

Analisa Pengujian Produk Solar Cell Berbasis Standar Nasional Indonesia (SNI)

Alimuddin¹, Alifia Mariatul Qibtiah¹ Rocky Alfan^z, Muhammad Iman Santoso, Ria Arafiyah²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

²Program Studi Ilmu Komputer, MIPA Universitas Negeri Jakarta

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 1 Mei 2023

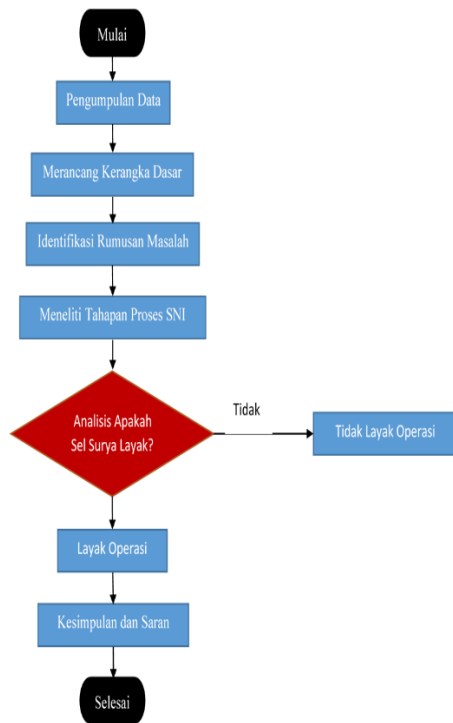
Direvisi : 28 Juni 2023

Disetujui : 29 Juni 2023

doi: 10.36055/setrum.v11i2.20600

*Korespondensi Penulis : alimuddin@untirta.ac.id

Graphical abstract



Abstract

The research objective is to understand the testing stages of the Indonesian national standardization process on local solar cell products circulating and installed in Indonesia, both imported and local. The solar module is the main component of a solar power plant which has a very important role for its function as a converter of solar energy (the sun) into electrical energy. Solar modules in Indonesia have special standards set by the Indonesian Standardization Agency (BSN). The solar power plant itself is one of the new renewable energy sources (EBT) that produces electricity from the stages of the photovoltaic effect system. Solar power plants can be utilized by people who need electrical energy, but are constrained by the unavailability of electrical energy from PLN, such as people in 3T areas (outermost, underdeveloped, remote) that have not received electricity from PLN.

Keywords: Indonesian National Standardization, Solar Module, Solar Cell

Abstrak

Tujuan Penelitian adalah untuk memahami pengujian tahapan dari proses standarisasi nasional Indonesia pada produk solar cell lokal yang beredar dan terpasang di Indonesia baik impor maupun lokal. Modul surya merupakan komponen utama dari pembangkit listrik tenaga surya yang memiliki peran sangat penting untuk fungsinya adalah sebagai pengubah energi surya (matahari) menjadi energi listrik. Modul surya yang berada di Indonesia memiliki standar khusus yang ditetapkan oleh badan standarisasi Indonesia (BSN). Pembangkit listrik tenaga surya sendiri merupakan salah satu sumber energi baru terbarukan (EBT) yang menghasilkan listrik dari tahapan-tahapan efek fotovoltaiik sistem. Pembangkit listrik tenaga surya dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang memerlukan energi listrik, namun terkendala dengan ketidak tersediannya energi listrik dari PLN seperti masyarakat yang berada di wilayah 3T (terluar, tertinggal, terpinggirkan) yang belum teraliri listrik dari PLN.

Kata kunci: Standarisasi Nasional Indonesia, Modul Surya, Solar Cell

© 2023 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan energi yang sangat diperlukan bagi manusia modern. Salah satu usaha yang dilakukan oleh manusia adalah dengan memanfaatkan sumber-sumber energi terbarukan (*renewable energy*), misalnya energi matahari dikonversi menjadi energi listrik melalui sel surya (*solar cell*). Tenaga surya merupakan sumber energi yang tidak terbatas dan tidak akan pernah habis ketersediannya serta energi ini juga dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif yang dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan modul surya [1]. *Solar cell* sebagai sumber energi listrik alternatif dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang memerlukan energi listrik, namun terkendala dengan ketidak tersediannya energi listrik dari

PLN seperti masyarakat yang berada di wilayah 3T (terluar, tertinggal, terpencil) yang belum teraliri listrik dari PLN. Pemakaian *solar cell* sebagai pembangkit energi listrik bisa dikatakan tidak menghasilkan polusi, baik polusi udara maupun polusi terhadap lingkungan sekitar apalagi bahan bakunya mudah diperoleh dan melimpah di bumi ini terutama di Indonesia. Di Indonesia yang terletak di daerah tropis ini sebenarnya memiliki suatu keuntungan cukup besar yaitu menerima sinar matahari yang berkesinambungan sepanjang tahun. Oleh karena itu penerapan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk memanfaatkan potensi energi surya yang tersedia dilokasi-lokasi tertentu merupakan solusi yang tepat.

Pemanfaatan tenaga surya melalui sistem fotovoltaik sudah berlangsung lama dan banyak digunakan untuk berbagai keperluan. Di Indonesia pengembangannya sudah dilakukan pada tahun 1980-an, BPPT bekerjasama dengan kementerian Riset dan Teknologi Republik Federasi Jerman telah melaksanakan program pengkajian dan pengembangan serta pemanfaatan teknologi surya untuk keperluan energi listrik. Selain sumber energinya (matahari) yang sangat melimpah sehingga pemanfaatannya tak terbatas, modul surya relatif lebih mudah dipasang dan dipelihara, ramah lingkungan, tahan lama, dan tidak menimbulkan radiasi elektromagnetik yang berbahaya bagi kesehatan.

Oleh karena hal itu penerapan standar kualitas modul surya guna keselamatan, keamanan dan perlindungan terhadap pengguna modul surya sangat diperlukan. Dengan diterapkannya hal tersebut diharapkan modul surya baik impor maupun lokal yang beredar dan terpasang di Indonesia memiliki kualitas yang baik dan terdapat pihak yang bertanggung jawab untuk menjamin kualitas modul surya tersebut. Modul surya yang sesuai dengan standar kualitas juga diharapkan dapat digunakan untuk pengoperasian jangka panjang dalam ruang terbuka dengan kondisi yang telah ditentukan. Perkiraan daya tahan modul tergantung pada desain, lingkungan, dan kondisi tempat modul dioperasikan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Selama melaksanakan kegiatan magang kampus merdeka saya tidak hanya melakukan kegiatan di lapangan saja, akan tetapi sambil mencari data-data yang dibutuhkan dalam penyusunan laporan magang ini. Proses ini terbagi menjadi beberapa tahap yang dilakukan berdasarkan urutan dalam melakukan penelitian:

a) Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer ialah melakukan pengumpulan data wawancara. Wawancara yang dilakukan ialah berupa pertanyaan lisan kepada dosen pembimbing lapangan yang berwenang dan bersangkutan untuk mengungkapkan hal-hal yang saya bahas.

b) Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder, ialah melakukan pengumpulan data dengan sumber dari buku-buku, jurnal, dan literatur lainnya yang berhubungan dengan topik yang sedang dibahas.

c) Metode Deskriptif

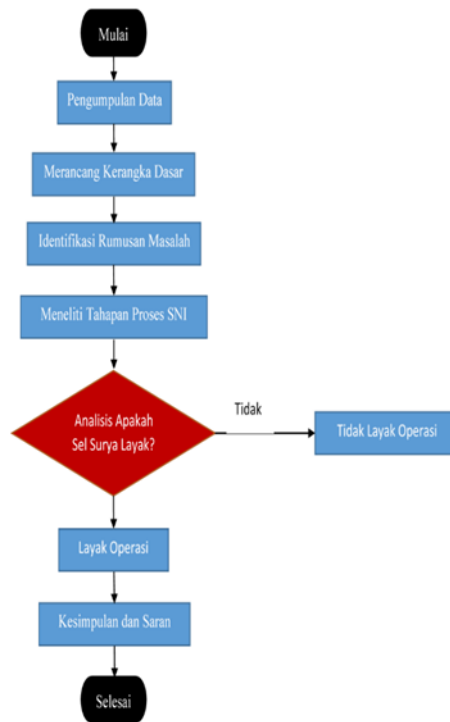
Metode deskriptif ialah dengan menggambarkan keadaan yang sebenarnya sesuai dengan kenyataan aktifitas di lokasi kegiatan magang dan sesuai dengan fakta-fakta yang tampak.

d) Metode Observasi

Metode observasi yaitu dengan cara observasi data melalui pengamatan langsung pada objek kemudian mencatat hal-hal yang didapatkan yang berkaitan dengan topik yang dibahas.

2.2 Diagram Alir Penelitian

Secara sederhana proses penelitian tahapan proses standar nasional indonesia pada produk *solar cell* dapat dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 1



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

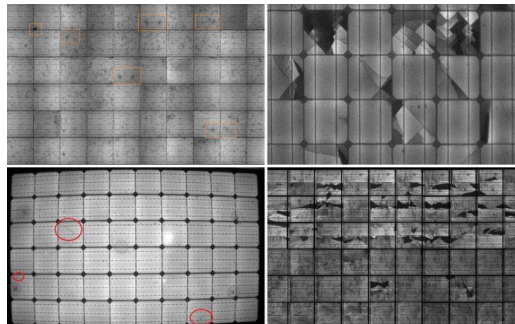
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Contoh Pengujian SNI Modul Surya

Pengujian solar cell dilakukan untuk menentukan karakteristik listrik dan termal modul surya yang sesuai dengan standar kualitas juga diharapkan dapat digunakan untuk pengoperasian jangka panjang dalam ruang terbuka. Pemilihan dan penentuan jenis solar cell berdasarkan pada pertimbangan nilai efisiensi solar cell, yang akan menentukan besar daya yang dihasilkan tiap selnya dengan pertimbangan harga [2]. Untuk memastikan karakteristik listrik dan termal modul surya maka perlu dilakukan pengujian seperti yang telah dijelaskan sebelumnya mengenai proses tahapan proses uji SNI. Berikut ini adalah tahapan uji SNI yang dilakukan pada modul surya.

3.1.1 Pemeriksaan Visual

Pemeriksaan visual pada modul surya dilakukan dengan sangat hati-hati di bawah iluminasi tidak kurang dari 1000 lux untuk mengamati kondisi visual dari modul surya dan memastikan modul surya tersebut tidak terdapat cacat berat visual yang dapat mengakibatkan risiko hilangnya kualitas, termasuk daya output. Berikut ini adalah contoh cacat berat visual yang dapat terjadi pada modul surya setelah dilakukan pemeriksaan visual.

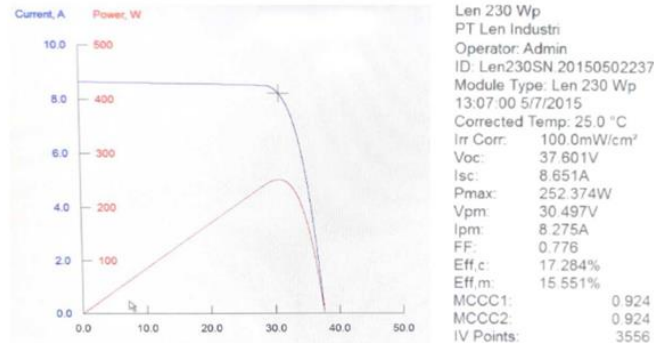


Gambar 2. Contoh Cacat Berat Visual Pada Modul Surya

3.1.2 Penentuan Daya Maksimal

Penentuan daya maksimal pada modul surya dilakukan pada radiasi dan kondisi temperatur tertentu dengan kisaran yang disarankan ialah temperatur cell antara 25°C dan 50°C dan irradians antara

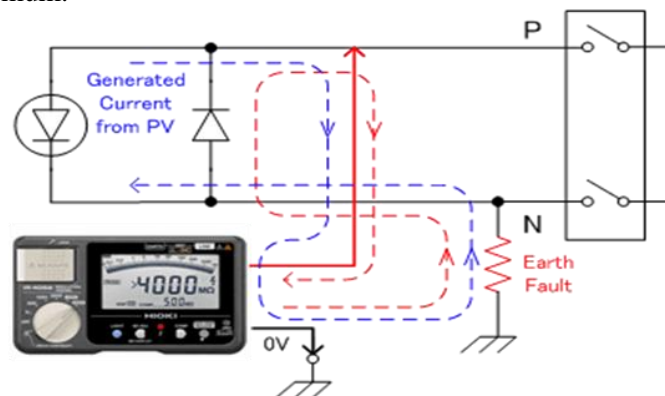
700 W/m² dan 1100 W/m². Penentuan daya maksimal pada modul surya dilakukan menggunakan metode pengujian indoor, dengan fasilitas pengujian "SPIRE" sebagai sun simulator "SPIRE", yang akan menghasilkan pembacaan parameter pengukuran pada kurva I-V, terlihat pada Gambar 3 sampai 4. Dari hasil pengukuran dengan menggunakan sun simulator yang tertampilkan pada Gambar 3 sampai 4, didapatkan nilai parameter dari sampel terukur, nilai I_{mp} berkisar antara 8,275 A hingga 8,294 A dan nilai I_{sc} berkisar antara 8,640 A hingga 8,651 A. Nilai terukur ini akan dijadikan nilai parameter hasil pengujian modul surya tersebut [3].



Gambar 3. Hasil Pengujian Sampel-1

3.1.3 Uji Insulasi

Pengujian tahanan isolasi diperlukan untuk memastikan keamanan listrik dengan menunjukkan hasil isolasi yang cukup antara komponen penghantar listrik (konduktor) dengan rangka panel PV, atau antara modul PV dengan lingkungan sekitar [4]. Metode yang dilakukan yaitu tanpa menghubungkan singkatkan elektroda. Dengan metode ini, dapat meminimalisir resiko sengatan listrik, tetapi sebaliknya, hasil pengujian yang dilakukan menjadi tidak akurat jika menggunakan pengujian tahanan isolasi yang umum.



Gambar 4. Pengujian Tahanan Isolasi

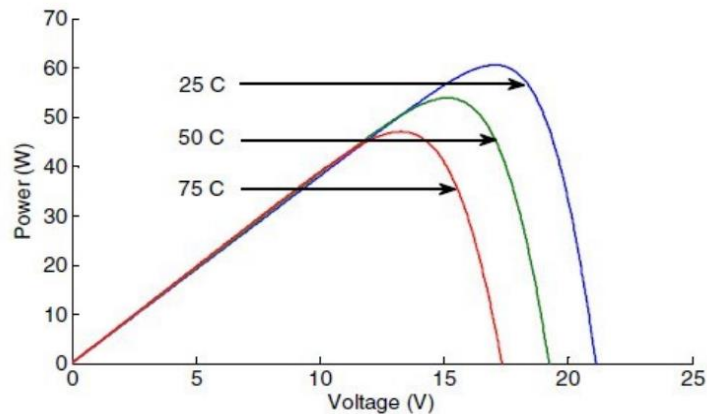
Gambar 5 memperlihatkan pengujian tahanan isolasi tanpa menghubungkan singkatkan elektroda dengan menggunakan tester yang dapat mengeluarkan *output test voltage* negatif. Tahanan isolasi ini diuji antara elektroda positif dan *ground* ketika elektroda negatif dari modul surya terhubung dengan *earth fault*. Gambar dioda dalam lingkaran sebelah kiri adalah modul surya, sedangkan dioda yang tanpa lingkaran adalah *bypass diode*. Karena elektroda negatif terhubung dengan *earth fault*, ketika alat tester dihubungkan diantara elektroda positif dan *ground*, dalam hal ini *earth fault* akan terhubung dengan tester.

Selanjutnya, *closed loop* akan terjadi dan mengalirkan arus yang dihasilkan oleh modul surya, dan arus ini akan mengalir menuju alat tahanan isolasi. Karena alat uji mengeluarkan *output voltage* negatif, maka arah arus yang diukur dan arus yang dihasilkan modul surya akan sama. Alat uji akan membaca arus yang lebih tinggi karena terdapat arus tambahan yang

dihasilkan oleh modul surya dan akan menghasilkan nilai tahanan isolasi yang lebih rendah dari nilai sebenarnya. Batas insulasi terukur adalah sebesar 40 Mfi.m².

3.1.4 Pengukuran Koefisien Temperatur

Sebuah modul surya bisa beroperasi secara maksimal jika temperatur yang diterima tetap normal pada temperatur 25°C. Kecepatan angin disekitar lokasi panel surya akan sangat membantu terhadap pendinginan temperatur permukaan panel surya sehingga temperatur dapat terjaga dikisaran 25°C. Setiap kenaikan temperatur modul surya 1°C (dari 25°C) akan berkurang sekitar 0,5% pada total daya yang dihasilkan. Gambar 6 merupakan nilai parameter dari daya dan tegangan yang dipengaruhi oleh perubahan suhu [5].

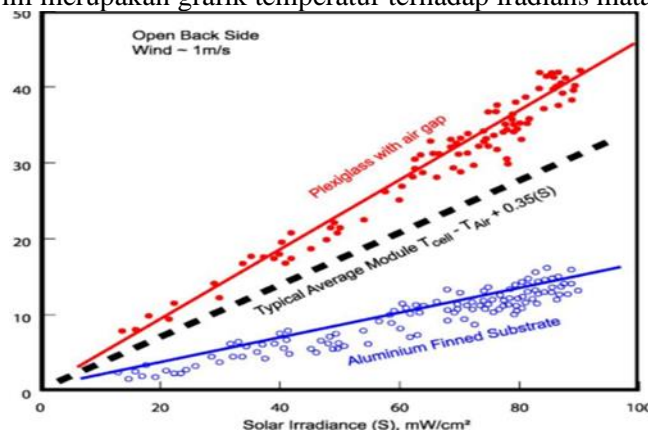


Gambar 5. Kurva P-V dipengaruhi oleh Perubahan Suhu

3.1.5 Pengukuran NMOT

Pengukuran temperatur operasi modul nominal atau yang biasa disebut dengan NMOT didefinisikan sebagai temperatur sel surya rata-rata. Daya yang dihasilkan oleh modul surya bergantung pada temperatur pada sel surya. Temperatur sel surya sangat dipengaruhi oleh temperatur lingkungan, radiasi matahari, dan kecepatan angin.

Sebuah modul PV bekerja secara maksimal untuk merubah energi surya menjadi energi matahari pada suhu 25°C dengan kapasitas produksi 1 kW/m². Namun, ketika beroperasi di lapangan, panel surya biasanya akan beroperasi pada suhu yang lebih tinggi dan pada kondisi insolation sedikit lebih rendah. Dibawah ini merupakan grafik temperatur terhadap iradians matahari [6].

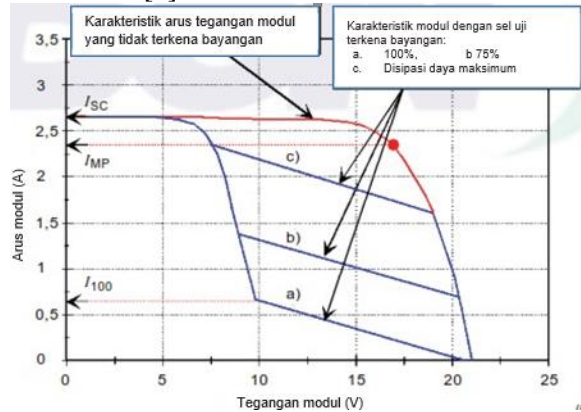


Gambar 6. Grafik Temperatur terhadap Iradians

3.1.6 Uji Ketahanan Titik Panas

Pemanasan titik panas terjadi dalam modul surya apabila arus operasinya mencapai arus hubung singkat (ISC) yang berkurang akibat bayangan, kerusakan sel ataupun grup sel gelap atau rusak. Ketika kondisi seperti itu terjadi akibatnya akan menghilangkan atau mendisipasikan daya yang dapat menyebabkan panas berlebih. Pada pengujian ini modul surya yang tidak terkena bayangan diberikan

sinar 800 W/m² sampai 1000 W/m². Sehingga dihasilkan karakteristik nilai arus dan tegangan pada sampel uji seperti gambar dibawah ini [4].



Gambar 7. Karakteristik I-V Sampel Uji

3.1.7 Uji Siklus Termal

Pengujian siklus termal dilakukan untuk mengidentifikasi kemampuan modul surya dalam menahan ketidaksesuaian dari termal, kelelahan serta tekanan lainnya yang disebabkan oleh perubahan temperatur secara berulang. Pengujian ini dilakukan dengan mensimulasikan tekanan termal pada bahan sebagai akibat dari perubahan suhu ekstrem. Pengujian ini seringkali mengakibatkan kerusakan sehingga sampel uji tidak lolos SNI.



Gambar 8. Pengujian Siklus Termal

3.1.8 Uji Kelembapan Beku

Pengujian ini dilakukan dengan mensimulasikan temperatur dan kelembapan tinggi kemudian dengan temperatur di bawah nol. Pengujian ini menggunakan ruang pengujian yang sama seperti pengujian siklus termal, yaitu ruang pengujian iklim (lingkungan) dengan kontrol temperatur dan kelembapan otomatis [7]. Temperatur maksimum dan minimum harus berada dalam $\pm 2^{\circ}\text{C}$ dari tingkat yang ditentukan dan kelembapan relatif harus terjaga dalam $\pm 5\%$ dari nilai yang ditentukan bila temperatur berada pada nilai maksimum 85°C.



Gambar 9. Pengujian Kelembapan Beku

3.2 Pengujian Modul Surya 100 WP Skala Laboratorium

Panel surya atau modul surya merupakan komponen elektronika yang bekerja dengan cara mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik [8]. Setelah melewati proses standarisasi dan layak dipasarkan secara bebas untuk dipergunakan oleh masyarakat, namplate yang terpasang pada modul surya dapat dibuktikan sesuai atau tidak dengan melakukan pengujian. Dalam proses pengujian ini bahan yang digunakan adalah modul surya dengan tipe poly-crystalline 100 WP yang akan dijadikan sebagai sistem pembangkit listrik tenaga surya. Untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh modul surya dapat dilakukan dengan menganalisis dari pengukuran intensitas cahaya, luas permukaan modul surya, voltase, dan arus listrik. Untuk mengukur daya pada modul surya dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = V \times I \tag{1}$$

Dimana :

P = Daya yang dihasilkan modul surya

V = Tegangan yang dihasilkan modul surya

I = Arus yang dihasilkan pada modul surya

Pengujian ini dilakukan selama kurang lebih 1 hari, selama 6 jam. Daya yang dihasilkan bervariasi mulai dari 10 Wp sampai dengan 100 Wp, tergantung jumlah sel yang terangkai pada satu modul dan umur teknis dari modul sel surya tersebut.

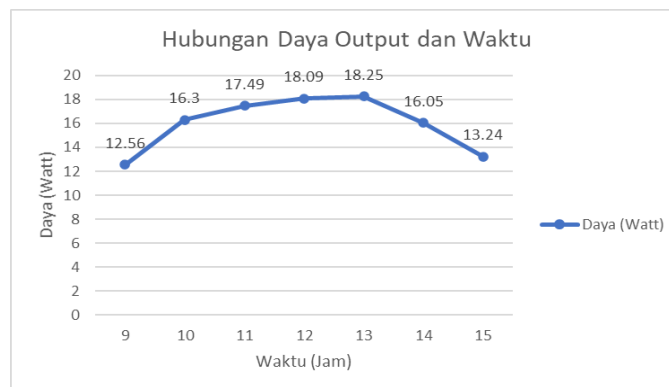
Pada pengujian solar cell 100 WP daya input modul menghasilkan daya sebesar 2461 watt dengan intensitas radiasi matahari sebesar 3237 W/m². Untuk puncak intensitas dan daya matahari ditunjukkan pada pukul 13.00 WIB dimana untuk lama waktu pengisian baterai membutuhkan waktu 2,5 jam [9].

3.2.1 Pengujian Daya

Untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh modul surya, maka dilakukan menganalisis dari pengukuran intensitas cahaya, luas permukaan modul surya, voltase, dan arus listrik. Data hasil pengukuran hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Pengamatan Modul Surya 100 WP

Waktu (Jam)	Radiasi (W/m ²)	Temperatur (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)
9.00	1045	39,1	15,77	0,79
10.00	1052	39,6	16,11	1,01
11.00	1076	40,7	16,14	1,08
12.00	1115	41,1	16,21	1,11
13.00	1143	41,4	16,3	1,12
14.00	1034	38,5	16,18	0,99
15.00	1022	38,3	16,07	0,82



Gambar 10.. Grafik Hubungan Antara Waktu dan Daya Output Pada Sudut 0°

Dari grafik yang tertera pada gambar 21 menunjukkan hubungan antara waktu dan daya output. Selama pengujian peningkatan daya ditunjukkan pada pukul 13.00 WIB dengan menghasilkan daya sebesar 18,25 Watt. Dengan teggangan 16,3 Volt dan arus listrik sebesar 1,12 Ampere.

3.3 Pengujian Modul Surya 50 WP Skala Laboratorium

Teknologi sel surya merupakan sebuah teknologi yang mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Setelah melewati proses standarisasi dan layak dipasarkan secara bebas untuk dipergunakan oleh masyarakat, namplate yang terpasang pada modul surya dapat dibuktikan sesuai atau tidak dengan melakukan pengujian. Pada pengujian kali ini dilakukan dengan menggunakan modul surya jenis poly-crystalline dengan daya keluaran maksimal 50 WP [10]. Untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh modul surya dapat dilakukan dengan menganalisis dari pengukuran intensitas cahaya, luas permukaan modul surya, voltase, dan arus listrik. Untuk mengukur daya pada modul surya dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = V \times I \tag{2}$$

Dimana :

P = Daya yang dihasilkan modul surya

V = Tegangan yang dihasilkan modul surya

I = Arus yang dihasilkan pada modul surya

Pengujian ini dilakukan selama kurang lebih 2 hari, selama 7 jam. Daya yang dihasilkan bervariasi mulai dari 10 Wp sampai dengan 50 Wp, tergantung jumlah sel yang terangkai pada satu modul dan umur teknis dari modul sel surya tersebut.

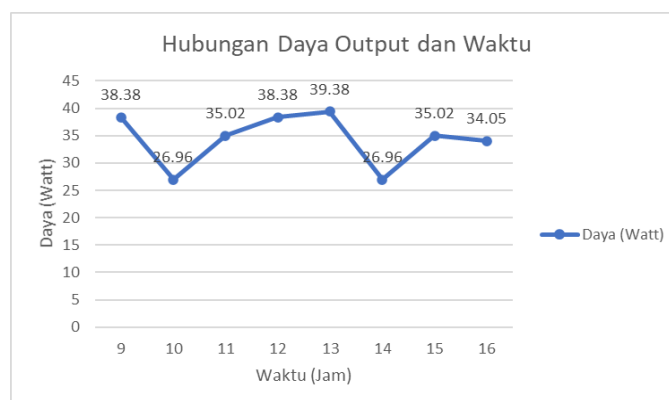
3.3.1 Pengujian Daya

Untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh modul surya, maka dilakukan menganalisis dari pengukuran intensitas cahaya, luas permukaan modul surya, voltase, dan arus listrik. Data hasil pengukuran hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Hasil Pengamatan Modul Surya 50 WP Hari Pertama

Waktu (Jam)	Radiasi (W/m ²)	Temperatur (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)
9.00	1041	44,2	19,99	1,92
10.00	1061	41,1	16,85	1,60
11.00	1175	44,1	19,14	1,83
12.00	1016	40,2	19,99	1,92
13.00	1062	45,1	19,99	1,97
14.00	1046	42,5	16,85	1,60
15.00	1032	41,7	19,14	1,83
16.00	1026	38,8	18,71	1,82

Berdasarkan data pengujian pada tabel 2 pada modul surya tipe *poly-crytalline* yang dilakukan selama 7 jam menghasilkan rata-rata radiasi matahari sebesar 1061 W/m².



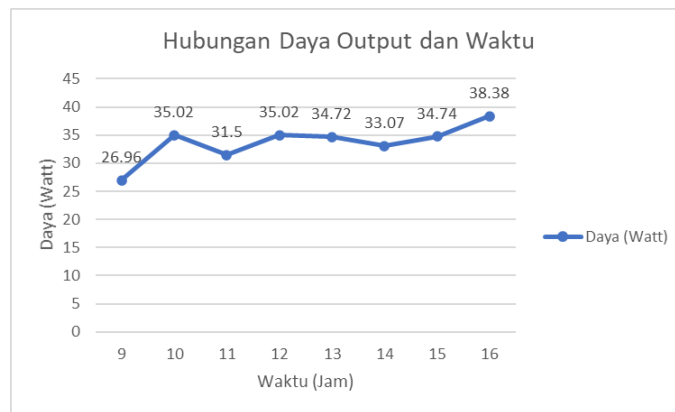
Gambar 11. Grafik Hubungan Antara Waktu dan Daya Output

Grafik yang tertera pada gambar 22 menunjukkan hubungan antara waktu dan daya output. Selama pengujian peningkatan daya ditunjukkan pada pukul 13.00 WIB dengan menghasilkan daya sebesar 39,38 Watt. Dengan teggangan 19,99 Volt dan arus listrik sebesar 1,97 Ampere.

Tabel 3. Hasil Pengamatan Modul Surya 50 WP Hari Kedua

Waktu (Jam)	Radiasi (W/m ²)	Temperatur (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)
9.00	1063	41,1	16,85	1,60
10.00	1176	44,1	19,14	1,83
11.00	1042	42,5	16,85	1,87
12.00	1034	41,7	19,14	1,83
13.00	1150	45,3	18,87	1,84
14.00	1052	43,1	17,88	1,85
15.00	1034	38,3	19,09	1,82
16.00	1062	39,1	19,99	1,92

Berdasarkan data pengujian pada tabel 3 pada modul surya tipe poly-crytalline yang dilakukan selama 7 jam menghasilkan rata-rata radiasi matahari sebesar 1075 W/m².



Gambar 12. Grafik Hubungan Antara Waktu dan Daya Output

Grafik yang tertera pada gambar 23 menunjukkan hubungan antara waktu dan daya output. Selama pengujian peningkatan daya ditunjukkan pada pukul 16.00 WIB dengan menghasilkan daya sebesar 38,38 Watt. Dengan teggangan 19,99 Volt dan arus listrik sebesar 1,92 Ampere.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

- Penerapan standar kualitas modul surya sangat diperlukan agar modul surya yang beredar dan terpasang di Indonesia memiliki kualitas yang baik dan terdapat pihak yang bertanggung jawab untuk menjamin kualitas modul surya tersebut.
- Modul surya yang sesuai dengan standar kualitas juga diharapkan dapat digunakan untuk pengoperasian jangka panjang dalam ruang terbuka dengan kondisi yang telah ditentukan.
- Tujuan dari rangkaian pengujian ini ialah untuk menentukan karakteristik listrik dan termal modul surya dan menunjukkan dengan sangat jelas batasan biaya dan waktu yang tepat modul surya mampu bertahan lama pada ruang terbuka dengan kondisi yang telah dijelaskan.
- Jika dua atau lebih modul tidak memenuhi kriteria pengujian, proyek akan dianggap tidak memenuhi persyaratan kualifikasi.

4.2 Saran

- Penjelasan tahapan proses Standar Nasional Indonesia Pada Produk Solar Cell yang lebih jelas dan mudah dimengerti.

- b) Proses Standar Nasional Indonesia Pada Produk Solar Cell ini terus dikembangkan karena jika dipandang dari segi manfaatnya cukup besar bagi banyak orang.

REFERENSI

- [1] B. H. Purwoto, J. M. Alimul and I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 18, no. 01, p. 10, 2014.
- [2] A. Sopandi, R. Sitepu and A. Joewono, "Perancangan dan Produksi Modul Surya 240 Wp untuk Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) - Independent Power Producer (IPP) di Kupang, Nusa Tenggara Timur," *Buletin Profesi Insinyu*, vol. 04, no. 01, pp. 29-37, 2021.
- [3] A. Faradilla, "Pengujian PV dan Pendukungnya," April 2021. [Online]. Available: <http://smg.b2tke.bppt.go.id/index.php/2017/04/04/pengujian-pv-dan-pendukungnya/>. [Accessed 06 April 2022].
- [4] K. P. SNI, Modul Fotovoltaik (FV) Terrestrial-Kualifikasi Desain dan Pengesahan Jenis-Bagian 2: Prosedur Uji, Jakarta: BSN, 2018.
- [5] Solarex, Indonesian Rural Electrification Project, Newsletter For Solarex's Customers, 1998, p. 1.
- [6] "Pengaruh Suhu Operasional Pada Panel Surya," 05 February 2020. [Online]. Available: <https://pjusolarpv.wordpress.com/2020/02/05/pengaruh-suhu-operasional-pada-panel-surya/amp/>. [Accessed 08 April 2022].
- [7] "Pengujian Ruang Uji Kelembapan dan Lingkungan Panas," [Online]. Available: <https://m.indonesian.alibaba.com/>. [Accessed 06 April 2022].
- [8] G. Widayana, Pemanfaatan Energi Surya, Bali: Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Kejuruan Undiksha, 2016.
- [9] H. Supto and U. S. Jati, "Analisis Perancangan dan Pengujian Alat Cuci Tangan Otomatis Berbasis Energi Surya 100 WP," *Journal Of Mechanical Engineering and Science*, vol. 02, no. 01, pp. 14-21, 2021.
- [10] P. P. T. D. Priatam, M. F. Zambak, S. and P. Harahap, "Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 04, no. 01, pp. 48-54, 2021.