

**ANALISIS PENGARUH PERBEDAAN RADIASI MATAHARI  
TEHADAP *DETERIORATION PERFORMANCE*  
*PHOTOVOLTAIC MODULE* BERBASIS IOT**

**SKRIPSI**

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



Disusun oleh:

**PATRISIUS AGUSTO EPU NGGOBHE**

**3332170109**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
2023**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Analisis Pengaruh Perbedaan Radiasi Matahari Terhadap  
*Deterioration Performance Photovoltaic Module* Berbasis  
*IoT*

Nama Mahasiswa : Patrisius Augusto Epu Nggobhe

NPM : 3332170109

Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penulisan skripsi di atas adalah benar-benar hasil karya saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 17 Januari 2023



Patrisius A.E. Nggobhe

3332170109

## LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini disetujui bahwa proposal skripsi:

Judul : Analisis Pengaruh Perbedaan Radiasi Matahari Terhadap  
*Deterioration Performance Photovoltaic Module* berbasis  
*IoT*.  
Nama Mahasiswa : Patrisius Augusto Epu Nggobhe  
NPM : 3332170109  
Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal - melalui Sidang Skripsi di Fakultas  
Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon dan dinyatakan **LULUS /**  
**TIDAK LULUS.**

### Dewan Penguji

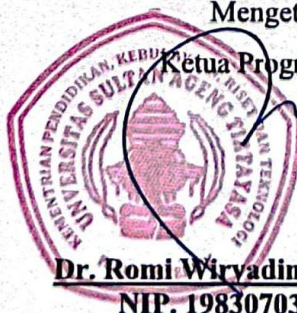
Pembimbing I : Dr. Eng Rocky Alfanz, M.Sc.  
Penguji I : Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng.  
Penguji II : Ceri Ahendyarti, S.T., M.Eng.

Tanda Tangan



Mengetahui,

Ketua Program Studi



**Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng.**  
**NIP. 198307032009121006**

## **PRAKATA**

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyusun skripsi dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis mengucapkan banyak terima kasih terhadap semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat diselesaikan tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis sampaikan banyak terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua serta keluarga yang telah memberikan semangat, motivasi, dan doa yang tak terhingga nilainya.
2. Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T.,M.Sc., selaku dosen pembimbing skripsi yang telah menyediakan banyak waktu serta memberikan arahan, saran, dan bimbingan kepada penulis selama proses menyelesaikan skripsi.
4. Dr. Ing. Muhammad Iman Santoso, M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik penulis yang telah memberikan arahan dan motivasi kepada penulis.
5. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada seluruh dosen, staf akademik dan teman-teman Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah membantu penulis berupa semangat, dukungan, dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Cilegon, 17 Januari 2023

Penulis

## ABSTRAK

Patrisius Augusto Epu Nggobhe  
Teknik Elektro

### Analisis Pengaruh Perbedaan Radiasi Matahari Terhadap *Deterioration Performance Photovoltaic Module* Berbasis IoT

Pemantauan dan pengecekan panel surya yang beroperasi dalam jangka waktu yang lama diperlukan untuk mengetahui performa panel surya tersebut. Performa panel surya dapat mengalami penurunan yang disebabkan oleh radasi matahari, suhu, debu, kondisi operasi dan kerusakan pada panel surya. Tujuan utama dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penggunaan panel surya dalam jangka waktu yang lama terhadap penurunan performa yang dihasilkan panel surya pada kondisi cuaca di kota Cilegon menggunakan 2 panel surya yaitu panel surya *monocrystalline* baru dan panel surya *monocrystalline* yang sudah beroperasi selama 7 tahun. Metode pada penelitian ini yaitu uji kinerja *output* yang dihasilkan oleh panel surya serta pemantauan *output* panel surya menggunakan *platform* Thingier.io. Hasil dari penelitian ini menunjukkan panel surya yang sudah beroperasi selama 7 tahun mengalami perubahan warna, korosi dan penurunan performa yang dihasilkan. Penurunan arus panel surya lama sebesar 2,54 A dan penurunan tegangan sebesar 3,11 V dibandingkan spesifikasi panel tersebut.

Kata Kunci : Panel Surya *Monocrystalline*, Penurunan Performa, Arus, Tegangan, Thingier.io.

## **ABSTRACT**

Patrisius Augusto Epu Nggobhe  
Electrical Engineering

Analysis of the Effect of Different Solar Radiation on Deterioration Performance  
Photovoltaic Module Based on IoT

Monitoring and checking of solar panels that operate for a long time is needed to determine the performance of these solar panels. Solar panel performance may decrease due to solar radiation, temperature, dust, operating conditions and damage to the solar panel. The main objective of this research is to determine the effect of using solar panels for a long time on the deterioration in performance produced by solar panels in weather conditions in the city of Cilegon using 2 solar panels, new monocrystalline solar panels and monocrystalline solar panels that have been operating for 7 years. The method in this study is to test the output performance produced by solar panels and monitoring solar panel output using the Thinger.io platform. The results of this study show that solar panels that have been operating for 7 years experience *discoloration*, corrosion and a decrease in the resulting performance. The current reduction of the solar panels is 2,54 A and the voltage drop is 3,11 V compared to the specification of the panel.

Keywords : Solar Panel Monocrystalline, Deterioration Performance, Current, Voltage, Thinger.io

## DAFTAR ISI

|   |            |
|---|------------|
| <b>LEMBAR HALAMAN</b> .....   | <b>i</b>   |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....                       | <b>ii</b>  |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....  | <b>iii</b> |
| <b>PRAKATA</b> .....  | <b>iv</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>ix</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....   | <b>xi</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 .....   | 3          |
| 1.5. Batasan Masalah .....  | 4          |
| 1.6. Sitematika Penulisan .....                                       | 4          |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                                  | <b>6</b>   |
| 2.1. Panel Surya .....  | 6          |
| 2.2. Faktor Penyebab <i>Deterioration</i> pada <i>PV Module</i> ..... | 7          |
| 2.3. Parameter Pengukuran Performa Panel Surya .....                  | 10         |
| 2.4. <i>Data logger</i> .....   | 12         |
| 2.5. ESP8266 WiFi Mikrokontroler .....                                | 13         |
| 2.6. <i>Pyranometer</i> Sensor Radiasi Matahari .....                 | 14         |
| 2.7. <i>Platform</i> Visualisasi Data Thinger.io.....                 | 14         |
| 2.8. Kajian Pustaka .....   | 15         |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....                            | <b>17</b>  |
| 3.1. Perancangan Penelitian .....                                     | 17         |
| 3.1.1. Diagram Blok Sistem Penelitian.....                            | 17         |
| 3.2. Perancangan Sistem mikrokontroler .....                          | 18         |
| 3.2.1. Rangkain <i>Input</i> sistem mikrokontroler .....              | 18         |
| 3.2.2. Rangkaian <i>Output</i> Sistem Miktontroler .....              | 19         |
| 3.2.3. <i>Flowchart</i> Sistem Mikrokontroler.....                    | 20         |

|  |   |            |
|--|---|------------|
| 3.3.                                     | Perancangan Sistem Pemantauan Penelitian .....                                  | 21         |
| 3.4.                                     | Spesifikasi <i>Pyranometer</i> .....  | 22         |
| 3.5.                                     | Spesifikasi Panel Surya.....  | 22         |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b> |   | <b>24</b>  |
| 4.1.                                     | Hasil Perancangan Alat.....   | 24         |
| 4.2.                                     | Pengujian Kalibrasi Sensor Arus .....   | 27         |
| 4.3.                                     | Pengujian Kalibrasi Sensor Tegangan .....                                       | 28         |
| 4.4.                                     | Pengujian Kalibrasi Sensor Suhu .....   | 30         |
| 4.5.                                     | Pengujian Kalibrasi <i>Pyranometer</i> .....                                    | 31         |
| 4.6.                                     | Pengujian Visualisasi Thinger.io .....  | 32         |
| 4.7.                                     | Hasil Pengujian <i>Deterioration Performance</i> Panel Surya Lama dan Baru..... | 33         |
| <b>BAB V PENUTUP.....</b>                |   | <b>50</b>  |
| 5.1.                                     | Kesimpulan .....  | 50         |
| 5.2.                                     | Saran .....   | 50         |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>               |   | <b>51</b>  |
| <b>LAMPIRAN A DATA PENGUJIAN .....</b>   |   | <b>A-1</b> |
| <b>LAMPIRAN B PERHITUNGAN .....</b>      |   | <b>B-1</b> |
| <b>LAMPIRAN C LISTING PROGRAM.....</b>   |   | <b>C-1</b> |



## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Proses Efek <i>Photovoltaic</i> yang Terjadi di Sel Surya [1]..... | 6  |
| Gambar 2.2 <i>Delamination</i> pada Panel Surya [20] .....                    | 7  |
| Gambar 2.3 Korosi pada Panel Surya [24].....                                  | 8  |
| Gambar 2.4 <i>Discoloration</i> pada Panel Surya [23] .....                   | 8  |
| Gambar 2.5 <i>Hot Spot</i> pada Panel Surya [23] .....                        | 9  |
| Gambar 2.6 <i>Snail Track</i> pada Panel Surya [25].....                      | 10 |
| Gambar 2.7 <i>Pin Out</i> Mikrokontroler ESP8266 [29] .....                   | 13 |
| Gambar 2.8 Struktur <i>Pyranometer</i> [30] .....                             | 14 |
| Gambar 2.9 Model Komunikasi Thingier.io [31] .....                            | 15 |
| Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem Penelitian .....                               | 17 |
| Gambar 3.2 Rangkaian <i>Input</i> Mikrokontroler.....                         | 18 |
| Gambar 3.3 Rangkain <i>Output Data Logger</i> .....                           | 19 |
| Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> Sistem Mikrokontroler.....                        | 20 |
| Gambar 3.5 Sistem Pemantaun pada <i>Platform</i> Thingier.Io .....            | 21 |
| Gambar 4.1 Panel Surya Lama dan Panel Surya Baru.....                         | 24 |
| Gambar 4.2 <i>Data Logger</i> .....   | 25 |
| Gambar 4.3 Pemasangan <i>Data Logger</i> ke Panel Surya .....                 | 26 |
| Gambar 4.4 <i>Pyranometer</i> .....   | 26 |
| Gambar 4.5 Pengujian Kalibrasi Sensor Arus 1.....                             | 27 |
| Gambar 4.6 Pengujian Kalibrasi Sensor Arus 2.....                             | 28 |
| Gambar 4.7 Pengujian Kalibrasi Sesor Tegangan 1.....                          | 29 |
| Gambar 4.8 Pengujian Sensor Tegangan 2 .....                                  | 29 |
| Gambar 4.9 Pengujian Kalibrasi Sensor Suhu 1 .....                            | 30 |
| Gambar 4.10 Pengujian Kalibrasi Sensor Suhu 2 .....                           | 30 |
| Gambar 4.11 Pengujian Kalibrasi <i>Pyranometer</i> .....                      | 31 |
| Gambar 4.12 Pengujian Visualisasi Thingier.io.....                            | 32 |
| Gambar 4.13 Sistem Pemantauan Tegangan Panel Surya .....                      | 33 |
| Gambar 4.14 Sistem Pemantauan Arus Panel Surya .....                          | 34 |
| Gambar 4.15 Radiasi Matahari Hari ke-1 .....                                  | 35 |
| Gambar 4.16 Suhu Panel Surya hari ke-1 .....                                  | 35 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 4.17 Arus Panel Surya Hari ke-1 .....                 | 36 |
| Gambar 4.18 Tegangan Panel Surya Hari-1 .....                | 37 |
| Gambar 4.19 Radiasi Matahari hari ke-2 .....                 | 38 |
| Gambar 4.20 Suhu Panel Surya hari ke-2 .....                 | 38 |
| Gambar 4.21 Arus Panel Surya Hari ke-2.....                  | 39 |
| Gambar 4.22 Tegangan Panel Surya Hari ke-2.....              | 40 |
| Gambar 4.23 Radiasi Matahari hari ke-3 .....                 | 40 |
| Gambar 4.24 Suhu Panel Surya hari ke-3 .....                 | 41 |
| Gambar 4.25 Arus Panel Surya Hari ke-3.....                  | 42 |
| Gambar 4.26 Tegangan Panel Surya Hari ke-3.....              | 42 |
| Gambar 4.27 Daya Panel Surya Hari ke-1 .....                 | 43 |
| Gambar 4.28 Daya Panel Surya Hari ke-2 .....                 | 44 |
| Gambar 4.29 Daya Panel Surya Hari ke-3 .....                 | 45 |
| Gambar 4.30 Efisiensi Panel Surya.....                       | 45 |
| Gambar 4.31 Panel Surya <i>Discoloration</i> .....           | 46 |
| Gambar 4.32 <i>Corrosion</i> dan Debu pada Panel Surya ..... | 47 |
| Gambar 4.33 Kurva I-V Panel Surya Lama .....                 | 47 |
| Gambar 4.34 Kurva IV Panel Surya Baru.....                   | 48 |
| Gambar 4.35 <i>Power Ratio</i> Panel Surya .....             | 49 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Pyranometer</i> ..... | 22 |
| Tabel 3.2 Spesifikasi Panel Surya .....        | 23 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kebutuhan sumber energi saat ini sangat mendesak dibutuhkan, berbagai macam produk yang mendukung kinerja dari manusia saat ini semuanya menggunakan energi listrik [1]. Kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat memerlukan terobosan yang baru agar menghasilkan energi listrik yang tidak menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan [2]. Salah satu usaha untuk menanggulangi energi listrik yang menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan dengan mengurangi pemakaian sumber energi listrik dari fosil [3]. Pengurangan pemakaian energi fosil dapat dilakukan dengan mengembangkan sumber energi *alternative* selain fosil, salah satunya menggunakan energi matahari [4]. Energi matahari merupakan salah satu sumber energi baru terbarukan, yang memiliki potensi sangat besar dalam menghasilkan energi listrik untuk kehidupan sehari-hari khususnya di Indonesia [5].

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki potensi cukup tinggi dalam pemanfaatan energi matahari [6]. Potensi rata-rata energi matahari di Indonesia sekitar 4,8 KWh/m<sup>2</sup>/hari [7]. Energi matahari dapat digunakan dengan mengkonversikan radiasi matahari menjadi energi listrik menggunakan *photovoltaic module* [8]. *Photovoltaic module* dibangun dari sel-sel yang dapat menyerap energi matahari dan merubahnya lewat efek *photovoltaic* menjadi energi listrik [9]. Cara kerja *Photovoltaic module* dapat diukur dengan melihat daya keluaran yang dihasilkan. Kerja *Photovoltaic module* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti bahan pembuatnya, resistansi bahan, temperatur, dan tingkat radiasi matahari. Kurva arus-tegangan (I-V) bisa didapatkan keluaran *Photovoltaic module* seperti arus hubungan singkat ( $I_{sc}$ ), tegangan terbuka ( $V_{oc}$ ), arus maksimum ( $I_{max}$ ), tegangan maksimum ( $V_{max}$ ), dan daya maksimum ( $P_{max}$ ) [10].

Pemantauan *photovoltaic module* sangat diperlukan untuk menilai *performance photovoltaic module*. *Photovoltaic module* dalam beberapa kasus mengalami *deterioration performance* berdasarkan daya yang dihasilkan, dengan

menggunakan *photovoltaic module* dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan *deterioration* pada *performance photovoltaic module* [11]. *Deterioration performance photovoltaic module* dapat di pengaruhi oleh suhu, radiasi matahari, debu, kelembapan, dan kerusakan pada *photovoltaic module* [12][13]. Penentuan *deterioration performance photovoltaic module* yang beroperasi dalam jangka waktu yang panjang yaitu dengan membandingkan keluaran daya *output* dengan spesifikasi keluaran *photovoltaic module* tersebut. *Deterioration* ini dapat ditemukan dengan mengukur arus dan tegangan yang dihasilkan [14].

Pemantauan *photovoltaic module* sangat diperlukan untuk menilai *performance photovoltaic module* pada perubahan cuaca [14]. Seiring dengan perkembangan teknologi yang tumbuh pesat maka banyak dikembangkan perancangan sistem pemantauan yang bisa beroperasi secara jarak jauh, yang mana sistem ini di sebut *Internet of Things* (IoT) [15]. IoT memungkinkan obyek antara satu sama lain saling terhubung dan bertukar informasi memanfaatkan jaringan internet [16]. IoT dalam penerapannya dapat digunakan untuk memantau, mengumpulkan, memproses, dan mencatat data yang dihasilkan oleh suatu sistem secara otomatis dan *realtime* dalam jarak dekat maupun jarak jauh [15]. Salah satu *platform* IoT adalah Thingier.io. Thingier.io merupakan *platform* IoT yang menyediakan fitur *cloud* untuk menghubungkan berbagai perangkat yang terkoneksi dengan jaringan internet. Thingier.io dapat menampilkan hasil pembacaan sensor dalam bentuk grafik atau nilai dan juga mendukung semua jenis *board* seperti arduino, ESP8266, ESP32, dan Intel edision yang dapat terhubung melalui jaringan internet [17].

Berdasarkan penjelasan di atas, perlu adanya pemantauan dan pengecekan *performance photovoltaic module* yang beroperasi dalam jangka waktu yang lama, maka penelitian ini akan menampilkan dan membandingkan *performace photovoltaic module* yang telah beroperasi dalam jangka waktu yang lama dengan spesifikasi dari panel surya tersebut berdasarkan pangaruh radiasi matahari pada kondisi cuaca di kota Cilegon dengan menggunakan *data logger* sebagai alat akusisi data dan menggunakan *platform thingier.io* sebagai sistem pemantauan secara *real time* yang dapat beroperasi secara jarak jauh.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, bahwa penggunaan panel surya dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan *deterioration performance* yang dihasilkan maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Pengaruh penggunaan *photovoltaic module* dalam jangka waktu 7 tahun terhadap *deterioration performance* yang dihasilkan.
2. Pengaruh radiasi matahari terhadap *performace* yang dihasilkan *photovoltaic module* lama dan baru di kota Cilegon.
3. Pemantauan *performance photovoltaic module* menggunakan *platform Thinger.io*.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penggunaan *photovoltaic module* dalam jangka waktu 7 tahun terhadap *deterioration performance* yang dihasilkan.
2. Mengetahui pengaruh radiasi matahari terhadap *performace* yang dihasilkan *photovoltaic module* lama dan baru di kota Cilegon.
3. Mengetahui bagaimana menggunakan *platform Thinger.io* dalam pemantauan *performance photovoltaic module*.

## 1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diberikan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan pengembangan dalam penggunaan *photovoltaic module* bagi para akademisi yang melakukan kajian tentang pengaruh perbedaan radiasi matahari matahari terhadap *deterioration performance* yang dihasilkan *photovoltaic module*.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan dan pengetahuan tentang pengaruh penggunaan *photovoltaic module* dalam jangka waktu yang lama terhadap *performance* yang dihasilkan .

3. Hasil penelitian ini diharapkan berkontribusi dalam perkembangan dan pembaharuan informasi bidang energi baru terbarukan khususnya *photovoltaic module*.

### 1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Parameter yang diukur pada penelitian ini yaitu arus, tegangan, daya, performa rasio, dan efisiensi.
2. Pada penelitian ini menggunakan panel surya tipe *monocrystalline* dengan daya maksimum 315 Wp dan 310 Wp.
3. Pembahasan terfokus pada perbandingan daya keluaran yang dihasilkan *photovoltaic module* lama dan *photovoltaic module* baru berdasarkan pengaruh radiasi matahari di kota Cilegon.
4. Platform IoT yang digunakan pada penelitian ini yaitu Thinger.io.
5. Pengujian dilakukan secara *realtime* pada tiga kondisi cuaca yaitu mendung, cerah, dan berawan.
6. Mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini NodeMCU ESP8266.
7. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sensor *pyranometer*, DS18B20, rangkaian *voltage divider*, dan sensor ACS712.

### 1.6. Sitematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini dibagi dalam beberapa pokok sebagai berikut:

#### BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi tentang penjelasan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

#### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang penjelasan konsep *deterioration* pada panel surya, pengaruh radiasi matahari terhadap daya yang dihasilkan panel surya, mikrokontroler sebagai alat akuis data, IoT sebagai sistem pemantauan data, dan kajian pustaka.

#### BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang langkah penelitian yang akan dilakukan berupa alur penelitian, komponen penelitian, metode penelitian, dan jadwal penelitian.

#### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil dan pembahasan dari penelitian yang dikerjakan.

#### BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harahap P., “Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya yang Dihasilkan dari Berbagai Jenis Sel Surya,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 73–80, 2020, doi: 10.30596/rele.v2i2.4420.
- [2] Aprilia E., A. Aini, A. Frakusya, and A. Safril, “Potensi Panas Laut Sebagai Energi Baru Terbarukan di Perairan Papua Barat Dengan Metode Ocean Thermal Energy Conversion (Otec),” *J. Meteorol. Klimatologi dan Geofis.*, vol. 6, no. 2, pp. 7–14, 2019, doi: 10.36754/jmkg.v6i2.118.
- [3] Tira H. S., A. Natsir, and M. S. Anwar, “Studi Eksperimental pada Emulator Surya Berdasarkan Intensitas Matahari Terhadap Unjuk Kerja Sel Surya 10 Wp Tipe Polycrystalline,” *Rotasi*, vol. 19, no. 4, p. 237, 2017, doi: 10.14710/rotasi.19.4.237-242.
- [4] Sridewi N. L. P. M., H. Suyanto, and I. G. B. W. Kusuma, “Analisis Pengaruh Panjang Gelombang Cahaya Terhadap Keluaran Panel Surya Tipe Polycrystalline,” *J. METTEK*, vol. 4, no. 2, p. 48, 2018, doi: 10.24843/mettek.2018.v04.i02.p03.
- [5] Sarna S., Subhan, R. Murniati, S. Nojeng, “Pengaruh Temperatur Permukaan Terhadap Efisiensi Konversi Photovoltaik Tipe Mono-Crystalline pada Daerah Tropis,” *J-MOVE*, vol. 3, no. 2, pp. 23, 2021.
- [6] Priyatikanto R., “Inklinasi Optimal Panel Surya Sumbu Tetap di Indonesia,” *JMS*, vol. 21, no. 1, pp 16, 2016.
- [7] Asrori A., I. Mashudi, and Suyanta, “Pengujian Rasio Kinerja Instalasi Panel Surya Tipe Silikon–Kristal pada Kondisi Cuaca Kota Malang,” *J. Energi dan Teknol. Manufaktur*, vol. 2, no. 02, pp. 11–18, 2019, doi: 10.33795/jetm.v2i02.41.
- [8] Tripathi A. K., C. S. N. Murthy, and M. Aruna, “Experimental Investigation of Dust Effect on PV Module Performance,” *Glob. J. Res. Eng. J Gen. Eng.*, vol. 17, no. 7, pp. 35–39, 2017.
- [9] Zaihidee F. M., S. Mekhilef, M. Seyedmahmoudian, and B. Horan, “Dust as an unalterable deteriorative factor affecting PV panel’s efficiency: Why

- and how,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 65, pp. 1267–1278, 2016, doi: 10.1016/j.rser.2016.06.068.
- [10] Satwiko S, “Uji Karakteristik Sel Surya pada Sistem 24 Volt DC sebagai Catudaya pada Sistem Pembangkit Tenaga Hybrid,” in *1 Agust*, 2019, vol. 2, no. 2, pp. 1–5, 2019.
- [11] Paul S., K. A. Khan, S. R. Zishan, and A. Khatun, “Studies on Deterioration of a Mono-crystal Solar Silicon PV Module under the Climatic condition of Bangladesh,” *IEEE*, no. 5, pp. 300–305, 2013.
- [12] Afonso M. M. D., P. C. M. Carvalho, F. L. M. Antunes, and J. J. Hiluy Filho, “Deterioration and performance evaluation of photovoltaic modules in a semi-arid climate,” *Renew. Energy Power Qual. J.*, vol. 1, no. 13, pp. 424–428, 2015, doi: 10.24084/repqj13.345.
- [13] Alfanz R., Y. Okazaki, T. Ikegami, and Y. Deng, “Integrated micro tesla magnetic sensor for detecting photovoltaic cells failure,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 673, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/673/1/012052.
- [14] Hwang M. H., Y. G. Kim, H. S. Lee, Y. D. Kim, and H. R. Cha, “A Study on the Improvement of Efficiency by Detection Solar Module Faults in Deteriorated Photovoltaic Power Plants,” *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 2, pp. 1–16, 2021, doi: 10.3390/app11020727.
- [15] Erwanto D., D. A. Widhining K., and T. Sugiarto, “Sistem Pemantauan Arus dan Tegangan Panel Surya Berbasis Internet of Things,” *Multitek Indones.*, vol. 14, no. 1, pp. 1, 2020, doi: 10.24269/mtkind.v14i1.2195.
- [16] Pamungkas I. F., U. T. Kartini, T. Wrahatnolo, Joko, “Sistem Monitoring Daya Listrik Photovoltaic Berbasis Internet of Things ( IoT ), ” *JTE.*, vol. 11, no. 2, pp. 236-245, 2022.
- [17] Raharja W. K., R. Ramadhon, “Purwarupa Alat Pendeteksi Kebakaran Jarak Jauh Menggunakan Platform Thinger.Io,” *J. Elektro Luceat*, vol. 7, no. 2, pp. 188–206, 2021.
- [18] Usman, A. R. Idris, Sofyan, and I. Syamsuddin, “Pemodelan dan Simulasi Photovoltaic Menggunakan Pendekatan Model Tiga Diode,” *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 9, no. 4, pp. 423–429, 2020, doi:

- 10.22146/jnteti.v9i4.688.
- [19] Ramli M. A. M., E. Prasetyono, R. W. Wicaksana, N. A. Windarko, K. Sedraoui, Y. A. Al-Turki, “On the investigation of photovoltaic output power reduction due to dust accumulation and weather conditions,” *Renew. Energy*, vol. 99, pp. 836–844, 2016, doi: 10.1016/j.renene.2016.07.063.
- [20] Tino A. A., “Dampak Debu Terhadap Kinerja Modul Photovoltaik di Kampus Politeknik Negeri Kupang,” *J. Ilm. Flash*, vol. 2, no. 1, p. 26, 2016, doi: 10.32511/jiflash.v2i1.21.
- [21] Suwarti, Wahyono, B. Prasetyo, “Analisis Pengaruh Intensitas Matahari, Suhu Permukaan & Sudut Pengarah Terhadap Kinerja Panel Surya,” *Eksergi*, vol. 14, no. 3, p. 78, 2019, doi: 10.32497/eksergi.v14i3.1373.
- [22] Mirrahman H., I. D. Sara, and M. Gapy, “Pengukuran dan Pemantauan Performansi Modul Surya,” *Kitektro*, vol. 2, no. 2, pp. 44–50, 2017.
- [23] Yousuf H. *et al.*, “A Review on Degradation of Silicon Photovoltaic Modules,” *New Renew. Energy*, vol. 17, no. 1, pp. 19–32, 2021, doi: 10.7849/ksnre.2021.2034.
- [24] de Oliveira M. C. C., A. S. A. Diniz Cardoso, M. M. Viana, and V. de F. C. Lins, “The causes and effects of degradation of encapsulant ethylene vinyl acetate copolymer (EVA) in crystalline silicon photovoltaic modules: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 81, no. July, pp. 2299–2317, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.06.039.
- [25] Wiengmoon B., K. Kirtikara, C. Jivacate, and D. Chenvidhya, “PV modules deterioration with less than 15 years installation in Thailand,” *Adv. Mater. Res.*, vol. 931–932, pp. 1068–1072, 2014, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.931-932.1068.
- [26] Safitri N., P. N. Lhokseumawe, T. Rihayat, and P. N. Lhokseumawe, *NO . ISBN 978-623-91323-0-9*, no. July. 2019.
- [27] Pagan S. E. P., I. D. Sara, and H. Hasan, “Komparasi Kinerja Panel Surya Jenis Monokristal Dan Polykristal Studi Kasus Cuaca Banda Aceh,” *Jurnal Online Teknik Elektro*, vol. 3, no. 4, pp. 19–23, 2018.
- [28] Pulungan A. B., D. S. Goci, “Penggunaan Sistem Data logger Dalam Pencatatan Data Parameter Panel Surya berbasis Mikrokontroler,” *JTEV*

- (*Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional*), vol. 7, no. 2, p. 337, 2021, doi: 10.24036/jtev.v7i2.115052.
- [29] Mungkin M., H. Satria, J. Yanti, G. B. A. Turnip, and S. Suwarno, “Perancangan Sistem Pemantauan Panel Surya Polycrystalline Menggunakan Teknologi Web Firebase Berbasis IoT,” *INTECOMS J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 319–327, 2020, doi: 10.31539/intecom.v3i2.1861.
- [30] Sianturi Y., “Pengukuran dan Analisa Data Radiasi Matahari di Stasiun Klimatologi Muaro Jambi,” *Megasains*, vol. 12, no. 1, pp. 40–47, 2021, doi: 10.46824/megasains.v12i1.45.
- [31] Sawidin S. *et al.*, “Kontrol dan Monitoring Sistem Smart Home Menggunakan Web Thinger.io Berbasis IoT,” *Prosiding The 12th Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 464–471, 2021, [Online]. Available: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc).
- [32] Santhakumari M., N. Sagar, “A review of the environmental factors degrading the performance of silicon wafer-based photovoltaic modules: Failure detection methods and essential mitigation techniques,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 110, no. June 2018, pp. 83–100, 2019, doi: 10.1016/j.rser.2019.04.024.