

**PERANCANGAN *FAULT DETECTION* PADA *PHOTOVOLTAIC CELLS* MENGGUNAKAN SENSOR *HALL EFFECT***

**SKRIPSI**

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



**Disusun Oleh:**

**Luqman Rahman Hakim**

**3332180063**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
2024**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Perancangan *Fault Detection* Pada *Photovoltaic Cells*  
Menggunakan Sensor *Hall Effect*

Nama Mahasiswa : Luqman Rahman Hakim

NPM : 3332180063

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Dengan sepenuh hati, saya menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil tulisan saya sendiri dan tidak mengandung karya orang lain, kecuali jika saya telah secara jelas merujuknya melalui sumber yang dapat dipertanggungjawabkan. Jika suatu saat ditemukan bahwa ada bagian dari skripsi ini yang bukan karya saya, saya siap menerima konsekuensi hukum yang berlaku. Saya juga siap menanggung semua konsekuensi hukum dari pernyataan yang saya buat secara sadar dan sengaja melalui dokumen ini.

Cilegon, 07 - agustus - 2024



**Luqman Rahman Hakim**

**3332180063**

## HALAMAN PENGESAHAN

Dengan ini ditetapkan bahwa Skripsi berikut :

Judul : Perancangan *Fault Detection* Pada *Photovoltaic Cells* Menggunakan  
Sensor *Hall Effect*  
Nama Mahasiswa : Luqman Rahman Hakim  
NPM : 3332180063  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

### Dewan Penguji

Pembimbing I : Dr. Eng. Rocky Alfan, S.T., M.Sc.

Pembimbing II : Imamul Muttakin, S.T., M.Eng., Ph.D.

Penguji I : Prof.Dr. Alimuddin, S.T., M.M., M.T.

Penguji II : Heri Haryanto S.T., M.T.

### Tanda Tangan



Mengetahui,

Ketua Program Studi



**Dr. Eng. Rocky Alfan, S.T., M.Sc.**  
**NIP.198103282010121001**

## PRAKATA

Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, saya berhasil menyelesaikan skripsi ini atas anugerah dan rahmat-Nya. Proses penulisan skripsi ini merupakan bagian dari syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik dalam Jurusan Teknik Elektro di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Saya menyadari bahwa tanpa dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak sejak masa perkuliahan hingga penulisan skripsi, pencapaian ini akan sulit terwujud. Oleh karena itu, saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Almh. Komariah S.Pd., seseorang yang biasa saya sebut mamah. Alhamdulillah kini penulis sudah berada di tahap ini, menyelesaikan skripsi ini sebagai perwujudan terakhir sebelum engkau benar-benar pergi. Terimakasih sudah mengantarkan saya berada ditempat ini, walaupun pada akhirnya saya harus berjuang tertatih sendiri tanpa di temani lagi.
2. Dr. Eng. Rocky Alfan, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro sekaligus dosen pembimbing 1 yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
3. Imamul Muttakin, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing 2 yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
4. Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M. Eng. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan kepada saya selama masa perkuliahan;
5. Seluruh dosen, staf akademik, dan teman-teman Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa atas semua ilmu yang diberikan sejak semester awal sampai sekarang, dukungan, dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.

Cilegon

2024

Luqman Rahman Hakim

## ABSTRAK

Luqman Rahman Hakim

Teknik Elektro

### PERANCANGAN *FAULT DETECTION* PADA *PHOTOVOLTAIC CELLS* MENGUNAKAN SENSOR *HALL EFFECT*

Dewasa ini banyak faktor yang menyebabkan *PV cell* tidak dapat bekerja secara optimal yang disebabkan karena adanya *busbar* yang terputus dan kerusakan yang terjadi di dalam *PV cell*. Berbagai metode pendeteksian kegagalan pada *PV cell* telah banyak ditemukan dengan berbagai jenis metode, namun setiap metode memiliki keterbatasan. Maka daripada itu penelitian ini mengembangkan metode sensor *magnetic hall effect* berjenis KY024 untuk mendeteksi kerusakan pada sel *PV*. Pengujian diagnosa kegagalan *PV sel* dilakukan dengan mengetahui nilai arus listrik yang mempengaruhi nilai medan magnet pada tiap busbar di *PV sel*. Pengujian dilakukan secara tiga kali yaitu untuk sel surya pada kondisi normal, sel surya pada kondisi *cut busbar* dan sel surya pada kondisi *crack*. Diagnosa kerusakan dapat diketahui jika nilai medan magnet yang didapatkan memiliki perbedaan yang signifikan antara kedua busbar yang diuji baik untuk sel surya yang keadaan normal, *cut busbar*, dan *crack*.

Kata kunci: Sel Surya, Medan magnet, *Magnetic hall effect* KY024, *Busbar*

## **ABSTRACT**

Luqman Rahman Hakim

Electrical Engineering

### **DESIGNING FAULT DETECTION IN PHOTOVOLTAIC CELLS USING HALL EFFECT SENSORS**

Today, there are many factors that cause PV cells to not work optimally due to disconnected busbars and damage that occurs in PV cells. Various methods of detecting failure in PV cells have been found with various types of methods, but each method has limitations. Therefore, this research developed a magnetic hall effect sensor method type KY024 to detect damage to PV cells. Testing the diagnosis of PV cell failure is carried out by knowing the value of electric current that affects the value of the magnetic field on each busbar in the PV cell. Tests were carried out three times, namely for solar cells under normal conditions, solar cells in cut busbar conditions and solar cells in crack conditions. Damage diagnosis can be known if the magnetic field value obtained has a significant difference between the two busbars tested for both normal state solar cells, cut busbars, and cracks.

Keywords: Solar Cell, Magnetic field, Magnetic hall effect KY024, Busbar

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1. Sel Surya ( <i>solar cell</i> ).....	6
2.2. Indikator Kinerja PV .....	7
2.3. Penyebab Kerusakan Pada Modul PV .....	9
2.3.1. Delaminasi ( <i>Delamination</i> ).....	9
2.3.2. <i>Hot spot</i> .....	10
2.3.3. <i>Snail track</i> .....	11
2.4. Variasi Pendeteksian Kerusakan PV .....	12
2.4.1. <i>Electroluminescence</i> .....	12
2.4.2. <i>IR Thermography</i> .....	13
2.4.3. <i>Integrated Magnetic Sensor</i> .....	14
2.4.4. <i>I-V Curve</i> .....	15
2.5. Penerapan <i>Hall-Effect</i> Untuk Pendeteksian Kerusakan Sel Surya .....	16
2.5.1. Fluks Medan Magnet.....	17
2.5.2. Persamaan <i>Bio-Savart</i> .....	18
2.6. Sensor <i>Hall Effect</i> KY-024 .....	19

2.7	<i>Operational Amplifier</i> .....	20
2.7.1	Op-Amp LM358.....	20
2.7.2	Op-Amp LM741.....	21
2.7.3	Op-Amp LM301.....	22
2.8	Arduino Sebagai Mikrokontroler .....	22
2.8.1	Arduino Nano.....	23
2.8.2	Arduino Uno R3.....	23
2.8.3	Arduino Mega2560 .....	24
2.9	Kajian Pustaka .....	26
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>29</b>
3.1	Alur Penelitian.....	29
3.2	Diagram Blok Alat Penelitian.....	30
3.3	<i>Flowchart</i> Alat.....	31
3.4	Rangkaian Skematik Alat .....	33
3.5	<i>Power Supply</i> .....	34
3.6	<i>Sensor Magnetic Hall Effect</i> KY-024.....	34
3.7	<i>Photovoltaic cells 2 Busbar</i> .....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>38</b>
4.1	Hasil Perancangan Alat.....	38
4.2	Pengujian Alat Pendeteksi Kerusakan Pada <i>Photovoltaic Cell</i> .....	39
4.2.1	Pengujian Sensor <i>Hall-Effect</i> KY024 .....	40
4.2.2	Pengujian Sensor KY024 Menggunakan Modul Op-Amp LM358 .....	41
4.2.3	Pengujian Perbandingan Menggunakan <i>Ampere Meter</i> .....	42
4.3	Pengujian Medan Magnet Pada Sel Surya Kondisi <i>Indoor</i> .....	43
4.3.1	Hasil Pengujian Sel Surya Dengan Kondisi Normal.....	43
4.3.2	Hasil Pengujian Sel Surya Dengan Kondisi <i>Cut busbar</i> .....	47
4.3.3	Hasil Pengujian Sel Surya Dengan Kondisi <i>Crack</i> .....	50
4.4	Hasil Pengujian Isc Pada Sel Surya.....	54
4.5	Hasil Pengujian Voc Pada Sel Surya .....	55
4.4	Hasil Pengujian Medan Magnet Pada Sel Surya Kondisi <i>Outdoor</i> .....	56
4.4.1	Hasil Pengujian Sel Surya Dengan Kondisi Normal.....	57
4.4.2	Hasil Pengujian Sel Surya Dengan Kondisi <i>Cutbusbar</i> .....	61
4.4.3	Hasil Pengujian Sel Surya Dengan Kondisi <i>Crack</i> .....	64
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>69</b>



5.1	Kesimpulan.....	69
5.2	Saran.....	69
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>70</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>75</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip kerja solar cell [15] .....	6
Gambar 2.2 Skema Potongan <i>Solar cell</i> .....	7
Gambar 2.3 <i>Delamination</i> pada Panel Surya [12] .....	10
Gambar 2.4 <i>Hotspot</i> pada panel surya [21].....	11
Gambar 2.5 <i>Snail Track</i> pada Panel Surya.....	12
Gambar 2.6 Hasil pendeteksian menggunakan <i>Electroluminescence</i> [22]. .....	13
Gambar 2.7 Hasil pendeteksian menggunakan <i>IR Thermography</i> [24].....	14
Gambar 2.8 Skema pemindaian <i>Busbar</i> pada PV [26].....	15
Gambar 2.9 Grafik perbandingan menggunakan metode <i>I-V curve</i> .....	16
Gambar 2.10 Prinsip kerja <i>Hall-effect</i> [28].....	17
Gambar 2.11 Sensor <i>Hall Effect</i> KY-024 [33] .....	19
Gambar 2.12 <i>pin output</i> Op-Amp LM358 [36].....	20
Gambar 2.13 <i>pin output</i> Op-Amp LM741 [36].....	21
Gambar 2.14 <i>pin output</i> Op-Amp LM301 .....	22
Gambar 2.15 Arduino Nano [38] .....	23
Gambar 2.16 Arduino Uno R3 [39].....	24
Gambar 2.17 Arduino Mega2560[40] .....	25
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	29
Gambar 3.2 Diagram Blok Alat .....	30
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Alat .....	32
Gambar 3.4 Rangkaian <i>input</i> dan <i>output</i> Alat.....	33
Gambar 3.5 Grafik sensitifitas sensor terhadap tegangan masukan.....	35
Gambar 3. 6 Desain <i>Photovoltaic cells 2 busbar monocrystalline</i> .....	36
Gambar 4. 1 <i>Hardware</i> pendeteksi kerusakan Sel Surya.....	38
Gambar 4.2 Hasil <i>Output</i> Sinyal KY024 Tanpa Modul Op-Amp LM358.....	41
Gambar 4.3 <i>Output</i> Sinyal KY024 Menggunakan Modul Op-Amp LM358.....	41
Gambar 4.4 Pengambilan <i>output</i> <i>Isc</i> dan <i>Voc</i> dibawah iradiasi matahari .....	42
Gambar 4.5 kuat medan magnet pada sel surya normal dengan arus 3 <i>ampere</i> ...	44
Gambar 4.6 kuat medan magnet pada sel surya normal dengan arus 4 <i>ampere</i> ...	45
Gambar 4. 7 kuat medan magnet pada sel surya normal dengan arus 5 <i>ampere</i> ..	46

Gambar 4.8 kuat medan magnet pada sel surya <i>cut busbar</i> dengan arus 3 <i>ampere</i> .....	47
Gambar 4.9 kuat medan magnet pada sel surya <i>cut busbar</i> dengan arus 4 <i>ampere</i> .....	48
Gambar 4.10 kuat medan magnet pada sel surya <i>cut busbar</i> dengan arus 5 <i>ampere</i> .....	49
Gambar 4.11 Nilai kuat medan magnet pada sel surya <i>crack</i> dengan arus 3 <i>ampere</i> .....	50
Gambar 4.12 Nilai kuat medan magnet pada sel surya <i>crack</i> dengan arus 4 <i>ampere</i> .....	52
Gambar 4.13 Nilai kuat medan magnet pada sel surya <i>crack</i> dengan arus 5 <i>ampere</i> .....	53
Gambar 4.14 Pengaruh waktu terhadap <i>temperature</i> .....	57
Gambar 4.15 Grafik medan magnet pada sel surya normal dibawah iradiasi matahari.....	58
Gambar 4.16 Grafik medan magnet pada sel surya <i>cutbusbar</i> dibawah iradiasi matahari.....	61
Gambar 4.17 Grafik medan magnet pada sel surya <i>crack</i> dibawah iradiasi matahari.....	65

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Kajian Pustaka .....	26
Tabel 3.1 Spesifikasi Power Supply Model 3010 .....	34
Tabel 3.2 Spesifikasi Sensor Hall effect KY-024.....	34
Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Photovoltaic cells 2 busbar</i> .....	36
Tabel 4.1 Hasil <i>output</i> Isc pada Sel Surya.....	54
Tabel 4.2 Hasil <i>output</i> Voc pada sel surya .....	55

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan pokok masyarakat modern saat ini dan bahan bakar fosil masih menjadi sumber energi utama. Pembakaran bahan bakar fosil menyebabkan lebih banyak emisi karbon setiap hari dan dapat merusak ekosistem dengan menyebabkan fenomena yang disebut pemanasan global[1]. Sumber energi terbarukan sangat diperlukan saat ini karena energi fosil suatu saat akan habis. Banyak macam-macam sumber energi terbarukan seperti contohnya energi surya [2].

Penggunaan energi listrik yang bersumber dari bahan bakar fosil seperti batu bara, gas alam, dan minyak bumi dapat menghasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dalam jumlah besar yang lambat laun akan habis serta menyebabkan pencemaran lingkungan, perubahan iklim, dan pemanasan global. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan sumber Energi Baru Terbarukan (EBT) untuk dapat menciptakan energi bersih dan ketersediaan yang berkelanjutan serta berperan penting dalam memecahkan masalah energi di masa depan. Penggunaan *renewable energy* yang hampir memenuhi standar keamanan lingkungan adalah energi surya[3]. Teknologi *photovoltaic* (PV) telah mengalami percepatan dalam hal pembangunan sebagai salah satu energi terbarukan yang menjanjikan serta mendapatkan berbagai manfaat, termasuk bebas polusi, energi yang aman, operasi tanpa suara dan penurunan biaya pada instalasi [4].

Saat ini pemerintah sudah mengambil tindakan dalam rangka mencegah terjadinya kerusakan lingkungan dengan membuat peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya (ESDM). Peraturan tersebut mengatur penggunaan Sumber Energi Terbarukan (EBT) sebagai salah satu sumber tenaga listrik, salah satunya adalah penggunaan energi surya [5].

Berdasarkan peraturan yang di keluarkan menteri energi dan sumber daya No. 19 Tahun 2016 tentang pembangkit tenaga listrik tenaga surya atau fotovoltaiik oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (PERSERO). Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dan pencapaian target energi baru dan energi terbarukan sesuai dengan

kebijakan energi nasional, perlu lebih mendorong pemanfaatan energi surya untuk pembangkitan tenaga listrik. Keuntungan utama dari pengembangan energi surya di Indonesia dikarenakan potensinya yang sangat baik, yakni rata-rata 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Selain itu perkembangan teknologi konversi energi surya menjadi energi listrik sangat pesat sehingga harganya pun menjadi relatif lebih murah [6]. Berdasarkan survei yang dilakukan *International Energy Agency* (IEA) mengenai produksi modul surya di seluruh dunia pada akhir tahun 2020 dengan kapasitas produksi sebesar 165 GW dengan modul surya yang sudah terpasang pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebesar 90 GW [7]. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa impor *photovoltaic* (PV) di Indonesia setiap tahun mengalami peningkatan. Pada tahun 2021 nilai impor PV telah mencapai 1.259.238 Kg atau senilai USD 4,082,312.00 [8].

Berdasarkan data tersebut, fenomena penggunaan sistem PV yang meningkat. Mengakibatkan timbulnya berbagai macam permasalahan, untuk mendeteksi kesalahan pada PV maka diperlukan sistem pendeteksi kesalahan yang dapat mendeteksi kerusakan pada PV daya keluaran yang rendah dan memeriksa efisiensi daya PV dengan tujuan untuk mengurangi kerusakan pada modul PV [9]. Pada pengoperasian PV banyak ditemukan berbagai macam kesalahan pada PV yang dapat menyebabkan penurunan fungsi dari PV tersebut. Hal tersebut karena kurang adanya pengawasan (*supervision*), dan sistem yang dapat mendeteksi kesalahan pada PV (*fault detection*) [10].

Faktor lingkungan seperti debu, suhu lingkungan, kecepatan angin, kelembaban, badai pasir yang mempengaruhi hasil energi dari sistem PV. Faktor tersebut mempengaruhi PV yang menyebabkan penurunan pada kinerja PV [11].

Kesalahan pada PV ada berbagai jenis seperti *Line to line fault* (LLF), *Arc Faults* (AF) dan *Partial shading*. Kerusakan-kerusakan yang terdapat pada PV, dapat menyebabkan rugi-rugi daya yang sangat besar hingga yang terparah dapat mengakibatkan kebakaran [12]. Penurunan fungsi kualitas PV biasanya terjadi karena *cell cracks*. *Cell cracks* bisa terjadi dikarenakan berbenturan pada saat pengiriman PV, badai yang dapat membuat *cracks* yang besar pada PV, dan juga temperatur yang terlalu tinggi pada permukaan PV [13]. Dalam pendeteksian kesalahan pada PV dapat ditemukan beberapa metode pendeteksian, salah satunya

adalah menggunakan metode *magnetic hall effect sensor*. Metode ini digunakan untuk mengetahui besarnya kekuatan medan magnet yang terdapat pada sekitar *busbar* yang dihasilkan oleh arus yang mengalir pada sekitar *busbar* [14].

Berdasarkan penjelasan diatas, penelitian ini akan merancang sistem pendeteksi kerusakan pada sel surya menggunakan *magnetic hall effect sensor*. Perancangan alat pendeteksi kerusakan pada sel surya ini dirancang menggunakan prinsip dari sensor *hall effect* KY-024 untuk mengukur kuat medan magnet yang dihasilkan dengan cara mengalirkan arus listrik pada *busbar* sel surya. Sehingga dapat memudahkan pada saat pemeliharaan serta dapat mengurangi biaya pada saat perawatan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mendeteksi kerusakan yang bersifat tidak kasat mata pada *Photovoltaic cells*?
2. Bagaimana perancangan *fault detection* pada *PV cells* menggunakan metode *magnetic hall effect sensor*?
3. Bagaimana menganalisis kualitas *photovoltaic cells* normal dan *photovoltaic cells* terdegradasi berdasarkan kekuatan medan magnet menggunakan metode *magnetic hall effect sensor*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Merancang pendeteksian kerusakan pada *photovoltaic cells* menggunakan sensor *magnetic hall effect*.
2. Menganalisis performa *photovoltaic cells* dengan berbagai kerusakan menggunakan sensor *hall effect* berdasarkan nilai medan magnet dari *photovoltaic cells*.
3. Mengembangkan metode pendeteksian yang lebih akurat dengan bantuan modul Op-Amp LM358 untuk meningkatkan stabilitas sinyal sensor.

4. Dapat mengimplentasikan metode baru dalam pendeteksian kerusakan pada *photovoltaic cells*.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diberikan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi untuk akademisi yang melakukan kajian tentang pendeteksian kerusakan pada *photovoltaic cells*.
2. Hasil penelitian ini dapat mendeteksi kerusakan pada *photovoltaic cell* yang dapat dilakukan dengan alat yang sederhana.
3. Hasil penelitian ini dapat mendeteksi kerusakan *photovoltaic cell* yang bersifat tidak kasat mata.
4. Hasil penelitian ini dapat menjadi perkembangan dan pembaruan informasi dalam bidang *fault detection photovoltaic cells*.

#### 1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian sebagai berikut:

1. Objek yang diteliti hanya *photovoltaic cell monocrystalline 2,7 Wp*.
2. Penelitian ini hanya berfokus pada pendeteksian kerusakan pada *photovoltaic cells* normal dan *photovoltaic cells* terdegradasi menggunakan metode sensor *magnetic hall effect KY024*.
3. Menggunakan mikrokontroler Arduino nano untuk melakukan pemrosesan dan pengolahan data dari hasil pengukuran.
4. Pengambilan data pengukuran masih menggunakan metode konvensional.
5. Jarak pengukuran untuk pengambilan data dilakukan dengan jarak yang konstan.
6. Jenis *crack* hanya dapat dideteksi dengan menggunakan metode *electroluminescence*.
7. Penelitian ini hanya menggunakan alat ukur *ampere clamp* untuk pengambilan *output Voc* dan *Isc* pada *photovoltaic cell*.
8. Data iradiasi matahari diambil dari data yang terdapat pada *pyranometer*.



## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan ini disusun berdasarkan ketentuan yang sudah ditetapkan dengan maksud memberikan secara garis besar dari setiap bab dalam laporan ini Sistematika penulisan terdiri dari 5 Bab, susunan secara garis besar adalah sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang dari penelitian, rumusan masalah dari penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah penelitian dan sistematika penulisan.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang teori-teori dasar sebagai penunjang dalam perancangan pendeteksi kerusakan pada *photovoltaic cell* menggunakan sensor *magnetic hall effect*.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang proses perancangan alat, cara kerja alat, perangkat dan spesifikasi alat yang digunakan dalam pembuatan alat, yaitu perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*).

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil penelitian dan pembahasan yang disampaikan berupa penjelasan dari hasil pengujian yang telah didapat dari pembuatan alat dan pengolahan data penelitian mengenai deteksi kerusakan pada *photovoltaic cells* menggunakan sensor *magnetic hall effect*.

### BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang menguraikan rangkuman yang disimpulkan dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan beserta saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Hari Purwoto, M. F. Alimul, dan I. Fahmi Huda, “EFISIENSI PENGGUNAAN PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF”.
- [2] M. S. Iqbal, Y. A. K. Niazi, U. Amir Khan, dan B. W. Lee, “Real-time fault detection system for large scale grid integrated solar photovoltaic power plants,” *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, vol. 130, Sep 2021, doi: 10.1016/j.ijepes.2021.106902.
- [3] Y. Afriyanti, H. Sasana, dan G. Jalunggono, “ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KONSUMSI ENERGI TERBARUKAN DI INDONESIA,” *Directory Journal of Economic*.
- [4] J. M. Kadang dan J. Windarta, “Optimasi Sosial-Ekonomi pada Pemanfaatan PLTS PV untuk Energi Berkelanjutan di Indonesia,” *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 2, hlm. 74–83, Jul 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.11113.
- [5] “PERATURAN MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL NOMOR 12 TAHUN 2017”.
- [6] “PERATURAN MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA NOMOR 19 TAHUN 2016.” [Daring]. Tersedia pada: [www.peraturan.go.id](http://www.peraturan.go.id)
- [7] A. Stefanie, F. Choria Suci, dan L. Nurpulaela, “SISTEM PEMANTAU ENERGI DENGAN TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS,” vol. 6, no. 2, 2022.
- [8] R. Chandra, A. Haryo Tejo Sukmono, E. Hery Wahyanto, V. Sebastian, J. Magister Management, dan U. Prasetya Mulya, “FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERSEPSI MASYARAKAT JABODETABEK TERHADAP PEMBELIAN PANEL SURYA ATAP,” 2020.
- [9] A. Haque, K. V. S. Bharath, M. A. Khan, I. Khan, dan Z. A. Jaffery, “Fault diagnosis of Photovoltaic Modules,” *Energy Science and Engineering*, vol. 7, no. 3. John Wiley and Sons Ltd, hlm. 622–644, 1 Juni 2019. doi: 10.1002/ese3.255.

- [10] R. Samkria *dkk.*, “Automatic PV Grid Fault Detection System with IoT and LabVIEW as Data Logger,” *Computers, Materials and Continua*, vol. 69, no. 2, hlm. 1709–1723, 2021, doi: 10.32604/cmc.2021.018525.
- [11] M. Santhakumari dan N. Sagar, “A review of the environmental factors degrading the performance of silicon wafer-based photovoltaic modules: Failure detection methods and essential mitigation techniques,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 110. Elsevier Ltd, hlm. 83–100, 1 Agustus 2019. doi: 10.1016/j.rser.2019.04.024.
- [12] T. Hidayat, “Teknologi Deteksi dan Diagnosis Kerusakan pada PLTS: Review,” *Jurnal Teknik Elektro ITP*, vol. 9, no. 1, hlm. 11–18, Jan 2020, doi: 10.21063/jte.2020.3133903.
- [13] T. Tanahashi dan S. T. Hsu, “Solar cell cracks within a photovoltaic module: Characterization by AC impedance spectroscopy,” *PLoS One*, vol. 17, no. 11 November, Nov 2022, doi: 10.1371/journal.pone.0277768.
- [14] R. Alfanz, Y. Okazaki, T. Ikegami, dan Y. Deng, “Integrated micro tesla magnetic sensor for detecting photovoltaic cells failure,” dalam *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing Ltd, Des 2019. doi: 10.1088/1757-899X/673/1/012052.
- [15] P. Pawitra Teguh Dharma Priatam, M. Fitra Zambak, dan P. Harahap, “Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP,” vol. 4, no. 1, hlm. 48–54, 2021, doi: 10.30596/rele.v4i1.7825.
- [16] S. A. Kaban, M. Jafri, dan G. Gusnawati, “OPTIMALISASI PENERIMAAN INTENSITAS CAHAYA MATAHARI PADA PERMUKAAN PANEL SURYA (SOLAR CELL) MENGGUNAKAN CERMIN,” *Jurnal Fisika : Fisika Sains dan Aplikasinya*, vol. 5, no. 2, hlm. 108–117, Okt 2020, doi: 10.35508/fisa.v5i2.2243.
- [17] D. Rusdiana, “Kebergantungan Faktor Pengisian (Fill Factor) Sel Surya Terhadap Besar Celah Pita Energi Material Semikonduktor Pembuatnya : Suatu Tinjauan Matematika”.
- [18] R. Hariningrum, “Marine Science and Technology Journal Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya 100 WP Terhadap Daya Listrik Info Articles

- Abstrak,” *Marine Science and Technology Journal*, 2021, doi: 10.31331/maristec.v1i2.
- [19] G. A. Sinaga, I. Made Mataram, T. Gede, dan I. Partha, “Analisis Pembangkit Listrik Sistem Hybrid Grid Connected Di Villa Peruna Saba, Gianyar-Bali,” 2019.
- [20] G. R. Venkatakrisnan *dkk.*, “Detection, location, and diagnosis of different faults in large solar PV system—a review,” *International Journal of Low-Carbon Technologies*, vol. 18, no. 1. Oxford University Press, hlm. 659–674, 2023. doi: 10.1093/ijlct/ctad018.
- [21] A. Mellit, G. M. Tina, dan S. A. Kalogirou, “Fault detection and diagnosis methods for photovoltaic systems: A review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 91. Elsevier Ltd, hlm. 1–17, 1 Agustus 2018. doi: 10.1016/j.rser.2018.03.062.
- [22] M. W. Akram *dkk.*, “CNN based automatic detection of photovoltaic cell defects in electroluminescence images,” *Energy*, vol. 189, Des 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.116319.
- [23] Suhatno, E. Yuli Rustanto, dan A. Paid, “PEMANTAUAN THERMOGRAPHY INFRAMERAH DALAM PEMELIHARAAN INSTALASI LISTRIK FASILITAS SARANA DUKUNG IEBE”.
- [24] Y. Zefri, A. Elkettani, I. Sebari, dan S. A. Lamallam, “Thermal infrared and visual inspection of photovoltaic installations by uav photogrammetry—application case: Morocco,” *Drones*, vol. 2, no. 4, hlm. 1–24, Des 2018, doi: 10.3390/drones2040041.
- [25] O. Kunz dan A. Paduthol, “Investigating metal-semiconductor contacts in solar cells using magnetic field measurements,” 2019.
- [26] A. Rocky, M. Burhanzoi, O. Kenta, T. Ikegami, dan S. Kawai, “Photovoltaic Module Fault Detection Using Integrated Magnetic Sensors,” *IEEE J Photovolt*, vol. 9, no. 6, hlm. 1783–1789, Nov 2019, doi: 10.1109/JPHOTOV.2019.2940849.
- [27] dan Priyo Wibowo, “Pengukuran Medan Magnetik Helmholtz Coil Melalui Konversi Tegangan Efek Hall,” 2019.

- [28] A. A. Ali, G. Yanling, dan C. Zifan, “Study of hall effect sensor and variety of temperature related sensitivity,” *Journal of Engineering and Technological Sciences*, vol. 49, no. 3, hlm. 308–321, 2017, doi: 10.5614/j.eng.technol.sci.2017.49.3.2.
- [29] T. Dwitama dan D. Sutopo, “Clamp-Meter Pengukur Arus AC Berbasis Mikrokontroler,” vol. II, no. 2, 2010.
- [30] A. Warsito dan A. E. P. Haning, “Komparasi Solusi Kasus Fluks Magnetik di Sekitar Kawat Berarus Listrik dengan Metode Analitik dan Komputasi Comparison of Magnetic Flux Cases Solution in Around Electrified Wire between Analytical and Computational Methods,” 2018.
- [31] Y. Kurniawan dan Zulkifli, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Menggunakan Solenoida Dengan Pemanfaatan Fluks Magnet,” *Rekayasa Elektrikal dan Energi*, 2019.
- [32] A. F. Ade, K. Kusuma, S. A. Saripah, dan A. Rahma, “ANALISIS PEMANFAATAN TESLA COIL DALAM MENGHASILKAN TRANSMISI DAYA TANPA KABEL,” *Cross-border*, vol. 6, no. 1, hlm. 207–225, 2023.
- [33] S. Agmal, J. A. Prakosa, dan A. S. Wismogroho, “Wireless Temperature Measurement Validation Method for PCR Machines by Magnetic Hall-Effect Sensor,” *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, vol. 22, no. 1, hlm. 30, Agu 2022, doi: 10.55981/jet.460.
- [34] K. Atkin *dkk.*, “Development of an educational low-cost teslameter by using Arduino and Smartphone application,” *Phys Educ*, vol. 55, no. 3, 2020, doi: 10.1088/1361-6552/ab78dd.
- [35] A. Ridhoi, K. Setyadjit, dan B. Hariadi, “PENGATURAN LAMPU PENERANGAN MENGGUNAKAN KOMPARATOR OP-AMP LM358,” 2021. [Daring]. Tersedia pada: <http://univ45sby.ac.id/ejournal/index.php/industri/index>
- [36] B. Niam, U. Albab, dan R. Darpono, “PEMAKAIAN DAN PENCEGAHAN COVID-19 DENGAN MENGGUNAKAN HAND SANITIZER TANPA SENTUH DI MASJID THOYBAH KABUPATEN TEGAL,” *Jurnal Program Kemitraan dan Pengabdian Kepada Masyarakat*.

- [37] I. D. Ratnasari, “Rancang Bangun Alarm Deteksi Asap Rokok dan Kebisingan Pada Ruang Kelas Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler,” *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, vol. 3, no. 2, hlm. 54–60, Nov 2018, doi: 10.21831/elinvo.v3i2.18747.
- [38] Iksal, Suherman, dan Sumiati, “Perancangan Sistem Kendali Otomatisasi On-Off Lampu Berbasis Arduino dan Borland Delphi,” *Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Informasi*, 2018.