan beban oleh panel PV maka sistem akan di lindungi oleh baterai dan atau pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD).

Penelitian menggunakan simulasi dengan pemanfaatan fotovoltaik (PV) sebagai pembangkit PLTS sudah banyak, mulai dari penerapan cadangan untuk sistem hibrid, kerugian daya resistif dari PV, serta pemanfaatan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) sebagai sistem kontrol[6]–[8]. Penelitian ini mencari perbandingan dari lokasi pemasangan fotovoltaik yang dilakukan, hal ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimum dari potensi energi matahari yang ada di ITERA, sehingga dalam penerapan lebih lanjut dalam pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat langsung ditentukan penempatan dari modul fotovoltaik tersebut juga memenuhi kriteria untuk mendapatkan kondisi yang efisien.

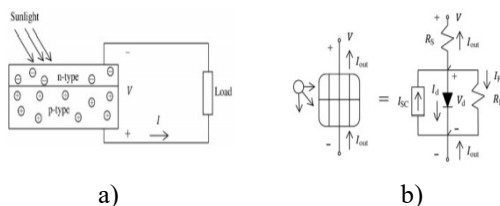
METODE PENELITIAN

Dalam tahapan ini diperlukan langkah-langkah untuk mencapai tujuan, yaitu mendapatkan efisiensi terbaik dari perbandingan panel fotovoltaik yang dipasang. Sesuai proses pada gambar 1 dijelaskan, hal pertama kali dilakukan ialah melakukan perancangan pada panel PV baik pada penempatan di atas tanah, maupun diatas atap. Setelah sistem berjalan, dilakukan pengujian penelitian selama 7 (tujuh) hari, untuk mendapatkan hasil pengujian yang dijelaskan pada pada sub-bab hasil dan pembahasan, sehingga dapat dilakukan penarikan kesimpulan metode mana yang paling tepat untuk dapat diterapkan di ITERA.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Efek panel fotovoltaik (PV) yang mengubah radiasi penyinaran matahari menjadi listrik dengan proses penyerapan foton dan memancarkan elektron. Dengan rangkaian ekivalen untuk sel-sel PV terdiri dari dioda yang disusun secara paralel dengan sumber arus yang ideal[9]. Sumber arus ideal ini memberikan arus yang sebanding dengan fluks matahari atau radiasi. Selanjutnya dimodelkan dengan menambahkan resistor secara paralel dan seri, seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. a) Diagram sel PV, b) Rangkaian Sel PV[10]

Hukum kirchhoff dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$I = I_{sc} - I_0 \left(e^{\frac{qV_d}{kT}} - 1 \right) - V_d R_p \quad (1)$$

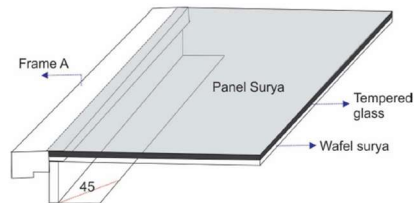
Dimana:

- V_d = Tegangan melewati dioda (V);
- q = Elektron charge ($1,6 \times 10^{-19}$ C);
- k = Konstanta Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K)
- T = Temperatur (K/°C)
- I_0 = Pembalik arus saturasi (A)
- R_p = Resistansi paralel (Ω)

Adapun pada spesifikasi panel fotovoltaik (PV) modul yang digunakan berjenis *polycrystalline* yang terdapat pada tabel 1, mengacu pada standar SNI 04-3895.2-1995. Untuk tata cara peletakan pemasangan bisa dilihat pada gambar 2 yang diolah sendiri, dimana pada gambar tersebut didapat kondisi optimum untuk dapat dilaksanakan penelitian ini, dengan menempatkan rangka buatan dan sudut kemiringan sebesar 45° yang disesuaikan untuk menangkap cahaya matahari.

Tabel 1. Spesifikasi panel surya

No.	Nama	Keterangan
1	Tipe modul PV	Polikristal 100 Wp
2	Daya Maksimum (Wp)	100 Wp $\pm 3\%$
3	Tegangan saat daya maksimum (Vmp)	18,2 V
4	Arus Hubung Singkat (Isc)	6,05 A
5	Tegangan saat rangkaian terbuka	22,4 V
6	Berat	7,7 Kg
7	Dimensi	1030x665x30 mm
8	Kondisi Data Pabrikasi	1000 W/m ² ; Suhu: 25 °C



Gambar 3. Contoh ilustrasi pemasangan panel fotovoltaik (PV)

Pengujian yang dilakukan ialah dengan kondisi tanpa beban dan memberikan beban dengan menggunakan resistor dengan nilai 1 Ohm (Ω) berdaya 150 W, besaran tersebut dibuat sekecil mungkin agar mendapatkan nilai arus maksimum. Batasan pada penelitian ini ialah pengujian dilakukan secara langsung dan tanpa sistem kontrol, dimana pada rangkaian uji didapati nilai arus yang selanjutnya dilakukan perhitungan daya keluaran. Dengan menggunakan persamaan daya sebagai berikut:

$$P = V \times I \quad (2)$$

$$W = P \times t \quad (3)$$

Dimana:

P = Daya (Watt);

W = Energi (Watt-hours/Wh);

V = Tegangan (V);

I = Arus (A);

T = Waktu (Jam/hour)

A. Panel Fotovoltaik di Atas Tanah

Pengujian ini dilakukan dengan kondisi diatas tanah kosong ITERA dengan halaman terbuka serta mencegah terjadinya bayangan (*shading*) yang dapat mengganggu penerimaan cahaya matahari ke panel PV seperti ditunjukkan pada gambar 4.

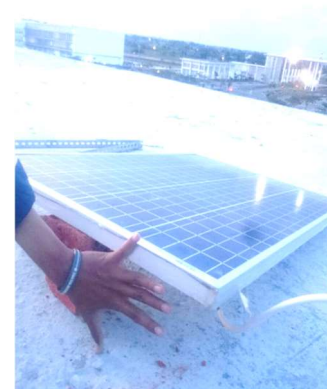


Gambar 4. Penempatan panel fotovoltaik (PV) di atas tanah (*ground mounting*)

Penelitian ini dilakukan dengan mengamati kondisi selama 7 hari dengan durasi selama 12 jam, yakni mulai pukul 05.50-17.50

B. Panel Fotovoltaik di Atas Atap

Adapun pada pengujian selanjutnya dilakukan di atas bangunan ITERA dengan kondisi halaman terbuka juga mencegah terjadinya bayangan (*shading*), ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Penempatan panel fotovoltaik (PV) di atas tanah (*ground mounting*)

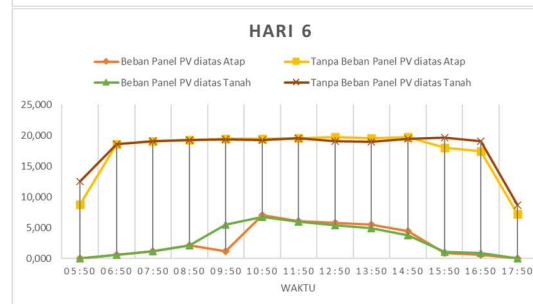
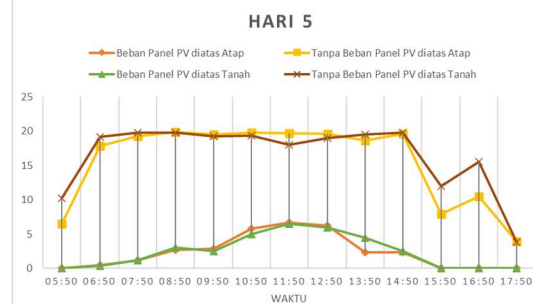
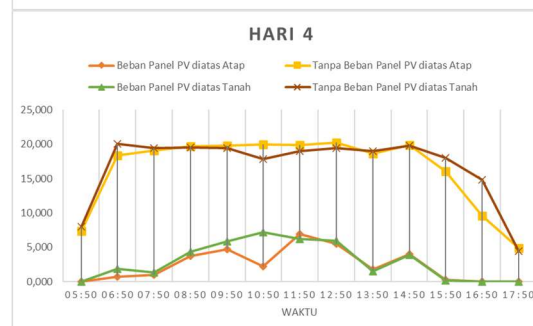
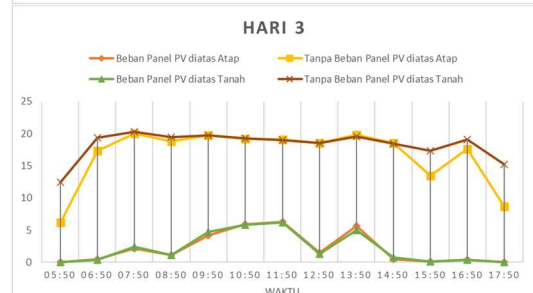
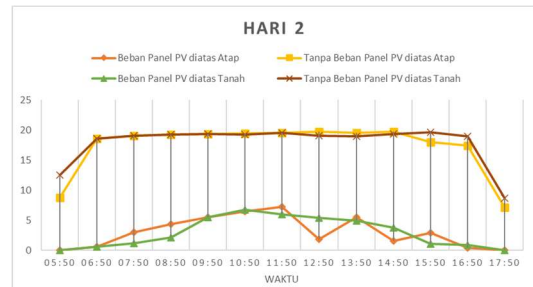
Penelitian ini dilakukan dengan mengamati kondisi selama 7 hari dengan durasi selama 12 jam, yakni mulai pukul 05.50-17.50.

DATA FOTOVOLTAIK ROOFTOP							
Hari 6	Tegangan (V)		Arus (A)		Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Solar Power (W/m ²)
	Beban	Tanpa Beban	Beban	Short Circuit			
05:50	0,04	8,76	0,04	0,03	24,9	95	1,8
06:50	0,65	18,62	0,62	0,61	26,2	99	127
07:50	1,17	19,12	1,17	1,18	30,4	98	208,3
08:50	2,13	19,23	2,13	2,13	34,2	81	333,5
09:50	1,17	19,41	3,20	3,72	31,2	82	908,5
10:50	7,05	19,42	3,21	3,74	33,8	64	940
11:50	6,06	19,51	3,22	3,88	48,6	66	1100
12:50	5,79	19,74	3,07	3,70	42,2	51	915
13:50	5,48	19,57	3,27	3,72	36,6	56	941,6
14:50	4,50	19,74	3,11	3,70	38,8	52	753,3
15:50	0,86	18,02	0,84	0,82	34,8	59	553,7
16:50	0,66	17,47	0,65	0,69	33,5	63	88,2
17:50	0,02	7,20	0,02	0,02	30,6	74	0,9

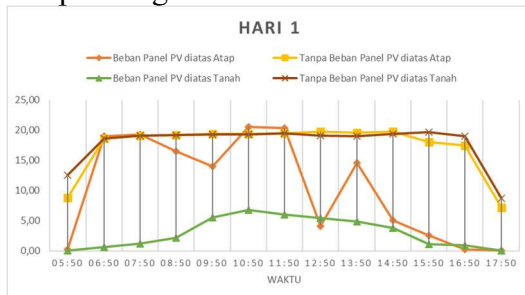
DATA FOTOVOLTAIK GROUND MOUNTING							
Hari 6	Tegangan (V)		Arus (A)		Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Solar Power (W/m ²)
	Beban	Tanpa Beban	Beban	Short Circuit			
05:50	0,03	12,56	0,03	0,03	25,1	95	1,2
06:50	0,65	18,62	0,62	0,61	26,2	99	127
07:50	1,23	19,12	1,17	1,18	30,4	98	208,3
08:50	2,13	19,23	2,13	2,13	34,2	81	333,5
09:50	5,50	19,33	3,32	3,79	28,9	84	953,3
10:50	6,74	19,27	3,36	3,89	32,1	67	1227
11:50	6,01	19,51	3,23	3,88	42,4	40	1117
12:50	5,46	19,10	3,27	3,77	40,5	67	1027
13:50	4,91	19,02	3,14	3,59	33,5	59	867,3
14:50	3,82	19,41	3,03	3,38	36,8	66	660
15:50	1,10	19,63	1,73	1,61	33,6	56	453,6
16:50	0,90	19,03	0,72	0,77	33	59	93,3
17:50	0,01	8,68	0,01	0,01	30,8	73	1,4

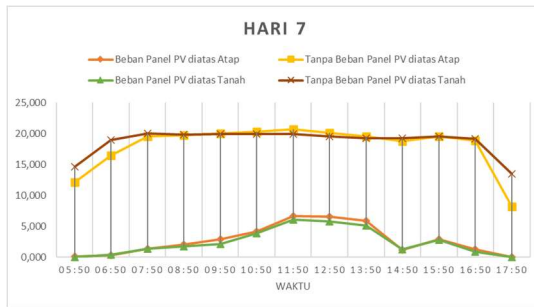
DATA FOTOVOLTAIK ROOFTOP							
Hari 7	Tegangan (V)		Arus (A)		Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Solar Power (W/m ²)
	Beban	Tanpa Beban	Beban	Short Circuit			
05:50	0,10	12,11	0,09	0,10	26,6	90	19,2
06:50	0,29	16,41	0,29	0,29	24,9	99	60,3
07:50	1,37	19,56	1,31	1,25	29,4	89	203,0
08:50	2,03	19,72	1,85	1,86	30,2	82	348,6
09:50	2,91	19,98	2,77	2,83	30,2	75	552,4
10:50	4,14	20,31	3,06	3,38	31,9	67	734,3
11:50	6,67	20,70	3,53	4,10	32,2	64	503,5
12:50	6,50	20,10	3,51	4,00	34,1	56	1.116,0
13:50	5,88	19,49	3,24	3,31	32,2	57	993,9
14:50	1,16	18,72	1,14	1,14	34,0	59	194,0
15:50	2,92	19,50	2,56	2,68	33,1	59	522,4
16:50	1,23	18,89	1,11	1,11	32,3	60	226,1
17:50	0,03	8,22	0,04	0,03	31,2	64	4,7

DATA FOTOVOLTAIK GROUND MOUNTING							
Hari 7	Tegangan (V)		Arus (A)		Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Solar Power (W/m ²)
	Beban	Tanpa Beban	Beban	Short Circuit			
05:50	0,04	14,65	0,04	0,04	27,9	83	8,4
06:50	0,36	18,97	0,33	0,33	25,2	99	66,8
07:50	1,32	19,98	1,23	1,29	28,3	99	230,4
08:50	1,71	19,79	1,67	1,68	30,8	79	323,0
09:50	2,09	19,94	2,60	2,62	31,4	72	373,3
10:50	3,83	19,95	3,21	3,39	33,5	65	670,3
11:50	6,04	19,89	3,42	4,17	33,9	63	1.108,0
12:50	5,81	19,56	3,33	4,12	35,8	57	1.080,0
13:50	5,14	19,21	3,39	4,04	37,0	52	915,3
14:50	1,25	19,28	1,11	1,13	34,3	57	278,0
15:50	2,82	19,48	2,42	2,44	35,7	55	448,8
16:50	0,92	19,16	0,78	0,75	33,7	60	146,8
17:50	0,03	13,46	0,03	0,03	30,7	69	2,3



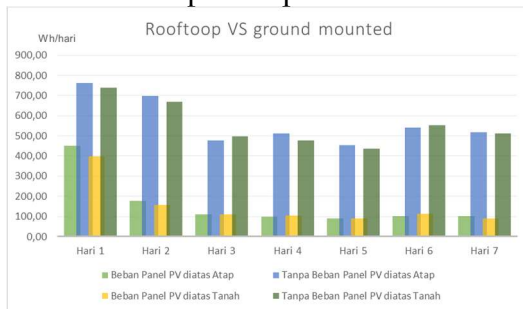
Dari tabel diatas didapatkan pengukuran dari kondisi lokasi penempatan panel fotovoltaik, untuk lebih rinci gambar 6 menjelaskan perbandingan hasil kondisi berbeban dan tanpa beban dari pengukuran mulai hari 1 sampai dengan hari 7.





Gambar 6. Perbandingan kondisi berbeban dan tak berbeban panel fotovoltaik di atas atap dan di atas tanah

Setelah mendapatkan hasil pengukuran selanjutnya persamaan 2 dan 3 diolah sehingga mendapatkan hasil yang sesuai untuk keluaran panel fotovoltaik, baik dengan kondisi berbeban maupun tanpa beban.



Gambar 7. Perbandingan keluaran energi fotovoltaik perhari

Gambar 7 diatas menjelaskan hasil terbaik setelah dilakukan pengamatan dari hari 1 sampai dengan hari 7 ialah dengan penempatan fotovoltaik di atas atap (*rooftop*) dengan nilai rata-rata sebesar 161,42 Wh/hari untuk kondisi berbeban, 565,99 Wh/hari untuk kondisi tanpa beban. Sedangkan penempatan fotovoltaik di atas tanah (*ground mounted*) didapati nilai rata-rata sebesar 152,12 Wh/hari untuk kondisi berbeban, dan 554,3 Wh/hari untuk kondisi tanpa beban.

KESIMPULAN

Hasil dari luaran fotovoltaik yang dilakukan menunjukkan hasil terbaik untuk dilakukan pemanfaatan PLTS di ITERA ada pada penempatan di atas atap (*rooftop*) dengan nilai yang didapatkan

dari total pengamatan selama 7 hari yakni sebesar 1.129,91 Wh untuk kondisi berbeban dan 3.961,91 Wh untuk kondisi tanpa beban. Nilai tersebut masih sedikit lebih baik daripada penempatan di atas tanah (*ground mounted*) yaitu 1.064,83 Wh kondisi berbeban dan 3.880,13 Wh kondisi tanpa beban. Hal ini dapat diterima karena cahaya matahari yang ditangkap oleh panel mendatangi tempat tertinggi dimana posisi di atas atap lebih dahulu didatangi oleh cahaya matahari, adapun kekurangan pada penempatan di atas atap ialah luas area yang tidak bisa seluas penempatan di atas tanah. Oleh karenanya, pemanfaatan PLTS pada penelitian lanjutan dapat menyesuaikan total kapasitas yang akan dibangkitkan, sehingga dari kedua penempatan tersebut sebenarnya masih bisa dimanfaatkan untuk membangun PLTS di ITERA.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. R. Mohanta, J. Patel, J. Bhuva, and M. Gandhi. 2015. *A Review on Solar Photovoltaics and Roof Top Application of It*. Int. J. Adv. Res. Eng. Sci. Technol. 2(4), 1–4, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/275560441_A_Review_on_Solar_Photovoltaics_and_Roof_Top_Application_of_It.
- [2] O. Khurshid. 2019. *Power Generation by Hybrid Approach Solar PV / battery Power / hydrogen Generation / fuel Cell*. 2019 Int. Conf. Electr. Commun. Comput. Eng., no. July, 1–4.
- [3] Tampubolon, Agus P. dan Adiatma, Julius C. 2019. *Laporan Status Energi Bersih Indonesia: Potensi, Kapasitas Terpasang, dan Rencana Pembangunan Pembangkit Listrik Energi*

- Terbarukan 2019*. IESR.
- [4] R. V. Zaitsev, M. V. Kirichenko, G. S. Khrypunov, R. P. Miguschenko, and L. V. Zaitseva. 2017. *Hybrid Solar Generating Module*. IEEE Int. Young Sci. Forum Appl. Phys. Eng., 112–115.
- [5] S. C. Swarnakar, A. K. Podder, and M. Tariquzzaman. 2019. *Solar, Fuel Cell and Battery Based Hybrid Energy Solution for Residential Appliances*. 2019 4th Int. Conf. Electr. Inf. Commun. Technol. EICT 2019, no. December. 20–22. doi: 10.1109/EICT48899.2019.9068780.
- [6] Y. Rahmawati, S. Sendari, W. S. G. Irianto, T. Matsumoto, D. A. Putra, and D. Arengga. 2019. *Simulation of a Solar Power System with Generator Set Backup Source for Hybrid Power System Application*. ICEEIE 2019 - Int. Conf. Electr. Electron. Inf. Eng. Emerg. Innov. Technol. Sustain. Futur., 43–47. doi: 10.1109/ICEEIE47180.2019.8981414.
- [7] M. Jens *et al.* 2014. *Resistive Power Loss Analysis of PV Modules Made*. IEEE J. Photovoltaics, 5(1), 189–194. doi: 10.1109/JPHOTOV.2014.2367868.
- [8] W. Obaid, A. K. Hamid, and C. Ghenai. 2019. *Hybrid solar/diesel power system design for electric boat with MPPT system*. Int. Energy J. 19(1), 37–46.
- [9] A. Joshi, A. Khan, and A. Sp. 2019. *Comparison of half cut solar cells with standard solar cells*. 2019 Adv. Sci. Eng. Technol. Int. Conf. ASET. 1–3. doi: 10.1109/ICASET.2019.8714488.
- [10] S. Guo, F. J. Ma, B. Hoex, A. G. Aberle, and M. Peters. 2012. *Analysing solar cells by circuit modelling*. Energy Procedia, 25, 28–33. doi: 10.1016/j.egypro.2012.07.004.
- [11] K. Kananda. 2017. *Studi Awal Potensi Energi Surya Wilayah Lampung: Studi Kasus Kampus Institut Teknologi Sumatera (ITERA) Menuju Smart Campus*. J. Sci. Appl. Technol. 1(2), 75–81.