

UJI KOMPARATIF LAPANGAN JANGKA PENDEK PRODUKSI ENERGI SOLAR PHOTOVOLTAIC JENIS MONOCRYSTALLINE DAN POLYCRYSTALLINE PADA IKLIM TROPIS

Tsabitul Khair*, **Iswadi Hasyim Rosma****

*Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, Riau
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: tsabitul.kh@gmail.com

ABSTRACT

Monocrystalline and polycrystalline are most widely used solar panels in Indonesia. This article discusses the energy production of both types with different tilted angles. The study was conducted by using 20 Wp solar panel. The tilted angles that examined in this research were 0, 15, 30 and 45 degree, respectively. The location of research was chosen at Faculty of Engineering building at Universitas Riau, Indonesia since it reflects the tropical weather condition. It has been found that monocrystalline produced higher energy compare with polycrystalline. The 0 and 15 degrees tilted angles gave the highest energy production of solar photovoltaic compare with the rest of tilted angles.

Keyword: Monocrystalline, Polycrystalline, Solar Photovoltaic , Tilted Angle, Weather

PENDAHULUAN

SPV merupakan salah satu sumber energi baru dan terbarukan (EBT) yang dikembangkan sejak beberapa tahun belakangan ini di berbagai negara maju maupun negara berkembang. Penggunaan SPV ini tidak hanya pada lingkup kecil tetapi sudah banyak digunakan untuk keperluan industri sehingga energi matahari dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif. Posisi geografis Indonesia yang membentang daerah garis khatulistiwa sangat sesuai untuk memanfaatkan SPV. Dengan penerimaan sinar matahari sepanjang tahun merata dapat dipastikan bahwa SPV akan bekerja secara maksimal. Kota Pekanbaru di Propinsi Riau terletak pada koordinat 101014'-101034' bujur timur dan 0025'-0045' lintang utara menyebabkan ia menjadi salah satu kota di Indonesia yang berada tepat di bawah garis khatulistiwa.

Untuk menghasilkan energi pada SPV dipengaruhi oleh keadaan tertentu seperti cuaca yang berubah ubah dan ataupun banyaknya cahaya matahari yang jatuh ke bumi (Krzysztof, Wiktor, Henryk, & Wojciech, 2016). Dalam proses penggunaan SPV, hampir tidak mungkin untuk mencapai parameter listrik yang identik dan

sempurna (karakteristik I-V). Akibatnya, sistem SPV yang lebih besar tidak mampu mencapai daya nominal. Ketidaksiuaian dalam kondisi operasi (iradiasi dan suhu) dari SPV telah dianalisis oleh banyak penelitian.

Beberapa penelitian telah menganalisis ketidaksiuaian dalam karakteristik I-V dari modul SPV untuk menentukan rugi daya yang sesuai dalam array. Sampai saat ini efisiensi SPV maksimum yang dapat dicapai adalah 40% (Temaneh-Nyah & Mukwekwe, 2015) dan ini lebih dipengaruhi oleh kenyataan bahwa kondisi operasi mempengaruhi SPV output sistem dengan suhu operasi optimal 25°C. Operasi Suhu dan kelembaban relatif merupakan parameter penting yang berkaitan efisiensi konversi energi dari modul SPV.

Karena ketidak sesuaian antara karakteristik I-V yang ada pada area pemasangan SPV, perlu dilakukan analisis untuk mengetahui energi yang dihasilkan SPV pada suatu daerah agar dapat memenuhi kebutuhan beban yang akan disuplai nantinya. Searah dengan penjelasan tersebut, pada penelitian ini dilakukan analisa pengaruh produksi energi SPV pada berbagai kondisi cuaca di Kota Pekanbaru untuk keperluan data perencanaan dan pengembangan sistem kelistrikan berbasis EBT

di Kota Pekanbaru. Ruang lingkup utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis produksi energi SPV pada titik daya maksimum (MPP) di bawah karakteristik I-V dikombinasikan PV modul dan kondisi operasi ketidaksesuaian.

1. Energi Matahari

Matahari adalah bidang materi gas yang sangat panas dengan diameter $1,39 \times 10^9$ m dan berjarak sekitar $1,5 \times 10^{11}$ m dari bumi (Shakya, 2016). Matahari yang berjarak sekitar $1,5 \times 10^{11}$ m dari bumi mempunyai diameter $1,39 \times 10^9$ m dan terdiri atas materi-materi gas yang sangat panas dengan suhu permukaan yang mencapai sekitar 5.672 K. Pada bagian inti selalu terjadi reaksi fusi yang menghasilkan energi pada temperatur yang sangat tinggi. Energi ini harus dilepaskan ke permukaan dan kemudian diradiasikan ke materi disekitarnya termasuk bumi.

Besarnya energi radiasi matahari persatuan waktu yang diterima permukaan persatuan luas tegak lurus terhadap arah rambatan radiasi matahari pada jarak rata-rata bumi-matahari di luar atmosfer dinamakan konstanta matahari (G_{sc}) yang besarnya adalah 1.353 W/m². Nilai ini merupakan batas atas teoritis dari ketersediaan energi matahari di bumi (Mecherikunnel & Richmond, 1980).

2. Temperatur Udara dan Kelembaban Relatif

Temperatur udara meliputi dua aspek yaitu derajat dan insolasi yang sampai ke permukaan bumi dimana salah satu hal yang mempengaruhi insolasi adalah ketinggian suatu lokasi dari permukaan laut. Semakin tinggi kedudukan suatu tempat maka temperatur udara di tempat tersebut akan semakin rendah, begitu juga sebaliknya semakin rendah kedudukan suatu tempat, maka temperatur udara akan semakin tinggi. Untuk setiap kenaikan ketinggian 100 meter maka temperatur akan menurun sekitar 0,6 °C. Perbedaan temperatur tinggi atau rendahnya suatu daerah dinamakan derajat geometris. Secara umum temperatur udara suatu daerah juga dipengaruhi oleh sudut datang matahari, lama penyinaran matahari, ketinggian daerah, kecepatan angin, arus laut, dan iklim cuaca (Sitorus, Tulus B.; Napitupulu, Farel H.; Ambarita, 2014).

3. Solar Photovoltaic

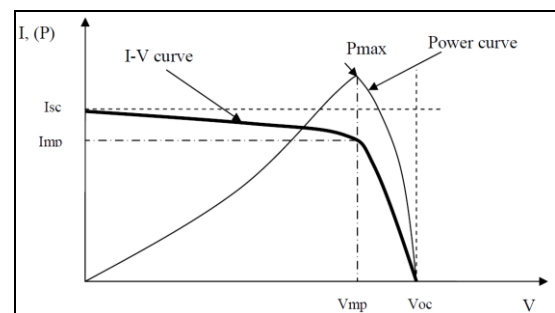
Sel surya adalah perangkat yang mengubah energi matahari secara langsung menjadi energi listrik. Bnetuk paling umum dari sel surya didasarkan oleh efek *potovoltaic* (PV) dimana cahaya yang jatuh pada dua lapis bahan pada

permukaan semikonduktor yang menghasilkan tegangan foton yang menghasilkan perbedaan potensial antara lapisan. Tegangan ini mampu menghasilkan arus pada sirkuit eksternal.

Agar mendapatkan nilai maksimum maka ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pengoperasian panel surya. Faktor-faktor tersebut diuraikan sebagai berikut (Hakim, Elektro, & Malang, 2017):

1. Temperatur udara
2. Radiasi matahari
3. Kecepatan angin bertiup
4. Keadaan atmosfer bumi
5. Orientasi panel surya
6. Posisi letak sel surya (larik) terhadap matahari

Representasi grafis (karakteristik) dari hubungan antara arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sel surya adalah bentuk standar yang mewakili keluaran sel. Representasi grafis ini disebut kurva tegangan dengan arus (kurva I-V). Kurva I-V pada gambar dibawah mewakili cuplikan dari semua kombinasi potensial arus dan tegangan yang mungkin terjadi dari sel surya di bawah kondisi lingkungan tertentu seperti radiasi, massa udara dan temperatur sekitarnya.



Gambar 1. Kurva I-V Sel Surya (Shakya, 2016)

Parameter utama yang digunakan dalam kurva diatas adalah:

1. Arus hubung singkat (I_{sc})
2. Tegangan open sirkuit (V_{oc})
3. Daya maksimum (P_{max})
4. Arus saat daya maksimum (I_{mp})
5. Tegangan saat daya maksimum (V_{mp})
6. Fill Factor (FF) atau faktor pengisian
7. Total Efisiensi Area

4. Jenis – Jenis Sel Surya

Solar cell memiliki jenis yang berbeda tergantung dari bahan yang dipakai, ada kira-kira tiga jenis yang cukup banyak terdapat di pasaran saat ini. Bahan yang dipakai *solar cell*

membedakan kualitas dari *solar cell* yaitu kualitas tegangan dan arus.

Material terpenting dalam sel surya *crystalline* yaitu silikon. Setelah oksigen, silikon adalah elemen terbanyak kedua di bumi, sehingga tersedia dalam jumlah yang hampir tak terbatas. Silikon tersedia tidak dalam bentuk murni, tapi alam bentuk senyawa kimia dengan oksigen dalam bentuk kuarsa atau pasir. Berdasarkan bahan silikon untuk pembetulan SPV dibagi dua yaitu:

1. *Monocrystalline*
2. *Polycrystalline*

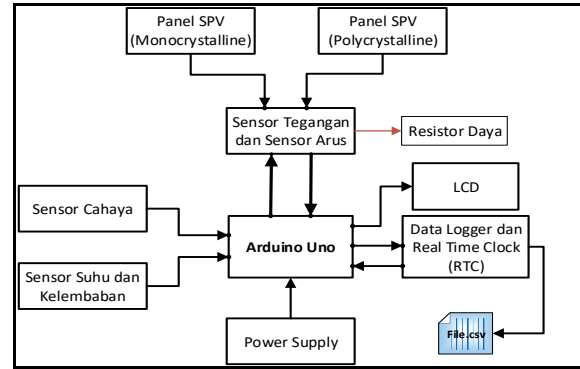
Pada aplikasinya untuk menghasilkan energi yang maksimal pada SPV maka ada beberapa parameter yang menjadi faktor yaitu :

1. Pengaruh Posisi SPV Terhadap Pergerakan Arah Matahari
2. Pengaruh Radiasi Matahari Terhadap Panel SPV
3. Pengaruh Temperatur pada Panel SPV

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dimulai dengan dilakukannya studi kepustakaan dengan memahami teori-teori yang berkaitan dengan topik. Langkah berikutnya yaitu melakukan perancangan dan pembuatan alat untuk automasi pengukuran parameter penelitian. Selanjutnya dilakukan pengujian dan kalibrasi komponen keseluruhan agar hasil ukur mendekati alat sebenarnya. Setelah sistem pengukur teruji melalui tahap kalibrasi berdasarkan perbandingan dengan alat ukur sebenarnya, maka langkah selanjutnya dilakukan pengukuran parameter SPV dan parameter cuaca pada kemiringan SPV di sudut 0°, 15°, 30°, 45°. Masing-masing sudut akan diukur selama 7 hari, yaitu dari tanggal 02 Oktober-30 Oktober 2017.

Blok diagram sistem automasi pengukuran parameter SPV yang juga dilengkapi dengan pengukuran data kondisi cuaca (intensitas radiasi matahari, suhu, kelembaban relatif) dapat dilihat pada gambar 4. Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa pengukuran daya dilakukan dengan membebani SPV dengan resistor daya pada nilai resistansi yang sesuai, dalam penelitian ini menggunakan 3 buah resistor 47 Ω yang dirangkai paralel.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Pengukuran

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukannya pengukuran selama empat minggu, dimana setiap sudut diukur selama tujuh hari, maka didapatkan hasil dan dilakukan pembahasan mengenai hasil pengukuran tersebut.

Karena pengukuran parameter pada penelitian ini dilakukan dengan memfilter data dengan periode 10 deik menjadi priode 5 menit, maka perhitungan energi menjadi :

$$W_n = 0,5 \times (P_{n+1} + P_n) \times \frac{5}{60}$$

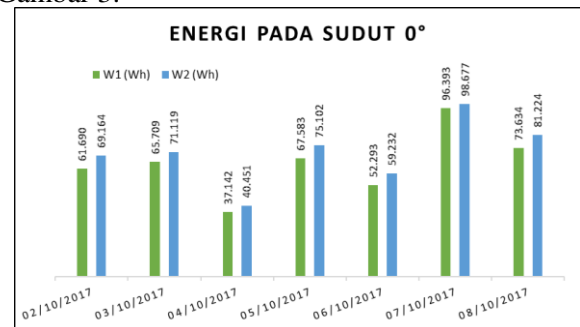
Dimana :

- W_n = Jumlah energi ke-n (Wh)
- P_{n+1} = Daya ke n+1 (Watt)
- P_n = Energi ke-n (Watt)

Dari data perhitungan diatas maka didapatkan parameter energi yang dihasilkan oleh SPV setiap 5 menit. Hasil pengukuran energi ini dilakukan penjumlahan sehingga menghasilkan total energi pada satu hari.

1. Pengukuran Pada Sudut Kemiringan 0°

Telah didapatkan data hasil pengukuran energi dari masing-masing SPV selama tujuh hari pada sudut 0 derajat yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Energi Yang Dihasilkan Panel SPV Pada Sudut Kemiringan 0°

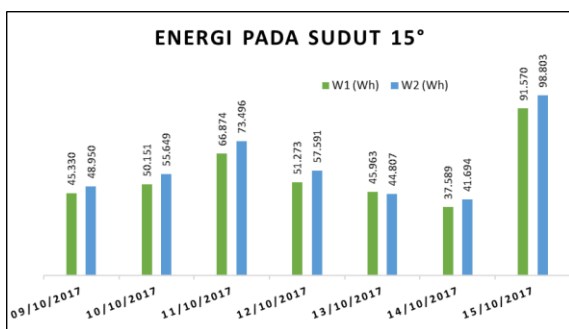
Berdasarkan Gambar 3 ditunjukkan bahwa energi tertinggi yang dihasilkan oleh masing-masing SPV adalah pada hari ke-6 dimana pada hari tersebut kondisi parameter lingkungan (intensitas cahaya, suhu dan kelembaban relatif) cukup baik dibandingkan hari lainnya. Persentasi perbedaan energi antara kedua SPV tersebut didapatkan bahwa SPV jenis *monocrystalline* menghasilkan energi 2,37 % lebih besar dari jenis *polycrystalline*.

Grafik yang terlihat pada Gambar 3 juga menunjukkan bahwa energi terendah diperoleh pada pengukuran hari ke-3 dimana pada hari tersebut memiliki kondisi lingkungan yang kurang baik. Persentasi perbedaan energi antara kedua SPV tersebut didapatkan bahwa SPV jenis *monocrystalline* menghasilkan energi 8,91 % lebih besar dari jenis *polycrystalline*.

Perbedaan yang sangat signifikan antara kedua jenis SPV adalah pada hari ke-5 dimana SPV jenis *monocrystalline* menghasilkan energi 13,27 % lebih besar dari jenis *polycrystalline*.

2. Pengukuran Pada Sudut Kemiringan 15°

Telah didapatkan data hasil pengukuran energi dari masing-masing SPV selama tujuh hari pada sudut 15 derajat yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Energi Yang Dihasilkan Panel SPV Pada Sudut Kemiringan 15°

Berdasarkan Gambar 4 ditunjukkan bahwa energi tertinggi yang dihasilkan oleh masing-masing SPV adalah pada hari ke-7 dimana pada hari tersebut kondisi parameter lingkungan (intensitas cahaya, suhu dan kelembaban relatif) lebih baik dibandingkan 6 hari sebelumnya. Persentasi perbedaan energi antara kedua SPV tersebut didapatkan bahwa SPV jenis *monocrystalline* menghasilkan energi 7,90 % lebih besar dari jenis *polycrystalline*.

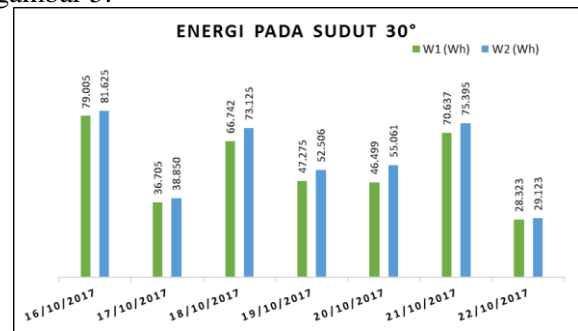
Grafik yang terlihat pada Gambar 4 juga menunjukkan bahwa energi terendah diperoleh

pada pengukuran hari ke-6 dimana pada hari tersebut memiliki kondisi lingkungan yang kurang baik dibanding hari lainnya. Persentasi perbedaan energi antara kedua SPV tersebut didapatkan bahwa SPV jenis *monocrystalline* menghasilkan energi 10,92 % lebih besar dari jenis *polycrystalline*.

Perbedaan yang sangat signifikan antara kedua jenis SPV adalah pada hari ke-4 dimana SPV jenis *monocrystalline* menghasilkan energi 12,32 % lebih besar dari jenis *polycrystalline*.

3. Pengukuran Pada Sudut Kemiringan 30°

Telah didapatkan data hasil pengukuran energi dari masing-masing SPV selama tujuh hari pada sudut 30 derajat yang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Energi Yang Dihasilkan Panel SPV Pada Sudut Kemiringan 30°

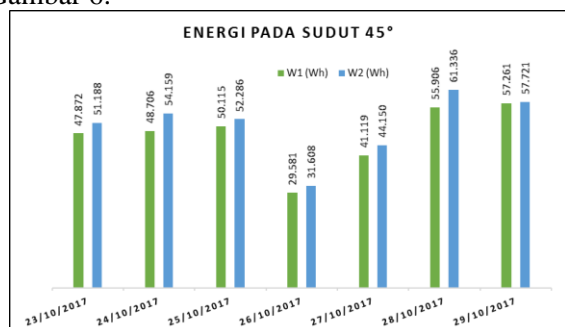
Berdasarkan Gambar 5 ditunjukkan bahwa energi tertinggi yang dihasilkan oleh masing-masing SPV adalah pada hari pertama pengukuran dimana pada hari tersebut kondisi parameter lingkungan yaitu intensitas cahaya, suhu dan kelembaban relatif cukup baik dibandingkan 6 hari setelahnya. Persentasi perbedaan energi antara kedua SPV tersebut didapatkan bahwa SPV jenis *monocrystalline* menghasilkan energi 3,32 % lebih besar dari jenis *polycrystalline*.

Grafik yang terlihat pada Gambar 5 juga menunjukkan bahwa energi terendah diperoleh pada pengukuran hari ke-7 dimana pada hari tersebut memiliki kondisi lingkungan yang kurang baik dibandingkan hari sebelumnya. Persentasi perbedaan energi antara kedua SPV tersebut didapatkan bahwa SPV jenis *monocrystalline* menghasilkan energi 2,83 % lebih besar dari jenis *polycrystalline*.

Perbedaan yang sangat signifikan antara kedua jenis SPV adalah pada hari ke-5 dimana SPV jenis *monocrystalline* menghasilkan energi 11,06 % lebih besar dari jenis *polycrystalline*.

4. Pengukuran Pada Sudut Kemiringan 45°

Telah didapatkan data hasil pengukuran energi dari masing-masing SPV selama tujuh hari pada sudut 45 derajat yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Energi Yang Dihasilkan Panel SPV Pada Sudut Kemiringan 45°

Berdasarkan Gambar 6 ditunjukkan bahwa energi tertinggi yang dihasilkan oleh masing-masing SPV adalah pada hari ke-6 dimana pada hari tersebut kondisi parameter lingkungan (intensitas cahaya, suhu dan kelembaban relatif) cukup baik dibanding pan pengukuran lainnya pada sudut yang sama. Persentasi perbedaan energi antara kedua SPV tersebut didapatkan bahwa SPV jenis *monocrystalline* menghasilkan energi 9,71 % lebih besar dari jenis *polycrystalline*.

Grafik yang terlihat pada Gambar 6 juga menunjukkan bahwa energi terendah diperoleh pada pengukuran hari ke-4 dimana pada hari tersebut memiliki kondisi lingkungan yang kurang baik pada hari lainnya. Persentasi perbedaan energi antara kedua SPV tersebut didapatkan bahwa SPV jenis *monocrystalline* menghasilkan energi 6,85 % lebih besar dari jenis *polycrystalline*.

Perbedaan yang sangat signifikan antara kedua jenis SPV adalah pada hari ke-5 dimana SPV jenis *monocrystalline* menghasilkan energi 11,19 % lebih besar dari jenis *polycrystalline*.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengukuran dan proses analisa mengenai perbandingan energi yang dihasilkan oleh SPV jenis *monocrystalline* dan *polycrystalline*, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Rata-rata energi tertinggi yang dihasilkan oleh masing-masing SPV terdapat pada sudut pengukuran 0 derajat.
2. Saat pengukuran cuaca yang cukup baik, masing-masing SPV hanya memiliki perbedaan yang cukup kecil.

3. Pengaruh perbedaan energi yang dihasilkan masing-masing SPV tidak hanya dipengaruhi oleh sudut kemiringan, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan saat pengukuran.
4. Telah didapatkan bahwa penggunaan SPV jenis *monocrystalline* lebih baik dibandingkan jenis *polycrystalline* walaupun dipengaruhi oleh sudut kemiringan dan kondisi cuaca yang berbeda..

DAFTAR PUSTAKA

- Hakim, M. F., Elektro, J. T., & Malang, P. N. (2017). Perancangan Rooftop Off Grid Solar Panel Pada Rumah Tinggal, 8 (1), 1–11.
- Krzysztof, P., Wiktor, H., Henryk, N., & Wojciech, K. (2016). An influence of selected conditions on the production of energy in photovoltaic panels based on correlation coefficients. *Institute of Technology, Pedagogical University of Cracow*, 401–406.
- Mecherikunnel, A., & Richmond, J. (1980). Spectral distribution of solar radiation. *NASA STI/Recon Technical ...*, (September). <https://doi.org/10.1002/qj.49710444112>
- Shakya, D. K. S. E. S. R. (2016). *Training Manual for Engineers on Solar PV System*. (M. ; C. P. C. Ghimire, Ed.). Kathmandu, Nepal. <https://doi.org/10.13140/2.1.3156.9607>
- Sitorus, Tulus B.; Napitupulu, Farel H.; Ambarita, H. (2014). Korelasi Temperatur Udara dan Intensitas Radiasi Matahari adap Performansi Mesin Pendingin Siklus Adsorpsi Tenaga Matahari. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cylinder*, 8–17.
- Temaneh-Nyah, C., & Mukwekwe, L. (2015). An Investigation on the Effect of Operating Temperature on Power Output of the Photovoltaic System at University of Namibia Faculty of Engineering and I.T Campus. *Department of Electronics and Computer Engineering, University of Namibia*, 22–29.