

**ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN PANEL SURYA JENIS  
PHOTOVOLTAIK POLYKRISTAL 315 WP UNTUK MENINGKATKAN  
DAYA 2 MW PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI  
JAKABARING**



**SKRIPSI**

**Dibuat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya oleh:**

**TIARA KHOIRUN NISA  
03041181520009**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2019**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN PANEL SURYA JENIS  
PHOTOVOLTAIK POLYKRISTAL 315 WP UNTUK MENINGKATKAN  
DAYA 2 MW PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI  
JAKABARING**



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

**Oleh :**

**TIARA KHOIRUN NISA**

**03041181520009**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.**  
**NIP : 197108141999031005**

**Indralaya, 31 Juli 2019  
Menyetujui,  
Pembimbing Utama**

**Ir. H. Hairul Alwani, HA., M.T.**  
**NIP : 195709221987031003**

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa Saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kuantitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan : 

Pembimbing Utama : Ir. Hairul Alwani, HA., M.T.

Tanggal : 25 / juli / 2019

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Tiara Khoirun Nisa  
NIM : 03041181520009  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro  
Universitas : Sriwijaya

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul “Analisa Pengaruh Penambahan Panel Surya Jenis Photovoltaik Polykristal 315 WP untuk Meningkatkan Daya 2 MW pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Jakabaring” merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat atas karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Indralaya, Juli 2019



Tiara Khoirun Nisa

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN PANEL SURYA JENIS PHOTOVOLTAIK POLYKRISTAL 315 WP UNTUK MENINGKATKAN DAYA 2 MW PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI JAKABARING”. Shalawat dan salam tercurahkan kepada Rasullullah SAW, beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari kerjasama, dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Hairul Alwani, HA., M.T. selaku dosen pembimbing utama penulis dalam penyusunan tugas akhir dan penulisan skripsi yang telah memberikan bimbingan, arahan, nasehat, dan bantuan kepada penulis dari awal hingga terselesaikannya pengerjaan skripsi.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Ibu Dr. Herlina, S.T., M.T selaku Sekertaris Ketua Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Ir. Sariman, MS selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Seluruh dosen yang telah banyak memberikan ilmu yang Insya Allah Bermanfaat dan juga seluruh Staf Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Rusdi Anwar Sahil, MT. yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di PDPDE serta memberikan bimbingan, arahan, dan juga nasehat kepada penulis agar terselesaikannya tugas akhir ini.

7. Kedua orang tua dan keluarga besar yang senantiasa mendo'akan dan memberi dukungan penuh.
8. Sahabat – sahabat penulis, Anggun Ika Maghfiroh, Della Rahmawati, Rita Oktarina Ariyanti, Kartika Maya Sari, M. Fawaz Satriaaji, Muhammad Aldan Ihsan Darmawan, Meydie Tri Malindo, yang selalu memberikan dukungan penuh.
9. Pihak – pihak yang sangat membantu dalam penulisan skripsi yang tidak dapat disebutkan penulis satu persatu.

Diharapkan skripsi ini dapat menambah pengetahuan serta wawasan bagi para pembaca, walaupun dalam penulisannya masih memiliki banyak kekurangan. Semoga segala bentuk dukungan dan bantuan yang telah diberikan menjadi amal dihadapan Tuhan Yang Maha Esa.

Indralaya, Juli 2019

Penulis

## **ABSTRAK**

### **ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN PANEL SURYA JENIS PHOTOVOLTAIK POLYKRISTAL 315 WP UNTUK MENINGKATKAN DAYA 2 MW PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI JAKABARING**

(Tiara Khoirun Nisa, 03041181520009, 2019, 52 halaman)

---

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan pembangkit yang akan menyerap cahaya matahari pada siang hari dan keadaan cuaca yang baik. Komponen utama pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah panel surya yang disusun secara seri dan parallel untuk menghasilkan daya yang sesuai. Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 2 MW yang ada di Jakabaring panel surya yang digunakan adalah jenis polykristal dengan kapasitas 315 WP namun daya yang dihasilkan belum mencapai 2 MW. Sehingga perlu diketahui berapa panel yang harusnya digunakan untuk dapat mencapai daya 2 MW. Pengambilan data dilakukan di Pembangkit Listrik Tenaga Surya Jakabaring Sumatera Selatan untuk melihat irradiasi, daya keluaran dan energi yang dihasilkan dari susunan panel surya yang ada pada musim kemarau dan musim hujan. Irradiasi terbesar terjadi pada musim kemarau yaitu bulan September sebesar  $230,99 \text{ W/m}^2$  dengan daya keluaran 291730 Watt, Efisiensi daya yang dihasilkan 17,64% dan energi yang dihasilkan 7001520 Wh. Sedangkan irradiasi terendah terjadi pada bulan Februari  $156,78 \text{ W/m}^2$  dengan daya keluaran 194360 Watt, efisiensi daya yang dihasilkan 11,75% dan energi yang dihasilkan 4664640 Wh. Penambahan panel yang diperlukan untuk mencapai 2 MW adalah 1312 panel surya 2 inverter dan 6 *combiner box*.

**Kata Kunci** : Fotovoltaik, Polykristal, Panel Surya.

## ***ABSTRACT***

### **ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDITION OF SOLAR PANEL TYPES OF PHOTOVOLTAIC POLYKRISTAL 315 WP TO INCREASE 2 MW POWER IN SOLAR POWER PLANT IN JAKABARING**

(Tiara Khoirun Nisa, 03041181520009, 2019, 52 page)

---

Solar Power Plant (PLTS) is a generator that will absorb sunlight during the day and good weather conditions. The main components of the Solar Power Plant (PLTS) are solar panels arranged in series and parallel to produce the appropriate power. In the 2 MW Solar Power Plant in Jakabaring the solar panels used are polycrystalline with a capacity of 315 WP but the power produced has not reached 2 MW. So it is necessary to know how many panels should be used to reach 2 MW of power. Data retrieval is carried out in the Jakabaring Solar Power Plant in South Sumatra to see irradiation, output power and energy produced from the arrangement of solar panels that are present in the dry season and the rainy season. The biggest irradiation occurred in the dry season, namely September at 230.99 W / m<sup>2</sup> with output power of 291730 Watts, Efficiency of power produced was 17.64% and energy produced was 7001520 Wh. While the lowest irradiation occurred in February 156.78 W / m<sup>2</sup> with an output power of 194360 Watt, the efficiency of the power produced was 11.75% and the energy produced was 4664640 Wh. The additional panels needed to reach 2 MW are 1312 solar panels 2 inverters and 6 combiner boxes.

***Keywords :*** Photovoltaic, Polycrystal, Solar Panels.



## DAFTAR ISI

COVER SKRIPSI .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRAC .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR RUMUS .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
NOMENKLATUR.....	xvi
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Energi Surya.....	5

2.2	Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	7
2.3	Jenis Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	8
2.3.1	Jenis Off Grid PLTS .....	8
2.3.2	Jenis <i>On Grid /Grid Tie</i> PLTS .....	9
2.3.3	Jenis PLTS <i>Hybrid</i> .....	9
2.4	Komponen Sistem PLTS.....	10
2.4.1	Modul PV .....	10
2.4.2	Solar Charge Controller .....	19
2.4.3	Inverter .....	19
2.4.4	Beban .....	19
2.4.5	Efisiensi pada PLTS.....	20
2.4.6	Pemasangan Panel Surya .....	22
2.5	Radiasi Matahari di Bumi .....	24
2.6	Spektrum Radiasi Matahari.....	24
2.7	Parameter yang Mempengaruhi Nilai Maksimum Sel Surya.....	25
BAB III .....		27
METODOLOGI PENELITIAN.....		27
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian .....	27
3.2	Luas Wilayah .....	27
3.3	Metodologi Penelitian .....	27
3.4	Langkah- Langkah Analisa Data.....	28
3.5	Flowchart Penelitian.....	29
3.6	Tabel Perencanaan Penelitian .....	30
3.7	Data Masukan.....	31
BAB IV .....		33
PERHITUNGAN DAN ANALISA .....		33

4.1 Irradiasi Matahari pada PLTS 2 MW Jakabaring Musim Kemarau dan Musim Hujan.....	33
4.2 Analisa Pengaruh Irradiasi Matahari terhadap Daya Keluaran (Pout) yang dihasilkan PLTS 2 MW Jakabaring.....	36
4.3 Perhitungan Kapasitas Daya PLTS 2 MW Jakabaring .....	37
4.4 Efisiensi Daya yang Dihasilkan PLTS 2 MW Jakabaring .....	40
4.5 Besar Energi yang Dihasilkan Oleh PLTS 2 MW Jakabaring .....	42
4.6 Sistem PLTS 2 MW Jakabaring .....	43
4.7 Perhitungan Rangkaian Rencana PLTS .....	46
BAB V .....	51
PENUTUP .....	51
5.1 Kesimpulan .....	51
5.2 Saran.....	52

## [DAFTAR PUSTAKA](#)

## LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	7
Gambar 2.2 Konfigurasi Sistem PLTS Off-grid .....	8
Gambar 2.3 Konfigurasi Sistem PLTS Grid-connected.....	9
Gambar 2.4 Susunan Modul PV .....	11
Gambar 2.5 Tipe Polikristal .....	11
Gambar 2.6 Hubungan parallel modul PV .....	12
Gambar 2.7 Hubungan Seri modul PV .....	12
Gambar 2.8 Rangkaian modul PV .....	15
Gambar 2.9 Bayangan Pohon yang Menutupi Modul PV .....	17
Gambar 2.10 Jarak Ideal Modul PV .....	17
Gambar 2.11 Pemasangan Panel Surya Negara-negara Tropis.....	23
Gambar 3.1 Flowchart (diagram alir) penelitian.....	29
Gambar 3.2 <i>Name Plate</i> Modul Surya .....	31
Gambar 4.1 Grafik Data Irradiasi Matahari di PLTS 2 MW Jakabaring pada Musim Kemarau (Juli 2018-September 2018).....	34
Gambar 4.2 Grafik Data Irradiasi Matahari di PLTS 2 MW Jakabaring pada Musim Hujan (Desember 2018-Februari 2019).....	35
Gambar 4.3 Grafik Daya Rata-Rata di PLTS 2 MW Jakabaring pada Musim Kemarau (Juli 2018-September 2018) dan Musim Hujan (Desember 2018-Februari 2019).....	36
Gambar 4.4 Grafik Efisiensi Daya di PLTS 2 MW Jakabaring pada Musim Kemarau (Juli 2018-September 2018) dan Musim Hujan (Desember 2018-Februari 2019).....	41
Gambar 4.5 Grafik Energi yang Dihasilkan Panel Surya di PLTS 2 MW Jakabaring pada Musim Kemarau (Juli 2018-September 2018) dan Musim Hujan (Desember 2018-Februari 2019).....	42
Gambar 4.6 Denah Pemasangan Panel Surya PLTS 2 MW Jakabaring .....	44
Gambar 4.7 Blok Diagram Panel Surya, Combiner Box, dan Inverter.....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perencanaan penelitian.....	30
Tabel 3.2 Spesifikasi Modul Surya PLTS 2 MW Jakabaring .....	31
Tabel 4.1 Irradiasi Matahari pada PLTS 2 MW Jakabaring pada Bulan Juli 2018-September 2018 (Musim Kemarau) .....	33
Tabel 4.2 Irradiasi Matahari pada PLTS 2 MW Jakabaring pada Bulan Desember 2018-Februari 2019 (Musim Hujan).....	34
Tabel 4.3 $P_{out}$ yang Dihasilkan PV Array.....	36
Tabel 4.4 Efisiensi yang Dihasilkan.....	40
Tabel 4.5 Energi yang Dihasilkan Perhari pada PLTS 2 MW Jakabaring.....	42
Tabel 4.6 Kondisi PLTS Saat Ini dan Kondisi Setelah di Evaluasi .....	50

## DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 .....	13
Rumus 2.2 .....	13
Rumus 2.3 .....	14
Rumus 2.4 .....	14
Rumus 2.5 .....	15
Rumus 2.6 .....	20
Rumus 2.7 .....	20
Rumus 2.8 .....	21
Rumus 2.9 .....	21
Rumus 2.10 .....	22
Rumus 2.11 .....	22

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran I Tabel Pengambilan Data Pada PLTS 2 MW Jakabaring

Lampiran II Gambar Komponen Rangkaian

Lampiran III Denah Pemasangan Panel Surya PLTS 2 MW Jakabaring

Lampiran IV Blok Diagram Panel Surya, Combiner Box dan Inverter

Lampiran V Berkas

## NOMENKLATUR

$\theta$	: Sudut antar sinar datang dengan nominal bidang panel
$V_{mp}$	: Tegangan maksimum (Volt)
$I_{mp}$	: Arus maksimum (Ampere)
$I_{sc}$	: Arus short circuit (Ampere)
$V_{oc}$	: Tegangan open circuit (Volt)
$\eta$	: Efisiensi Panel Surya (%)
$A$	: Luas dari panel surya (m <sup>2</sup> )
$P_{max}$	: Daya keluaran maksimum (W)
$V_{mp}$	: Tegangan maksimum (V)
$I_{mp}$	: Arus maksimum (A)
$n$	: Jumlah modul surya
$P$	: Daya listrik (watt)
$V$	: Tegangan (volt)
$I$	: Arus (ampere)
$\cos \theta$	: Faktor daya
$\eta$	: Efisiensi Daya pada PLTS (%)
$P_{out}$	: Daya output (W)
$P_{in}$	: Daya input (W)
- Irradiance	= Integral dari spectral irradiance untuk keseluruhan panjang gelombang



- *open circuit voltage* = Kapasitas tegangan maksimum yang dapat dicapai pada saat tidak adanya arus.
- *On Grid* = Konfigurasi sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan eksisting yang lain
- *Off Grid* = Konfiugrasi sistem PLTS yang berdiri sendiri
- *Hybrid* = Konfigurasi sistem PLTS yang terhubung dengan pembangkit yang lain.
- *Inverter* = Komponen yang berfungsi mengubah arus DC yang dihasilkan PV array menjadi arus AC
- *Combiner box* = Suatu panel dimana semua string fotovoltaik dari setiap PV array terhubung secara elektris dan peralatan proteksi yang dibutuhkan dapat ditempatkan.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Listrik menjadi hal yang sangat penting bagi kehidupan manusia dalam era modern saat ini. Kebutuhan yang terus bertambah serta jumlah penduduk yang terus meningkat menjadikan energi listrik sangat diperlukan dalam kehidupan sehari – hari. Dengan peningkatan kebutuhan terhadap energi listrik maka diperlukan energi yang dapat dikonversi menjadi energi listrik. Saat ini telah banyak energi yang dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan sumber energi yang berasal dari energi fosil. Namun yang dikhawatirkan energi fosil ini lama kelamaan akan habis, sehingga diperlukan sumber energi alternatif lain yang dapat selalu tersedia.

Dengan semakin berkurangnya energi fosil maka diperlukan sumber energi dari alam yang dapat selalu tersedia. Salah satu sumber energi yang dapat dimanfaatkan sebagai energi listrik adalah panas cahaya matahari. Penggunaan cahaya matahari dipertimbangkan karena Indonesia sendiri merupakan negara yang sepanjang tahun terkena cahaya matahari. Cahaya matahari bersifat ramah lingkungan dan dapat dimanfaatkan sebagai energi yang dapat diperbaharui. Penggunaan cahaya matahari sebagai sumber energi yang dapat digunakan sebagai energi listrik menggunakan panel surya sebagai peralatan yang akan menyerap cahaya matahari itu sendiri.

Komponen utama pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah panel surya yang disusun secara seri dan parallel untuk menghasilkan daya yang sesuai. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Jakabaring merupakan pembangkit yang baru saja diresmikan dan pembangkit ini tidak menggunakan

baterai atau menggunakan sistem *On Grid*. Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 2 MW yang ada di Jakabaring panel surya yang digunakan adalah jenis polykristal dengan kapasitas 315 WP namun daya yang dihasilkan belum mencapai 2 MW. Sehingga perlu diketahui berapa panel yang harusnya digunakan untuk dapat mencapai daya 2 MW. Berdasarkan hal ini penulis mencoba untuk menganalisa penambahan panel yang diperlukan untuk mencapai daya 2 MW dengan susunan dan letak yang ada saat ini.

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis akan melakukan penelitian yang berjudul **“ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN PANEL SURYA JENIS PHOTOVOLTAIK POLYKRISTAL 315 WP UNTUK MENINGKATKAN DAYA 2 MW PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI JAKABARING”**.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memerlukan peralatan utama yaitu panel surya sebagai alat untuk mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Pada PLTS Jakabaring kemiringan penyangga diatur sebesar  $10^\circ$ , panel suryanya berjumlah 5248 panel setiap panel memiliki kapasitas 315 Watt dengan susunan 16 seri dan 2 paralel yang dihubungkan ke *combiner box* yang memiliki 7 PV array dan 6,5 PV array, dengan 8 buah inverter. Daya yang dihasilkan dari masing – masing *combiner box* kemudian dijumlahkan dan dikalikan dengan banyaknya inverter. Namun daya yang dihasilkan belum mencapai 2 MW hanya sekitar 1,6 MW. Dari permasalahan tersebut perlu diketahui hubungan penyusunan dan letaknya agar dapat diketahui penambahan panel yang diperlukan sehingga dapat mencapai daya 2 MW atau dapat mendekati 2 MW.

### **1.3 Batasan Masalah**

Sesuai dengan judul diatas maka penulis hanya akan membahas serta menganalisa hal – hal berikut :

1. Penelitian ini hanya membahas sistem yang ada pada PLTS 2 MW Jakabaring tidak membahas sistem yang terhubung ke PT.PLN.
2. Penelitian ini tidak membahas pengaruh perbedaan sudut kemiringan dan pengaturan arah azimuth panel surya terhadap optimalisasi radiasi matahari.
3. Hanya membahas penambahan panel yang diperlukan untuk mencapai daya 2 MW
4. Tidak membahas masalah beban.
5. Tidak membahas masalah ekonomi.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Penulisan skripsi ini bertujuan:

1. Untuk mengetahui besarnya efisiensi daya yang dihasilkan dari penyusunan panel surya jenis polykristal pada PLTS 2 MW Jakabaring.
2. Untuk mengetahui besar daya keluaran dan energi yang dihasilkan oleh PV Array yang dipengaruhi oleh irradiasi matahari.
3. Untuk mengetahui jumlah panel yang diperlukan untuk mencapai daya 2 MW

## **1.5 Sistematika Penulisan**

### **BAB I PENDAHULUAN**

Latar belakang masalah, tujuan penulisan, perumusan masalah, manfaat penulisa, pembatasan masalah, metodologi penulisan serta sistematika penulisan dibahas pada bagian ini.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menguraikan hal – hal yang mendukung penelitian, penjelasan secara teori dasar dan juga gambaran secara umum yang nanti akan digunakan untuk menjadi acuan.

### **BAB III METODELOGI**

Bab ini menguraikan hal – hal yang berhubungan dengan metode penelitian untuk proses pengambilan data serta tahapan pengerjaan tugas akhir.

### **BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA**

Bab ini menguraikan tentang proses pengerjaan hasil dari tugas akhir mengenai perhitungan dan analisa setelah dilakukan observasi dilapangan dan pencarian data yang dibutuhkan.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Penutup yang terdiri dari hasil saran serta kesimpulan dari analisa yang telah dibahas.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. R. Pendem, "Performance Evaluation of Series , Series-Parallel and Honey-Comb PV Array Configurations under Partial Shading Conditions," *2017 7th Int. Conf. Power Syst.*, pp. 749–754, 2017.
- [2] B. Ramadhani, *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*. Jakarta: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Energising Development (EnDev) Indonesia, 2018.
- [3] J. Duffie, *Duffie & Beckman."Solar Engineering of Thermal Processes"*. Madison: University of Wisconsin, 2006.
- [4] D. A. N. Ramah and L. Di, "Energi matahari, sumber energi alternatif yang efisien, handal dan ramah lingkungan di indonesia," pp. 31–35.
- [5] A. Sharma, "Power & Energy Optimization in Solar Photovoltaic and Concentrated Solar Power Systems," pp. 11–16, 2017.
- [6] S. Fai, H. H. F. Ho, W. W. Chan, K. W. Chan, W. C. Lo, and K. W. E. Cheng, "Floating Solar Cell Power Generation , Power Flow Design and its Connection and Distribution," pp. 2–5.
- [7] D. Dirnberger and U. Kr, "Uncertainty in PV Module Measurement — Part I: Calibration of Crystalline and Thin-Film Modules," vol. 3, no. 3, pp. 1016–1026, 2013.
- [8] F. H. S. dan Y. Letsoin, "Jurnal Ilmiah Mustek Anim Ha Vol . 1 No . 1 , "ANALISA DAN ESTIMASI RADIASI KONSTAN ENERGI MATAHARI MELALUI VARIASI SUDUT PANEL FOTOVOLTAIK SHS 50 WP".vol. 1, no. 1, 2012.
- [9] T. Photovoltaic, S. Satu, S. Menciptakan, G. Architecture, E. Setiyowati, and L. Belakang, "Teknologi photovoltaic: salah satu strategi menciptakan green architecture," *Tekno. Photovoltaik*, vol. 9, pp. 1–17, 2005.
- [10] M. Rif'an, S. HP, M. Shidiq, R. Yuwono, H. Suyono, and F. S, "Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya," *J. EECCIS*, vol. 6, no. 1, pp. 44–48, 2012.

- [11] H. Song *et al.*, “Conductive paste based interconnection for photovoltaic modules,” pp. 2838–2840, 2018.
- [12] S. Yuliananda, G. Sarya, F. Teknik, and F. Teknik, “Pengaruh perubahan intensitas matahari terhadap daya keluaran panel surya,” *J. Pengabd. LPPM Untag Surabaya*, vol. 01, no. 02, pp. 193–202, 2015.
- [13] A. Sakinah, “EVALUASI SISTEM PENGOPERASIAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 2 MW JAKABARING YANG TERHUBUNG SECARA ON GRID DENGAN PT.PLN (PERSERO).” Skripsi. Universitas Sriwijaya, 2019.