

SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH DEBU PASIR DAN DEBU BATU BATA TERHADAP DAYA KELUARAN PANEL FOTOVOLTAIK JENIS POLIKRISTALIN 10 WP



**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

ANDERSSEN HUTAMA

03041181924009

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2023

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS PENGARUH DEBU PASIR DAN DEBU BATU BATA
TERHADAP DAYA KELUARAN PANEL FOTOVOLTAIK JENIS
POLIKRISTALIN 10 WP



SKRIPSI

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh :

ANDERSSEN HUTAMA

03041181924009

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU

NIP. 197108141999031005

Palembang, 20 Juni 2023

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Ike Bayusari, S.T, M.T.

NIP. 197010181997022001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Anderssen Utama
NIM : 03041181924009
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin : 10%

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Analisis Pengaruh Debu Pasir Dan Debu Batu Bata Terhadap Daya Keluaran Panel Fotovoltaik Jenis Polikristalin 10 Wp” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Palembang, 20 Juni 2023



Anderssen Utama

NIM. 03041181924009

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

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

Tanda Tangan :  _____

Pemimbing Utama : Ike Bayusari, S.T., M.T.

Tanggal : 20/Juni/2023

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anderssen Utama
NIM : 03041181924009
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISIS PENGARUH DEBU PASIR DAN DEBU BATU BATA
TERHADAP DAYA KELUARAN PANEL FOTOVOLTAIK JENIS
POLIKRISTALIN 10 WP**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Palembang

Pada tanggal : 20 Juni 2023



Anderssen Utama

NIM. 03041181924009

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karuniaNya sehingga peneliti dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat Seminar dan Sidang Sarjana pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Analisis Pengaruh Debu Pasir Dan Debu Batu Bata Terhadap Daya Keluaran Panel Fotovoltaik Jenis Polikristalin 10 Wp”

Dalam kesempatan ini peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah berjasa atas bimbingan dan bantuan yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesehatan sehingga peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Ibu Ike Bayusari, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing yang telah memberikan saran, waktu, dan bimbingan hingga skripsi ini selesai.
4. Bapak Ir. Zaenal Husin, M.SC sebagai dosen pembimbing akademik.
5. Keluarga dan kedua Orang Tua, yang telah memberikan motivasi dan dukungan dalam proses pembuatan skripsi ini.
6. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
7. Teman-teman satu angkatan teknik elektro 2019.

Peneliti memiliki harapan agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak. Peneliti mengharapkan kritik dan saran dalam pengembangan yang lebih baik.

Palembang, 16 April 2023



Anderssen Utama

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH DEBU PASIR DAN DEBU BATU BATA TERHADAP DAYA KELUARAN PANEL FOTOVOLTAIK JENIS POLIKRISTALIN 10 WP

(Anderssen Utama, 03041181924009, 2023, 35 halaman)

Panel Fotovoltaik jenis polikristalin adalah salah satu alat untuk mengkonversi energi foton dari cahaya matahari menjadi energi listrik. Pemasangan panel fotovoltaik di luar ruangan dapat menyebabkan penumpukan debu pada permukaan debu. Dilakukan studi eksperimen dengan menaburkan 3 gram debu pasir dan batu bata berukuran kurang dari 425 μm . Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis yang telah dilakukan, panel tanpa perlakuan memiliki nilai daya keluaran tertinggi sebesar 3,55 W. Sedangkan pada panel surya dengan debu pasir memiliki nilai daya keluaran 2,97. Panel surya dengan debu batu bata memiliki nilai daya keluaran 2,49 W. Terjadi penurunan nilai daya keluaran pada panel surya tanpa perlakuan dibandingkan panel surya dengan debu. Panel surya dengan debu pasir menghasilkan daya keluaran lebih tinggi dibandingkan panel surya dengan debu batu bata, hal tersebut dapat disebabkan perbedaan karakteristik debu pasir yang bertekstur lebih kasar dan partikel lebih besar dibandingkan debu batu bata dengan tekstur lebih halus dan partikel lebih kecil. Partikel debu pasir yang lebih besar menyebabkan luas permukaan panel surya yang tertutupi debu lebih sedikit dibandingkan debu batu bata sehingga cahaya matahari yang dapat dikonversikan lebih banyak.

Kata Kunci : Panel Fotovoltaik, Polikristalin, Debu, Daya Keluaran.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECT OF SAND AND BRICK DUST ON THE OUTPUT POWER OF 10 WP POLYCRYSTALLINE PHOTOVOLTAIC PANEL

(Anderssen Hutama, 03041181924009, 2023, 35 pages)

Polycrystalline photovoltaic panels are a tool for converting photon energy from sunlight into electrical energy. Installing photovoltaic panels outdoors can cause dust to accumulate on the dust surface. Experimental studies were carried out by sprinkling 3 grams of sand and brick dust measuring less than 425 μm . Based on the results of measurements and analyzes that have been carried out, the panel without treatment has the highest output power value of 3.55 W. Meanwhile, the solar panel with sand dust has an output power value of 2.97. Solar panels with brick dust have an output power value of 2.49 W. There is a decrease in the value of output power on solar panels without treatment compared to solar panels with dust. Solar panels with sand dust produce a higher output power than solar panels with brick dust, this can be due to differences in the characteristics of sand dust which has a coarser texture and larger particles compared to brick dust with a finer texture and smaller particles. The larger sand dust particles cause the surface area of the solar panels to be covered with less dust than brick dust so that more sunlight can be converted.

Keywords : Photovoltaic Panel, Polycrystalline, Dust, Output Power.

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| LEMBAR PENGESAHAN..... | i |
| HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS..... | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN DOSEN | iii |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS..... | iv |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| ABSTRAK | vi |
| ABSTRACT | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xii |
| BAB I..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.4 Ruang Lingkup Penelitian | 2 |
| 1.5 Sistematika Penulisan..... | 3 |
| BAB II | 4 |
| 2.1 Panel Surya..... | 4 |
| 2.1.1 Prinsip Kerja Panel Surya | 4 |
| 2.1.2 Jenis Panel Surya | 4 |
| 2.1.3 Faktor yang mempengaruhi Kerja Panel Surya | 6 |
| 2.2. Karakteristik Panel Surya | 7 |
| 2.3 Batu Bata Dan Pasir | 8 |
| 2.4 Karakteristik Debu Terhadap Kinerja Panel Surya | 8 |
| 2.5 Perhitungan Daya | 9 |
| 2.5.1 Daya Aktif..... | 10 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5.2 Daya Reaktif | 10 |
| 2.5.3 Daya Semu | 10 |
| BAB III..... | 11 |
| 3.1 Lokasi Penelitian | 11 |
| 3.2 Waktu Penelitian | 11 |
| 3.3 Metode Penelitian..... | 12 |
| 3.4 Diagram Alir Penelitian..... | 13 |
| 3.5 Skema Pengambilan Data..... | 14 |
| 3.6 Alat dan Bahan | 15 |
| 3.7 Spesifikasi Panel Surya | 17 |
| 3.8 Pengukuran Arus dan Tegangan..... | 18 |
| 3.8.1 Pengukuran Arus..... | 18 |
| 3.8.2 Pengukuran Tegangan..... | 18 |
| 3.9 Tahapan Penelitian | 19 |
| BAB IV | 20 |
| 4.1 Umum..... | 20 |
| 4.2 Data Hasil Pengukuran | 21 |
| 4.2.1 Data Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Perlakuan | 21 |
| 4.2.2 Data Hasil Pengukuran Panel Surya Dengan Debu Pasir | 21 |
| 4.2.3 Data Hasil Pengukuran Panel Surya Dengan Debu Batu Bata | 22 |
| 4.3 Perhitungan Daya Keluaran Panel Surya | 22 |
| 4.4 Hasil dan Analisis..... | 24 |
| BAB V..... | 28 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 28 |
| 5.2 Saran | 28 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 29 |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Panel Surya Monocrystalline [10]. | 5 |
| Gambar 2.2 Panel Surya Polycrystalline [10]. | 5 |
| Gambar 2.3 Panel Surya Thin Film [10] | 6 |
| Gambar 2.4 Kurva Daya Keluaran Panel Surya Terhadap Suhu [13]. | 6 |
| Gambar 2.5 Karakteristik Daya Keluaran Terhadap Intensitas Cahaya Matahari [15]. | 7 |
| Gambar 2.6 Kurva I-V dan P-V Pada Panel Surya [16]. | 8 |
| Gambar 2.7 Karakteristik Pengaruh Jenis Debu Terhadap Rugi Efisiensi Maksimal [1]. | 9 |
| Gambar 2.8 Segitiga Daya..... | 10 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian | 13 |
| Gambar 3.2 Skema Pengambilan Data | 14 |
| Gambar 3.3 Pengukuran Arus | 18 |
| Gambar 3.4 Pengukuran Tegangan | 18 |
| Gambar 4.1 Panel Surya Polikristalin | 20 |
| Gambar 4.2 Grafik rata-rata arus yang dihasilkan panel surya tanpa perlakuan, panel surya dengan debu pasir, dan panel surya dengan debu batu bata. | 24 |
| Gambar 4.3 Grafik rata-rata tegangan yang dihasilkan panel surya tanpa perlakuan, panel surya dengan debu pasir, dan panel surya dengan debu batu bata. | 25 |
| Gambar 4.4 Grafik rata-rata daya yang dihasilkan panel surya tanpa perlakuan, panel surya dengan debu pasir, dan panel surya dengan debu batu bata. | 26 |
| Gambar 4.5 (a) Debu Pasir, (b) Debu Batu Bata. | 27 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3.1 Waktu Penelitian | 11 |
| Tabel 3.2 Alat dan Bahan | 15 |
| Tabel 3.3 Spesifikasi Panel Surya | 17 |
| Tabel 4.1 Data Pengukuran Panel Surya Tanpa Perlakuan | 21 |
| Tabel 4.2 Data Pengukuran Panel Surya Dengan Debu Pasir | 21 |
| Tabel 4.3 Data Pengukuran Panel Surya Dengan Debu Batu Bata | 22 |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Data Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Perlakuan, Panel Surya Degan Debu Pasir, Dan Panel Surya Dengan Debu Batu Bata Hari Pertama.

Lampiran 1.2 Data Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Perlakuan, Panel Surya Degan Debu Pasir, Dan Panel Surya Dengan Debu Batu Bata Hari Kedua.

Lampiran 1.3 Data Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Perlakuan, Panel Surya Degan Debu Pasir, Dan Panel Surya Dengan Debu Batu Bata Hari Ketiga.

Lampiran 1.4 Data Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Perlakuan, Panel Surya Degan Debu Pasir, Dan Panel Surya Dengan Debu Batu Bata Hari Keempat.

Lampiran 1.5 Data Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Perlakuan, Panel Surya Degan Debu Pasir, Dan Panel Surya Dengan Debu Batu Bata Hari Kelima.

Lampiran 1.6 Data Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Perlakuan, Panel Surya Degan Debu Pasir, Dan Panel Surya Dengan Debu Batu Bata Hari Keenam.

Lampiran 1.7 Data Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Perlakuan, Panel Surya Degan Debu Pasir, Dan Panel Surya Dengan Debu Batu Bata Hari Ketujuh.

Lampiran 1.8 Data Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Perlakuan, Panel Surya Degan Debu Pasir, Dan Panel Surya Dengan Debu Batu Bata Hari Kedelapan.

Lampiran 1.9 Data Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Perlakuan, Panel Surya Degan Debu Pasir, Dan Panel Surya Dengan Debu Batu Bata Hari Kesembilan.

Lampiran 1.10 Data Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Perlakuan, Panel Surya Degan Debu Pasir, Dan Panel Surya Dengan Debu Batu Bata Hari Kesepuluh.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi menjadi kebutuhan kelangsungan hidup manusia. Diperkirakan 80% konsumsi energi dunia masih menggunakan bahan bakar fosil [1]. Penggunaan bahan bakar fosil menjadi salah satu faktor perubahan iklim. Penggunaan energi terbarukan seperti panel fotovoltaik, turbin angin, dan biomassa menjadi salah satu solusi untuk mengurangi dampak tersebut serta menggantikan energi tak terbarukan. Panel fotovoltaik (PV) menjadi salah satu teknologi yang dapat menghasilkan energi secara signifikan dan polusi yang rendah [2].

Indonesia secara geografis memiliki potensi sumber energi matahari yang besar karena berada di daerah garis khatulistiwa. Intensitas radiasi matahari di Indonesia berada sekitar 4,8 kWh/m² per hari [3]. Mempertimbangkan hal tersebut, penggunaan panel fotovoltaik dapat menjadi solusi untuk mengurangi penggunaan energi tak terbarukan. Terdapat berbagai kondisi yang dapat mempengaruhi kinerja panel fotovoltaik, antara lain material sel surya, siklus termal, penyerapan ultra-violet, hilangnya adhesi antar sel, dan masuknya air di dalam sel [4]. Masalah lain yang timbul adalah debu yang menempel pada panel fotovoltaik. Berdasarkan laporan kualitas udara dunia *IQAIR* 2021, Indonesia mendapatkan peringkat ke 17 sebagai negara paling berpolusi udara dengan konsentrasi PM 2,5 tertinggi yakni 34,3 µg/m³. Salah satu daerah industri pasir di Sumatera Selatan adalah Ogan Komering Ilir dan daerah industri batu bata berada di Desa Talang Buruk. Sebuah partikel dapat dikatakan sebagai debu apabila memiliki ukuran kurang dari 500 µm [5]. Debu dapat menjadi masalah bagi panel fotovoltaik karena dapat mengurangi atau memblokir cahaya matahari untuk sampai ke panel fotovoltaik. Sehingga panel fotovoltaik harus dibersihkan secara manual atau otomatis dan teratur.

Pada jurnal yang dibuat oleh Yotham Andrea, Tatiana Pogrebnya, dan Baraka Kichonge, meneliti tentang bagaimana jenis debu berdampak pada performa modul fotovoltaik [1]. Jurnal tersebut menggunakan 4 jenis debu yang diuji coba yaitu debu dari industri pupuk, batu bara, agregat, dan gipsum. Pada penelitian ini peneliti menguji jenis debu pasir dan batu bata. Bahan batu bata dan pasir merupakan bahan

konstruksi [6], digunakan jenis batu bata merah dan pasir mundu untuk merepresentasikan kondisi industri batu bata dan daerah berpasir. Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti akan membahas “**Analisis Pengaruh Debu Pasir Dan Debu Batu Bata Terhadap Kinerja Panel Fotovoltaik Jenis Polikristalin 10 Wp**”.

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian yang dilakukan oleh Yotham Andrea, Tatiana Pogrebnaya, dan Baraka Kichonge (2019) diketahui bahwa jenis debu dari industri batu bara memiliki persentase penurunan daya yang lebih besar dibandingkan jenis debu industri pupuk, agregat dan gipsum. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan jenis debu pasir dan batu bata dengan membandingkan pengaruh jenis debu pasir dan batu bata terhadap arus, tegangan, suhu, dan daya keluaran panel fotovoltaik jenis polikristalin 10 Wp.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Merancang panel surya tanpa perlakuan, dengan debu pasir dan debu batu bata.
2. Mengukur dan menganalisis arus dan tegangan ketika panel surya terdampak debu pasir dan batu bata.
3. Menghitung dan menganalisis daya keluaran ketika panel surya terdampak debu pasir dan batu bata.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini menggunakan 3 panel fotovoltaik jenis polikristalin 10 Wp.
2. Penelitian ini menggunakan 2 jenis debu yaitu debu pasir dan batu bata dengan ukuran kurang dari 425 μm dengan berat masing-masing 3 gram.
3. Pada penelitian ini menggunakan jenis pasir mundu dan batu bata merah serta meninjau debu pada bentuk struktur, mengabaikan pengaruh kelembapan.

4. Mengabaikan pengaruh angin, suhu lingkungan, dan kemiringan pada panel fotovoltaik jenis polikristalin 10 Wp.
5. Pengambilan data dilakukan pada cuaca cerah dalam waktu 10 hari dengan frekuensi 1 data/jam selama periode waktu 09.00-16.00 WIB.

1.5. Sistematika Penulisan

Pada penulisan tugas akhir ini terbagi menjadi beberapa bagian dengan sistematika:

BAB I PENDAHULUAN

Pada BAB I menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada BAB II berisi dasar teori pendukung dalam menganalisis pengaruh debu pasir dan batu bata terhadap kinerja panel fotovoltaik jenis polikristalin.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada BAB III membahas perancangan penelitian, lokasi penelitian, waktu pelaksanaan, metode pelaksanaan. tabel dan diagram pendukung penelitian.

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA

Pada BAB IV membahas hasil data dan perhitungan yang telah didapatkan dari penelitian pengaruh debu pasir dan batu bata.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada BAB V berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Andrea, T. Pogrebnaya, and B. Kichonge, “Effect of Industrial Dust Deposition on Photovoltaic Module Performance: Experimental Measurements in the Tropical Region,” *Int. J. Photoenergy*, vol. 2019, 2019, doi: 10.1155/2019/1892148.
- [2] O. K. Ahmed, “Effect of dust on the performance of solar water collectors in Iraq,” *Int. J. Renew. Energy Dev.*, vol. 5, no. 1, pp. 65–72, 2016, doi: 10.14710/ijred.5.1.65-72.
- [3] Aditia edy Utama, *PENGARUH KEBERSIHAN MODUL SURYA TERHADAP DAYA OUTPUT YANG DI HASILKAN PADA PLTS KAYUBIHI KABUPATEN BANGLI*. 2017.
- [4] A. A. Tino, “DAMPAK DEBU TERHADAP KINERJA MODUL PHOTOVOLTAIK DI KAMPUS POLITEKNIK NEGERI KUPANG Ambrosius,” pp. 26–33, 2014.
- [5] J. Tanesab, D. Parlevliet, J. Whale, and T. Urmee, “The effect of dust with different morphologies on the performance degradation of photovoltaic modules,” *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 31, no. January 2017, pp. 347–354, 2019, doi: 10.1016/j.seta.2018.12.024.
- [6] M. Tanubrata, “Bahan-Bahan Konstruksi dalam Konteks Teknik Sipil,” *J. Tek. Sipil*, vol. 11, no. 2, pp. 132–154, 2019, doi: 10.28932/jts.v11i2.1407.
- [7] H. Isyanto, Budiyanto, Fadlioni, and P. G. Chamdareno, “Pendingin untuk peningkatan daya keluaran panel surya,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol.* 2017, no. November, pp. 1–2, 2017.
- [8] L. Ahmad, N. Khordehghah, J. Malinauskaite, and H. Jouhara, “Recent advances and applications of solar photovoltaics and thermal technologies,” *Energy*, vol. 207, p. 118254, 2020, doi: 10.1016/j.energy.2020.118254.

- [9] B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, and I. F. Huda, “Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif,” *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018, doi: 10.23917/emit.v18i01.6251.
- [10] Richard M Napitupulu, Sutan Simanjuntak, and Swardi Sibarani, “PENGARUH MATERIAL MONOKRISTAL DAN POLIKRISTAL TERHADAP KARAKTERISTIK SEL SURYA 20 WP DENGAN TRACKINGSISTEM DUA SUMBU - Swardi Sibarani,” 2017.
- [11] M. Gagliardi and M. Paggi, “Multiphysics analysis of backsheet blistering in photovoltaic modules,” *Sol. Energy*, vol. 183, no. September 2018, pp. 512–520, 2019, doi: 10.1016/j.solener.2019.03.050.
- [12] I. Pujotomo and R. Aita Diantari, “Characteristics Surface Temperature of Solar Cell Polycrystalline Type to Output Power,” *E3S Web Conf.*, vol. 73, pp. 8–11, 2018, doi: 10.1051/e3sconf/20187301008.
- [13] K. Hie Khwee *et al.*, “Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Daya Panel Surya (Studi Kasus: Pontianak),” *Transient*, vol. 6, no. 2, pp. 23–26, 2019.
- [14] M. A. Faizin, W. Arnandi, and A. H. D. Noorsetyo, “PENGARUH INTENSITAS CAHAYA TERHADAP UNJUK KERJA SOLAR CELL TIPE POLYCRYSTALLINE SILICON KAPASITAS 10 WATT PENDAHULUAN Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja (usaha) yang mempunyai satuan joule (J) menurut sistem Internasional . Energi merupakan,” vol. I, no. 2009, pp. 27–35, 2018.
- [15] J. Amajama, “Effect of solar illuminance (or Intensity) on Solar (Photovoltaic) cell’s output and the use of Converging lenses and X or Gamma rays to enhance output performance,” *Int. J. Eng. Res. Gen. Sci.*, vol. 4, no. 4, pp. 5–11, 2016.
- [16] P. Umkm, K. Semarang, S. Upaya, P. Perekonomian, G. Mewujudkan, and U. N. Semarang, “STUDI PENGARUH POLUTAN TERHADAP

- KINERJA PV MODULE,” *Repository.Usd.Ac.Id*, pp. 1–19, 2018, [Online]. Available: <https://repository.unsri.ac.id/12539/>.
- [17] D. Aprilman, M. Arpan, and M. H. Fadhilan, “Rancang Bangun Mesin Pengayak Pasir Otomatis Menggunakan Motor Bensin 6.5 HP,” *J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 11–26, 2021, [Online]. Available: <http://eprints.polsri.ac.id/3850/>.
- [18] B. Aïssa, R. J. Isaifan, V. E. Madhavan, and A. A. Abdallah, “Structural and physical properties of the dust particles in Qatar and their influence on the PV panel performance,” *Sci. Rep.*, vol. 6, no. July, pp. 1–12, 2016, doi: 10.1038/srep31467.