

PENGARUH DESAIN TERMAL DIODA BYPASS PADA MODUL FOTOVOLTAIK

Irawati¹, Woro Agus Nurtiyanto², Rizji Yanto Dwi Putra³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang
^{1,2,3}Jl. Raya Puspitek No 46 Buaran Setu, Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

¹*dosen02831@unpam.ac.id*

²*dosen00855@unpam.ac.id*

³*risjiyanto@gmail.com*

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 03-12-2024
revisi : 10-12-2024
diterima : 20-12-2024
dipublish : 31-12-2024

ABSTRAK

Tingkat penyerapan modul fotovoltaik merupakan rasio antara radiasi total yang terserap oleh modul fotovoltaik terhadap radiasi total yang mengenai permukaan modul fotovoltaik. Sel surya mengubah energi optik matahari langsung menjadi energi listrik, itu masalah utama yang terkait dengan sel surya adalah efisiensinya yang lebih rendah. Perubahan temperatur sel-sel fotovoltaik ini diakibatkan oleh temperatur kondisi awan dan kecepatan angin di lingkungan sekitar daerah penempatan modul fotovoltaik. Beberapa parameter uji dan menjelaskan terkait dampak dan hasil pengujian, fungsi dioda bypass yang digunakan pada modul fotovoltaik dalam optimalisasi penyerapan sinar matahari yang bertujuan untuk Bagaimana mengetahui penggunaan dioda bypass yang sesuai dan Bagaimana mengetahui kesesuaian nilai termal dioda bypass pada modul fotovoltaik Dioda bypass yang sesuai untuk penggunaan modul fotovoltaik dapat ditentukan dengan melihat kesesuaian pengujian termal pada setiap jenis dioda bypass. Berdasarkan nilai suhu yang terukur pada pengujian termal dioda bypass dengan ditembakkan arus hubung singkat yang tertera pada penandaan module fotovoltaik tidak ada yang melebihi nilai batas kegagalan yaitu diatas 200°C yang tertera pada standar uji, untuk nilai temperature junction tertinggi ada pada merek ISOLAR-1 yaitu 188,1°C sedangkan nilai temperature junction terendah pada merek Fastpec 139.2°C.

Kata Kunci: Modul fotovoltaik, Dioda bypass, Junction temperature, optimalisasi,

ABSTRACT

The absorption rate of the photovoltaic module is the ratio of the total radiation absorbed by the photovoltaic module to the total radiation that hits the surface of the photovoltaic module. Solar cells convert the sun's optical energy directly into electrical energy, the main problem associated with solar cells is their lower efficiency. This change in the temperature of the photovoltaic cells is caused by the temperature of the cloud conditions and the wind speed in the environment around the placement of the photovoltaic modules. Some of the test parameters and explains the impact and test results, the function of the bypass diode used in the

photovoltaic module in optimizing the absorption of sunlight which aims to find out how to use the appropriate bypass diode and how to find out the suitability of the bypass diode thermal value in the photovoltaic module. The bypass diode suitable for the use of photovoltaic modules can be determined by looking at the suitability of the thermal test on each type of bypass diode. Based on the temperature values measured in the bypass diode thermal test by firing the short circuit current listed on the photovoltaic module marking, nothing exceeds the failure limit value, which is above 200°C listed on the test standard, for the highest junction temperature value is on the ISOLAR-1 brand namely 188.1°C while the lowest junction temperature value is at the Fastpec brand, 139.2°C.

Keywords: Photovoltaic module, Bypass diode, junction temperature, Optimalization.

PENDAHULUAN

Modul fotovoltaik mampu menyerap energi foton dari radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik. Energi panas dari radiasi matahari ikut terserap sehingga menaikkan temperatur sel-sel fotovoltaik. Faktor menyusutnya pengeluaran daya pada modul Fotovoltaik akibat debu/kotoran pada permukaan modul, rugi-rugi pengawatan, dampak bayangan yang menutupi modul, usia pakai, serta hal lain yang dapat menyebabkan daya keluaran modul fotovoltaik menyimpang dari kondisi ideal. Dioda bypass adalah salah satu komponen pada modul fotovoltaik yang mempunyai karakteristik seperti saklar. Material untuk pembuatan dioda adalah semikonduktor dimana memiliki sifat saat sedang bekerja berfungsi sebagai isolator dan dalam keadaan berbeda bisa berfungsi sebagai konduktor. Dioda bypass digunakan sebagai pengaman untuk modul fotovoltaik. Merupakan sistem tegangan arus searah dan untuk arus yang dihasilkan dari konversi modul fotovoltaik tersebut adalah daya listrik tegangan arus searah. Modul fotovoltaik sel-sel nya terbagi menjadi grup lebih dari satu, maka dari itu dipasangnya dioda bypass pada rangkaian secara parallel dengan grup sel. Grup sel merupakan sel yang terkoneksi secara seri pada satu modul fotovoltaik dimana grup sel tersebut dipasang parallel dengan dioda bypass. Apabila salah satu sel

modul fotovoltaik terhalang dan tertutup daun, pohon, atau salju. Sel tersebut tidak akan menghasilkan energi listrik dan dioda bypass akan mengambil alih menjadi aktif. Modul fotovoltaik dengan 72 sel yang terhubung secara seri dan terlindungi menggunakan tiga dioda bypass pada saat beroperasi. Selain itu, dioda bypass harus memiliki nilai puncak tegangan lebih yang terjadi secara periodik yang mencukupi, ini diperlukan karena pada suhu terendah tegangan mungkin sama dengan nilai maksimum tegangan rangkaian terbuka dari modul dibagi dengan jumlah dioda. Salah satu cara untuk mengetahui kelayakan dioda bypass adalah dengan Pengujian terhadap suhu termal yang terukur pada dioda, bertujuan untuk menilai kecukupan desain termal dan reliabilitas jangka panjang yang relatif dari dioda bypass yang digunakan untuk membatasi efek merugikan kerentanan titik panas pada modul.

Merujuk pada penelitian diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem presensi menggunakan teknologi RFID yang dapat membantu organisasi atau bisnis dalam meningkatkan efektifitas dalam mengolah data presensi pegawai dengan mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan sehingga keamanan data dapat terjamin. Penggunaan ID CARD dalam sistem ini yang mana presensi kehadiran akan terkirim

secara *realtime* pada aplikasi telegram dan alat ini juga membaca kehadiran pegawai di kantor maupun di organisasi lain nya dengan cara di dekatkan ke sebuah alat di RFID yang tersambung ke internet pada nodemcu ESPP8266 nanti akan terbaca status presensi tersebut. Jika tidak tersambung ke internet sistem tidak akan terbaca.

METODOLOGI

Persiapan yang dilakukan sebelum melakukan pengujian pengaruh disain termal dioda bypass pada modul fotovoltaik adalah menyiapkan kebutuhan alat uji dan sampel modul fotovoltaik diantaranya sebagai berikut:

Tabel 1. Alat dan bahan yang digunakan saat pengujian

Pengaruh Desain Termal Dioda Bypass Pada Modul Fotovoltaik		
Nama Alat & Bahan yang digunakan	Fungsi	Jumlah yang diperlukan
Bypass Dioda Thermal, Functionality Tester	Alat untuk mengetahui hasil pengumpulan, analisis, dan keluaran data yang akan ditampilkan. Ruangan untuk penyesuaian suhu modul fotovoltaik saat pengujian. Digunakan untuk mengukur suhu terukur pada dioda bypass pada modul fotovoltaik.	1 Unit
Ruang Uji Suhu Tinggi (Chamber Uji)		1 Unit
Kabel Termokapel		100 Meter

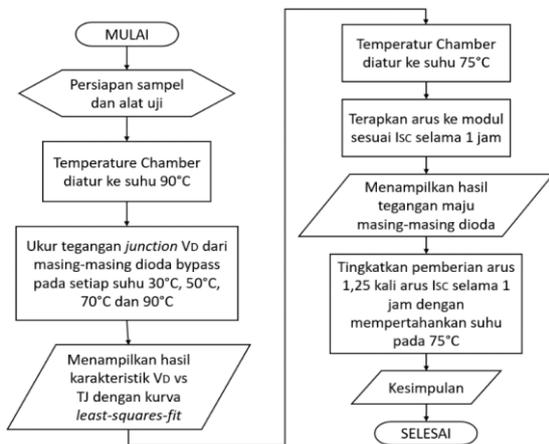
Pengaruh Desain Termal Dioda Bypass Pada Modul Fotovoltaik		
Nama Alat & Bahan yang digunakan	Fungsi	Jumlah yang diperlukan
Lem kenaikan suhu (Satlon)	Untuk menghubungkan antara kabel termokapel dengan dioda bypass	2 Pcs
Bor Pistol	Membuka kotak persimpangan dan mengarahkan kabel termokapel dan kabel uji jatuh tegangan. Digunakan untuk menutup celah antara garis uji dan kotak sambungan agar menutuk konduksi udara saat pengujian.	1 Pcs
Pistol Silikon	Sebagai koneksi antara alat uji dan modul fotovoltaik untuk mengukur nilai kelistrikan terukur.	3 Pcs
Konektor MC4 & kabel fotovoltaik		7 Pcs

Sampel modul fotovoltaik yang digunakan untuk pengujian diantaranya:

Modul fotovoltaik (Sampe uji)		
No.	Tipe yang digunakan	Tipe Dioda
1.	Canadiansolar CS7N-670MS	TL3050TAY (TLIAN)
2.	Venus VGH-360-34-M9BB	PV-YX101A
3.	Solahart Solahart450	YJ(SCHOTTKY DIODES) 25SQ045
4.	Ondusolar CS144MP530	PT001B-SH (SCHOTTKY DIODES) MK3045
5.	Fastpec GSM460-144HC	(SCHOTTKY DIODES) MK3045
6.	ISOLAR-1 SPU-440 M	PV3045
7.	Zeff Energi ZFS-320P	(SCHOTTKY DIODES) PST4020

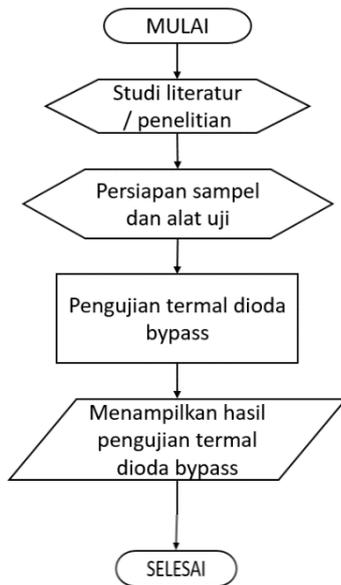
Kemudian pasang kabel pada setiap kaki anoda dan katoda dioda bypass untuk mengukur tegangan V_D yang kemudian dihubungkan ke alat Bypass Dioda Thermal, Functionality Tester. Setelah sampel uji sudah siap, masukkan sampel uji ke dalam Temperature Chamber. Kemudian atur suhu ke 90°C . Di setiap suhu 30°C , 50°C , 70°C dan 90°C , suplai dioda dengan menerapkan arus pulsa yaitu arus ISC sesuai spesifikasi selama $<1\text{ms}$. Maka, akan diperoleh Tegangan masing-masing dioda bypass pada setiap suhu tersebut V_{D1} , V_{D2} , V_{D3} , V_{D4} . Setelah memperoleh tegangan masing-masing dioda bypass pada setiap suhu tersebut, pengujian dilanjutkan dengan merubah suhu pada Temperature Chamber ke 75°C dan menerapkan arus sama dengan satu kali arus ISC selama 1 jam. Maka akan didapat tegangan maju masing-masing dioda bypass. Setelah 1 jam, lanjutkan dengan menerapkan arus sebesar 1,25 kali arus ISC dengan mempertahankan suhu Temperature Chamber pada 75°C . Maka akan didapat pula tegangan maju pada masing-masing dioda bypass. Setelah semua sudah selesai dilakukan, kita dapat menyimpulkan hasil dari pengujian ini dengan menghitung nilai suhu pada T_J maksimum pada masing-masing dioda bypass. Lalu dibandingkan dengan spesifikasi pabrikan dari dioda bypass. Apabila hasil pengujian nilai suhu T_J maksimum kurang dari nilai T_J maksimum spesifikasi pabrikan dioda bypass, maka pengujian dinyatakan lulus dan dioda bypass layak untuk digunakan sebagai dioda bypass pada modul fotovoltaik.

Pengujian ini dirancang untuk menentukan karakteristik temperatur dioda dan temperatur maksimum dioda junction T_J di bawah operasi kontinu.



Gambar 1. Diagram alir pengujian termal dioda bypass

Pada diagram pengujian Pertama adalah menyiapkan sampel pengujian berupa *junction box* yang terdapat dioda bypass. Pasang termokopel pada setiap dioda bypass yang ada pada *junction box* serta pada selungkup *junction box*, jadi terdapat 4 buah termokopel yang disediakan.



Gambar 2. Alur penelitian

Alur penelitian terkait pengukuran kecukupan termal dioda bypass pada modul fotovoltaik dengan mempelajari terkait standar uji yang mengatur pada metode yang dilakukan saat penelitian, persiapan bahan dan alat sangat penting untuk menyesuaikan dengan metode uji. Diantaranya menyiapkan modul fotovoltaik tujuh unit dari berbeda-beda pabrikan dan persiapan alat yang sudah terkalibrasi yaitu

alat Bypass dioda thermal, functionality tester. Setelah persiapan selesai dilanjutkan dengan penelitian terhadap modul fotovoltaik dengan mengukur termal dioda bypass dan hasil data yang telah didapatkan akan dipaparkan. Setelah data terkumpul akan dilakukan analisis terkait parameter yang diukur antaranya adalah penurunan tegangan pada dioda bypass, arus hubung singkat yang menjadi acuan uji, dan suhu yang terukur pada dioda bypass dan menyimpulkan analisis berdasarkan data-data yang sudah terkumpul.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel modul fotovoltaik yang sudah disiapkan, contoh uji modul fotovoltaik harus dipastikan memiliki dioda bypass. Pengujian dirancang untuk menentukan karakteristik temperatur dioda dan temperatur maksimum dioda junction TJ pada bawah operasi kontinu. Jika dioda bypass tidak dapat diakses pada jenis modul yang diuji, sampel khusus dapat disiapkan untuk pengujian ini. Sampel ini harus dibuat untuk menyediakan lingkungan termal yang sama untuk dioda sebagai produksi modul standar dan tidak harus menjadi modul fotovoltaik aktif.

ANALISIS HASIL PENGUJIAN TERMAL DIODA BYPAS

No.	Nama Perusahaan	Suhu Pengenal	Nilai terukur	Batas ukur	Hasil Pengujian	Ketidakpastian (\pm)
1.	Canadiansolar	-50~200	156,8	200	Lulus	
2.	Venus	-40~200	149,9	200	Lulus	
3.	Solahart	-55~200	145,9	200	Lulus	
4.	Ondusolar	-55~200	145,7	200	Lulus	0,19
5.	Fastpec	-55~200	139,2	200	Lulus	
6.	ISOLAR-1	-55~200	188,1	200	Lulus	
7.	Zeff Energi	-55~200	142,7	200	Lulus	

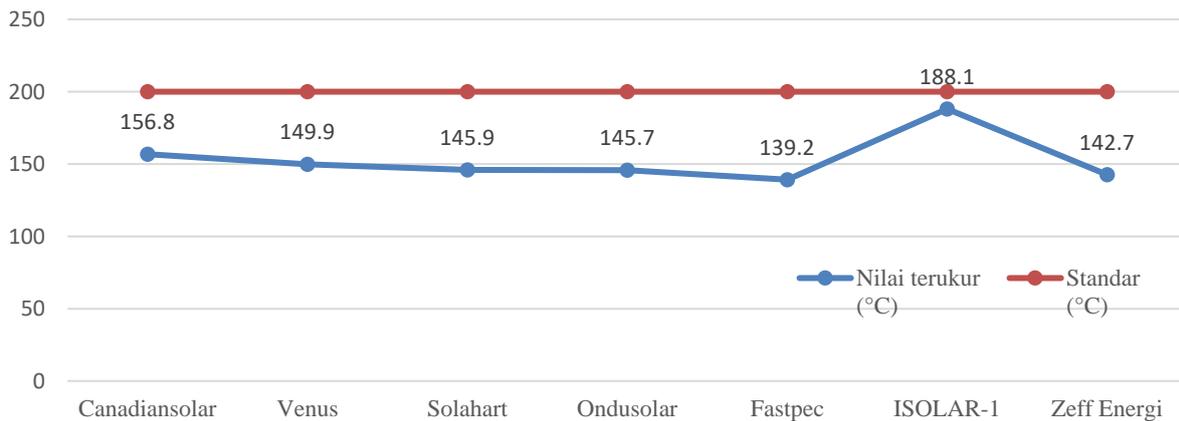
Tabel 2 Analisa terkait pengukuran nilai TJ terukur pada dioda bypass.

Dari ketujuh data modul fotovoltaik pada tabel diatas menjelaskan bahwa dioda

bypass memiliki spesifikasi pengenal terkait suhu terendah sampai maksimal suhu

tertinggi saat beroperasi, setelah melakukan pengujian dan pengumpulan data hasil nilai terukur temperature junction pada masing-masing modul fotovoltaik nilai tersebut menjadi acuan dalam pengujian tersebut. Dalam keadaan pengujian suhu yang sudah diatur dalam keadaan abnormal pada alat uji untuk suhu termal ditentukan pada standar

uji yaitu 200°C, dari data diatas terbukti tidak ada yang pengujian gagal karena suhu terukur dibawah batas ukur. Untuk nilai ketidakpastian pengukuran didapatkan dari sertifikat kalibrasi alat pada acuan suhu uji pada alat bahwa alat mempunyai nilai ketidakpastian $\pm 0,19^\circ\text{C}$.



Gambar 3 Grafik pengukuran nilai TJ terukur pada dioda bypass

Berdasarkan nilai suhu yang terukur pada pengujian termal dioda bypass dengan ditembakkan arus hubung singkat yang tertera pada penandaan module fotovoltaik tidak ada yang melebihi nilai batas kegagalan yaitu diatas 200°C yang tertera pada standar uji, untuk nilai TJ tertinggi ada pada merek ISOLAR-1 yaitu 188,1°C sedangkan nilai TJ terendah pada merek Fastpec 139.2°C.

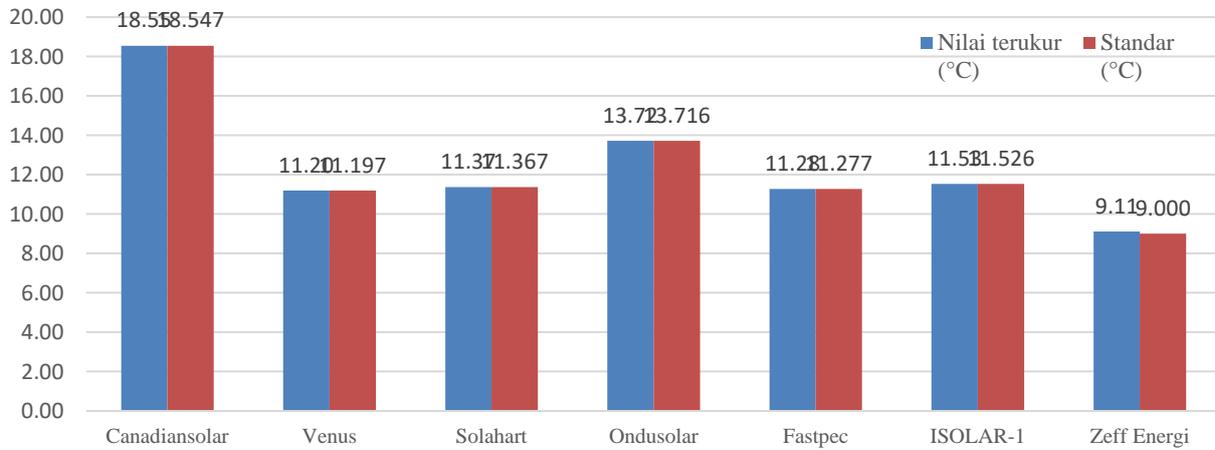
No .	Nama Perusahaan	Arus hubung singkat	Nilai terukur	Ketidak pastian (\pm)
4.	Ondusolar	13,72	13,716	
5.	Fastpec	11,28	11,277	
6.	ISOLAR-1	11,53	11,526	
7.	Zeff Energi	9,11	9,107	

Pada Tabel 4 Analisa terkait nilai arus hubung singkat pada modul fotovoltaik.

ANALISA TERKAIT NILAI ARUS HUBUNG SINGKAT

No .	Nama Perusahaan	Arus hubung singkat	Nilai terukur	Ketidak pastian (\pm)
1.	Canadiansolar	18,55	18,547	
2.	Venus	11,2	11,197	0,83
3.	Solahart	11,37 \pm 5 %	11,367	

Pada tabel menjelaskan nilai arus hubung singkat yang dicantumkan pada label penandaan modul fotovoltaik yang digunakan sebagai arus uji dari ketujuh modul fotovoltaik, nilai arus yang terukur pada alat dapat dilihat pada tabel tersebut. Untuk nilai ketidakpastian pengukuran berdasarkan sertifikat kalibrasi alat bahwa mempunyai nilai ketidakpastian 0,83A.



Gambar 4. Analisa terkait ISC terukur pada modul fotovoltaik

Nilai arus hubung singkat didapatkan dari penandaan atau pengenalan modul fotovoltaik yang menjadi acuan uji termal untuk dioda bypass, arus hubung singkat tersebut dicatat saat terjadi penurunan tegangan pada keadaan uji 75°C (± 5) berikut nilai terukur arus hubung singkat pada saat pengukuran termal pada dioda bypass menerapkan arus sama dengan satu kali arus ISC selama 1 jam. Untuk spesifikasi modul fotovoltaik yang memiliki nilai arus hubung singkat tertinggi adalah Canadiansolar yaitu 18,55

dan yang terukur 18,547 sedangkan untuk nilai arus hubung singkat terendah adalah Zeff Energi yaitu 9,11 dan yang terukur 9,107 dengan nilai ketidakpastian ($\pm 0,83$).

ANALISA PENURUNAN TEGANGAN PADA DIODA BYPASS PADA BEBERAPA KENAIKAN SUHU KOTAK SAMBUNGAN

No.	Nama Perusahaan	Penurunan Tegangan pada suhu hubungan linier antara penurunan tegangan dioda arus pulsa (VD) dan suhu kotak sambungan (TJ)				Rata-rata nilai penurunan tegangan dioda arus pulsa (VD)
		30 \pm 2°C	50 \pm 2°C	70 \pm 2°C	90 \pm 2°C	
1.	Canadiansolar	0,4104	0,3868	0,3642	0,3403	0,023367
2.	Venus	0,4214	0,3994	0,3761	0,3538	0,022533
3.	Solahart	0,430	0,407	0,386	0,365	0,021667
4.	Ondusolar	0,436	0,417	0,394	0,372	0,021333
5.	Fastpec	0,425	0,402	0,381	0,360	0,021667
6.	ISOLAR-1	0,488	0,476	0,462	0,449	0,013000
7.	Zeff Energi	0,444	0,424	0,408	0,380	0,021333

Pada Tabel 5. Analisa Penurunan tegangan pada dioda bypass pada beberapa kenaikan suhu kotak sambungan.

Nilai penurunan tegangan pada pengukuran, hubungan linier antara penurunan tegangan dioda arus pulsa dan suhu kotak sambungan TJ dalam keadaan

uji disetiap suhu 30°C, 50°C, 70°C dan 90°C. Nilai penurunan tegangan dioda bypass saat suhu 30°C nilainya relative memiliki kemiripin nilai terukur 0,4 Untuk modul fotovoltaik yang memiliki penurunan

tegangan tertinggi ISOLAR-1 yaitu 0.488 sedangkan yang terendah Canadiansolar 0,4104. Nilai penurunan tegangan dioda bypass saat suhu 50°C, Untuk modul fotovoltaik yang memiliki penurunan tegangan tertinggi ISOLAR-1 yaitu 0.476 sedangkan yang terendah Canadiansolar 0,3868. Nilai penurunan tegangan dioda bypass saat suhu 70°C, Untuk modul fotovoltaik yang memiliki penurunan tegangan tertinggi ISOLAR-1 yaitu 0.462 sedangkan yang terendah Canadiansolar 0,3642. Nilai penurunan tegangan dioda bypass saat suhu 90°C, Untuk modul fotovoltaik yang memiliki penuruna tegangan tertinggi ISOLAR-1 yaitu 0.449 sedangkan yang terendah Canadiansolar 0,3403. Untuk keseluruhan nilai penurunan tegangan yang terukur relative memiliki pergerakan angka yang menurun saat suhu mulai naik dan penurunan tegangan nya stabil di 0,02. Berdasarkan rata-rata penuruan tegangan paling tinggi ada pada modul fotovoltaik Canadiansolar yaitu 0,023367 sedangkan penurunan tegangan terendah adalah ISOLAR-1 yaitu 0,013000.

KESIMPULAN

Dioda bypass yang sesuai untuk penggunaan modul fotovoltaik dapat ditentukan dengan melihat kesesuaian pengujian termal pada setiap jenis dioda bypass.

Berdasarkan nilai suhu yang terukur pada pengujian termal dioda bypass dengan ditembakkan arus hubung singkat yang tertera pada penandaan module fotovoltaik tidak ada yang melebihi nilai batas kegagalan yaitu diatas 200°C yang tertera pada standar uji, untuk nilai temperature junction tertinggi ada pada merek ISOLAR-1 yaitu 188,1°C sedangkan nilai temperature junction terendah pada merek Fastpec 139.2°C.

Untuk spesifikasi modul fotovoltaik yang memiliki nilai arus hubung singkat tertinggi adalah Canadiansolar yaitu 18,55 dan yang terukur 18,547 sedangkan untuk nilai arus hubung singkat terendah adalah Zeff Energi yaitu 9,11 dan yang terukur 9,107 dengan

nilai ketidakpastian ($\pm 0,83$)

Untuk keseluruhan nilai penurunan tegangan yang terukur relative memiliki pergerakan angka yang menurun saat suhu mulai naik dan penurunan tegangan nya stabil di 0,02 berdasarkan rata-rata penuruan tegangan paling tinggi ada pada modul fotovoltaik Canadiansolar yaitu 0,023367 sedangkan penurunan tegangan terendah adalah ISOLAR-1 yaitu 0,013000. Adapun saran yang dapat diberikan penulis berdasarkan analisa dan data yang telah dibuat yaitu untuk jenis modul fotovoltaik yang mempunyai nilai termal yang tidak tinggi berdasarkan penelitian pada tipe modul Fastpec dengan jenis dioda bypass (SCHOTTKY DIODES) MK3045.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada seluruh civitas akademika Universitas Pamulang terkhusus di Prodi Teknik Elektro. Untuk Bapak/Ibu dosen, terima kasih atas segala bimbingan dan arahan selama penulis menjadi mahasiswa. Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat bagi kita semua. Aamiin.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrew Jussac Jusran., Chairul G. Irianto., dan Henry Chandra. *Pemodelan Persamaan Modul Photovolataic Yang Memiliki Dioda Bypass Pada Saat Gangguan Shading*, terbit Maret 2020, diakses 21 Februari 2022, dari <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>
- Anwar Ilmar Ramadhan., Ery Diniardi., dan Sony Hari Mukti. *Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50WP*, terbit Januari 2016, diakses 21 Februari 2022, dari <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>
- Bandiyah Sri Aprillia., Muhammad Rafiqy Zulfahmi., dan Achmad Rizal. *Investigasi Efek Partial Shading Terhadap Daya Keluaran Sel Surya*, terbit November 2019, diakses 22 Mei

- 2023, dari <https://media.neliti.com/media/publications/455980-investigation-of-partial-shading-effects-44be4d9d.pdf>
- BSN. Standar Nasional Indonesia (SNI) IEC 61215-2:2016. Modul Fotovoltaik (FV) terrestrial – Kualifikasi desain dan pengesahan jenis – Bagian 2: Prosedur Uji. Terbit 2018, 21 Februari 2022.
- Builder.id, Dioda Bypass Panel Surya, Fungsi dan Sistem Rangkaian, terbit April 2015, diakses 21 Februari 2022 <https://www.builder.id/dioda-bypass-panel-surya/>
- Bypass diode thermal, functionality, thermal runaway tester, Shanghai B.R.Sci. Instrument Co., Ltd, terbit April 2019, diakses 21 Februari 2022.
- Dharmendra thakur, Amit arnav, Abhishek datta, E.V.V Ramanamurthy. A Review on Immersion System to increase the efficiency of Solar Panels. International Journal of Advanced Research 4 (4), 312-325, terbit 20 Mei 2016, Diakses 14 Juni 2023, dari https://www.researchgate.net/publication/302918069_A_Review_on_Immersion_System_to_increase_the_efficiency_of_Solar_Panels/link/573e873c08aea45ee842ee81/download
- Diah Permata., Hekson Yulian N., dan Endah Komalsari. Analisa Arus Bocor Pada Sistem PLTS Terhubung ke Jaringan Tanpa Transformator Terhadap Keselamatan Manusia. Terbit Oktober 2020, Diakses 14 Juni 2023 dari https://www.researchgate.net/publication/346276982_Analisis_Arus_Bocor_pada_Sistem_PLTS_Terhubung_ke_Jaringan_Tanpa_Transformator_Terdapad_Keselamatan_Manusia
- Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE), Pemerintah Siap Terapkan Standar Kualitas pada Modul Fotovoltaik Silikon Kristalin, Terbit 13 January 2021, diakses 21 Februari 2022, <https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/01/14/2766/pemerintah.siap.terapkan.standar.kualitas.pada.modul.fotovoltaik.silikon.kristalin>
- Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE), Sosialisasi Peraturan Wajib SNI Bagi Modul Fotovoltaik Silikon Kristalin, terbit 15 February 2021, diakses 21 Februari 2022, <https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/02/16/2795/sosialisasi.peraturan.wajib.sni.bagi.modul.fotovoltaik.silikon.kristalin?lang=en>
- Handoko Rusiana., Yuda Bakti Zainal., dan Susanto Sambasri. Study and Analysis of Shading Effects on Photovoltaic Application System. terbit Januari 2018, Diakses 14 Juni 2023, dari https://www.researchgate.net/publication/328533747_Study_and_Analysis_of_Shading_Effects_on_Photovoltaic_Application_System
- Haris Isyanto ST, MT., Dr. Budiyanto. Dan Fadlioni B.Eng., E.Eng. Laporan Penelitian Peningkatan Daya Keluaran dengan Metode Dioda Bypass, terbit 11 Oktober 2018, diakses 22 Mei 2023, dari https://ft.umj.ac.id/ftumj/file_extra/peningkatan-daya-keluaran-dengan-metode-dioda-bypass_11-10-18.pdf
- id.dsnsolar.com, Dioda Bypass PV Junction Box Untuk Perlindungan Panel Surya, terbit Agustus 2018, diakses 21 Februari 2022, <https://id.dsnsolar.com/info/pv-junction-box-s-bypass-diode-for-solar-panel-54221816.html>
- Kho Hie Khwee, Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Daya Panel Surya (Studi Kasus: Pontianak), terbit Oktober 2013, diakses 21 Februari 2022, dari <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/Elkha/article/download/5041/5155>
- Komite Teknis 27-03, Badan Standarisasi Nasional (BSN), Modul Fotovoltaik (FV) terrestrial – Kualifikasi desain dan pengesahan jenis – Bagian 2:Prosedur Uji, terbit 24 Oktober 2018, diakses 21 Februari 2022.

- M Muliadi., I D Sara., dan S Suriadi. The Effect of Bypass Diode Installation on Partially Covered Solar Panel Output Power. Terbit Februari 2021, Diakses 14 Juni 2023 dari https://www.researchgate.net/publication/349499406_The_effect_of_bypass_diode_installation_on_partially_covered_solar_panel_output_power
- Model sel surya dan modul PV S. Silvestre, A. Boronat, A. Chouder. Study of bypass diodes configuration on PV modules. *Applied Energy* 86(9), 1632-1640, terbit 2009, diakses 14 Juni 2023, dari <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261909000269>
- Nadia Faradiba Kompas.com, Prinsip Kerja Sel Surya, Alternatif Energi yang Ramah Lingkungan, terbit 10 September 2021, diakses 21 Februari 2022 <https://www.kompas.com/sains/read/2021/09/10/130200523/prinsip-kerja-sel-surya-alternatif-energi-yang-ramah-lingkungan>.
- Pamor Gunoto., Harlei Davisson Hutapea. Analisa Daya pada Panel Surya di Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop on Grid Kapasitas 30 KVA Gedung Kantor PT. Energi Listrik Batam. Terbit Juni 2022, Diakses 14 Juni 2023 dari https://www.researchgate.net/publication/361699390_ANALISA_DAYA_PADA_PANEL_SURYA_DI_PEMBANGKIT_LISTRIK_TENAGA_SURYA_ROOFTOP_ONGRID_KAPASITAS_30_KVA_GEDUNG_KANTOR_PT_ENERGI_LISTRIK_BATAM
- Saptadip saha, Samima akter, Kailash kumar mahto, Priyanath das, Ajoy kumar, Chakra borty, Gaurav kumar. Improvement in Power Efficiency of Photovoltaic Array under Shading Condition Using Bypass Diode. *International Journal of Renewable Energy Research* 6(2), 628-636, terbit 2016, diakses 14 Juni 2023, dari <https://www.ijrer.org/ijrer/index.php/ijrer/article/download/3385/pdf>
- Sewatama.com, Pemanfaatan Listrik Tenaga Surya Bagi Kebutuhan Masa Depan, terbit Maret 2011, diakses 21 Februari 2022, <https://sewatama.com/id/pemanfaatan-listrik-tenaga-surya-bagi-kebutuhan-masa-depan/>