



***KAPASITAS PENYIMPAN DAYA YANG DIBUTUHKAN
PHOTOVOLTAIC 100 WP MONOCRYSTALLINE YANG DIOPERASIKAN
DI DAERAH CILEGON-BANTEN***

Caturwati Ni Ketut^{1*}, Wiryadinata Romi², Andini Firda¹

¹Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Banten, Indonesia

²Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Banten, Indonesia

*Email Penulis: n4wati@yahoo.co.id, n4wati@untirta.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 03/12/2018
Naskah Direvisi 18/12/2019
Naskah Disetujui 28/03/2019
Naskah Online 29/03/2019

ABSTRAK

- Pemanfaatan energy surya di daerah *remote area* adalah suatu hal yang makin hari makin dibutuhkan mengingat makin banyak peralatan yang dibutuhkan manusia yang menggunakan energy listrik dalam pengoperasiannya, sebaliknya tidak semua daerah yang memiliki suplai jaringan listrik, misalnya daerah laut, pesisir pantai maupun daerah-daerah terpencil lainnya. Indonesia merupakan daerah yang mendapatkan sinar matahari berlimpah sepanjang massa, namun konversi energy surya menjadi energy listrik sangat bergantung pada letak geografis, cuaca dan lingkungan tempat sel surya dioperasikan. Guna mengetahui potensi pembangkitan listrik dengan sel surya dilakukan pengujian dengan menggunakan sel surya monokristalin 100 Wp dengan waktu pengujian dari jam 07.30-16.30 WIB di halaman kampus Fakultas Teknik Cilegon pada tanggal 20 Mei 2018 – hingga 1 Juli 2018. Hasil pengamatan menunjukkan produksi listrik yang dihasilkan perhari per meter persegi luas permukaan di daerah tersebut mencapai nilai rata-rata 0,69 kWh/hari/m². Sedangkan nilai maksimum yang mungkin dicapai adalah sebesar 1,062 kWh/hari/m². Sehingga kebutuhan baterai terpasang untuk menampung produksi DAYA listrik yang dihasilkan perhari adalah baterai 12 V dengan kapasitas 62 Ah.

Kata kunci: Sel Surya, produksi listrik, kapasitas baterai

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi matahari di Indonesia sangat tepat untuk dikembangkan serta diterapkan mengingat Indonesia merupakan negara tropis dengan posisi geografis berada di sekitar khatulistiwa sehingga radiasi matahari dapat diperoleh sepanjang tahun, disamping itu krisis energy fosil mendorong segala upaya untuk menggunakan energy yang berasal dari sumber-sumber energy baru terbarukan termasuk diantaranya energy matahari.

Teknologi pemanfaatan energi surya mulai muncul pada tahun 1839, ditemukan oleh A.C. Becquerel. Energi matahari merupakan energi alternatif yang bersifat dapat diperbaharui. Sel surya dikembangkan untuk dapat menyerap panas radiasi dari matahari dan mengubahnya menjadi tenaga listrik (Wardhana, 2013). Potensi energi surya di Indonesia ± 4.8 kWh/m²/hari atau setara dengan 112.000 GWp (EBTKE, 2018). Sedangkan energy surya yang dihasilkan melalui sel surya berkapasitas 100 Wp dengan luas permukaan sel 1 m² yang menerima paparan energy radiasi matahari sebesar 4,5 kWh/m²/hari akan menghasilkan energy listrik sebesar 675 Wh perhari jika diasumsikan nilai efisiensi sel surya sebesar 15 % (Akhmad, 2011). Para ilmuwan di Hong Kong melaporkan bahwa mereka telah berhasil mengembangkan sel surya tandem perovskit-silikon dengan efisiensi konversi daya tertinggi di dunia yaitu sebesar 25,5% (Ehsanul, 2018).

Intensitas cahaya yang masuk dan terserap oleh panel surya setiap waktu selalu berubah-ubah, umumnya intensitas cahaya matahari pada pagi dan sore hari rendah (Arfita, 2013). Daya yang dihasilkan panel surya pada pagi hari dalam kondisi cerah adalah 16,53 Watt pada jam 08:00 sedangkan sore hari jam 16:00 sebesar 13,56 Watt (Anwar, 2016).

Energi surya menjadi sumber energi yang ramah lingkungan dan sangat menjanjikan pada masa yang akan datang serta tidak menyebabkan adanya polusi terhadap lingkungan sekitarnya, disamping itu tersedia dalam jumlah yang sangat besar (Rahayuningtyas, 2014). Penerapan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk memanfaatkan potensi energi surya yang tersedia di lokasi-lokasi tertentu merupakan solusi yang tepat (Subandi, 2015). Komponen fotovoltaik sebagai penunjang tenaga surya membutuhkan lahan luas. Lautan yang besarnya 70% dari permukaan bumi adalah solusi yang menguntungkan untuk digunakan sebagai tempat fotovoltaik (Sahu, 2016). Potensi energi surya yang melimpah di Indonesia tentunya membutuhkan informasi atau data hasil pengukuran yang tepat dan efisien di lapangan seperti dalam pengukuran potensi solar photovoltaic. Karena potensi kelistrikan dari solar photovoltaic ini tidak hanya dipengaruhi oleh radiasi matahari namun dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu lingkungan dan kelembaban udara (Wiktor Hudy, Jaracz Kazimierz, 2015).

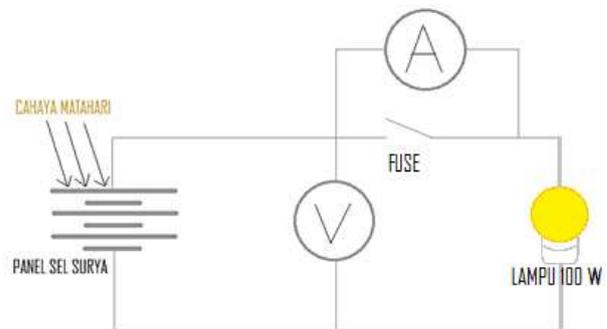
Dalam upaya pemanfaatan energy surya di wilayah Cilegon dan sekitarnya perlu dilakukan penelitian

mengenai jumlah energy listrik yang dihasilkan oleh suatu sel surya yang dihasilkan dari panas radiasi matahari yang diperolehnya secara tepat. Untuk itu dilakukan penelitian mengenai kapasitas produksi energy listrik yang terpasang di halaman Fakultas Teknik –Cilegon untuk satu sel surya berkapasitas 100 Wp. Dengan memperoleh data tersebut diharapkan dapat dipergunakan sebagai data awal dalam merencanakan penggunaan sumber energy surya sesuai maksud dan tujuan yang diperlukan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pengujian

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen, yaitu pemasangan sel surya diatas mobil tawon yang diparkir di halaman depan COE Fakultas Teknik Cilegon yang terpapar langsung oleh radiasi matahari sehingga tidak ada bayangan pohon maupun gedung yang mengenai permukaan sel surya tersebut.



Gambar 1. Rangkaian uji produksi listrik dari sel surya.

Rangkaian pengujian diperlihatkan pada Gambar 1. Produk daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya berkapasitas Wp = 100 Watt digunakan untuk menyalakan beban lampu DC dengan daya 100 Watt. Daya listrik actual yang dihasilkan diukur melalui Ampermeter yang terpasang seri dengan lampu dan tegangan yang dipasang parallel.

Spesifikasi sel surya yang dipergunakan dalam penelitian ini diperlihatkan pada Tabel 1. dengan kapasitas sel surya sebesar 100 Wp. Dengan kapasitas tersebut maka daya maksimum yang dihasilkan sel surya adalah sebesar 100 Watt. Daya actual yang dihasilkan sel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi, kelembaban lingkungan dan juga efisiensi dari sel surya tersebut.

Tabel 1. Spesifikasi sel surya

Module Type	SP-100-M36
Cell Type	Mono
Rated Max. Power (Pmax)	100 W
Current at Pmax (Imp)	5,75 A
Voltage at Pmax (Vmp)	17,4 V
Short -Circuit Current (Isc)	6,08 A
Open Circuit Voltage (Voc)	22,4 V
Dimension (mm)	1020 x 670 x 35 mm
Number of Cells	36

Max. System Voltage	700 V
Temperature Range	-45°C ~ +80°C

All Technical Data at Standard Test Condition

AM = 1,5 E = 1000 w/m² TC = 25°C

Pengujian dilakukan selama satu bulan penuh mulai dari pukul 08.00 hingga 16.00 dengan selang waktu pengambilan data setiap jam. Adapun data-data yang diambil antara lain :

- Suhu lingkungan dan kelembaban dengan thermos-hygrometer.
- Intensitas radiasi matahari dengan lux meter.
- Tegangan lampu dengan voltmeter.
- Arus yang melalui lampu dengan amperemeter.

Lampu yang digunakan dalam pengujian merupakan lampu DC dengan tegangan 12 Volt dan daya 100 Watt. Gambar 2. Memperlihatkan jenis lampu yang dipergunakan.



Gambar 2. Lampu DC 12 Volt, 100 Watt.

2.2 Daya yang dihasilkan

Penentuan daya actual yang dihasilkan sel surya diperoleh dari hasil pengukuran tegangan (V) dan arus listrik (I) dengan mengikuti persamaan :

$$P_{act} = V \times I \text{ (Watt)} \quad (1)$$

Daya rata-rata dalam 1 jam didekati dengan metode Midpoint Riemann Sum sehingga pengukuran jam 08.00 mewakili nilai rata-rata pengukuran daya untuk selang waktu 07.30-08.30.

2.3 Total Energi

Energi yang dihasilkan dinyatakan sebagai hasil perkalian daya dan waktu seperti dinyatakan pada Persamaan (2) :

$$E_{act} = P_{act} \times t \text{ (Wh)} \quad (2)$$

Sehingga total energy yang dihasilkan sel surya per hari dapat dinyatakan sebagai :

$$E_{tot} = \sum_{i=1}^{i=9} E_{act,i} \quad (3)$$

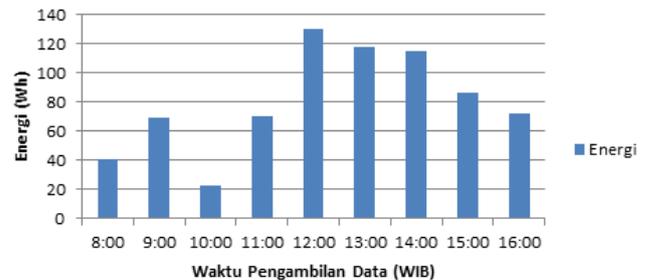
Dimana :

- $i=1$ menyatakan energy actual yang dihasilkan pada selang waktu 07.30 - 08.30 dengan menganggap nilai pengukuran daya pada saat 08.00 sebagai daya rata-rata pada selang waktu tersebut.
- $i = 2$ menyatakan energy actual yang dihasilkan pada selang waktu 08.30 - 09.30 dengan menganggap nilai pengukuran daya pada saat 09.00 sebagai daya rata-rata pada selang waktu tersebut
- dan seterusnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Cuaca dominan cerah

Pengujian saat cuaca dominan cerah diperoleh pada saat pengujian tanggal 20 Mei 2018, dengan pengujian per jam diperlihatkan pada Gambar 3. Total energy yang dihasilkan adalah daya terukur dikalikan dengan 1 jam. Pengukuran saat jam 10.00 dan 11.00 berada pada kondisi mendung. Total energy yang dihasilkan pada tanggal 20 Mei 2018 mencapai 726 Wh.



Gambar 3. Energi yang diperoleh per jam pada cuaca dominan cerah.

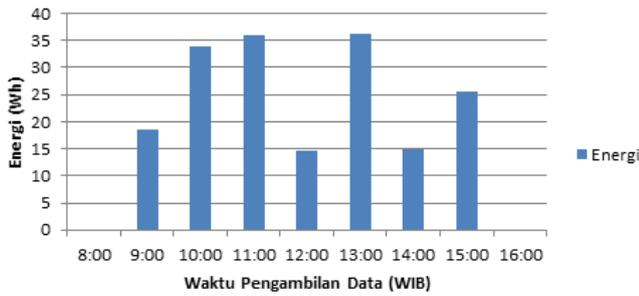
Daya listrik tertinggi diperoleh pada saat pukul 12.00 dengan nilai daya yang dihasilkan sebesar 130,56 W, sedangkan daya listrik terendah diperoleh saat pukul 10.00 sebesar 22,69 W dimana pada saat pengambilan data kondisi cuaca dalam kondisi gerimis.

Energi total yang dihasilkan selama 9 jam dari 7.30 - 16.30 dengan menganggap pengukuran nilai tengah sebagai daya rata-rata maka total energy yang dihasilkan selama 9 jam adalah sebesar 726 Wh, sehingga efektivitas daya actual yang dihasilkan sel surya 100 Wp mencapai :

$$\epsilon = \frac{E_{actual}}{E_{spec}} = \frac{726 \text{ Wh}}{100 \text{ W} \times 9 \text{ h}} = 80,6 \% \quad (4)$$

3.2 Cuaca dominan mendung

Kondisi cuaca dominan mendung terjadi pada tanggal 23 Mei 2018. Gambar 4 memperlihatkan daya yang dihasilkan tiap jam mulai jam 08.00 - 16.00. kondisi pada jam 08.00 dan 16.00 tidak memproduksi daya listrik.



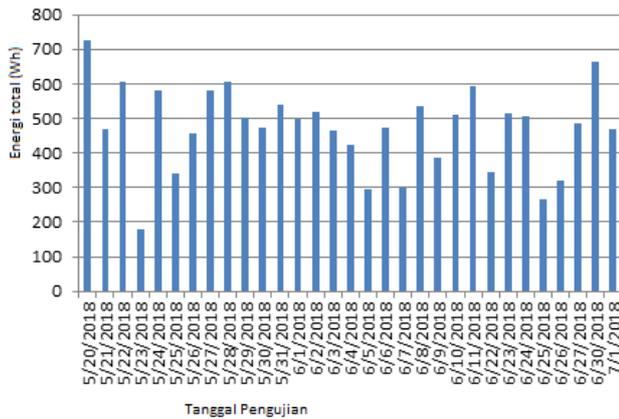
Gambar 4. Distribusi energy per jam saat cuaca mendung.

Total energy yang dihasilkan pada saat cuaca dominan mendung seperti pada tanggal 23 Mei 2018 mencapai 179 Wh. Sehingga efektivitas produksi listrik oleh sel surya pada kondisi dominan mendung mencapai

$$\varepsilon = \frac{179 \text{ Wh.}}{100 \text{ W} \times 9 \text{ h}} = 19,9 \% \quad (5)$$

3.3 Energi rata-rata

Energi rata-rata per hari yang dihasilkan sel surya untuk pengambilan data jam 07.30 – 16.30 dengan menggunakan nilai tengah pengukuran sebagai daya rata-rata per jam diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Total energy yang dihasilkan per hari.

Nilai rata-rata energy yang dihasilkan sel surya selama 1 bulan pengamatan menghasilkan nilai 472,2 Wh.

Jika produksi energy listrik dalam satu hari diasumsikan sama dengan energy yang diproduksi solar sell dari jam 07.30 – 16.30 (9 jam), maka total energy listrik yang dihasilkan perhari per satuan luas solar sel (I) dinyatakan sebagai :

$$I_{rata} = \frac{E_{rata}}{A_{sc}} \quad (6)$$

Dimana :

$$A_{sc} = \text{Luas permukaan solar cell}$$

$$I_{rata} = \frac{472,2 \text{ Wh}}{1,02 \times 0,67 \text{ m}^2} = 0,69 \text{ kWh/m}^2 \quad (7)$$

Sedangkan jika dilihat dari nilai maksimum produksi listrik yang dihasilkan melalui pengujian di daerah Cilegon dan sekitarnya diperoleh nilai energy perhari persatuan luas permukaan sebagai :

$$I_{max} = \frac{726 \text{ Wh}}{1,02 \times 0,67 \text{ m}^2} = 1,062 \text{ kWh/m}^2 \quad (8)$$

Kapasitas produksi listrik solar cell 100 Wp menyatakan nilai maksimum energy listrik yang dihasilkan. Jika berdasarkan kapasitas maksimumnya, maka total energy listrik yang dihasilkan perhari (untuk 9 jam produksi) dan persatuan luas permukaan dinyatakan sebagai :

$$I_{sc,max} = \frac{100 \text{ W} \times 9 \text{ h}}{1,02 \times 0,67 \text{ m}^2} = 1,317 \text{ kWh/m}^2 \quad (9)$$

Dengan menggunakan Photo Voltaic dengan kapasitas 100 Wp dan dimensi 1,02 m x 0,67 m diperoleh nilai produksi listrik maksimum PV 1,317 kWh/m² / hari , nilai ini jauh lebih kecil daripada potensi energy surya di Indonesia yang dinyatakan oleh EBTKE 2018 sebesar 4,8 kWh/m²/hari.

Dengan demikian selain cuaca dan lingkungan tempat pengujian, maka produksi energy listrik dari energy radiasi matahari sangat dipengaruhi oleh jenis sell surya yang dipergunakan.

Dari pengujian yang dilaksanakan mulai tanggal 20 Mei 2018 – hingga 1 Juli 2018 di kampus FT Untirta maka diperoleh produksi listrik rata-rata per hari per satu meter persegi sebesar 0,69 kWh/m².

Sehingga efektivitas produksi listrik dari penggunaan sell surya 100 Wp monokristalin dapat dinyatakan sebesar :

$$\varepsilon_{rata-rata} = \frac{0,69 \text{ kWh/m}^2}{1,317 \text{ kWh/m}^2} = 52,4 \% \quad (10)$$

3.4 Kapasitas baterai

Energi listrik yang dihasilkan sel surya pada siang hari kerap kali baru dipergunakan pada saat malam hari, misalnya untuk penerangan, Sehingga diperlukan baterai sebagai penyimpan energy listrik.

Spesifikasi baterai yang terdapat di pasaran umumnya memiliki tegangan sebesar 12 Volt. Kapasitas baterai dinyatakan sebagai Ah (Ampere.Hours). Hubungan antara kapasitas baterai (C_{bat}) dan energy yang mampu disimpan (E_{tot}) dinyatakan dalam Persamaan (11) :

$$C_{bat} \times V_{bat} = E_{tot} \quad (11)$$

$$C_{bat} = \frac{E_{tot}}{V_{bat}} \quad (12)$$

Tabel 2 memperlihatkan kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk menyimpan energy listrik yang dihasilkan sel surya dari jam 07.30 – 16.30.

Tabel 2. Kapasitas baterai yang dibutuhkan

kondisi	E_{tot} (Wh)	V_{bat} (V)	C_{bat} (Ah)	$C_{tersedia}$ (Ah)
dominan cerah	726	12	60.5	62
dominan mendung	179	12	14.9	18
Rata-rata	472.2	12	39.4	40

Sehingga demi keamanan kapasitas baterai yang perlu digunakan untuk solar sel 100 Wp yang dipasang di Cilegon dan sekitarnya adalah baterai dengan kapasitas 62 Ah.

4. KESIMPULAN

Cuaca dan kondisi lingkungan tempat pemasangan sel Photovoltaic (Sel Surya) sangat menentukan produksi listrik yang dihasilkannya. Pengujian yang dilakukan mulai tanggal 20 Mei 2018 – hingga 1 Juli 2018 di kampus FT Untirta – Cilegon menunjukkan bahwa total produksi listrik per hari dengan menggunakan sel surya 100 Wp :

- Kondisi dominan mendung : 0,262 kWh/hari/m².
- Kondisi dominan terik : 1,062 kWh/hari/m².
- Rata-rata : 0,69 kWh/hari/m².

Nilai efektivitas produksi listrik dari sell surya 100 Wp monokristalin yang dipasang di daerah pengujian Cilegon memiliki nilai sebesar 52, 4 % untuk waktu produksi dari jam 07.30 – 16.30.

Berdasarkan besarnya energy listrik yang dihasilkan dari sel surya monokristalin 100 Wp, maka kebutuhan kapasitas baterai untuk menyimpan energy listrik yang dihasilkan perhari adalah sebesar 62 Ah.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada pimpinan dan jajaran manajemen Fakultas Teknik Untirta atas ijin dan dukungannya dalam penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Anwar Ilmar Ramadhan, dkk, Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 Wp, Teknik 37(2), 2016, 59-63. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>.
2. Arfita Yuana Dewi, Antonov, Pemanfaatan Energi Surya sebagai Suplai Cadangan pada Laboratorium Elektro Dasar di Institut Teknologi Padang, Jurnal Teknik Elektro Volume 2 No. 3; Nopember 2013
3. Ehsanul Kabira, et all, Solar energy: Potential and future prospects, Renewable and Sustainable Energy Review, Elsevier, Volume 82, part 1, February 2018, pages 894-900.
4. European Communities, Photovoltaic solar energy: development and current research, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Union, 2009
5. Gary L. Hawkins, Ph.D., SOLAR POWER 101 THE BASICS OF SOLAR ENERGY, University of Georgia – Tifton Agent Training 29 May 2013.
6. Kholid Akhmad, Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Penerapannya untuk Daerah Terpencil, Dinamika Rekayasa Vol. 1 Agustus 2005.
7. Li jingcheng , APPLICATION OF SOLAR ENERGY, Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta Degree Programme in Mechanical Engineering Bachelor's Thesis 2010.
8. Mahmud Wasfi, Solar Energy and Photovoltaic Systems, Cyber Journals: Multidisciplinary Journals in Science and Technology, Journal of Selected Areas in Renewable and Sustainable Energy (JRSE), February Edition, 2011

9. Rencana Strategis Ditjen EBTKE, Jurnal Energi Media Komunikasi Kementerian Energi dan Sumber daya Mineral, Edisi 02, 2016.
10. Tayyebatosadat P. Aghaei, Solar Electric and Solar Thermal Energy: A Summary of Current Technologies, Global Energy Network Institute (GENI), November, 2014.
11. Theocharis Tsoutsosa, Niki Frantzeskakib, Vassilis Gekasb, Environmental impacts from the solar energy technologies, Elsevier Energy Policy 33 (2005) 289–296