

ANALISIS PENGARUH KONDISI CUACA PADA EFISIENSI SEL SURYA MONOCRYSTALLINE, POLYCRYSTALLINE DAN THIN FILM

Ojak Abdul Rozak¹, Marfin², Irvan³, Jan Setiawan⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pamulang
^{1,2,3,4}Jl. Raya Puspipetek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

¹ojak.ardinarosultan@gmail.com

²dosen00929@unpam.ac.id

³irvanalfatih10@gmail.com

⁴jansetiawan.lecturer@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 20-11-2022
revisi : 03-12-2022
diterima : 26-01-2023
dipublish : 31-01-2023

ABSTRAK

Dengan bertambahnya kebutuhan listrik di Indonesia untuk keperluan sehari-hari, dengan tidak diimbangnya dengan pembangunan pembangkit listrik. Banyak penelitain yang dilakukan untuk mencari alternatif sumber listrik lainnya, diantaranya menggunakan panel surya. Tujuan utama peneliti melakukan analisa ini yaitu (1) untuk mengetahui kemampuan daya yang dihasilkan dari panel surya jenis *monocrystalline*, *polycrystalline* dan *Thin Film*, (2) memantau secara *real time* menggunakan sensor arus, tegangan dan intensitas cahaya dalam kondisi cuaca cerah dan berawan. Proses awal tahapan analisa ini dimulai dengan mengamati kondisi cuaca di Indonesia yang beriklim tropis. Desain rangkaian dibuat secara fleksibel dan monitoring akusisi data antara solar cell, sensor, arduino dilakukan secara *real time* menggunakan labView. Hasil yang didapat *panel surya monocrystalline* lebih efektif untuk digunakan.

Kata kunci: Cuaca; Sel Surya; Sensor; Arduino; LabView.

ABSTRACT

ANALYSIS OF WHEATER EFFECT TO MONOCRYSTALLINE, POLYCRYSTALLINE AND THIN FILM SOLAR CELL. *With the increasing need for electricity in Indonesia for daily needs, it is not balanced with the construction of power plants. Many researches have been carried out to find other alternative sources of electricity, including using Solar Cells. The main objectives of the researchers doing this analysis are (1) to determine the power capacity generated from the Monocrystalline, Polycrystalline and Thin Film Solar cell types, (2) real time monitoring using current, voltage and light intensity sensors in sunny and cloudy weather conditions. The initial process of the development stage of this analysis project begins by observing the weather conditions in tropical Indonesia. The design of the project series is made flexibly and monitoring of data acquisition between solar cell, sensor, Arduino is done in real time using LabView. The results obtained by monocrystalline solar cells are more effective to use in this project.*

Keywords: Weather; Solar cell; Sensor; Arduino; LabView.

PENDAHULUAN

Seperti yang telah diketahui bersama bahwa *solar cell* (sel surya) adalah alat untuk merubah energi matahari menjadi energi listrik. Adapun kinerja dari sel surya sangat bergantung terhadap kondisi cuaca dan area sekitar. Misalnya, kondisi atmosfer bumi, *ambient* air temperatur, radiasi matahari, kecepatan angin, larik sel surya, posisi letak sel surya terhadap matahari (Fachri, Sara, & Away, 2015). Pemanfaatan energi terbarukan sel surya semakin dioptimalkan, salah satunya program pemerintah yang memanfaatkan sel surya untuk penerangan jalan dan rambu-rambu lalu lintas.

Dikalangan masyarakat luas penggunaan energi sel surya semakin berkembang, adapun penempatannya diatap-atap rumah yang mudah menerima radiasi matahari secara maksimal. Pada umumnya atap rumah di Indonesia menggunakan asbes, genteng, *spandex*, genteng metal dll. Atap rumah juga apabila terkena radiasi matahari akan menghasilkan panas pada area sekitarnya.

Sel surya yang umum digunakan yaitu jenis *monocrystalline*, *polycrystalline* dan *thin film*. Sel surya akan bekerja optimal pada temperatur 25°C , apabila ada kenaikan temperatur sel surya sampai 10°C menjadi 30°C maka power output akan berkurang sebesar 0.4% (Idoko, Anaya-Lara & McDonald, 2018).

Sebelumnya sudah dilakukan penelitian oleh Premalata L dari university Chennai India dan Rahim N.A dari university of Malaysia tentang perbandingan 3 tipe solar *monocrystalline*, *polycrystalline* dan *thin film* dengan keadaan cuaca cerah dan berawan terhadap daya output yang dihasilkan. (Premalatha & Rahim, 2017).

Untuk memenuhi keperluan dalam proses analisa, penulis akan menggunakan konsep akusisi data yang berbeda dengan hasil analisa sebelumnya, yaitu dengan pengukuran langsung sel surya terhadap beban yang akan dihubungkan dengan sistem arduino untuk mengakusisi data dan akan tampil di *software* LabView untuk sistem monitoringnya. Dengan menggunakan type sel surya yaitu *monocrystalline*, *polycrystalline* kapasitas 20 WP dan *thin film* dengan kapasitas 18 WP.

TEORI

Perubahan Cuaca

Kondisi cuaca dapat didefinisikan pada keadaan atmosfer pada suatu tempat dalam kurun waktu tertentu. Oleh sebab itu, cuaca merupakan kombinasi atmosfer dalam jangka waktu yang singkat.

Cuaca terbentuk dari gabungan unsur cuaca yaitu suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara, kecepatan angin, arah angin, awan dan curah hujan. Iklim di Indonesia memiliki ciri suhu udara yang tinggi dan curah hujan yang tinggi. Jika terjadi perubahan dari unsur cuaca maka akan mempengaruhi cuaca, hal ini dinamakan perubahan cuaca. (Retnawati, Ihwan & Ishak, 2013; Miftahudin, 2016)

Cuaca Cerah

Cuaca cerah adalah cuaca yang menunjukkan langit dalam kondisi terang, sinar matahari memancar terang tetapi tidak begitu terasa panas. Pada saat cuaca cerah jumlah awan yang menutupi langit kurang dari separuh hingga separuh bagian langit dan tidak terjadi hujan. Saat siang hari awan terlihat putih bersih dan saat sore hari menjelang matahari terbenam, matahari akan terlihat merah atau kuning cerah. (Yuliananda, Sarya & Hastijanti, 2015)

Modul Sel Surya

Modul sel surya adalah sekumpulan modul yang saling dihubungkan secara seri, parallel, atau kombinasi keduanya untuk memperoleh nilai arus, tegangan, dan daya tertentu. Jumlah modul yang dihubungkan seri ditentukan oleh nilai tegangan yang dibutuhkan, sedangkan untuk menentukan nilai arus dilakukan pemasangan parallel (Batterycity, 2018). Kombinasi Sel surya dihubungkan secara seri untuk menentukan nilai tegangan lalu dihubungkan secara parallel untuk menentukan nilai arus, dengan perhitungan perhitungan secara berikut: (Rosa, Nugroho & Budiono, 2016)

$$J_s = \frac{V_{INV}}{V_{MF}} \quad (1)$$

Keterangan:

JS : jumlah seri modul PV

VINV : tegangan masukan inverter (Volt)

VMF : tegangan maksimum modul (Volt)

Sehingga tegangan modul sel surya (V_{GPV}) adalah:

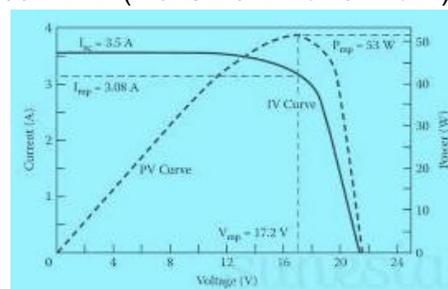
$$V_{GPV} = J_s \cdot V_{MF} \quad (2)$$

Karakteristik Sel Surya

Sel surya menghasilkan arus, dan arus ini beragam tergantung pada tegangan sel surya. karakteristik tegangan-arus biasanya menunjukkan hubungan tersebut. Ketika tegangan sel surya sama dengan nol atau digambarkan sebagai “sel surya hubung pendek”, “arus rangkaian pendek” atau I_{sc} (*short circuit current*), yang sebanding dengan irradiansi terhadap sel surya dapat diukur. Nilai I_{sc} naik dengan meningkatnya temperatur, meskipun temperatur setandar yang tercatat untuk arus rangkaian pendek adalah 25°C. jika arus sel surya sama dengan nol sel surya tersebut digambarkan dengan “rangkaiannya terbuka”, V_{oc} (*open current voltage*). Ketergantungan V_{oc}

terhadap irradiansi bersifat logaritmis, dan penurunan yang lebih cepat disertai peningkatan temperatur melebihi kecepatan kenaikan I_{sc} . Oleh karena itu, daya maksimum sel surya dan efisiensi sel surya menurun dengan peningkatan temperatur dari 25°C mengakibatkan penurunan daya sekitar 10%.

Sel surya menghasilkan daya maksimum pada tegangan tertentu. Gambar 1 menunjukkan tegangan dan arus dan karakteristik tegangan-daya. Gambaran ini juga menunjukkan dengan jelas bahwa kurva daya memiliki titik daya maksimum yang disebut MPP (*Maximum Power Point*).



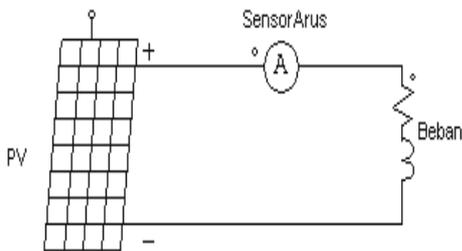
Gambar 1. Grafik Karakteristik Sel Surya Untuk Arus Terhadap Tegangan dan Daya Terhadap Tegangan (Quashcning, 2004)

Persamaan Rumus Sensor

Persamaan Rumus Sensor Arus

Sensor arus adalah perangkat yang mendeteksi arus listrik AC atau DC di kawat, dan menghasilkan sinyal sebanding dengan itu. Sinyal yang dihasilkan bisa tegangan analog atau arus atau bahkan digital. Sensor ini memerlukan suplai daya sebesar 5V. untuk membaca nilai tengah (nol ampere) tegangan sensor diset pada 2,5V yaitu setengah kali tegangan sumber daya $V_{CC} = 5V$. Pada polaritas negatif pembacaan -5A terjadi pada tegangan 0,5V. Tingkat perubahan tegangan berkorelasi linear terhadap besar arus sebesar 400mV/A. Hasil pembacaan sensor arus perlu disesuaikan kembali dengan pembacaan nilai arus sebenarnya yang

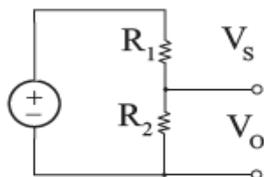
dihasilkan oleh panel surya. Modul ACS712 memiliki sensitifitas tegangan sebesar 66-185 mV/A. Sama halnya dengan sensor tegangan, sensor arus memiliki jangkauan pembacaan mulai dari 0 (pada input 0V input) sampai 1023 pada input 5V dengan resolusi sebesar 0,0049V. (Pratama & Ali, 2019; Hidayat dkk, 2017)



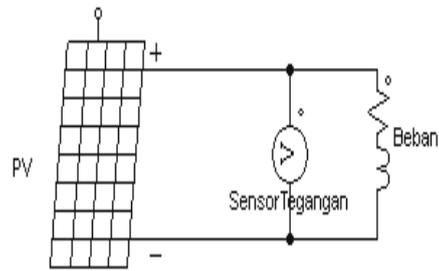
Gambar 2. Persamaan Rangkaian Sensor Arus

Persamaan Rumus Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah sebuah sensor yang dapat mengukur tegangan AC atau DC dalam bentuk angka diskrit. Tegangan analog input maksimum mikrokontroler yaitu 5 volt, sehingga modul tegangan dapat diberi masukan tidak melebihi 5 x 5 volt atau sebesar 25 volt. Modul sensor tegangan akan dipasang secara paralel terhadap beban panel surya. Pada dasarnya pembacaan sensor hanya dirubah dalam bentuk bilangan 0 sampai 1023. Maka resolusi pembacaan modul surya adalah sebesar 0,00489 V dari (5V/1023), tegangan input dari modul ini harus lebih dari 0,00489 V x 5 = 0, 02445 V. (Pratama & Ali, 2019; Luminous, 2018)



Gambar 3. Rangkaian sensor tegangan



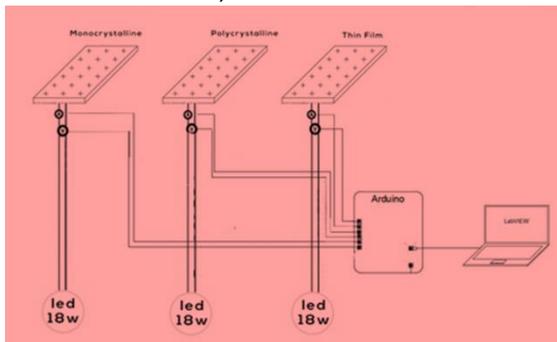
Gambar 4. Persamaan rangkaian sensor tegangan

Akuisisi Data

Sistem Akuisisi data dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan dan menyiapkan data, hingga memprosesnya untuk menghasilkan data yang dikehendaki. Jenis serta metode yang dipilih pada umumnya bertujuan untuk menyerderhanakan setiap langkah yang dilaksanakan pada keseluruhan proses. Suatu sistem akuisisi data pada umumnya dibentuk sedemikian rupa sehingga sistem tersebut berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan dan menyiapkan data dalam bentuk yang siap untuk diproses lebih lanjut.

Pada mulanya proses pengolahan data lebih banyak dilakukan secara manual oleh manusia, sehingga pada saat itu perubahan besaran fisis dibuat ke besaran yang langsung bisa diamati panca indra manusia. Selanjutnya dengan kemampuan teknologi pada bidang electrical besaran fisis yang diukur sebagai data dikonversikan ke bentuk sinyal listrik, data kemudian ditampilkan ke dalam bentuk simpangan jarum, pendaraan cahaya pada layar monitor, rekorder xy dan lain-lain. Sistem akuisisi data berkembang pesat sejalan dengan kemajuan bidang teknologi digital dan komputer. Kini, akuisisi data mengkonversikan besaran fisis sumber data ke bentuk sinyal digital dan diolah oleh suatu komputer. Pengolahan data pengontrolan proses oleh komputer memungkinkan penerapan akuisisi data

dengan software. Software memberikan harapan proses akuisisi data bisa divariasikan dengan mudah sesuai kebutuhan dalam suatu penelitian atau lainnya (Sunarno, 2006; Mandarani, 2014).



Gambar 5. Persamaan Sistem Akuisisi Data

Kalibrasi

Dewan Standarisasi Nasional (DNS/1990) mendefinisikan bahwa kalibrasi yaitu kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional penunjukan instrumen ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkannya terhadap standar ukurannya yang ditelusuri (*traceable*) ke setandar nasional atau internasional. Definisi lain dari kalibrasi menurut Permenkes No. 363 tahun 1998 yaitu kegiatan penerapan untuk menentukan kebenaran nilai penunjukana alat ukur dan data bahan ukur dan sedangkan pengujian yaitu keseluruhan tindakan yang meliputi pemeriksaan fisik dan pengukuran untuk membandingkan alat ukur dengan standart untuk satuan ukuran sesuai guna menetapkan sifat ukurannya atau menentukan besaran atau kesalahan pengukuran.

Sesuai pengertian diatas maka sebelum melakukan pengukuran dan pengujian suatu sistem maka perlu dipastikan kondisi alat ukur apakah sudah setandar, sehingga hasil yang didapat akurat dan bisa dipertanggungjawabkan. Faktor penyebab perlunya alat ukur untuk dikalibrasi yaitu

karena factor bahan kimia, peralatan, pemakaian, kondisi pengukuran dan lainnya.

METODOLOGI

Pengambilan data dilakukan selama 7 hari, masing-masing pada kondisi cuaca cerah dan berawan, untuk ketiga tipe sel surya dengan akuisisi data menggunakan sensor arus dan tegangan yang akan dibaca oleh arduino dan ditampilkan secara *real time* menggunakan LabView.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah semua alat, bahan dan sistem prototipe untuk monitoring daya output 3 tipe sel surya jenis *monocrystalline*, *polycrystalline* dan *thin film* sudah siap, maka akan dilakukan pegujian. Dalam proses pengujian akan dilengkapi dengan multimeter dan tang amper untuk memastikan alat prototipe berjalan dengan baik dan didapat hasil analisa yang akurat.

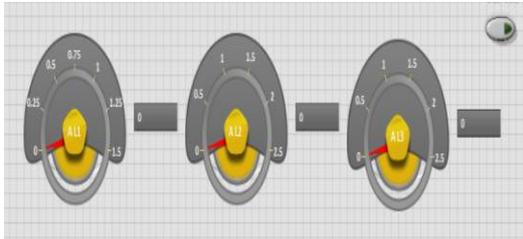
Pengujian

Dalam tahapan penelitian ini yang akan dilakukan adalah membandingkan daya output dari ketiga tipe sel surya yaitu *monocrystalline*, *polycrystalline* dan *thin film* dalam kurun waktu pengambilan data yang bersamaan dengan kondisi cuaca cerah dan berawan. Hasil pengujian untuk mengetahui tipe sel surya yang paling efektif digunakan saat kondisi cuaca cerah maupun saat kondisi cuaca berawan.

Pengujian Sensor Arus DC

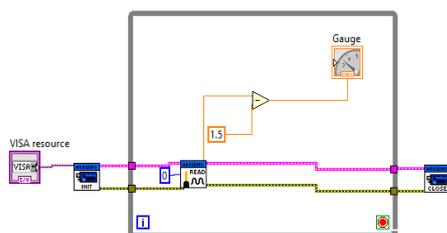
Dalam sistem analisa monitoring kinerja sel surya ini sebelum melakukan pengukuran terlebih dahulu melakukan pemrograman labView, kalibrasi dan pengambilan sample pengukuran untuk dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan amper meter (Munir, 2002;

Sumathi & Surekha, 2007; Mandarani, 2014).



Gambar 5. Front Panel Sensor Arus

Seperti pada Gambar 5 merupakan tampilan *front panel* untuk sensor arus dalam layar monitor labView. Sensor arus yang digunakan berjumlah 3 unit sesuai dengan sel surya yang dipergunakan. Dari sisi kiri merupakan sensor arus untuk *monocrystalline*, sedangkan yang bagian tengah adalah sensor arus untuk *polycrystalline* dan yang paling kanan adalah sensor arus untuk *thin film*. Pada proses pengukurannya jarum merah di dalam metering akan bergerak sesuai arus yang dihasilkan, dan untuk mempermudah dalam pembacaan alat ukur tersebut, tampilan angka saat pengukuran akan terlihat di dalam kotak sisi kanan masing-masing metering.



Gambar 6. Diagram Blok Sensor Arus

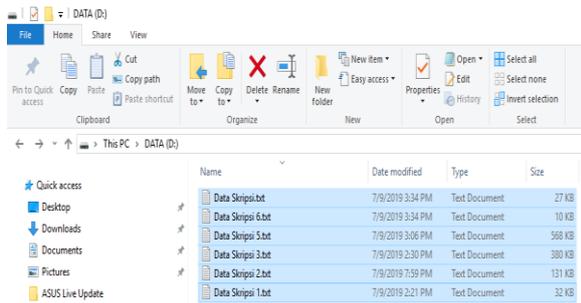
Seperti tampak pada Gambar 6, merupakan tampilan program dari sensor arus di dalam block diagram labView. Dalam pemrograman sensor arus tersebut, terdapat *visa resource* fungsinya untuk serial komunikasi antara *software* labView dengan mikrokontroler arduino, setelah dari *visa resource* serial komunikasi berikutnya yaitu

arduino INIT yang berfungsi untuk membuka pemrograman awal dalam serial komunikasi labView. Di dalam bagian arduino INIT ini terdapat 2 pin keluaran yang berwarna pink garis-garis untuk daya input arduino dan warna kuning garis-garis untuk data masukan apabila terjadi *error*. Dua pin tersebut akan di hubungkan secara paralel ke analog *read* pin dan akan berakhir di arduino *close*.

Pengambilan Data Pengukuran

Analisa monitoring kinerja sel surya dengan sistem akuisisi data menggunakan arduino dan sistem monitoring dengan labView ini telah dirancang untuk penyimpanan data akan tersimpan otomatis saat proses *download* dilakukan. Penyimpanan data disimpan di menu *this PC* di dalam laptop atau komputer yang dipergunakan lalu ke menu *devices data D*, adapun untuk format penyimpanan data menggunakan *type of file text document (.txt)* dikarenakan untuk tipe *xlsx* terjadi *error* pada sistem. Dalam proses penyimpanan data tidak harus disimpan di menu *devices data D*, semisal bisa disimpan di menu *my document* atau *download*. Salah satu pertimbangan penyimpanan data dilakukan di menu *devices* adalah apabila terjadi kerusakan pada laptop atau komputer yang digunakan data masih bisa diambil di memori eksternal.

Dalam proses *download* data, untuk menghindari penumpukan data pada file pengukuran yang sama, maka dilakukan penyimpanan data menggunakan menu *save as*, dan diberi nama data skripsi 1 sampai data skripsi 6 yang berarti data skripsi hari pertama sampai data skripsi hari ke 2 dan selanjutnya. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7. Hasil Penyimpanan Data Pada Laptop

Pengujian Sel surya *Monocrstaline*, *Polycrystalline* dan *Thin Film* Cuaca Cerah

Dalam pengujian dan pengambilan data arus dan tegangan untuk sel surya type *monocrstaline*, *polycrystalline* dan *thin film* saat kondisi cuaca cerah ini bertujuan untuk melihat karakteristik terhadap intensitas cahaya yang didapatkan. Pengukuran dilakukan menggunakan sensor arus dan tegangan arduino. Sebelum melakukan pengukuran *real* terlebih dahulu melakukan kalibrasi dengan alat ukur manual yaitu ampermeter dan multimeter, untuk memastikan sensor arus dan tegangan dalam kondisi baik (Hiscocks, 2011).

Pengukuran dilakukan dalam kurun waktu 5 hari dari jam 10 pagi sampai jam 15 sore. Hal ini dilakukan karena pada jam 10 siang sampai 15 sore adalah waktu ideal untuk sel surya bekerja secara optimal dan selain itu area pengambilan data baru mendapatkan cahaya matahari langsung. Pengukuran sendiri dilakukan di *roof top* gedung lantai 8 daerah Jakarta Pusat.

Untuk hasil daya output 3 sel surya dalam keadaan cuaca cerah dan berawan dapat dilihat pada Gambar 8.

Seperti terlihat pada hasil pengukuran daya sel surya saat kondisi cuaca cerah dan berawan. Saat cuaca cerah *polycrystalline* menghasilkan daya lebih baik dibandingkan dengan *monocrystalline* dan *thin film*, daya

yang didapat *polycrystalline* untuk keseluruhan pengukuran yaitu 221.78 watt sedangkan untuk *monocrystalline* daya yang dihasilkan dalam sehari yaitu 165,21 W dan untuk *thin film* sedikit di bawahnya sebesar 159,19 W. Besaran daya yang didapat oleh sel surya *thin film* dipengaruhi oleh merek dan kapasitas sel surya yang ada dipasaran.

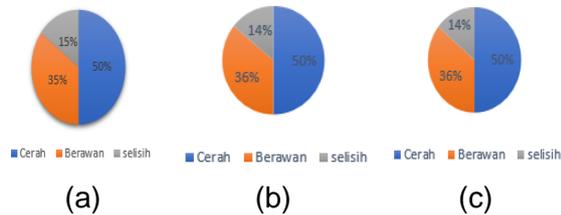


Gambar 8. Hasil pengukuran daya cerah dan berawan

Hasil yang didapat saat kondisi cuaca berawan tidak jauh berbeda dengan saat kondisi cerah. *Polycrystalline* lebih unggul dari sel surya yang lain, daya yang didapat dari keseluruhan pengukuran dalam 1 hari yaitu 159,23 W. Untuk *monocrystalline* lebih unggul sedikit dibandingkan sel surya *thin film* nilai yang di dapat yaitu 116,46 W untuk *monocrystalline* dan 114,04 W untuk *thin film*. Besaran daya yang didapat oleh sel surya *thin film* dipengaruhi oleh merek dan kapasitas sel surya yang ada dipasaran.

Sedangkan untuk besarnya penurunan daya saat kondisi cuaca dan berawan *polycrystalline* lebih banyak selisihnya dibandingkan dengan yang lain, yaitu sebesar 62,55 W selisih yang di dapat saat kondisi cuaca cerah dengan berawan. selanjutnya *monocrystalline* selisih yang di dapat sebesar 48,76 W dan *thin film* mendapatkan penurunan selisih daya yang paling sedikit yaitu sebesar 45,15 W.

Untuk mempermudah proses analisa maka dibuat juga grafik lingkaran untuk setiap masing-masing sel surya seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik perbandingan daya sel surya (a) *monocrystalline*, (b) *polycrystalline* dan (c) *thin film*.

Dari grafik lingkaran yang didapat dalam bentuk persentase untuk 3 tipe sel surya. Persentase yang di dapat untuk membandingkan 3 komponen antara 2 kondisi cuaca dan selisihnya.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengamatan pada sel surya *monocrystalline*, *polycrystalline* dan *thin film* pada kondisi cuaca cerah dan berawan, terlihat perbedaan efisiensi konversi dari ketiga tipe sel surya tersebut. yang didapat. diperoleh daya yang dihasilkan saat kondisi cuaca cerah sebesar 50% untuk setiap sel surya. Untuk kondisi berawan nilai yang di dapat untuk *polycrystalline* dan *thin film* sebesar 36 % dengan selisih 14%. Sedangkan untuk *monocrystalline* saat kondisi cuaca berawan sebesar 35 persen dengan selisih yang di dapat lebih besar 1 % dibandingkan dengan yang lainnya yaitu sebesar 15%, hal ini menunjukkan saat kondisi cuaca berawan *monocrystalline* terjadi penurunan daya apabila dibandingkan pada saat kondisi cuaca cerah.

DAFTAR PUSTAKA

BatteryCity, "BatteryCity.co.id," 2015. [Online]. Availabel: <http://batteryCity.co.id/product/inverter-tbe-200w-dc-to-ac/>. [Accessed 15 November 2018].

- Fachri, M.R., Sara, I.D., & Away, Y. (2015). Pemantauan parameter panel surya berbasis arduino secara real time. *Jurnal Rekayasa Elektrika* 11(4).
- Hidayat, R., Zuraidah, Fadil, J., Firdaus, M., Mursalin, M., Ridwan, M. & Rizki, M. (2017). Modul Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Aplikasi beban Rendah (600W). *Jurnal Intekna*, 17(1), pp.29-36.
- Hiscocks, P.D. (2011). *Measuring Light*. Ryerson University.
- Idoko, L., Anaya-Lara, O. & McDonald, A. (2018). Enhancing PV Modules Efficiency and Power Output Using Multi-Concept Cooling Technique. *Energy Reports* 4. pp357-369.
- Luminous, "Luminous," Luminous Indonesia, 2018. [Online]. Available:<https://luminous.co.id/product/t/2/8>. [Accessed 15 November 2018].
- Mandarani, P. (2014). Perancangan dan Implementasi User Interface Berbasis Web Untuk Monitoring Suhu, Kelembaban dan Asap Pada Ruang Berbeda Dengan Memanfaatkan Jaringan Local Area Network. *Jurnal TEKNOIF* 2(2), pp. 37-42.
- Miftahudin.(2016). Analisis Unsur-unsur Cuaca dan Iklim Melalui Uji Mann-Kendall Multivariat. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 13(1), pp 26-38.
- Munir, R. (2002). *Alogaritma dan Pemograman dalam bahasa pascal dan C*. Informatika Bandung.
- Pratama, R. & Ali, M. (2019). Pengembangan Sistem Akuisi Data Arus, Tegangan, Daya dan Temperatur Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Jurnal Edukasi Elektro* 3(2). pp. 55-62.
- Premalatha, L. & Rahim, N.A. (2017). The Effect of Dynamic Weather Conditions on Three Types of PV Cell Technologies-a Comparative Analysis. *Energy Procedia* 117. pp 275-282.
- Retnawati, Ihwan, A. & Ishak M. J.(2013). Estimasi Keadaan Cuaca Di Kota Pontianak Menggunakan Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

- Alogaritma Hopfield. *Jurnal Positron*, 3(2), pp. 43-46. Rosa, A.R., Nugroho, G., & Budiono, C. (2016). Analisa Performansi dan Monitoring Solar Photovoltaic System (SPS) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Tuban Jawa Timur. *Jurnal Teknik POMITS*.
- Sumathi, S. & Surekha, P. (2007). *LabView Based Advanced Instrumentation System*. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag.
- Sunarno.(2006), *Mekanikal Elektrikal Lanjutan*. Sinar Grafika. 2006.
- Yuliananda, S., Sarya G., & Hastijanti, R.A.R. (2015). Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya. *JPM17: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(2).