

STUDI TERHADAP UNJUK KERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 1,9 KW DI UNIVERSITAS UDAYANA BUKIT JIMBARAN

I.W.G.A Anggara¹, I.N.S. Kumara², I.A.D Giriantari³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email : garyanggara@gmail.com¹

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1,9 kW di Universitas Udayana Bukit Jimbaran memiliki komponen dan spesifikasi seperti, PV module Solarex MSX60 dengan kapasitas 60 Wp sebanyak 32 unit, inverter SP500 SinePro dengan kapasitas 500 W, charger controller SinPro 10 A dan 2 unit baterai Delkor DIN60038 dengan kapasitas masing-masing baterai 100Ah. Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran tegangan dan arus PV module. Pengukuran dimulai pada pukul 07.00 Wita sampai 18.00 Wita, maka diperoleh hasil pengukuran PV module, tegangan keluaran tertinggi sebesar 12.72 V dan arus sebesar 2.37 A pada pukul 13.00 Wita. Sedangkan tegangan keluaran terendah sebesar 0.57 V dan arus sebesar 0.14 A pada pukul 18.00 Wita. Total daya dari 32 PV module sebesar 960 W. Dari 32 PV module hanya 8 buah yang digunakan untuk mensuplai beban. Agar daya PLTS optimal maka 32 PV module akan digunakan untuk mensuplai beban di area internet corner. Baterai sebanyak 15 unit dengan kapasitas 1.455 Ah, inverter dengan kapasitas 6.000 Watt dan charger controller dengan rating arus 20 Ampere sebanyak 4 unit.

Kata kunci: PLTS, PV module, karakteristik arus-tegangan

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan peta energi matahari, Bali memiliki radiasi harian matahari rata-rata 5,2 kWh/m². Maka provinsi Bali memiliki potensi yang baik untuk pengembangan pembangkit listrik dari energi surya [4]. Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana telah membangun sebuah PLTS dengan kapasitas 1,9 kW di kampus Bukit Jimbaran. PLTS di Jurusan Teknik Elektro dimanfaatkan untuk penerangan di area internet corner Jurusan Teknik Elektro.

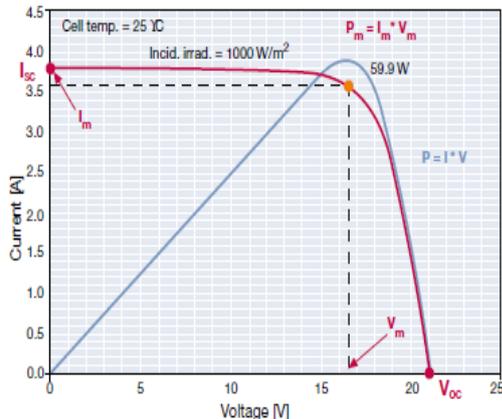
Komponen PLTS di Jurusan Teknik Elektro terdiri dari PV module, baterai, charger controller dan inverter. PV module yang digunakan jenis polycrystalline Solarex MSX60 sebanyak 32 unit. Keseluruhan PV module dibagi menjadi 4 array, yang masing-masing array terangkai dari 8 PV module terhubung parallel. Untuk merubah daya listrik DC keluaran dari baterai menjadi daya listrik AC sehingga mampu mensuplai beban AC yang terdapat di area internet corner, dipergunakan inverter SP500. Selain berfungsi untuk mengubah daya DC keluaran baterai menjadi daya AC, inverter SP500 telah dilengkapi dengan charger controller untuk melakukan pengisian baterai. Pada bangunan internet corner tersebut terdapat lima titik lampu LED 5 W dan 4 buah stop kontak yang digunakan untuk melakukan pengisian baterai handphone atau laptop oleh mahasiswa. Instalasi ini

dilengkapi circuit breaker (cb) untuk memutuskan hubungan listrik secara otomatis apabila ada arus atau beban lebih.

Dalam penelitian ini akan dilakukan studi terhadap unjuk kerja PLTS yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti faktor intensitas cahaya matahari, faktor temperatur PV module dan kondisi cuaca lingkungan. Untuk mengetahui besar pembangkitan daya dari PLTS, maka dilakukan pengukuran tegangan dan arus PV module. Pengukuran dilakukan selama 11 jam per hari. Pengukuran tegangan, arus, temperatur PV module dan intensitas cahaya matahari dimulai pada pukul 07.00 Wita dan berakhir pukul 18.00 Wita. Selain itu, juga menganalisis konfigurasi optimal PLTS.

Seperti yang disebutkan pada buku ABBQT dengan judul Photovoltaic plants bahwa karakteristik arus dan tegangan pada PV module diperlihatkan pada gambar 1 saat kondisi hubungan tertutup (short-circuit) arus dalam kondisi nilai tertinggi (Isc), sebaliknya pada kondisi hubung terbuka (open-circuit) tegangan dalam kondisi nilai tertinggi (Voc). Berdasarkan dua kondisi yang disebutkan, daya yang dibangkitkan PV module adalah nol, dimana pada semua kondisi lainnya, ketiga tegangan meningkat maka produksi daya meningkat juga. Pada mulanya akan mencapai maximum power point (Pm) dan kemudian turun seketika hingga mendekati

nilai tegangan tanpa beban [1]. Gambar 1 merupakan kurva I-V pada PV module.

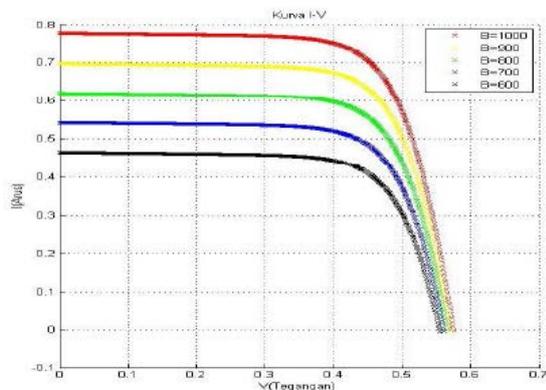


Gambar 1. Kurva I-V pada PV module [1]

Oleh karena itu, data karakteristik dari PV module dapat dijabarkan sebagai berikut:

- I_{sc} = arus hubung singkat PV module (A)
- V_{oc} = tegangan tanpa beban (V)
- P_m = produksi daya maksimum pada kondisi standar (W)
- I_m = produksi arus pada maximum power point (A)
- V_m = produksi tegangan pada maximum power point (V)

Menurut penelitian yang telah dilakukan Dirgantara tentang Simulasi Sel Surya Model Dioda dengan Hambatan Seri dan Hambatan Shunt Berdasarkan Variasi Intensitas Radiasi, Temperatur dan Susunan Modul. Menyebutkan bahwa intensitas radiasi sangat mempengaruhi besar kecilnya arus yang dihasilkan. Arus short circuit (I_{sc}) mengalami penurunan ketika intensitas radiasi yang diterima oleh sel surya berkurang. Intensitas radiasi yang berkurang menyebabkan elektron-elektron yang terlepas semakin sedikit sehingga arus listrik menurun [2].

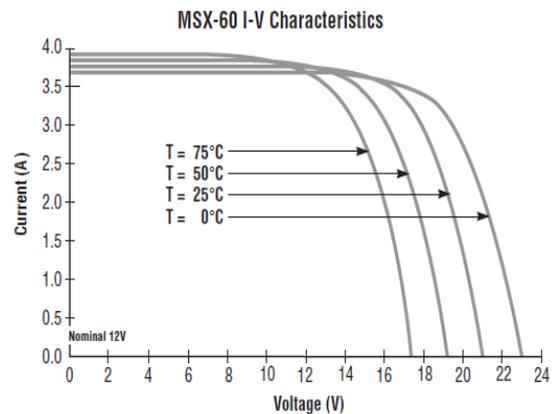


Gambar 2. Kurva arus dan tegangan sel surya terhadap intensitas radiasi [2]

Gambar 2 memperlihatkan intensitas radiasi berpengaruh terhadap perubahan

tegangan open circuit (V_{oc}). Tegangan open circuit semakin berkurang ketika intensitas radiasi dikurangi tetapi perubahannya tidak signifikan.

Berdasarkan datasheet dari PV module Solarex MSX60. PV module akan bekerja secara optimum pada temperatur konstan yaitu 25°C dengan iradiasi matahari 1000 W/m². Jika temperatur disekitar PV module meningkat melebihi 25°C, maka akan mempengaruhi daya keluaran PV module, sehingga tegangan akan berkurang seperti Gambar 3. Selain itu, efisiensi PV module juga akan menurun beberapa persen. Sedangkan sebaliknya, arus yang dihasilkan akan meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur pada PV module [7].



Gambar 3. Kurva arus dan tegangan terhadap perubahan temperatur PV module [7]

2. Perencanaan Sistem PLTS

Dalam merencanakan sistem PLTS didasarkan dari kapasitas PV module, charger controller, baterai dan inverter.

Untuk menentukan keluaran harian PV module diperlukan data Peak Hour per Day yang diterima oleh PV module. Seperti data yang didapat, tentang faktor Peak Hour per Day untuk daerah Bali adalah 4,85 Ph/day [4]. Maka dapat menentukan keluaran harian PV module dengan persamaan 1 [8]:

$$E_{\text{modul}} = P_{\text{out}} \times \text{Ph/day} \quad (1)$$

dengan:

E_{modul} = Produksi energi harian PV module (Wh)

P_{out} = Daya keluaran PV module (W)

Ph/day = Peak hour per day (Hour)

Baterai adalah komponen PLTS yang berfungsi menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh PV module pada siang hari, untuk kemudian dipergunakan pada malam hari dan pada saat cuaca mendung. Untuk menentukan total kapasitas baterai yang dapat

digunakan pada tegangan dasar terpakai (12V/24V) berdasarkan periode penyimpanan yang diinginkan sebagai berikut [9]:

$$Ah_{batt} = \frac{EB}{V_s} \quad (2)$$

dengan:

EB = Energi yang dibangkitkan *PV module* (Wh/hari)

V_s = Tegangan dasar yang dipakai (V)

Ah_{batt} = Total Kapasitas baterai yang diperlukan pada tegangan dasar terpakai (Ah)

Sedangkan untuk menghitung jumlah unit baterai yang diperlukan dapat menggunakan persamaan berikut [9]:

$$Cb = \frac{Ah \times d}{DOD} \quad (3)$$

dengan:

Ah_{batt} = Total Kapasitas baterai yang diperlukan pada tegangan dasar terpakai (Ah)

d = Hari otonomi (Hari)

DOD = *Depth of Discharge* (%)

Cb = Jumlah baterai yang digunakan (Ah)

Charger controller adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur pengisian arus searah dari *PV module* ke baterai dan mengatur penyaluran arus dari baterai ke peralatan listrik. *Charger controller* mempunyai kemampuan untuk mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah terisi penuh maka secara otomatis pengisian arus dari *PV module* berhenti. Berdasarkan arus maksimum yang dimiliki *PV module* dan jumlah *PV module*, maka dapat dihitung kapasitas arus *charger controller* yang digunakan. Kapasitas arus *charger controller* merupakan hasil kali dari arus maksimum *PV module* dan jumlah *PV module*, rumus:

$$I_{maks} = I_{mp} \times N_{modul} \quad (4)$$

dengan:

I_{maks} = Kapasitas arus *charger controller* (A)

I_{mp} = Arus maksimum *PV module* (A)

N_{modul} = Jumlah *PV module* yang digunakan (N)

Inverter berfungsi untuk merubah arus dan tegangan listrik DC (*direct current*) yang dihasilkan *array* menjadi arus dan tegangan listrik AC (*alternating current*). Inverter yang digunakan adalah inverter dengan kapasitas tergantung dari kapasitas daya *array* yang dibangkitkan dengan tegangan keluaran AC 220 Volt [3].

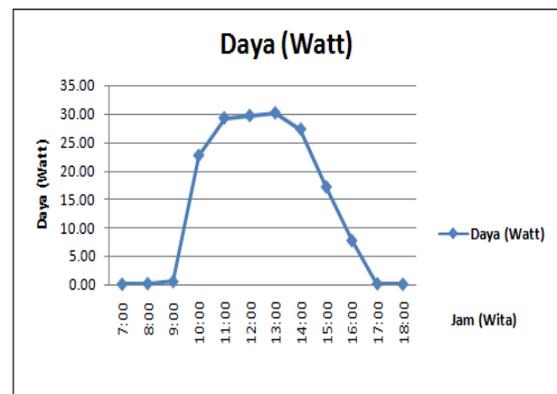
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Unjuk Kerja PLTS di Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana

Unjuk kerja PLTS dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti, faktor temperatur *PV module*, faktor intensitas cahaya matahari, dan kondisi cuaca lingkungan. Untuk mengetahui besar pembangkitan daya dari PLTS di Jurusan Teknik Elektro, maka dilakukan pengukuran tegangan dan arus *PV module*. Pengukuran tegangan, arus, temperatur *PV module* dan intensitas cahaya matahari dimulai pada pukul 07.00 Wita dan berakhir pukul 18.00 Wita. *Lux meter* digunakan untuk mengukur besar intensitas cahaya matahari yang mengenai permukaan *PV module*. Tabel 1 merupakan hasil pengukuran keluaran *PV module* pada saat kondisi cuaca dominan cerah.

Tabel 1. Hasil pengukuran keluaran *PV module* pada saat kondisi cuaca dominan cerah

Waktu	Tegangan (Voc)	Tegangan (Vn)	Arus (In)	Daya (Watt)	Temp PV (°C)	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)	Kondisi Cuaca
7:00	15.78	0.70	0.12	0.08	28	13300	Mendung
8:00	16.98	0.99	0.20	0.20	30	21700	Cerah
9:00	18.62	1.71	0.32	0.55	31	54300	Cerah
10:00	18.01	10.85	2.09	22.68	32	74900	Cerah
11:00	17.77	12.40	2.36	29.26	34	82700	Cerah
12:00	17.39	12.57	2.36	29.67	36	117000	Cerah
13:00	17.49	12.72	2.37	30.15	40	144300	Cerah
14:00	17.58	12.13	2.25	27.29	39	110400	Cerah
15:00	17.97	9.37	1.83	17.15	34	71500	Cerah
16:00	18.02	6.30	1.23	7.75	33	54200	Cerah
17:00	16.64	0.92	0.18	0.17	30	22100	Cerah
18:00	16.22	0.57	0.14	0.08	28	13800	Berawan



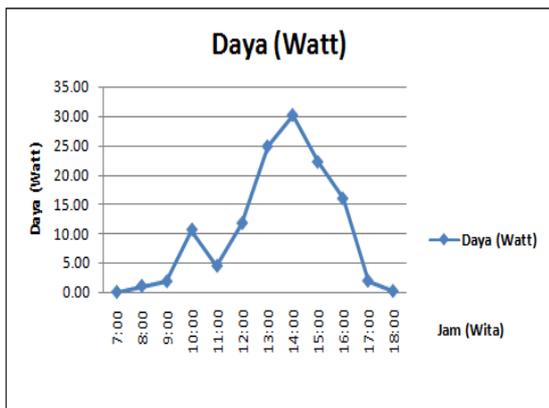
Gambar 5. Daya keluaran *PV module* saat cuaca dominan cerah

Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa daya keluaran *PV module* tertinggi sebesar 30.15 W pada pukul 13.00 Wita dan daya keluaran terendah sebesar 0.08 W pada pukul 18.00 Wita. Berikut tabel 2 merupakan hasil

pengukuran keluaran *PV module* pada saat cuaca dominan mendung.

Tabel 2. Hasil pengukuran keluaran *PV module* pada saat kondisi cuaca dominan mendung

Waktu	Tegangan (Voc)	Tegangan (Vn)	Arus (In)	Daya (Watt)	Temp PV (°C)	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)	Kondisi Cuaca
7:00	15.13	0.28	0.04	0.01	26	13300	Mendung
8:00	17.46	1.78	0.59	1.05	28	16500	Mendung
9:00	17.37	4.28	0.43	1.84	28	33100	Mendung
10:00	17.62	9.86	1.08	10.65	30	29200	Mendung
11:00	17.84	7.71	0.58	4.47	28	36600	Mendung
12:00	18.19	9.98	1.18	11.78	30	36700	Mendung
13:00	17.63	9.87	2.52	24.87	31	36600	Berawan
14:00	17.41	11.76	2.57	30.22	37	41500	Berawan
15:00	17.75	9.58	2.32	22.23	36	12700	Berawan
16:00	17.73	9.56	1.67	15.97	34	17900	Cerah
17:00	17.47	2.28	0.84	1.92	30	23700	Cerah
18:00	15.17	1.46	0.12	0.18	27	8100	Mendung



Gambar 6. Daya keluaran *PV module* saat cuaca dominan mendung

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa daya keluaran *PV module* tertinggi sebesar 30.22 W pada pukul 14.00 Wita dan daya keluaran terendah sebesar 0.01 W pada pukul 07.00 Wita. Intensitas cahaya matahari berfluktuasi setiap waktu. Demikian juga daya keluaran *PV module* mengikuti fluktuasi intensitas cahaya matahari. Selain itu perubahan intensitas cahaya matahari diikuti oleh perubahan temperatur *PV module*. Melihat dari kondisi tersebut intensitas cahaya matahari sangat mempengaruhi daya keluaran *PV module*. Besarnya daya yang dibangkitkan *PV module* disaat cuaca mendung berkaitan erat dengan tebalnya awan saat cuaca mendung yang mempengaruhi intensitas cahaya matahari yang diterima *PV module*.

3.2 Rekonfigurasi PLTS

Berdasarkan hasil pengamatan kondisi existing PLTS di Jurusan Teknik Elektro. PLTS tidak bekerja secara optimal, dikarenakan dari

32 *PV module* yang terbagi menjadi 4 *PV array*, hanya 1 *PV array* yang dimanfaatkan untuk melakukan pengisian baterai. Dan 3 *PV array* hanya terhubung pada terminal yang ada dalam kontrol panel. Melihat dari kondisi tersebut, sering kali terjadinya *low* baterai. Maka akan dilakukan rekonfigurasi yang optimal pada PLTS di Jurusan Teknik Elektro dengan memanfaatkan 4 *PV array* untuk melakukan pengisian baterai.

3.2.1 Pengujian Kapasitas *PV module*

Pada perancangan ini menggunakan *PV module* yang telah terpasang pada atap *internet corner* Jurusan Teknik Elektro dengan kapasitas 1 *PV module* sebesar 60 Wp sebanyak 32 unit. Berdasarkan hasil pengukuran *PV module* yang terpasang hanya menghasilkan daya keluaran sebesar 50% dari total daya keluaran optimalnya. Jadi total keseluruhan kapasitas *PV module* menjadi 960 Wp. Seperti yang telah dibahas pada kajian pustaka tentang tentang faktor *peak hour per day* untuk daerah Bali sebesar 4,85 Ph/day [4]. Maka menggunakan persamaan 1 selama sehari *PV module* mampu mensuplai energi sebesar:

$$960 \times 4,85 = 4.656 \text{ Wh/day}$$

Jadi total energi sistem yang digunakan sebesar 4.656 Wh/day

3.2.2 Menghitung Kapasitas Baterai

Untuk menghitung kapasitas total baterai. Dibutuhkan data energi yang dibangkitkan *PV module* dan tegangan baterai yang akan digunakan. Dengan menggunakan persamaan 2, maka kapasitas baterai adalah:

$$\begin{aligned} Ah_{\text{batt}} &= \frac{Ah \times d}{DOD} \\ &= \frac{4656}{12} \\ &= 388 \text{ Ah} \end{aligned}$$

3.2.3 Menghitung Jumlah Baterai

Perhitungan jumlah baterai yang digunakan. Studi ini menggunakan 3 hari otonomi dan DOD baterai 80%. Maka jumlah baterai dapat dihitung dengan rumus 3:

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{Ah \times d}{DOD} \\ &= \frac{388 \times 3}{80\%} \\ &= 1.455 \text{ Ah} \approx 15 \text{ unit} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka jumlah baterai yang dibutuhkan untuk mensuplai kebutuhan beban listrik di area *internet corner* Jurusan Teknik Elektro sebanyak 15 unit baterai 100 Ah.

3.2.4 Menentukan Kapasitas *Charger Controller*

Kapasitas arus *charger controller* merupakan hasil kali dari arus maksimum *PV module* dan jumlah *PV module*, berdasarkan hasil pengukuran arus *PV module* yang terpasang pada atap area *internet corner* sebesar 1.5 A, dapat dihitung dengan rumus 4 dibawah ini:

$$\begin{aligned} I_{\text{maks}} &= I_{\text{mp}} \times N_{\text{modul}} \\ &= 1.5 \times 8 \\ &= 12 \text{ A} \end{aligned}$$

Jadi kapasitas arus yang mengalir pada *charger controller* sesuai perhitungan diatas adalah sebesar 12 A. Karena dipasaran tidak terdapat *charger controller* sebesar 12 A, maka yang digunakan kapasitas sebesar 20 A. Sistem PLTS di Jurusan Teknik Elektro memiliki 4 *array*, jadi jumlah *charger controller* yang digunakan sebanyak 4 buah dengan kapasitas 20 A.

3.2.5 Menentukan Kapasitas Inverter

Inverter berfungsi untuk merubah arus dan tegangan listrik DC (*direct current*) yang dihasilkan *array* menjadi arus dan tegangan listrik AC (*alternating current*). Pada pemilihan inverter diupayakan kapasitas kerjanya mendekati kapasitas daya yang dibangkitkan *array*. Hal ini agar efisiensi kerjanya maksimal. PLTS di Jurusan Teknik Elektro terdapat 32 *PV module* dengan energi maksimum sebesar 4.656 Wh/hari. Kapasitas inverter yang digunakan sebesar 6.000 Watt dengan efisiensi 90% sehingga daya yang dapat digunakan sebesar 5.400 Watt.

4. SIMPULAN

Dari hasil studi terhadap unjuk kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1,9 kW di Universitas Udayana Bukit Jimbaran, maka diperoleh hasil pengukuran daya keluaran *PV module* tertinggi sebesar 30.15 W pada pukul 13.00 Wita dan daya keluaran terendah sebesar 0.08 W pada pukul 18.00 Wita. Dari 32 *PV module* hanya 8 unit yang digunakan untuk mensuplai beban. Agar daya PLTS optimal maka 32 *PV module* akan digunakan untuk mensuplai beban di area *internet corner* Jurusan Teknik Elektro. Baterai sebanyak 15 unit dengan kapasitas 1.455 Ah, inverter

dengan kapasitas 6.000 Watt dan *charger controller* dengan rating arus 20 A sebanyak 4 unit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ABB. *Technical Application Papers NO.10 Photovoltaic Plants*. 2010. Italy. Bergamo.
- [2] Dirgantara, M. dkk. Simulasi Sel Surya Model Dioda dengan Hambatan Seri dan Hambatan *Shunt* Berdasarkan Variasi Intensitas Radiasi, Temperatur dan Susunan Modul. 2012. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- [3] Jati, I Nengah. Studi Pemanfaatan PLTS Hibrid dengan PLN di Vila Adleson Ubud. 2011. Denpasar: Universitas Udayana
- [4] Mario. Analisa Penggunaan *Solar Cell* Untuk Kampus Elektro Bukit Jimbaran. 2009. Denpasar: Universitas Udayana
- [5] Rahardjo, Amien dkk. Optimalisasi Pemanfaatan Sel Surya Pada Bangunan Komersial Secara Terintegrasi Sebagai Bangunan Hemat Energi. 2008. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [6] SinePro. Inverter – Charger 12VDC To 220VAC. 2013. Indonesia
- [7] Solarex, *Data Sheet Photovoltaic Modules MSX 60*. 1998. USA
- [8] Utomo, Teguh. Kajian Kelayakan Sistem Photovoltaik Sebagai Pembangkit Daya Listrik Skala Rumah Tangga (Studi Kasus Di Gedung VEDC Malang). 2009. Indonesia
- [9] Wibowo, dkk. Perancangan Sistem Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Jala-Jala Listrik PLN Untuk Rumah Perkotaan. 2008. Universitas Trisakti