

## Simulasi Optimasi Green Energy Metode Photovoltaick Pada Gedung Rektorat Universitas Bina Bangsa Serang Banten

Bambang Setyo Panulisan<sup>1</sup>, Dedy Khaerudin<sup>2</sup>, Yolla Sukma Handayani<sup>3</sup>  
Siswanto<sup>4</sup>

Universitas Bina Bangsa,<sup>123</sup> Universitas Serang Raya<sup>4</sup>

Email: [Setyopanulisan22@gmail.com](mailto:Setyopanulisan22@gmail.com), [Dedykhaerudin12@gmail.com](mailto:Dedykhaerudin12@gmail.com)  
[yollasukmahandayani2@gmail.com](mailto:yollasukmahandayani2@gmail.com)

**Abstract.** *The simulation in this research investigates the possibility of using the walls of the rectorate building on the Bina Bangsa campus to install a wall area solar energy system. The building walls are simulated, becoming a representation of the walls of other buildings. PLTS electricity calculations use an interconnected Solar Power Plant [PLTS] system. Research shows that the building has a wall area of 10,353 m<sup>2</sup> which can be used to install solar panels. The total electrical power produced in the area is 2030 kWp or 2.03 MWp. The power is divided into four, namely 630 kWp east of the roof, 535 kWp northwest, 668 kWp southwest and 553 kWp southeast.*

**Keywords:** *electricity, walls, generators, photovoltaics.*

**Abstrak.** Simulasi dalam penelitian ini menyelidiki kemungkinan pemanfaatan dinding gedung rektorat kampus Bina Bangsa untuk memasang sistem energi surya area dinding. Dinding Gedung disimulasikan menjadi representasi dinding bangunan lainnya. Perhitungan listrik PLTS menggunakan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya [PLTS] yang saling berhubungan. Penelitian menunjukkan bahwa bangunan tersebut memiliki luas dinding sebesar 10.353 m<sup>2</sup> yang dapat digunakan untuk memasang panel surya. Total daya listrik yang dihasilkan di wilayah tersebut sebesar 2030 kWp atau 2,03 MWp. Daya itu terbagi empat, yakni 630 kWp timur atap, 535 kWp barat laut, 668 kWp barat daya, dan 553 kWp Tenggara.

**Kata kunci:** listrik, Dinding, Pembangkit, Photovoltaick .

### PENDAHULUAN

Energi surya adalah salah satu sumber energi terbarukan yang paling sederhana dan paling umum, dan penggunaannya semakin meningkat. Energi radiasi matahari dapat langsung diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan teknologi fotovoltaik (PV) (Benatiallah et al.2007).

Perangkat tersebut sering disebut sel surya, dan sistemnya disebut pembangkit listrik tenaga fotovoltaik (PLTS). Mengukur potensi energi surya pada suatu tempat yang akan dipasang sistem PLTS sangatlah penting dan akan mempengaruhi keberhasilan pemasangan sistem itu sendiri. Energi yang berpotensi dihasilkan sangat bergantung pada radiasi matahari lokal (Redweik et al.2013). Salah satu aspek yang harus diperhatikan dalam menilai kemungkinan pemasangan sistem fotovoltaik pada dinding suatu bangunan untuk menghasilkan energi listrik adalah struktur bangunan itu sendiri, yaitu identifikasi permukaan

dinding (datar atau miring), jumlah lantai tiap bangunan, dan klasifikasi bentuk dinding (Orioli & Di Gangi 2014).

Teknik simulasi komputer dapat digunakan untuk memprediksi kinerja sistem PV sebelum pemasangan. Teknologi ini meminimalkan biaya material dan pemasangan (Tarigan et al. 2015). Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengukur kelayakan pemasangan sistem PV pada dinding bangunan (Koet al. 2015). Kuantifikasi potensi pembangkit listrik tenaga surya pada dinding bangunan di tenggara Ontario dilakukan oleh Wiginton et al. (Wiginton dkk. 2010). Langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk menentukan potensi luas dinding suatu PLTS antara lain dengan melakukan pengambilan sampel, membagi luas secara geografis, menentukan perbandingan luas dinding terhadap jumlah penduduk, dan menentukan luasan yang tidak terkena sinar matahari atau digunakan untuk keperluan lain, termasuk mengurangi luas dinding yang tersedia dari luas yang ditutupi oleh dinding. Energi yang dihasilkan kemudian diubah menjadi energi. Vardimon (Vardimon 2011) melakukan penelitian tentang ketersediaan ruang dinding di Israel.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan orthoimage untuk mengekstraksi gambar lapisan bangunan. Luas dinding yang tersedia dihitung menggunakan data GIS. Listrik tahunan yang dihasilkan oleh panel surya di dinding ini dilaporkan setara dengan 32% konsumsi listrik tahunan Israel. Bergamasco dkk. (Bergamasco & Asinari 2011) mengevaluasi potensi energi yang dihasilkan oleh sistem PLTS dan penerapannya di wilayah Piedmont (barat laut Italia). Luas dinding yang tersedia untuk aplikasi sistem PLTS dihitung berdasarkan analisis data GIS yang tersedia. Penelitian ini dilakukan melalui simulasi dengan tujuan untuk memperkirakan luas dan potensi dinding bangunan yang dapat digunakan untuk pemasangan panel surya di Universitas Bina Bangsa. Selain itu, simulasi dilakukan untuk menghitung besaran daya yang dapat dihasilkan oleh sistem PLTS grid-tie yang terhubung dengan jaringan listrik eksisting. Selain itu, model matematika sederhana dikembangkan untuk memperkirakan biaya satuan energi listrik dari simulasi sistem PLTS.

## **KAJIAN TEORITIS**

### ***A. The word Sel Fotovoltaik***

Listrik dapat dihasilkan dengan mengubah sinar matahari dalam proses yang disebut fotovoltaik (PV). Foto mengacu pada cahaya dan volta mengacu pada tegangan. Terminologi ini digunakan untuk menggambarkan sel elektronik yang menghasilkan listrik arus searah dari

energi radiasi matahari, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 di bawah ini. Sel fotovoltaik terbuat dari semikonduktor, terutama silikon, yang dilapisi dengan bahan aditif khusus. Ketika sinar matahari mencapai sel, elektron dilepaskan dari atom silikon dan mengalir membentuk rangkaian listrik sehingga listrik dapat dihasilkan. Sel surya selalu dirancang untuk mengubah sebanyak mungkin cahaya menjadi listrik dan dapat dihubungkan secara seri atau paralel untuk menghasilkan tegangan dan arus yang diinginkan, seperti Chenni dkk. ke (2007). Kinerja sel fotovoltaik sangat bergantung pada jumlah sinar matahari yang diterimanya. Kondisi iklim (misalnya awan dan kabut) secara signifikan mempengaruhi jumlah energi matahari yang diterima oleh sel, yang juga mempengaruhi kinerjanya. Younessin dkk. di ruang belajar. hingga (2005) dan Pucar dan Despica (2002).

### **B. Jenis Panel Surya**

Panel surya mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik. Panel surya menghasilkan listrik yang digunakan untuk mengisi baterai. Panel surya terdiri dari sel fotovoltaik yang menghasilkan listrik dari intensitas cahaya. Ketika intensitas cahaya berkurang (mendung, hujan, mendung), maka arus listrik yang dihasilkan juga berkurang. Menambah (memperluas) panel surya berarti meningkatkan konversi energi matahari. Secara umum panel surya dengan ukuran tertentu akan memberikan hasil tertentu. Misalnya, satu cm x b cm menghasilkan listrik arus searah (DC) x watt per jam.

### **C. Polikristalin (polikristalin)**

Ini adalah panel surya dengan kristal yang tersusun acak. Jenis polikristalin memerlukan luas permukaan lebih luas dibandingkan jenis monokristalin untuk menghasilkan jumlah listrik yang sama, namun dapat menghasilkan listrik di awan.

### **D. Monokristalin**

Merupakan panel paling efisien, menghasilkan jumlah listrik tertinggi per area. Efisiensinya mencapai 15%. Kelemahan panel jenis ini adalah tidak berfungsi dengan baik pada area yang kurang mendapat sinar matahari (bayangan), efisiensinya menurun drastis pada cuaca mendung.

### **E. Teknik pemasangan panel surya**

Umumnya panel surya dipasang pada raknya. Teknik yang sering digunakan di negara-negara dengan empat musim adalah mengarahkan panel ke selatan (negara-negara belahan bumi utara)

atau utara (negara-negara belahan bumi selatan), seperti dalam studi Tackle dan Shaw (2007). Panel surya diposisikan tegak lurus dengan arah datangnya matahari pada siang hari.

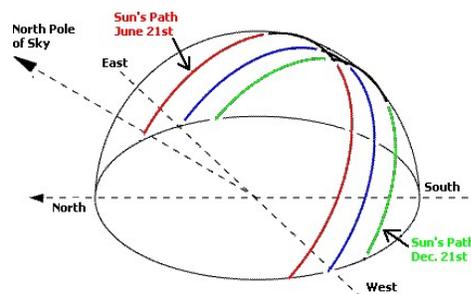
Teknik pemasangan, posisi sinar matahari pagi dan sore tidak tepat sesuai arah datangnya sinar matahari. Akibatnya, jumlah listrik yang dihasilkan menjadi lebih sedikit dari yang seharusnya, seperti yang diungkapkan Cheng et. ke (2007)..

#### A. Gerakan Harian Matahari

Jika dilihat dari bumi, matahari bergerak dari arah timur ke barat setiap hari. Lintasan matahari bergeser dari 23,50 LU (pada tanggal 21 Desember) ke 23,50 (pada tanggal 21 Juni) membentuk siklus yang berkelanjutan sepanjang tahun seperti yang terlihat padagambar 3.

#### B. Pengaruh Gerakan Matahari terhadap Energi Surya

Photovoltaic cell selalu dilapisi oleh penutup yang berasal dari gelas. Seperti barang dari gelas lainnya, maka optical input dari photovoltaic cell juga sangat dipengaruhi oleh orientasinya terhadap matahari karena variasi sudut dari pantulan gelas.



Gambar 3 Lintasan Tahunan Matahari (Sumber : [http:// Solar Tracker - Solar.htm](http://Solar Tracker - Solar.htm))

Sebuah rumus (1) yang populer digunakan untuk menjelaskan fenomena ini adalah

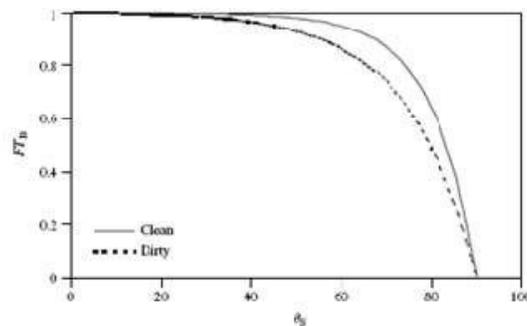
$$\text{run} FT_B(\theta_s) = 1 - b_0 \left( \frac{1}{\cos \theta_s} - 1 \right) \quad (1)$$

- Mengidentifikasi tegangan output sel surya untuk beberapa sudut kemiringan seperti gambar 5.
- Menghitung kerugian energi untuk menggerakkan solar tracker.
- Menghitung besar sudut pergerakan optimal untuk sel surya di jurusan Teknik elektro U.B.
- Sistem PLTS

Sebuah sistem pembangkit listrik tenaga surya terbagi menjadi beberapa bagian. Sel surya akan merubah energi dari matahari menjadi energi listrik. Listrik yang dihasilkan oleh tenaga surya akan disimpan dalam accumulator melalui sebuah charger controller. Charger controller inilah yang mengatur tegangan dan arus yang masuk ke accumulator. Beban adalah perangkat elektronik yang memerlukan supply AC, sehingga diperlukan inverter untuk mengubah tegangan DC dari accumulator menjadi sebuah tegangan AC. Pengubah tegangan ini disebut Inverter, dengan :

$$FTB(\theta_s) = \text{relative transmittance. } b_0 = \text{parameter empiris}$$

Sehingga dapat diplot grafik yang menghubungkan sudut datang dan nilai relative transmittance seperti Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4 Grafik Hubungan sudut datang ( $\theta_s$ ) dan nilai relative Transmittance (FTB)

(Sumber : Luque dan Hegedus : 2003)

Dari Gambar 4 diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar sudut datang semakin kecil pula nilai *relative transmittance*-nya. Juga dari *plotting* tersebut dapat disimpulkan bahwa perbedaan sudut sampai 200 tidak banyak berpengaruh terhadap nilai *relative transmittance*-nya.

## METODE PENELITIAN

Saat penelitian ini dilakukan, terdapat 3 bangunan permanen di kampus Universitas Bina Bangsa. Nama dan lokasi masing-masing gedung Google EarthTM dapat dilihat pada gambar 1. Gedung-gedung ini digunakan untuk berbagai kegiatan akademik seperti ruang kelas, kantor, laboratorium komputer. Bangunan yang diteliti terdiri dari bangunan bertingkat yang kondisinya dapat dilihat pada Tabel 1. Luas seluruh area kampus dan atap bangunan ditentukan

berdasarkan poligon Google Earth™ (menghitung jarak geometri atau bentuk luas). Arah umum Kemiringan atap bangunan adalah 45<sup>0</sup> terhadap arah utama, sepanjang timur laut, tenggara, barat daya dan barat laut, seperti terlihat pada gambar 1 dan gambar 4. Secara umum atap bangunan yang diperhatikan dalam penelitian ini adalah tipe atap pelana atau atap belanda (Kuchler 2013) dengan 4 sisi seperti pada gambar 2. dipasang dengan kemiringan 35<sup>0</sup> terhadap bidang horizontal.

Tabel 1. Gedung berdasarkan jumlah lantai

| Jumlah Lantai | Gedung                                 |
|---------------|----------------------------------------|
| 1             | Rektorat, R Rapat., RAkademik, R Rapat |
| 2             | 2.1, 2.2, 2.2.2, 2.3, 2.4              |
| 3             | 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5                |

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1.1. PERSAMAAN MATEMATIKA

Penciptaan energi berbasis matahari dalam ruang dapat ditentukan sebagai berikut dimana (E) yaitu energi surya yang dihasilkan, (I) intensitas radiasi surya rata-rata yang diterima selama satu jam, (A) luas area (Sinduningrum et al., 2019).

$$E = I \times A \tag{1}$$

FTB ( $\theta_s$ ) merupakan relative transmittance dan  $b_0$  yaitu parameter empiris (Rifan et al., 2012).

$$FTB(\theta_s) = 1 - b_0 \left( \frac{1}{\cos \theta_s} \right) \tag{2}$$

Joule effect. Dimana I yaitu arus (ampere) dan R merupakan tahanan ( Ohm) Untuk situasi ini, sesuai hukum Ohm Joule effect dirumuskan dalam persamaan berikut (Utara, 2003):

$$Q_j = I^2 \cdot R \tag{3}$$

Koefisien Seebeck  $\alpha$  adalah tegangan (V) dibagi dengan perbedaan temperatur  $\Delta T$ . Berdasarkan efek Seebeck dimana koefisien Seebeck diperoleh menggunakan persamaan (Ismail & Al-Askalany, 2014):

$$\alpha = \frac{V}{\Delta T} \tag{4}$$

kepadatan arus termal diberikan oleh persamaan berikut, di mana  $\pi$  dan  $j$  adalah koefisien Peltier, dan kepadatan arus listrik (Lachish, 2017).

$$q = k j \quad (5)$$

Tegangan listrik dimana  $I$  merupakan kuat arus listrik dan  $R$  yaitu hambatan listrik dapat didefinisikan dengan (Heri Kiswanto, 2006):

$$V = I \times R \quad (6)$$

Arus listrik dapat diukur dalam satuan coulomb/second ( $Cs^{-1}$ ) atau ampere (A), sedangkan muatan listrik diukur dalam satuan coulomb. Jika arus listrik konstan, maka besar arus ( $I$ ) dalam satuan Ampere,  $Q$

merupakan muatan listrik dan  $t$  adalah waktu dapat dinyatakan dalam persamaan berikut (Rifanti et al., 2019):

$$I = Q / t \quad (7)$$

Daya listrik adalah besarnya energi yang diserap atau dibangkitkan dalam suatu rangkaian, dimana  $P$  merupakan daya listrik,  $V$  adalah tegangan listrik dan  $I$  yaitu arus yang ditulis dalam rumus (Yusuf, 2018):

$$P = V \times I \quad (8)$$

Figure of merit ( $Z$ ) adalah kuantitas tanpa dimensi yang mendefinisikan dua konduktor yang berbeda, pembangkit listrik termoelektrik. Nilai  $Z$  dihitung dengan persamaan (9) di bawah ini. Material TEG bismuth telurida ( $Bi_2Te_3$ ) memiliki nilai resistivitas listrik ( $\rho$ ) 0,000009  $\Omega.m$ , koefisien Seebeck ( $\alpha$ ) 0.050774 (V/K), konduktivitas termal ( $k$ ) TEC adalah 0.1391 (W/mK) dan konduktivitas listrik sebesar  $1,1 \times 10^5$  S/m (Jovanovic et al., 2012) (Mainil et al., 2018):

$$Z = \frac{\alpha^2}{\rho k} \quad (9)$$

Efisiensi untuk pembangkitan atau keluaran daya listrik dibagi oleh daya termal efisiensi secara keseluruhan ( $\eta$ ) dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini (Simatupang, 2009):

$$\eta = \frac{P}{Qh} \quad (10)$$

Perhitungan efisiensi dapat juga menggunakan persamaan berikut dimana  $V$  merupakan tegangan dengan satuan volt,  $I$  adalah arus dengan satuan ampere,  $\alpha$  yaitu efek Seebeck,  $T_h$  adalah temperatur sisi panas dan  $T_c$  temperatur sisi dingin,  $R$  merupakan resistansi listrik dan

K yaitu konduktansi termal (Lee, 2010).

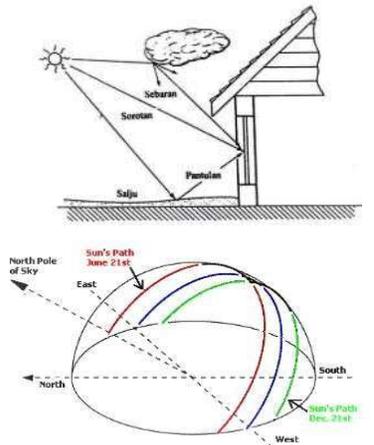
$$\eta_t = \frac{V I}{\alpha Th I - 2 I R + K (Th - Tc)} \quad (10a)$$

Untuk menentukan resistansi listrik (R) menggunakan persamaan dibawah ini dengan  $\rho$  adalah resistivitas listrik, L merupakan tebal material dan A adalah luas alas (Lee, 2010):

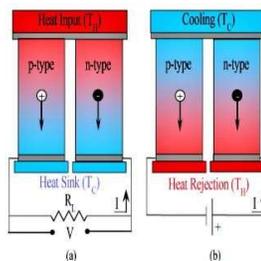
$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (11)$$

Untuk menentukan konduktansi termal (K) menggunakan persamaan dibawah ini dengan (k) merupakan konduktivitas termal, A adalah luas alas dan L merupakan tebal material (Lee, 2010):

$$K = k \cdot \frac{A}{L} \quad (12)$$

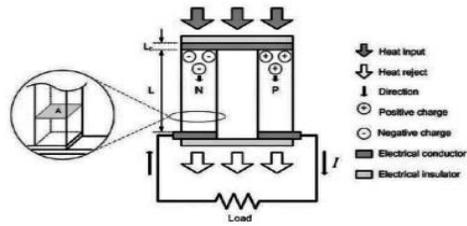


Gambar 2- 2. Lintasan tahunan matahari sumber: (Rifan et al., 2012)



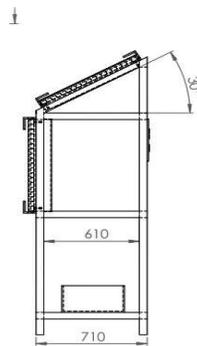
Gambar 2 - 3. Pengaturan modul termoelektrik untuk (a) pembangkit listrik oleh efek Seebeck dan (b) pendinginan oleh efek Peltier.

Sumber: (Rifky & Gaos, 2019).



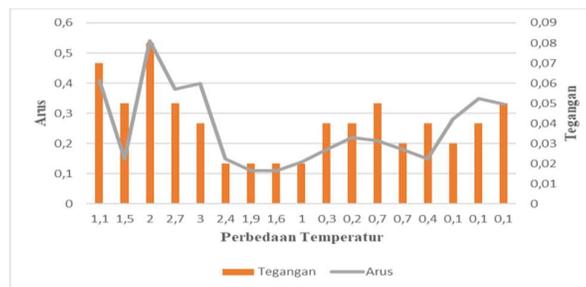
Gambar 2 – 4. Skema kinerja generator termoelektrik.

Sumber:(R. I. Mainil & Andrapica, 2020)

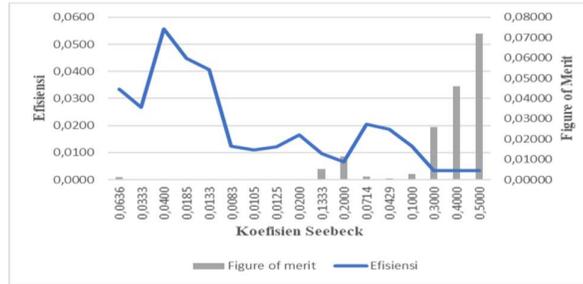


Gambar 2-5. Desain alat simulasi penelitian

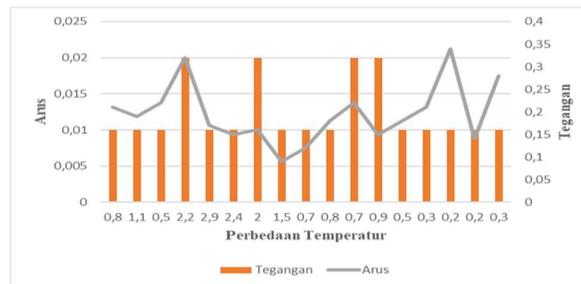
Sumber:pribadi



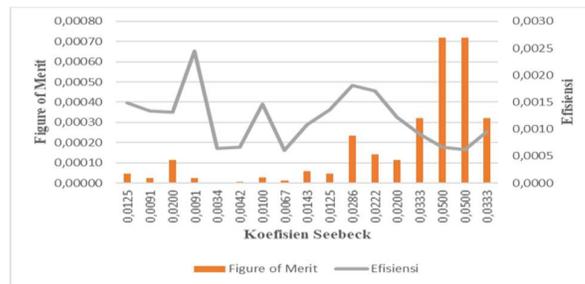
Gambar 2-7 Pengaruh perbedaan temperatur terhadap tegangan dan arus pada rangkaian seri



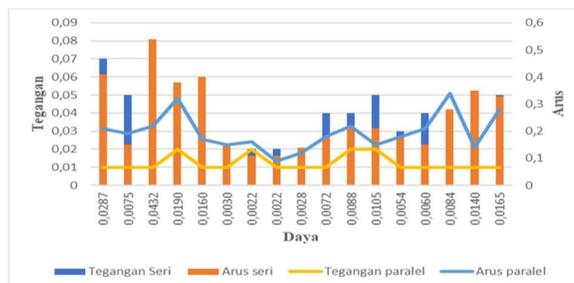
Gambar 2-8 Pengaruh koefisien Seebeck terhadap figure of merit dan efisiensi pada rangkaian seri



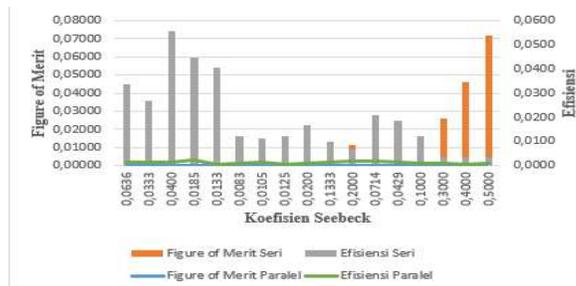
Gambar 4-4 Pengaruh perbedaan temperatur terhadap tegangan dan arus pada rangkaian paralel



Gambar 4-5 Pengaruh koefisien Seebeck terhadap figure of merit dan efisiensi pada rangkaian paralel



Gambar 4-6 Pengukuran terhadap temperatur, tegangan dan arus pada rangkaian seri dan paralel



Gambar 4-7 Pengukuran terhadap figure of merit, koefisien Seebeck, dan efisiensi pada rangkaian seri dan paralel

## KESIMPULAN DAN SARAN

Simulasi sistem pembangkit listrik tenaga surya dilakukan dinding gedung universitas bina Bangsa. Luas atap seluruh gedung kampus Surabaya adalah 12.280 m<sup>2</sup>. Masing-masing bangunan memiliki atap menghadap timur laut, tenggara, barat daya, dan barat laut pada empat sisinya, dengan luas total 3219 m<sup>2</sup> (26%), 2731 m<sup>2</sup> (22%) dan 3409 m<sup>2</sup> (29%). . %) dan 2.821 m<sup>2</sup> (23%). Kapasitas panel terpasang sekitar 2030 kWp atau 2,03 MWp, dan produksi energi bulanan antara 248 dan 362 mWh. Perhitungan harga satuan listrik menunjukkan bahwa tata surya berpotensi menghasilkan listrik dengan harga yang mampu bersaing dengan sumber listrik lainnya, terutama dengan kemajuan teknologi.

## DAFTAR REFERENSI

- Benatiallah, A. et al., 2007. A simulation model for sizing PV installations. *Desalination*, 209(1), pp.97–101.
- Bergamasco, L. & Asinari, P., 2011. Scalable methodology for the photovoltaic solar energy potential assessment based on available roof surface area: Application to Piedmont Region (Italy). *Solar Energy*, 85(5), pp.1041–1055.
- Kandpal T.C. and Garg H.P., 2003. *Financial evaluation of renewable energy technologies*,
- Ko, L. et al., 2015. Evaluation of the development potential of rooftop solar photovoltaic in Taiwan. *Renewable Energy*, 76, pp.582–595.
- Kuchler, S., 2013. *Solar Energy Assesment Based on Weather Station Data for Direct Site Monitoring in Indonesia*. Dalarna University.
- Marcel S. & Tomáš C., 2012. New Web-Based Service Offering Solar Radiation Data and PV Simulation Tools for Europe, North Africa and Middle East. In *Eurosun*.

- Ordóñez, J. et al., 2010. Analysis of the photovoltaic solar energy capacity of residential rooftops in Andalusia (Spain). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(7), pp.2122–2130.
- Orioli, A. & Di Gangi, A., 2014. Review of the energy and economic parameters involved in the effectiveness of grid-connected PV systems installed in multi-storey buildings. *Applied Energy*, 113, pp.955–969. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.08.014>.
- Redweik, P., Catita, C. & Brito, M., 2013. Solar energy potential on roofs and facades in an urban landscape. *Solar Energy*, 97, pp.332–341. SolarGis, SolarGis PVPlanner. Available at: <http://solargis.info/pvplanner> [Accessed June 20, 2006].
- Tarigan, E., Djuwari & Kartikasari, F.D., 2015. Techno-economic Simulation of a Grid-connected PV System Design as Specifically Applied to Residential in Surabaya, Indonesia. *Energy Procedia*, 65, pp.90–99.
- Vardimon, R., 2011. Assessment of the potential for distributed photovoltaic electricity production in Israel. *Renewable Energy*, 36(2), pp.591–594.
- Wiginton, L.K., Nguyen, H.T. & Pearce, J.M., 2010. Quantifying rooftop solar photovoltaic potential for regional renewable energy policy. *Computers, Environment and Urban Systems*, 34(4), pp.345–357.