

## Analisa Deteksi *Photovoltaic Module* Degradasi Dengan Metode Electroluminescence (EL) Menggunakan Camera Digital Single Lens Reflex (DSLR)

Rocky Alfanz<sup>1</sup>, Rahmawan Tri Prakoso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

### Informasi Artikel

Naskah Diterima : 21 Juni 2021

Direvisi : 28 Juni 2021

Disetujui : 29 Juni 2021

doi: 10.36055/setrum.v10i1.11917

\*Korespondensi Penulis :

rocky.alfanz@untirta.ac.id

### Abstract

*Degradation in photovoltaics causes a decrease in performance in the photovoltaic itself. Particular attention is the degradation of photovoltaics, which over the last years can be used for solar power generation, due to the significant power loss, which has been observed in photovoltaic systems. This report analyzes the observed degradation of very poor photovoltaic cells from 50 WP photovoltaic modules, photovoltaic 2 cell busbar, and 3 cell busbar photovoltaic. In this study, apply a tool used to know the modeling method. The electroluminescence method is used to see crack degradation in photovoltaic. Completed 7,949%, energy ratio on photovoltaic 2 busbar between non-degraded and degradable 25,669% versus 7,32%, and price comparison on photovoltaic 3 busbar between non-degraded with degradation of 21,08% versus 4,95%. From this test obtained the difference of efficiency between photovoltaic module 50 WP equal to 6,341%, photovoltaic 2 cell busbar equal to 14,663%, and photovoltaic 3 cell busbar equal to 16,13%.*

**Keywords:** Photovoltaic Module, PID(Potential Induce Degradation), Electroluminescence

### Abstrak

Degradasi pada photovoltaic menyebabkan penurunan kinerja. Perhatian khusus adanya degradasi pada photovoltaic, yang selama tahun-tahun terakhir dianggap dapat merugikan hasil produksi listrik pada pembangkit-pembangkit yang menggunakan energi tenaga surya ini, karena berkurangnya daya yang signifikan, yang telah diamati pada sistem photovoltaic. Laporan ini menganalisa degradasi yang diamati pada sel photovoltaic yang sangat buruk dari modul photovoltaic 50 WP, photovoltaic 2 busbar cell, dan photovoltaic 3 busbar cell. Pada penelitian ini, mengimplementasikan sebuah alat yang digunakan untuk mengetahui degradasi pada photovoltaic dengan metode electroluminescence. Perbandingan nilai efisiensi pada photovoltaic module 50 WP antara yang tidak terdegradasi dengan yang terdegradasi sebesar 14,29 % berbanding 7,949 %, perbandingan nilai efisiensi pada photovoltaic 2 busbar cell antara yang tidak terdegradasi dengan yang terdegradasi sebesar 25,669 % berbanding 7,32 %, dan perbandingan nilai efisiensi pada photovoltaic 3 busbar cell antara yang tidak terdegradasi dengan yang terdegradasi sebesar 21,08 % berbanding 4,95 %. Dari pengujian ini diperoleh nilai selisih efisiensi antara photovoltaic module 50 WP sebesar 6,341 %, photovoltaic 2 busbar cell sebesar 14,663 %, dan photovoltaic 3 busbar cell sebesar 16,13 %.

**Kata kunci:** Solar Module, PID, Electroluminescence

© 2021 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

## 1. PENDAHULUAN

*Photovoltaic* (PV) dengan banyaknya metode pengujian yang berbagai cara pendeteksian dan pengujiannya diharapkan dapat meningkatkan kualitas photovoltaic,. Namun berbagai jenis cacat/kerusakan dalam proses produksi dengan frekuensi tinggi mempengaruhi kualitas modul photovoltaic. Untuk mendeteksi posisi dan cacat pada modul surya dapat menggunakan metode seperti, deteksi karakteristik I-V, pemeriksaan fotoluminesa dan inspeksi electroluminescence. Metode electroluminescence berdasarkan prinsip pemeriksaan degradasi photovoltaic banyak digunakan dalam pemeriksaan cacat [1]. Meskipun posisi dan jenis cacat dengan memanfaatkan Gambar filter inframerah dapat dideteksi dengan cepat dan akurat, namun ada juga beberapa masalah misalnya, ketidakpastian pada karakteristik gambar inframerah dari cacat. Ketidakefektifan metode, yang akan membuat kesalahan dalam proses diagnosis cacat dan klasifikasi modul surya yang rusak. Berbagai jenis cacat/kerusakan, seperti inti hitam, retak, gerbang pecah dan pengelasan. Laporan ini memberikan analisa dari beberapa karakteristik cacat/kerusakan, menghitung nilai efisiensi pada photovoltaic, serta

dasar referensi untuk meneukan solusi, yang sangat penting untuk mengembangkan produksi dan meningkatkan kualitas[2].

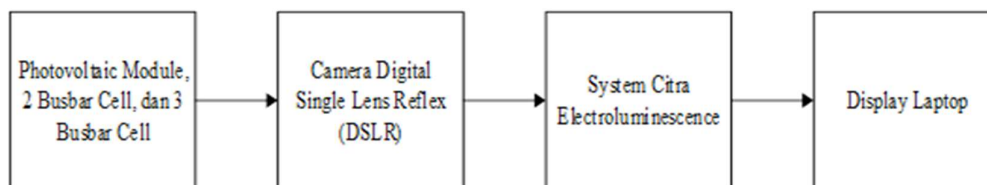
Potential induced degradation (PID) adalah jenis kerusakan yang tidak diinginkan dari beberapa modul surya. Faktor-faktor yang memungkinkan PID yaitu, voltase, panas dan kelembaban ada pada semua sistem photovoltaic (PV), namun efeknya tidak terjadi pada semua atau bahkan sebagian besar sistem PV [3]. Analisis dilakukan dengan evaluasi kinerja listrik dan inspeksi visual modul photovoltaic. Dengan demikian, laporan ini memungkinkan analisis modul umur panjang dengan memperkirakan tingkat degradasi dan memeriksa cacat pada modul. Ini juga akan memberikan informasi yang berguna, membantu produsen untuk memahami mekanisme degradasi di luar ruangan dan memperbaiki keandalan modul photovoltaic jangka Panjang [4].

Dengan menggunakan filter infrared pada camera, kita bisa melihat cahaya luminance pada photovoltaic yang tersambung oleh power supply untuk memberikan tegangan pada photovoltaic tersebut. Dan percobaan ini dilakukan di tempat yang sangat gelap agar crack/cacat yang ada pada photovoltaic bisa tertangkap oleh camera infrared tersebut, maka dari itu penguji menyiapkan ruangan gelap (dark room) untuk melakukan percobaan ini.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Metode Penelitian

Proses penelitian dengan metode electroluminescence untuk melihat crack/cacat pada photovoltaic module. Dengan menyambungkan catu daya (power supply) pada photovoltaic module, maka pencitraan luminance pada photovoltaic module akan terlihat, dan crack/cacat pada photovoltaic module juga akan terdeteksi. *camera* digital single lens reflex (DSLR) yang dipasangkan filter infrared untuk pengambilan Gambar crack/cacat pada *photovoltaic module*, photovoltaic module 2 busbar cell, dan photovoltaic 3 busbar cell. photovoltaic module dengan mengalirkan sumber tegangan dan arus listrik menggunakan power supply agar menghasilkan citra luminance yang akan ditangkap oleh camera digital sinle lens reflex (DSLR). *Photovoltaic module* sebagai bahan utama pada pengujian ini, yaitu untuk objek pengambilan Gambar crack/cacat dengan melihat Potential induced degradation (PID) pada photovoltaic module tersebut.



Gambar 1. Diagram alir perancangan dan analisis PID pada photovoltaic module

### 2.2 Instrumen Pengujian

#### a. Photovoltaic Module

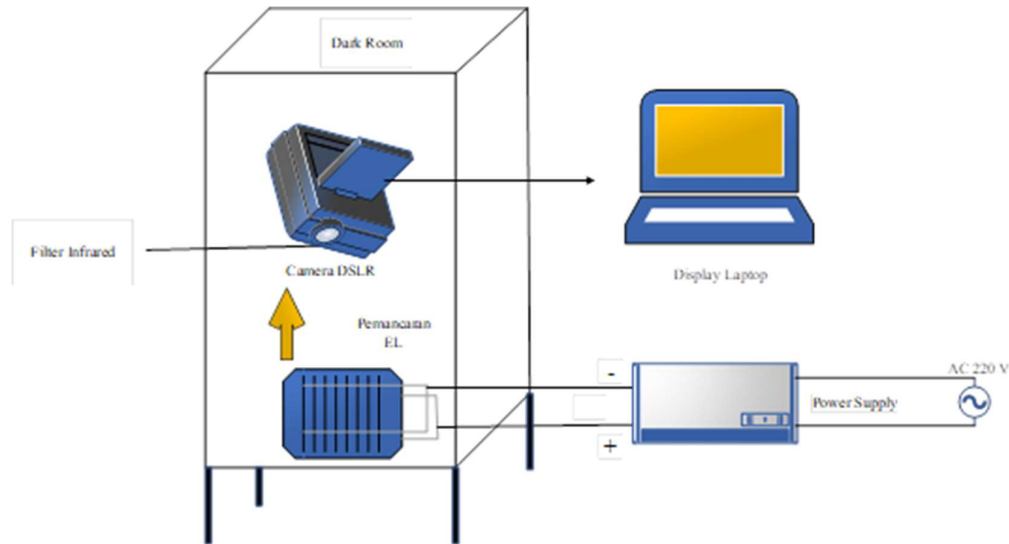
Pengujian photovoltaic module dengan mengalirkan sumber tegangan dan arus listrik menggunakan power supply agar menghasilkan citra luminance yang akan ditangkap oleh camera digital sinle lens reflex (DSLR)

#### b. Photovoltaic pada Busbar Cell

Pengujian sel 2 busbar ntuk melihat crack/cacat pada sel dengan cara pada kondisi tidak terisi dan pada komdisi diberikan sumber tegangan menggunakan power supply. Pengujian sel 2 busbar dalam arus pendek atau open circuit dilakukan dibawah penyinaran matahari. Sedangkan pengjian sel 2 busbar dalam short circuit dilakukan tanpa penyinaran.

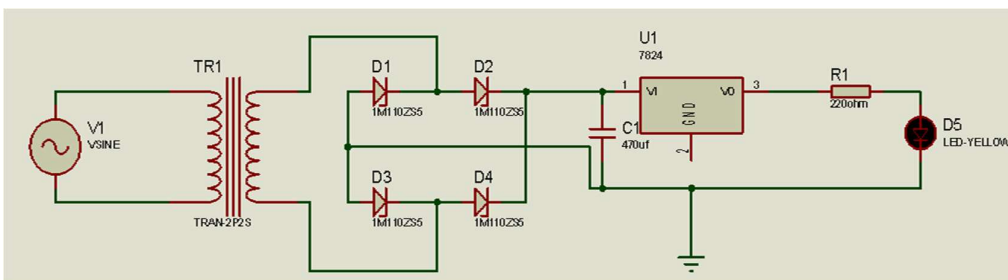
Pengujian degradasi photovoltaic dengan metode electroluminescence ini menggunakan beberapa peralatan instrument untuk mendukung jalannya proses pengujian yang terdiri dari perancangan perangkat keras (hardware) Perangkat keras yang digunakan adalah, Dark room yang

meliputi, Module Photovoltaic, Photovoltaic 2 Busbar Cell, Photovoltaic 3 Busbar Cell, Power supply, camera DSLR yang sudah terpasang filter infrared dan Personal Computer (PC).



Gambar 2. Skema instrumen pengujian PV module PID

Perancangan Instrument pengujian PID pada Photovoltaic module terdapat terlihat pada gambar 2, seperti pembentukan dark room menggunakan besi alumunium gorden yang disusun rapih berbentuk balok. Dark room merupakan sebuah tempat untuk papan photovoltaic. Dark room dilengkapi dengan konektor yang dipasang ke power supply. Power supply merupakan pengatur tegangan photovoltaic agar luminance pada photovoltaic bisa terlihat oleh filter infrared. Setelah photovoltaic mendapatkan supply daya dari power supply maka suhu photovoltaic akan menjadi panas, dan disaat itu citra luminescence keluar dari photovoltaic. Kemudian camera digital single lens reflex (DSLR) yang sudah terpasang filter infrared, stand by di atas photovoltaic dan akan menangkap Gambar photovoltaic. Lalu objek di pindahkan ke display laptop untuk di analisa apakah photovoltaic module tersebut terdegradasi atau tidak.



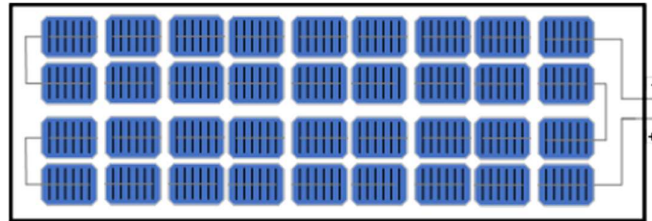
Gambar 3. Schematic Power supply

### 2.3 Objek pengujian

#### a. Photovoltaic module 50 WP

Menggunakan photovoltaic module 50 WP dengan dimensi panjang 67 cm, dan lebar 61 cm. Photovoltaic module 50 WP yang digunakan terdiri dari 36 cell, dan masing-masing cell nya terdiri

dari 3 busbar cell. Photovoltaic module 50 WP yang digunakan untuk pengujian ini berjenis polycrystalline.



Gambar 4. Photovoltaic Module 50 WP

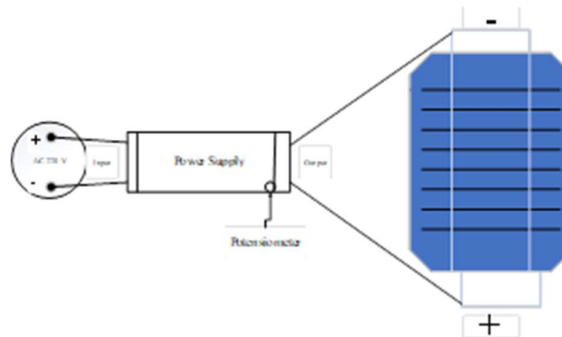
Berikut adalah spesifikasi dari *photovoltaic module* 50 WP yang digunakan pada pengujian ini:

Tabel 1. Spesifikasi *Photovoltaic Module* 50 WP

No	Keterangan	Nilai
1	<i>Maximum power at STC (Wp)</i>	50 W
2	<i>Optimum operating voltage (Vmp)</i>	18 V
3	<i>Optimum operating current (Imp)</i>	2,78 A
4	<i>Open circuit voltage (Voc)</i>	22,19 V
5	<i>Short circuit Current (Isc)</i>	3,09 A
6	<i>Module temperature</i>	25°C
7	Panjang <i>photovoltaic module</i>	67 cm
8	Lebar <i>photovoltaic module</i>	61 cm
9	Luas <i>photovoltaic module</i>	4087 cm <sup>2</sup>

b. Photovoltaic Cell 2 Busbar

Pada pengujian kedua yang dilakukan menggunakan photovoltaic 2 busbar cell dengan dimensi luas photovoltaic 2 busbar cell adalah 156,25 cm<sup>2</sup>. Photovoltaic 2 busbar cell yang digunakan untuk pengujian ini berjenis monocrystalline.



Gambar 5 Photovoltaic Cell 2 Busbar

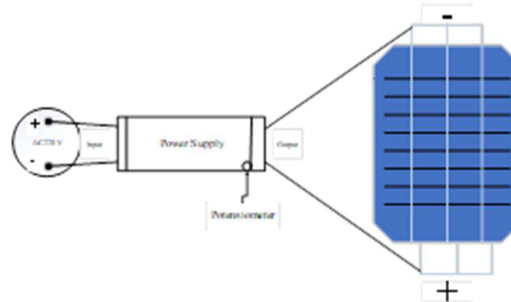
Tabel 2. Spesifikasi *Photovoltaic* 2 busbar cell

No	Keterangan	Nilai
1	<i>Maximum power at STC (Wp)</i>	3 W
2	<i>Optimum operating voltage (Vmp)</i>	4,8 V
3	<i>Optimum operating current (Imp)</i>	1,0 A
4	<i>Open circuit voltage (Voc)</i>	0,6 V

5	<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	5 A
6	Luas <i>Photovoltaic 2 busbar cell</i>	156,25 cm <sup>2</sup>

c. Photovoltaic cell 3 Busbar

Pada pengujian ketiga yang dilakukan menggunakan photovoltaic 3 busbar cell dengan dimensi luas photovoltaic 3 busbar cell adalah 256 cm<sup>2</sup>. Photovoltaic 3 busbar cell yang digunakan untuk pengujian ini berjenis polycrystalline.



Gambar 5. Photovoltaic cell 3 Busbar

Tabel 3. Spesifikasi *Photovoltaic 3 Busbar Cell*

No	Keterangan	Nilai
1	<i>Maximum power at STC (Wp)</i>	4,4 W
2	<i>Optimum operating voltage (Vmp)</i>	5,3 V
3	<i>Optimum operating current (Imp)</i>	1,22 A
4	<i>Open circuit voltage (Voc)</i>	0,6 V
5	<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	8 A
6	Luas <i>photovoltaic 3 busbar cell</i>	256 cm <sup>2</sup>

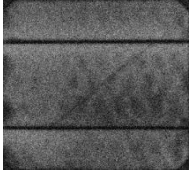
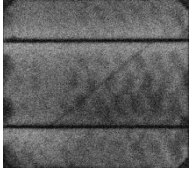
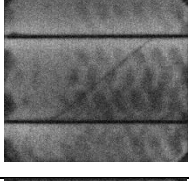
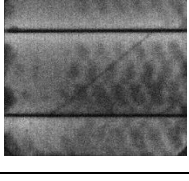
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian Filter Infrared pada Cembra Digital Single Lens Reflex (DSLR)

Pengujian menggunakan filter infrared pada camera digital single lens reflex (DSLR) ini digunakan untuk melihat dan mengolah sinyal pembacaan dari photovoltaic module terhadap crack/cacat yang timbul luminance pada photovoltaic module. Filter Infrared berfungsi untuk mendeteksi crack/cacat yang terjadi pada photovoltaic module. Berikut adalah tabel pengujian filter infrared.

Tabel 4. Pengujian *Filter Infrared* pada *Photovoltaic 2 Busbar Cell*

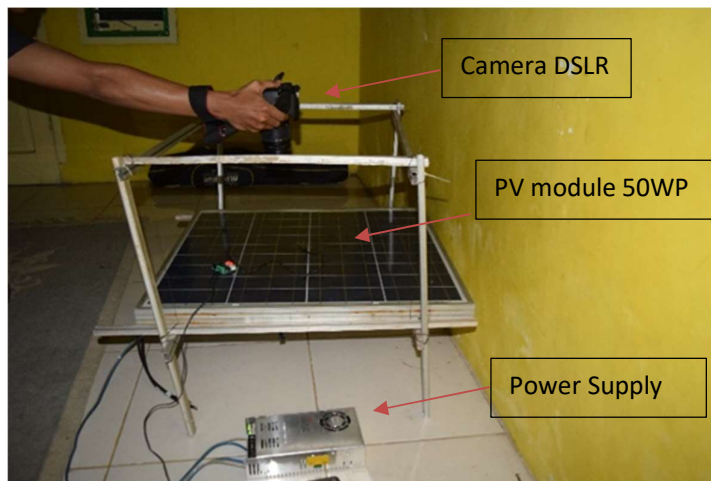
Panjang gelombang ( $\lambda$ )	Arus (A) Power supply	Tegangan (V)	Hasil Pengujian

	2,7 A	0,7 V	
720 nm	3 A	1,1 V	
	3,4 A	1,5 V	
	3,8 A	2,3 V	

Gambar 6. Pengujian Photovoltaic cell 2 Busbar

### 3.2 Pengujian photovoltaic module 50 WP

Pada pengujian photovoltaic module ini digunakan untuk melihat luminance pada photovoltaic module tersebut. Ketika photovoltaic module diberikan tegangan oleh power supply, maka photovoltaic module memanas dan mengeluarkan luminance. Setelah photovoltaic module 50 WP mengeluarkan luminance, lalu camera DSLR yang sudah di modifikasi menggunakan filter infrared mengambil Gambar pada photovoltaic module tersebut. Berikut Gambar pengujian menggunakan metode electroluminescence pada photovoltaic module 50WP.

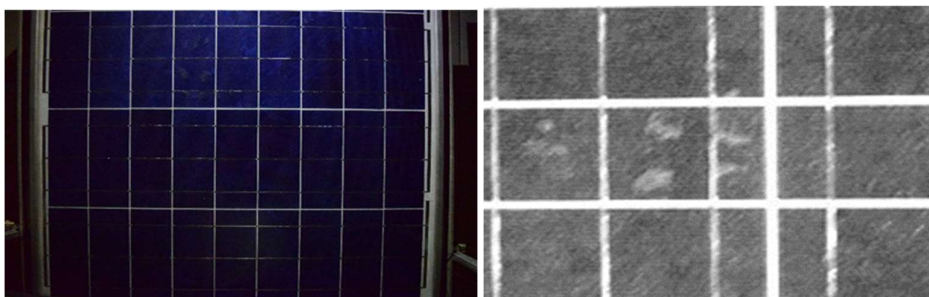


Gambar 7. Pengujian Photovoltaic Module 50 WP

Pengujian PV module dengan kapasitas 50WP mempunyai 3 busbar cell menggunakan power supply yang di atur dengan tegangan dan arus keluaran pada pengujian 1 sebesar 3 volt DC, 4,1 ampere, dan pada pengujian 2 sebesar 3,5 volt DC dan 4,5 ampere. Pengujian photovoltaic 2 busbar cell untuk mengetahui besaran nilai Isc, Voc dan efisiensi daya photovoltaic cell 3 busbar cell antara kondisi photovoltaic tidak terdegradasi dengan kondisi photovoltaic cell yang terdegradasi.

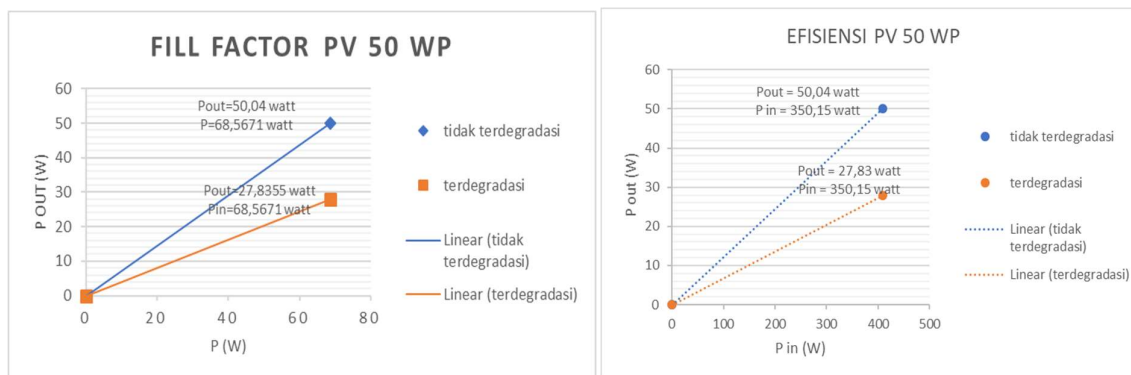
### 3.3 Degradasi Photovoltaic Module 50 WP

menunjukkan hasil dari didapatnya crack/cacat pada photovoltaic module dengan pencitraan dan luminance menggunakan metode electroluminescence, yaitu jenis crack/cacat black spot terutama disebabkan oleh etsa yang berlebihan di daerah cacat wafer silikon selama proses tekstur, dll.



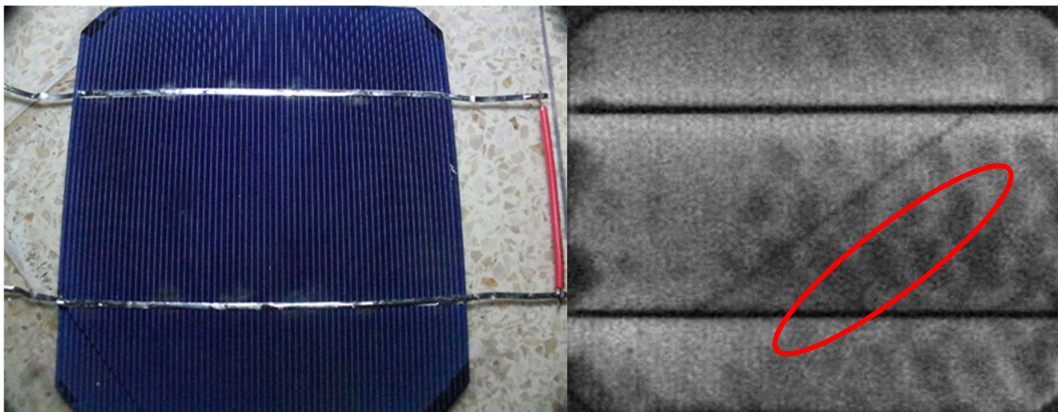
Gambar 8. Hasil pengujian pada Photovoltaic Module 50 WP

Berdasarkan dari Gambar 8, dapat dilihat kenaikan dari citra luminescence antara arus terhadap tegangan pada photovoltaic, semakin arus dan tegangan yang diberikan pada power supply ke photovoltaic maka semakin jelas juga degradasi pada photovoltaic terlihat. Pada pengujian photovoltaic 2 busbar cell dilakukan pengujian sebanyak 4 kali, dan hasil Gambar degradasi pada photovoltaic 2 busbar cell tidak terlihat jelas pada percobaan pertama. Setelah pengujian terakhir yaitu pengujian ke empat, hasil Gambar degradasi photovoltaic 2 busbar cell sangat terlihat jelas.



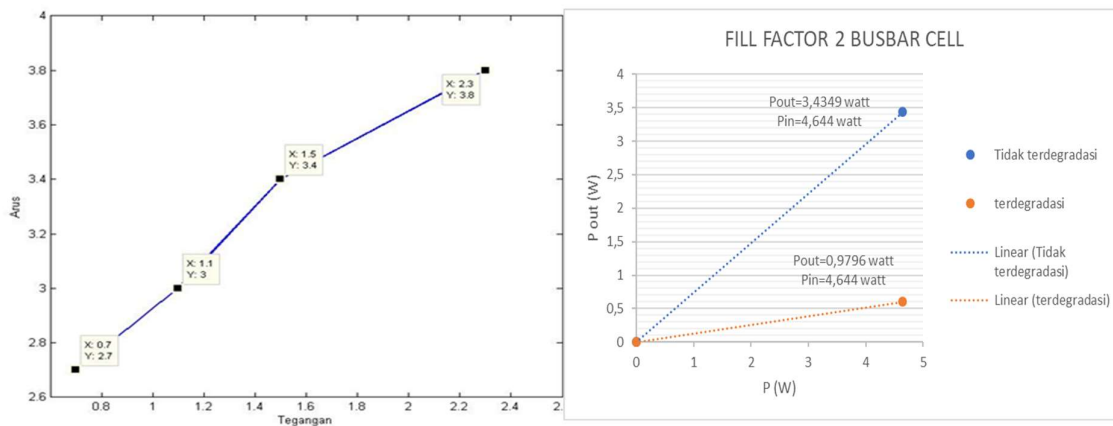
Gambar 9. Hasil pengujian dan perhitungan output daya dan efisiensi PV module 50WP

Pada gambar 9. Hasil pengujian dan perhitungan daya keluaran dan efisiensi yang terdegradasi pada PV module dengan adanya PID nya dengan nilai fill factornya adalah 32,38 % dari proses pengukuran instrument dan perhitungan dan juga nilai efisiensi akan didapat sebesar penurunan 6,341% dari daya output yang dikeluarkan oleh PV module 50WP.



Gambar 10. Percobaan hasil photo EL pada PV cell 2 busbar

Berdasarkan analisa yang terlihat gambar 9. Pengujian yang telah dilakukan untuk pengambilan gambar electroluminescent terlihat jelas bahwa ada nya cacat pada bagian photovoltaic cell sehingga terjadinya penurunan kualitas daya keluaran pada PV cell. Hasil pengukuran tegangan pada PV cell sebesar 2,3 V dan sebesar arus 3,8 A yang dihasilkan pada PV cell yang terdapat crack/cacat garis pada photovoltaic 2 busbar cell



Gambar 10. Grafik I-V dan efisiensi pada pengukuran PV cell 2 busbar

Pada hasil pengujian terlihat bahwa Gambar crack/cacat pada photovoltaic sudah tampak sangat jelas, pada grafik I-V terjadi degradasi pada PV cell yang mengakibatkan menurun daya yang tidak sesuai dengan spesifikasi dari PV Cell tsb, dapat terlihat arus sebesar 3.8A dan tegangan 2.3V yang terdeteksi pada saat di supply dari power supply ke photovoltaic cell tidak sesuai spesifikasi yang ukur pada memberikan tegangan dan arus. Sehingga PV cell tersebut bisa dinyatakan ada kerusakan degradasi yang kasat mata.



## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

1. Pengujian ini menjelaskan tentang mekanisme pencitraan electroluminescent, berdasarkan metode electroluminescence untuk mendeteksi cacat sel surya berdasarkan teknologi deteksi infra merah dengan melalui penggunaan arus listrik yang menghubungkan photovoltaic dalam mode bias maju, lalu photovoltaic mengeluarkan citra luminescence yang bisa ditangkap oleh filter infrared.
2. mengetahui pengujian ini pada jenis - jenis cacat/crack yang sering terjadi pada sel surya, seperti bitnik hitam (black spot), area berpori (porous area), lingkaran konsentris (concentric circle).
3. Dalam pengujian ini dapat diterapkan untuk pekerjaan yang lebih baik pada pendeteksian gambar pada electroluminescence, karena instrument yang digunakan untuk pengujian ini lebih hemat biaya dan lebih efisien.
4. Dalam pengujian ini di dapat nilai efisiensi antara photovoltaic tidak terdegradasi dan terdegradasi, yaitu nilai efisiensi pada photovoltaic module 50 WP yang tidak terdegradasi sebesar 14,29 %, sedangkan nilai efisiensi photovoltaic module 50 WP yang terdegradasi sebesar 7,949 %. Nilai efisiensi pada photovoltaic 2 busbar cell yang tidak terdegradasi sebesar 25,669 %, sedangkan nilai efisiensi photovoltaic 2 busbar cell yang terdegradasi.

### 4.2 Saran

Dalam penelitian ini masih banyak sekali kekurangan dan ketidaksempurnaan. Untuk itu, perlu dilakukan pengembangan agar ke depannya menjadi sempurna ataupun lebih baik lagi sehingga memiliki beberapa saran, diantaranya:

1. Camera digital single lens reflex yang telah di modifikasi dengan filter infrared dapat digantikan dengan Thermal Detection sehingga bisa mendapatkan Gambar crack/cacat yang lebih jelas di bandingkan menggunakan camera DSLR.
2. Pada teknik pengujian ini sangat bagus untuk pengujian namun merupakan kelemahan utama metode ini adalah memerlukan kontak listrik dengan sel (catu daya), di bandingkan dengan metode *photoluminescence*.

## REFERENSI

- [1] T. Photovoltaic, S. Satu, S. Menciptakan, G. Architecture, E. Setiyowati, and L. Belakang, "Teknologi photovoltaic: salah satu strategi menciptakan green architecture," pp. 1–17.
- [2] W. Yongqing, Z. Haipeng, S. Dengyuan, and C. Ailing, "Research to the Typical Defects of Crystalline Silicon Photovoltaic Cells based on EL Images," vol. 3, no. 3, pp. 200–204, 2013.
- [3] P. I. Degradation, P. Hacke, N. Renewable, and A. Energy, "Understanding Potential Induced Degradation," 1970.
- [4] M. Israil, A. Ghani, and Y. Kerm, "Non-destructive Microcracks Detection Techniques in Silicon Solar Cell," vol. 4, no. 8, pp. 1073–1087, 2014.
- [5] S. P. Pv, "Handbook for Solar Photovoltaic (PV) Systems."
- [6] A. Y. Dewi, D. Teknik, E. Fakultas, T. Industri, and I. Teknologi, "Pemanfaatan energi surya sebagai suplai cadangan pada laboratorium elektro dasar di institut teknologi

- padang,” vol. 2, no. 3, pp. 20–28.
- [7] T. Dependence *et al.*, “By Wael Fareed Fouad Mohamed Faculty of Engineering , Cairo University , Giza , Egypt By Wael Fareed Fouad Mohamed Kassel University , Kassel , Germany Faculty of Engineering , Cairo University , Giza , Egypt,” 2014.
- [8] D. Rusdiana, “Kebergantungan Faktor Pengisian ( Fill Factor ) Sel Surya Terhadap Besar Celah Pita Energi Material Semikonduktor Pembuatnya : Suatu Tinjauan Matematika,” no. 1.
- [9] D. S. Mintorogo, “Strategi Aplikasi Sel Surya ( Photovoltaic Cells ) Pada Perumahan Dan Bangunan Komersial,” *Dimens. Tek. Arsit.*, vol. 28, no. 2, pp. 129–141, 2000.
- [10] S. Cis and A. Maximum, “Copper Indium Selenide ( CIS ) Solar Cell Copper Indium Gallium Selenide ( CIGS ) Solar Cell.”
- [11] T. Information, “PID - The Problem and How to Solve It,” pp. 1–8.
- [12] T. Information, “Potential Induced Degradation ( PID ),” pp. 1–4.
- [13] W. E. Limited, “Potential Induced degradation.”
- [14] S. Hameln, A. Ohrberg, and D.- Emmerthal, “MEAN DEGRADATION RATES IN PV SYSTEMS FOR VARIOUS KINDS OF PV MODULE FAILURES,” pp. 1435–1443.
- [15] R. W. Birkmire and E. Eser, “POLYCRYSTALLINE THIN FILM SOLAR CELLS : Present Status and Future Potential SOLAR CELLS BASED ON CuInSe 2 AND RELATED ALLOYS,” pp. 1–24, 1997.
- [16] T. Ir, “Electroluminescence in photovoltaic cell,” pp. 1–3.
- [17] M. A. Munoz, M. C. Alonso-García, N. Vela, and F. Chenlo, “Early degradation of silicon PV modules and guaranty conditions,” *Sol. Energy*, vol. 85, no. 9, pp. 2264–2274, 2011.

