

SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH PERBANDINGAN POLUTAN DEBU SEMEN DAN SERBUK GERGAJI KAYU TERHADAP EFISIENSI PANEL SURYA POLIKRISTALIN 10 WP



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

Oleh:

M. RIZKI RILMAPUTRA

03041282126055

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH PERBANDINGAN POLUTAN DEBU SEMEN DAN SERBUK GERGAJI KAYU TERHADAP EFISIENSI PANEL SURYA POLIKRISTALIN 10 WP



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

Oleh:

M. RIZKI RILMAPUTRA

03041282126055

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. IPU., APEC Eng.
NIP. 197108141999031005

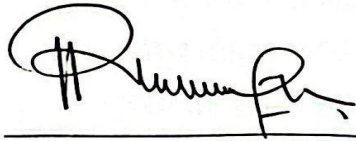
Palembang, 28 April 2025
Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Hermawati, S.T., M.T.
NIP. 197708102001122001

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

:  _____

Pembimbing Utama : Hermawati, S.T., M.T.

Tanggal : 15 Mei 2025

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : M. Rizki Rilmaputra
NIM : 03041282126055
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 PERBANDINGAN POLUTAN DEBU SEMEN DAN SERBUK GERGAJI KAYU TERHADAP EFISIENSI PANEL SURYA POLIKRISTALIN 10 WP

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/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: 28 April 2025



M. Rizki Rilmaputra

NIM. 03041282126055

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Rizki Rilmaputra
NIM : 03041282126055
Fakultas : Teknik
Teknik Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin.20%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul “Analisis Pengaruh Perbandingan Polutan Debu Semen dan Serbuk Gergaji Kayu Terhadap Efisiensi Panel Surya 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, 28 April 2025



M. Rizki Rilmaputra

NIM. 03041282126055

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena atas berkat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh Perbandingan Polutan Debu Semen dan Serbuk Gergaji Kayu Terhadap Efisiensi Panel Surya Polikristalin 10 Wp”. Tugas akhir ini dibuat untuk mendapatkan gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan, pengetahuan, serta dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
2. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
3. Ibu Hermawati, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik dan pembimbing tugas akhir yang telah senantiasa memberikan bimbingan, waktu, arahan, ilmu, dan nasihat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
4. Ibu Ike Bayusari, S.T., M.T., Ibu Caroline, S.T., M.T., dan Ibu Rahmawati, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun agar penelitian dapat dilakukan dengan lebih baik.
5. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama masa perkuliahan.
6. Bapak Syahril, S.T., Ibu Lismayana, dan Nabilah Rilma Putri yang telah memberikan doa, semangat, kasih sayang, serta dukungan dari segi moril dan materi kepada penulis.

7. Trie Holiyusni Arti yang selalu setia menemani dalam susah maupun senang serta memberikan dukungan dan semangat dalam proses perkuliahan dan penyusunan tugas akhir ini hingga selesai.
8. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2021 yang menemani masa perkuliahan dan kakak tingkat yang telah memberikan bantuan, ilmu dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir.
9. Seluruh pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semuanya terutama bagi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

Palembang, 28 April 2025



M. Rizki Rilmaputra

NIM. 03041282126055

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH PERBANDINGAN POLUTAN DEBU SEMEN DAN SERBUK GERGAJI KAYU TERHADAP EFISIENSI PANEL SURYA POLIKRISTALIN 10 WP

(M. Rizki Rilmaputra, 03041282126055, 2025, 33 Halaman)

Sistem fotovoltaiik merupakan perangkat yang berfungsi mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik. Efisiensi konversi energi pada panel surya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar, salah satunya adalah keberadaan partikel-partikel kontaminan seperti debu dan polutan yang menempel pada permukaan panel. Penelitian eksperimental dilakukan dengan menaburkan masing-masing 4 gram debu semen dan serbuk gergaji kayu pada permukaan panel surya polikristalin berdaya 10 Wp. Berdasarkan hasil pengukuran, rata-rata efisiensi panel yang terpapar serbuk gergaji kayu lebih rendah dibandingkan dengan panel yang terkena debu semen. Panel surya dengan serbuk gergaji kayu menghasilkan efisiensi tertinggi sebesar 3,19%, sedangkan panel surya dengan debu semen menghasilkan efisiensi tertinggi sebesar 5,57%. Perbedaan ini disebabkan oleh massa jenis serbuk gergaji kayu yang lebih rendah, sehingga pada massa yang sama, serbuk tersebut menutupi area permukaan panel lebih luas dan lebih merata. Akibatnya, penyerapan cahaya oleh panel surya menjadi lebih terhambat, yang berdampak pada penurunan efisiensi secara signifikan dibandingkan panel surya yang terpapar debu semen.

Kata Kunci: Panel Surya, Debu Semen, Serbuk Gergaji Kayu, Efisiensi.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE COMPARATIVE EFFECT OF CEMENT DUST AND WOOD SAWDUST POLLUTANTS ON THE EFFICIENCY OF 10 WP POLYCRYSTALLINE SOLAR PANEL

(M. Rizki Rilmaputra, 03041282126055, 2025, 33 Pages)

Photovoltaic systems are devices that function to convert solar radiation energy into electrical energy. The efficiency of energy conversion in solar panels is greatly influenced by environmental conditions, one of which is the presence of contaminant particles such as dust and pollutants that stick to the surface of the panel. Experimental research was conducted by sprinkling 4 grams of cement dust and sawdust on the surface of a 10 Wp polycrystalline solar panel. Based on the measurement results, the average efficiency of panels exposed to sawdust was lower than that of panels exposed to cement dust. Solar panels with sawdust produced the highest efficiency of 3.19%, while solar panels with cement dust produced the highest efficiency of 5.57%. This difference is due to the lower density of sawdust, so that at the same mass, the powder covers a wider and more even surface area of the panel. As a result, the absorption of light by the solar panels becomes more inhibited, which results in a significant decrease in efficiency compared to solar panels exposed to cement dust.

Keywords: Solar Panel, Cement Dust, Wood Sawdust, Efficiency.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN.....	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR PERSAMAAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Energi Surya	5
2.2 Panel Surya.....	6
2.2.1 Prinsip Kerja Panel Surya.....	6
2.2.2 Jenis Panel Surya	6
2.2.3 Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Panel Surya.....	8
2.2.4 Karakteristik Panel Surya	10
2.3 Karakteristik Debu Semen.....	10

2.4	Karakteristik Serbuk Gergaji Kayu	11
2.5	Perhitungan Daya	11
2.5.1	Daya Aktif	12
2.5.2	Daya Reaktif	12
2.5.3	Daya Semu.....	12
2.5.4	Daya Masukan	13
2.5.5	Daya Keluaran	13
2.6	Perhitungan Efisiensi Panel Surya.....	13
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1	Lokasi Penelitian	15
3.2	Waktu Penelitian	15
3.3	Metode Penelitian.....	16
3.4	Alat dan Bahan	16
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	19
3.6	Spesifikasi Panel Surya	20
3.7	Skema Pengambilan Data.....	20
3.8	Pengukuran Arus dan Tegangan.....	21
3.8.1	Rangkaian Pengukuran Arus	21
3.8.2	Rangkaian Pengukuran Tegangan	22
3.9	Tahapan Penelitian	22
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1	Umum	23
4.2	Data Hasil Pengukuran	24
4.2.1	Data Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Perlakuan	24
4.2.2	Data Hasil Pengukuran Panel Surya Dengan Serbuk Gergaji Kayu.....	24
4.2.3	Data Hasil Pengukuran Panel Surya Dengan Debu Semen	25
4.3	Perhitungan Daya Masukan Panel Surya.....	26
4.4	Perhitungan Daya Keluaran Panel Surya.....	27
4.4.1	Perhitungan Daya Keluaran Panel Surya Tanpa Perlakuan	27
4.4.2	Perhitungan Daya Keluaran Panel Surya Dengan Serbuk Gergaji Kayu.	27
4.4.3	Perhitungan Daya Keluaran Panel Surya Dengan Debu Semen.....	27

4.5 Perhitungan Efisiensi Panel Surya.....	27
4.6 Hasil dan Analisis.....	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Kesimpulan.....	34
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Panel Surya Monokristalin	7
Gambar 2. 2 Panel Surya Polikristalin	7
Gambar 2. 3 Panel Surya Thin-Film	8
Gambar 2. 4 Penurunan Tegangan Terhadap Kenaikan Suhu	9
Gambar 2. 5 Kurva I-V dan P-V Pada Panel Surya	10
Gambar 2. 6 Segitiga Daya	11
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 3. 2 Skema Pengambilan Data	20
Gambar 3. 3 Rangkaian Pengukuran Arus.....	21
Gambar 3. 4 Rangkaian Pengukuran Tegangan.....	22
Gambar 4. 1 Pengujian Panel Surya Polikristalin.....	23
Gambar 4. 2 Grafik Tegangan Rata-Rata Panel Surya	29
Gambar 4. 3 Grafik Arus Rata-Rata Panel Surya	30
Gambar 4. 4 Grafik Daya Keluaran Rata-Rata Panel Surya	31
Gambar 4. 5 (a) Serbuk Gergaji Kayu, (b) Debu Semen	32
Gambar 4. 6 Grafik Efisiensi Rata-Rata Panel Surya	33

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Matriks Perencanaan Tugas Akhir.....	15
Tabel 3. 2 Alat dan Bahan.....	17
Tabel 3. 3 Spesifikasi Panel Surya.....	20
Tabel 4. 1 Rata-Rata Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Perlakuan	24
Tabel 4. 2 Rata-Rata Hasil Pengukuran Panel Surya Dengan Serbuk Gergaji Kayu...	25
Tabel 4. 3 Rata-Rata Hasil Pengukuran Panel Surya Dengan Debu Semen	25

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2. 1	12
Persamaan 2. 2	12
Persamaan 2. 3	12
Persamaan 2. 4	13
Persamaan 2. 5	13
Persamaan 2. 6	14

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan adanya sumber energi yang melimpah di Indonesia, energi terbarukan menjadi komponen utama dalam memenuhi kebutuhan energi. Istilah "energi terbarukan" merujuk pada sumber daya alam seperti sinar matahari yang dapat digunakan secara berkelanjutan dan tidak terbatas. Energi dari sinar matahari ini dihasilkan melalui penangkapan sel surya, yang kemudian diubah menjadi energi listrik menggunakan panel surya [1].

Pada penelitian ini digunakan panel surya tipe polikristalin dengan kapasitas 10 Wp. Pemilihan jenis panel ini didasarkan pada pertimbangan efisiensi kinerja yang cukup baik serta ketersediaannya dengan harga yang lebih ekonomis dibandingkan panel surya tipe monokristalin. Dengan karakteristik tersebut, panel polikristalin dinilai memadai untuk mendukung kebutuhan eksperimen dalam penelitian ini.

Sistem fotovoltaik merupakan perangkat yang berfungsi mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik. Teknologi ini umumnya memanfaatkan material semikonduktor, seperti silikon, sebagai komponen utama dalam proses konversi energi. Ketika permukaan sel surya terpapar sinar matahari, sistem ini akan menghasilkan arus listrik, di mana jumlah energi listrik yang dihasilkan bergantung pada tingkat intensitas cahaya yang diterima. Namun, efisiensi konversi energi dari sistem fotovoltaik sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar [2].

Adapun salah satu faktor lingkungan yang dapat memengaruhi kinerja panel surya adalah adanya partikel debu dan polutan yang menempel pada permukaan panel [3]. Di daerah industri, sebagai contoh di PT. Semen Baturaja, debu semen menjadi salah satu jenis polutan yang dominan. Debu semen ini dapat menutupi permukaan

panel surya dan menghalangi sinar matahari yang seharusnya diterima oleh panel, sehingga berdampak pada penurunan efisiensi kinerja panel surya.

Tidak hanya debu semen, pada penelitian ini peneliti juga menguji serbuk gergaji kayu yang juga dapat mempengaruhi kinerja panel surya apabila menutupi permukaan panel surya. Biasanya serbuk gergaji kayu ini sering ditemukan di daerah industri yang mengelola kayu seperti PT. Ladang Makmur.

Peneliti menggunakan debu semen dan serbuk gergaji kayu karena 2 jenis polutan ini sangat sering ditemukan di beberapa industri, sehingga penelitian ini diharapkan dapat jadi pertimbangan untuk industri tersebut saat ingin menggunakan panel surya. Adapun alasan saya menggunakan serbuk gergaji kayu dengan partikel halus adalah karena dengan partikel yang lebih halus dapat lebih sempurna menutupi permukaan panel, sehingga penurunan daya panel surya dapat dibuktikan dengan tepat. Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti akan membahas **“Analisis Pengaruh Perbandingan Polutan Debu Semen Dan Serbuk Gergaji Kayu Terhadap Efisiensi Panel Surya Polikristalin 10 Wp”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Anderssen Utama (2023), diperoleh hasil bahwa panel surya yang terpapar debu batu bata menghasilkan daya keluaran yang lebih rendah dibandingkan dengan panel yang terkena debu pasir. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan jenis polutan yang berbeda, yaitu debu semen dan serbuk gergaji kayu, untuk menganalisis pengaruhnya terhadap parameter kinerja panel surya polikristalin 10 Wp, meliputi arus, tegangan, suhu, daya keluaran dan efisiensi.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan terarah, terdapat beberapa batasan masalah yang ditetapkan:

1. Jenis panel surya yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada panel surya jenis polikristalin
2. Penelitian ini memanfaatkan tiga unit panel surya tipe polikristalin dengan kapasitas masing-masing sebesar 10 Wp.
3. Penelitian hanya berfokus pada pengaruh debu semen dan serbuk gergaji kayu terhadap efisiensi kinerja panel surya, tanpa mempertimbangkan faktor debu lainnya.
4. Pengambilan data dilakukan selama 10 hari dengan interval pengukuran setiap satu jam, dimulai dari pukul 09.00 hingga 16.00 WIB setiap harinya.
5. Dalam penelitian ini, pengaruh angin dan sudut kemiringan panel surya polikristalin 10 Wp tidak diperhitungkan atau dianggap konstan.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengukur arus dan tegangan panel surya saat terpapar debu semen dan serbuk gergaji kayu.
2. Mengukur tingkat penurunan daya keluaran panel surya akibat adanya debu semen dan serbuk gergaji kayu pada permukaannya.
3. Menganalisis pengaruh debu semen dan serbuk gergaji kayu terhadap efisiensi kinerja panel surya.

1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah wawasan dan pengetahuan mengenai pengaruh polutan, khususnya debu semen dan serbuk gergaji kayu, terhadap kinerja panel surya serta memberikan kontribusi dalam pengembangan penelitian di bidang energi terbarukan.

2. Dapat menjadi pertimbangan untuk beberapa industri khususnya pabrik semen dan pabrik kayu saat ingin menggunakan panel surya di area industrinya tersebut.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab I menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada BAB II mengulas teori-teori dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pengaruh debu terhadap kinerja panel surya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab III menguraikan metode yang diterapkan dalam penelitian ini, yang meliputi desain eksperimen, peralatan dan bahan yang digunakan, serta metode analisis data.

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA

Pada BAB IV menyajikan hasil penelitian dan analisis mengenai pengaruh debu semen dan serbuk gergaji kayu terhadap kinerja panel surya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab V menyajikan kesimpulan dari hasil penelitian serta rekomendasi yang dapat dijadikan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. C. P. Talawo, J. Ilham, and L. M. K. Amali, “Pengaruh Polutan pada Permukaan Panel Surya Terhadap Kinerja Panel Surya Kapasitas 10 Wp,” *Jambura Ind. Rev.*, vol. 2, no. 1, pp. 31–38, 2022, doi: 10.37905/jirev.2.1.31-38.
- [2] Pebriningtyas K M, Musyfa Ali, and Indriawati Katherine, “Pebriningtyas 2013 Penelusuran Daya Maksimum,” *Penelusuran Daya Maksimum Pada Panel Photovolt. Menggunakan Kontrol Log. Fuzzy Di Kota Surabaya*, vol. 2, no. 1, pp. 135–140, 2013.
- [3] E. A. Pratama, ; Rizki, and N. Ahmad, “ANALISIS PENGARUH POLUTAN DEBU TERHADAP PEMBANGKITAN DAYA PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA.”
- [4] M. S. Alim, S. Thamrin, and R. L. W., “Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Alternatif Ketahanan Energi Nasional Masa Depan,” *J. Pengabd. Kpd. Masy. Nusan.*, vol. 4, no. 3, pp. 2427–2435, 2023.
- [5] G. Widayana, “Pemanfaatan Energi Surya,” *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 9, no. 1, p. 6, 2012, doi: 10.23887/jptk.v9i1.2876.
- [6] H. Isyanto, Budiyanto, Fadliondi, and P. G. Chamdareno, “Pendingin untuk peningkatan daya keluaran panel surya,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol. 2017*, no. November, pp. 1–2, 2017.
- [7] A. I. Ramadhan, E. Diniardi, and S. H. Mukti, “Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP,” *Teknik*, vol. 37, no. 2, p. 59, 2016, doi: 10.14710/teknik.v37i2.9011.
- [8] 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/emitor.v18i01.6251.
- [9] R. A. M. Napitupulu, S. T. Mt, I. S. Simanjuntak, M. Eng, and H. Pengesahan,

“PENGARUH MATERIAL MONOKRISTAL DAN POLIKRISTAL TERHADAP KARAKTERISTIK SEL SURYA 20 WP DENGAN TRACKINGSISTEM DUA SUMBU Oleh UNIVERSITAS HKBP NOMMENSEN,” 2017.

- [10] A. H. Siregar, P. Harahap, U. Muhammadiyah, and S. Utara, “Efficiency,” vol. 13, no. 2, pp. 97–102, 2024.
- [11] D. . Pangestuningtyas, H. Hermawan, and K. Karnoto, “Analisis sudut panel solar cell terhadap daya output dan efisiensi yang dihasilkan,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 0–7, 2020.
- [12] 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.
- [13] N. M. Janna and D. A. Widodo, “Analisis Karakteristik Modul Panel Surya Dengan Sistem Pendingin Air,” *J. Fokus Elektroda Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali*, vol. 6, no. 1, p. 37, 2021, doi: 10.33772/jfe.v6i1.16200.
- [14] R. Pahlevi, “A ‘missing’ family of classical orthogonal polynomials,” *J. Phys. A Math. Theor.*, vol. 44, no. 8, pp. 1–17, 2011, doi: 10.1088/1751-8113/44/8/085201.
- [15] Parsika, “Pengertian Semen, Bahan Penyusun, Pabrikasi dan Kegunaannya,” www.arsitur.com. Accessed: Nov. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.arsitur.com/2019/05/pengertian-semen-bahan-kegunaan.html>
- [16] “Particle Size in Building Materials: From Cement to Bitumen,” Anton Paar. Accessed: Nov. 11, 2024. [Online]. Available: <https://wiki.anton-paar.com/kren/particle-size-in-building-materials-from-cement-to-bitumen/>
- [17] N. Nurmaidah and R. E. S. Purba, “Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Substitusi Campuran Bata Ringan Kedap Suara,” *Portal J. Tek. Sipil*,

vol. 9, no. 2, pp. 40–46, 2017, doi: 10.30811/portal.v9i2.620.

- [18] Letifa Shintawaty, “Peranan Daya Reaktif Pada Sistem Kelistrikan,” *J. Desiminasi Teknol.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–20, 2013.