



Analisis Pengaruh Perubahan Intensitas Cahaya Terhadap Efektifitas Panel Surya Berbasis IoT Esp32

Randyka Ramadhani¹, Subuh Insur Haryudo²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Abstract

Received: 17 Oktober 2024
Revised: 31 Oktober 2024
Accepted: 18 November 2024

Pada penelitian ini berfokus pada pengaruh perubahan intensitas cahaya terhadap efisiensi panel surya, penelitian ini juga membahas tentang penggunaan Internet of Things (IoT). Adapun penggunaan IoT pada penelitian ini untuk melakukan pengambilan data yang dapat diakses melalui aplikasi Telegram. Metode penelitian yang diterapkan adalah kuantitatif Dengan model addie yaitu merupakan model yang melibatkan tahap-tahap pengembangan model dengan lima Langkah pengembangan. Pengujian ini mencakup kondisi panel surya tanpa beban dan kondisi dengan beban, dengan menggunakan Voltage Sensor dan Multimeter untuk tegangan DC. Data pengujian. Dimana terjadi Selisih perbandingan tegangan pada intensitas cahaya terendah, dan tertinggi pada hari pertama sebesar 51.3% tanpa beban dan 31.2% dengan beban. Pada hari kedua 34.6% tanpa beban dan 31.2% dengan beban. Pada hari ketiga 33.9% tanpa beban dan 40.7% dengan beban. Hari keempat 83.1% tanpa beban dan 84.4% dengan beban. Kesimpulannya bahwa perubahan intensitas cahaya dapat mempengaruhi efisiensi panel surya.

Keywords: Panel surya, Perubahan Intensitas Cahaya, Internet of Things, Telegram

(*)Corresponding Author: randyka.19055@mhs.unesa.ac.id

How to Cite: Ramadhani, R., & Haryudo, S. I. (2024). Analisis Pengaruh Perubahan Intensitas Cahaya Terhadap Efektifitas Panel Surya Berbasis IoT Esp32. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14574077>

PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade kebelakang penggunaan listrik berbahan bakar fosil sangat meningkat yang mengakibatkan ketersediaanya semakin menipis. Oleh karena itu penggunaan energi baru terbarukan seharusnya dapat menyelesaikan permasalahan kelangkaan energi yang akan menimpa dalam beberapa puluh tahun kedepan. Energi matahari masih menjadi energi alternatif paling banyak diminati. Hal tersebut terjadi karena energi matahari minim emisi dalam artian energi matahari lebih ramah lingkungan.[1]

Panel surya merupakan suatu alat yang dapat mengkonversikan energi matahari menjadi energi listrik. Dikarenakan panel surya memanfaatkan energi matahari untuk menjadi sumber tenaga utama, maka dari itu dapat disimpulkan bahwa Panel surya memiliki keunggulan jika dibandingkan dengan pembangkit Listrik lain yaitu sebagai pembangkit listrik yang ramah lingkungan serta bebas emisi dan minim biaya perawatan. Namun, panel surya juga memiliki kekurangan yaitu salah satunya seperti modal awal yang dikeluarkan untuk pemasangan komponen-komponen panel surya cukup tinggi.[2]

Indonesia sendiri dilewati oleh khatulistiwa yang diperkirakan Indonesia mendapatkan penyinaran dari radiasi matahari sebesar 4,8 kWh/m²/hari[3]. Penyinaran matahari sendiri berdampak besar pada keluaran daya *system photovoltaic*, kenaikan suhu serta perubahan cuaca yang dapat berubah-ubah pada lingkungan sekitar panel juga sangat sensitif terhadap kinerja panel.[4]

Namun Panel surya juga memiliki kekurangan yaitu tingginya biaya pembangunan dan pv juga sangat tergantung pada lingkungan sekitar. Seperti intensitas cahaya matahari dan juga tempretur suhu sekitar yang menyebabkan ketidakstabilan dari kinerja panel tersebut. Tidak hanya itu saja factor lingkungan yang mempengaruhi, ada juga factor lokasi yang mempengaruhi performa dari pv.

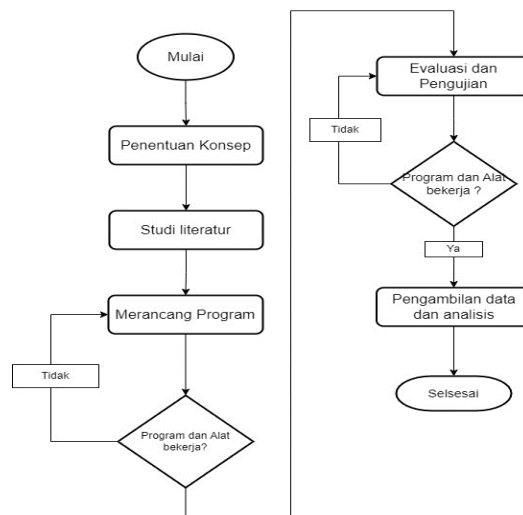
Adapun beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kinerja dari suatu panel surya. Radiasi matahari adalah factor yang memiliki efek besar pada output dari system panel surya. Panel surya juga sangat dipengaruhi oleh perubahan lingkungan sekitar dapat mempengaruhi panel surya yang menyebabkan perubahan terhadap produksi listrik yang dihasilkan. Adapun perubahan dari Intensitas cahaya apakah dapat merubah nilai tegangan yang dihasilkan dari panel surya. Kecepatan angin disekitar lokasi panel surya juga mempengaruhi dari efisiensi,hal tersebut dapat terjadi karena angin dapat menjaga suhu permukaan panel.[5]

METODE PENELITIAN

penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Adapun penelitian kuantitatif sendiri digunakan apabila terdapat penelitian yang memiliki permasalahan jelas. Masalah disini merupakan suatu penyimpangan antara yang seharusnya terjadi dan juga dengan teori pelaksanaan. Juga digunakan jika ingin menguji hipotesis penelitian dan bila ingin menguji terhadap validasi teori.

Setiap penelitian akan memiliki tujuan secara umum, ada tiga yaitu penemuan, pembuktian dan pengembangan. dalam penelitian juga terdapat variabel penelitian yaitu merupakan sesuatu yang akan menjadi obyek pengamatan dalam penelitian. Variabel pada dasarnya ialah segala sesuatu yang telah ditetapkan oleh peneliti. Dengan model addie yaitu merupakan model yang melibatkan tahap-tahap pengembangan model dengan lima Langkah pengembangan meliputi : *Analysis, Design, Development or Production, Implementation or Delivery dan Evaluations*).

A. Sistematika Penelitian



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Untuk penjelasan dari diagram sistematika diatas sebagai berikut :

1. Penentuan Konsep

Pada tahap ini diawali dengan penentuan konsep merupakan langkah awal dalam menentukan konsep yang akan dijadikan bahan penelitian. Akan tetapi dalam penentuan konsep harus ada kesimpulan.

2. Studi Literatur

Pada tahap studi literatur ini mahasiswa melakukan pencarian informasi berkaitan dengan tema penelitian yang akan diambil berisi jurnal, laporan, dan penelitian-penelitian terdahulu yang dapat dikembangkan.

3. Merancang Program dan alat

Setelah melakukan penentuan konsep dan studi literatur sebelum dilakukannya perakitan alat terlebih dahulu perancangan untuk meminimalisir kesalahan yang terjadi. Uji coba dilakukan juga untuk mengetahui apakah program, dan alat dapat bekerja dengan baik atau tidak.

4. Evaluasi Pengujian Alat dan Program

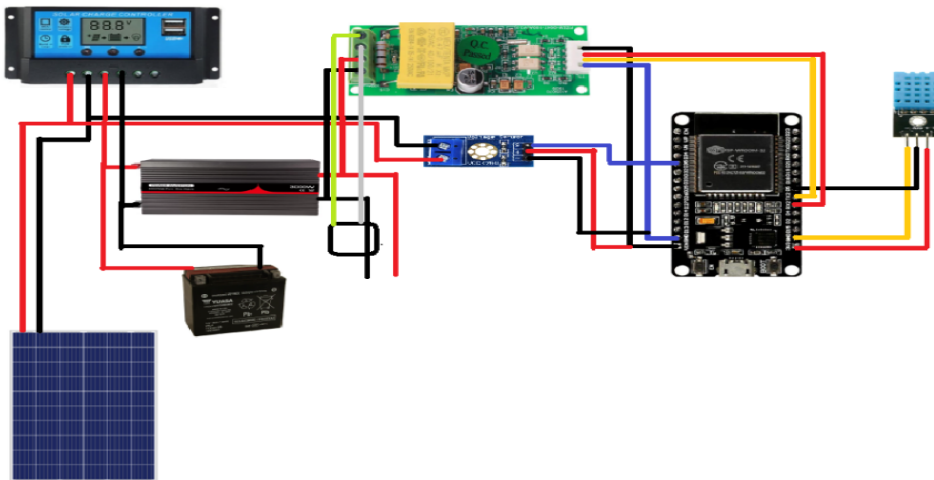
Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap alat dan program. Selanjutnya melukan pengujian alat sehingga dapat dilakukannya pengambilan data pada tahap selanjutnya.

5. Pengambilan data dan analisis

Pengambilan data ini merupakan tahap akhir dari rangkaian tahap diatas pada tahap ini dilakukan pengambilan data yang dapat dilihat di aplikasi Telegram.

B. Perancangan hardware

Untuk melakukan penelitian ini memerlukan beberapa komponen yang bekerja untuk pengambilan data maupun menjalankan system. Adapun beberapa komponen dan rangkaian hardware seperti gambar 2 dibawah.



Gambar 2. Perancangan *Hardware* Panel Surya

Keterangan:

- | | | | |
|---|----------------------------------|---|-------------------------|
| 1 | : Panel Surya | 5 | : ESP32 |
| 2 | : Inverter | 6 | : Sensor DHT11 |
| 3 | : <i>Solar Charge Controller</i> | 7 | : <i>Voltage Sensor</i> |
| 4 | : Baterai | 8 | : PZEM-004T |

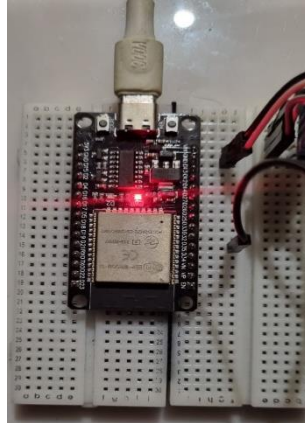
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Alat

1. Pengujian pada mikrokontroller
 - a. ESP 32

Pada pengujian ini menggunakan ESP 32 sebagai komponen yang berfungsi untuk menghubungkan atau dapat disambungkan dengan beberapa komponen seperti sensor PZEM 004-T ,dan sensor tegangan.

Dengan memasukan program pada aplikasi Arduino uno. Hasil dari pengujian ini adalah dipastikannya alat bekerja sesuai dengan program yang telah disetting pada Arduino uno dan memastikan ESP 32 dapat tersambung dengan WIFI tersedia pada perangkat ponsel. Seperti pada gambar 4.1 dibawah in



Gambar 4.pengujian mikrokontroler ESP32

2. Pengujian PZEM-004T

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa komponen sensor PZEM-004T dapat terhubung ke mikrokontroler ESP32. Indikasi bahwa PZEM-00T telah terhubung dengan ESP32 ialah dapat mengirimkan data ke aplikasi Bot telegram. Adapun hasil output dari PZEM-004T adalah tegangan, arus dan daya. Gambar PZEM-004T dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 5. Sensor PZEM-004T

3. Pengujian BOT Telegram

Bot telegram memiliki fungsi perantara dalam mengirim data dari beberapa sensor. Adapun pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hasil output dari beberapa sensor yang terpasang dapat keluar nilainya. Bot telegram sendiri dapat tersambung dengan mikrokontroler yang dipakai yaitu ESP32. Idikasi dari berhasilnya pengujian ini adalah mirkrokontroler ESP32 dapat mengirimkan data secara online dan aplikasi telegram dapat menerima data ESP32.



Gambar 6. Tampilan Aplikasi Bot Telegram

B. Pembahasan Hasil Uji Coba

1. Pengujian Tanpa Beban

Pada pengujian ini dilakukan pada tanggal 7-8 dan 12-13 February 2024, dilakukan mulai pukul 09.00 WIB sampai pukul 14.30 WIB. Pengambilan data bertempat di Kecamatan Asem Rowo, Kota Surabaya. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 1. Hasil percobaan hari pertama tanpa beban

NO.	Waktu	Intensitas Cahaya(Lux)	Voltage Sensor	Multimeter
1	09.00	40.970	13.95	14.49
2	09.30	27.350	12.65	12.26
3	10.00	50.490	14.05	14.20
4	10.30	60.240	16.30	16.68
5	11.00	54.820	15.37	15.24
6	11.30	124.400	18.23	18.47
7	12.00	132.200	18.62	19.06
8	12.30	103.400	17.64	18.24
9	13.00	73.450	16.28	16.12
10	13.30	65.940	15.72	15.64
11	14.00	62.230	14.84	14.90
12	14.30	33.540	12.89	13.20
Rata-Rata			15,54V	15,70V

Tabel 1 berisi data yang didapat pada hari ke-1 melalui pengukuran langsung menggunakan sensor tegangan. Didapatkan hasil selisih tegangan antara intensitas cahaya tertinggi dan terendah sebesar 6.39V atau terjadi peningkatan 51.3%.

Tabel 2. Hasil percobaan hari kedua tanpa beban

NO.	Waktu	Intensitas Cahaya(Lux)	Voltage Sensor	Multimeter
1	09.00	55.570	14.85	15.19
2	09.30	60.450	15.25	15.56
3	10.00	40.330	14.18	13.67
4	10.30	45.240	14.67	14.34

5	11.00	52.420	14.46	15.03
6	11.30	81.450	16.43	16.78
7	12.00	82.230	17.02	17.12
8	12.30	74.420	16.36	16.44
9	13.00	72.450	16.08	16.22
10	13.30	55.940	15.22	15.34
11	14.00	42.230	14.34	14.58
12	14.30	27.740	12.29	13.08
Rata-Rata			15.09V	15.27 V

Tabel 2 berisi data yang didapat pada hari ke-2 melalui pengukuran langsung menggunakan sensor tegangan. Didapatkan hasil selisih tegangan antara intensitas cahaya tertinggi dan tertinggi sebesar 4.39V atau terjadi peningkatan 34.6%.

Tabel 3. Hasil percobaan hari kedua tanpa beban.

NO.	Waktu	Intensitas Cahaya(Lux)	Voltage Sensor	Multimeter
1	09.00	43.560	14.16	14.69
2	09.30	47.340	14.85	15.26
3	10.00	40.330	14.18	13.67
4	10.30	55.240	15.38	15.64
5	11.00	52.420	14.46	15.03
6	11.30	63.450	16.24	16.39
7	12.00	61.230	16.04	16.52
8	12.30	54.390	15.26	15.24
9	13.00	89.450	17.21	16.79
10	13.30	52.240	15.06	15.41
11	14.00	33.130	13.84	14.28
12	14.30	29.440	12.09	12.28
Rata-Rata			14.91V	15.10V

Tabel 3. berisi data yang didapat pada hari ke-3 melalui pengukuran langsung menggunakan sensor tegangan. Didapatkan hasil selisih tegangan antara intensitas cahaya tertinggi dan tertinggi sebesar 4.13V atau terjadi peningkatan 33.9%.

Tabel 4. Hasil percobaan hari kedua tanpa beban.

NO.	Waktu	Intensitas Cahaya(Lux)	Voltage Sensor	Multimeter
1	09.00	115.900	18.56	18.42
2	09.30	114.300	17.54	18.24
3	10.00	110.600	17.68	18.07
4	10.30	112.340	18.38	18.46
5	11.00	130.400	18.89	19.05
6	11.30	126.800	18.34	18.39
7	12.00	93.230	17.12	17.52
8	12.30	89.390	17.06	17.14
9	13.00	66.450	16.26	16.62
10	13.30	44.340	14.46	14.81
11	14.00	24.160	13.84	14.28
12	14.30	13.490	10.05	10.67
Rata-Rata			16.51V	16.80V

Tabel 4. berisi data yang didapat pada hari ke-4 melalui pengukuran langsung menggunakan sensor tegangan. Didapatkan hasil selisih tegangan antara intensitas cahaya tertinggi dan terendah sebesar 8.61V atau terjadi peningkatan 83.1%.

2. Pengujian Dengan Beban

Pada pengujian ini dilakukan pada tanggal 7-8 dan 12-13 February 2024, dilakukan mulai pukul 09.00 WIB sampai pukul 14.30 WIB. Pengambilan data bertempat di Kecamatan Asem Rowo, Kota Surabaya. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 5. Hasil percobaan hari pertama dengan beban.

NO.	Waktu	Intensitas Cahaya(Lux)	Beban	Voltage Sensor	Multimeter
1	09.00	55.570	45	14.15	14.79
2	09.30	60.450	45	14.75	14.86
3	10.00	40.330	45	13.68	13.87
4	10.30	45.240	45	13.97	13.54
5	11.00	52.420	45	14.06	14.83
6	11.30	81.450	45	16.33	16.06
7	12.00	82.230	45	16.62	16.78
8	12.30	74.420	45	14.88	15.54
9	13.00	72.450	45	14.38	14.45
10	13.30	55.940	45	14.15	14.02
11	14.00	42.230	45	13.86	13.98
12	14.30	27.740	45	12.48	12.81
Rata-Rata				14.44V	14.62 V

Tabel 5. berisi data yang didapat pada hari ke-1 melalui pengukuran langsung menggunakan sensor tegangan dan menggunakan multimeter. Pada pengukuran ini menggunakan beban sebesar 45w. Didapatkan hasil selisih tegangan antara intensitas cahaya tertinggi dan terendah sebesar 4.06V atau terjadi peningkatan 32.1%.

Tabel 6. Hasil percobaan hari kedua dengan beban.

NO.	Waktu	Intensitas Cahaya(Lux)	Beban	Voltage Sensor	Multimeter
1	09.00	55.570	45	14.06	14.29
2	09.30	60.450	45	14.45	15.45
3	10.00	40.330	45	13.08	13.34
4	10.30	45.240	45	14.67	14.04
5	11.00	52.420	45	14.26	14.86
6	11.30	81.450	45	16.23	16.56
7	12.00	82.230	45	16.84	17.04
8	12.30	74.420	45	15.68	16.03
9	13.00	72.450	45	16.08	16.22
10	13.30	55.940	45	14.48	14.76
11	14.00	42.230	45	14.02	14.06
12	14.30	27.740	45	12.49	13.34
Rata-Rata				14.69V	14.99 V

Tabel 6. berisi data yang didapat pada hari ke-2 melalui pengukuran langsung menggunakan sensor tegangan dan menggunakan multimeter. Pada

pengukuran ini menggunakan beban sebesar 45w. Didapatkan hasil selisih tegangan antara intensitas cahaya tertinggi dan tertinggi sebesar 4.03V atau terjadi peningkatan 31.2%.

Tabel 7. Hasil percobaan hari ketiga dengan beban.

NO.	Waktu	Intensitas Cahaya(Lux)	Beban	Voltage Sensor	Multimeter
1	09.00	43.560	45	14.24	14.02
2	09.30	47.340	45	14.32	14.52
3	10.00	40.330	45	13.36	13.24
4	10.30	55.240	45	15.03	15.22
5	11.00	52.420	45	14.52	14.75
6	11.30	63.450	45	16.15	16.29
7	12.00	61.230	45	16.04	16.21
8	12.30	54.390	45	14.62	14.96
9	13.00	89.450	45	16.85	17.26
10	13.30	52.240	45	14.74	15.25
11	14.00	33.130	45	13.64	14.24
12	14.30	29.440	45	12.06	12.16
Rata-Rata				14.63V	14.84V

Tabel 7. berisi data yang didapat pada hari ke-2 melalui pengukuran langsung menggunakan sensor tegangan dan menggunakan multimeter. Pada pengukuran ini menggunakan beban sebesar 45w. Didapatkan hasil selisih tegangan antara intensitas cahaya tertinggi dan tertinggi sebesar 4.94V atau terjadi peningkatan 40.7%.

Tabel 7. Hasil percobaan hari keempat dengan beban.

NO.	Waktu	Intensitas Cahaya(Lux)	Beban	Voltage Sensor	Multimeter
1	09.00	115.900	45	18.24	18.32
2	09.30	114.300	45	17.52	17.84
3	10.00	110.600	45	17.38	17.86
4	10.30	112.340	45	18.26	18.56
5	11.00	130.400	45	18.84	18.95
6	11.30	126.800	45	18.05	18.24
7	12.00	93.230	45	17.12	17.52
8	12.30	89.390	45	16.74	17.02
9	13.00	66.450	45	16.26	16.40
10	13.30	44.340	45	14.05	14.45
11	14.00	24.160	45	13.26	14.36
12	14.30	13.490	45	10.02	10.42
Rata-Rata				16.31V	16.66V

Tabel 8. berisi data yang didapat pada hari ke-2 melalui pengukuran langsung menggunakan sensor tegangan dan menggunakan multimeter. Pada pengukuran ini menggunakan beban sebesar 45w. Didapatkan hasil selisih tegangan antara intensitas cahaya tertinggi dan tertinggi sebesar 8,67V atau terjadi peningkatan 84.4%.

3. Pengujian Tegangan AC Menggunakan Beban

Pada pengujian ini dilakukan menggunakan Sensor PZEM-004T pengambilan data dilakukan mengirimkan data melalui Bot Telegram. Pada pengujian ini juga

menggunakan beban dua buah Cas *handphone* sebesar 45 Watt. Hasil uji coba dapat dilihat pada tabel 10. dibawah.

Tabel 9. Rata-Rata Pengujian Tegangan AC

Hari Ke-	Tegangan
1.	214.11 V
2.	215.01 V
3.	216.01 V
4.	215.85 V
Rata-rata	215.24 V

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

Dari uji coba yang telah dilakukan diatas didapatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya terdapat perbedaan nilai yang diiringi oleh perubahan kenaikan suhu udara, yang Dimana Ketika terjadi kenaikan suhu udara maka tegangan dari panel surya juga mengalami kenaikan. Untuk pengambilan data dilakukan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang diteruskan melalui Bot telegram. . Selisih perbandingan tegangan pada intensitas cahaya terendah, dan tertinggi pada hari pertama sebesar 51.3%. tanpa beban dan 31.2% dengan beban. Pada hari kedua 34.6% tanpa beban dan 31.2% dengan beban. Pada hari ketiga 33.9% tanpa beban dan 40.7% dengan beban. Hari keempat 83.1% tanpa beban dan 84.4% dengan beban.

Pengaruh Iot terhadap penelitian ini adalah dengan adanya IoT sebagai alat untuk pengambilan data dapat mempermudah pengambilan data yang akurat. Adapun hasil data yang diambil menggunakan IoT tidak jauh berbeda dengan alat Multimeter.

REFERENSI

- A. M. Humada, M. Hojabri, H. M. Hamada, "Performance Evaluation of Two PV Technologies (c-Si and CIS) for Building Integrated Photovoltaic Based on Tropical Climate Condition: A Case Study in Malaysia, " *Energy and Buildings*, vol. I, no. 119, p. 233-241, 2016.
- T. Khatib, K. Sopian, & H. Kazem, "Actual Performance and Characteristic of A Grid Connected Photovoltaic Power System in The Tropics: A Short Term Evaluation", *Energy Conversion and Management*, vol. I, no. 71, p. 115-119, 2013
- Asrori, & Yudianto, E. (2019). Kajian Karakteristik Temperatur Permukaan Panel terhadap Performansi Instalasi Panel Surya Tipe Mono dan Polikrista. *JURNAL TEKNIK MESIN UNTIRTA*, 68-73.
- Kayani, U. A. (2019). Effect of temperature and wind on PV Module's efficiency (Energy and Resource Utilization).
- PS, W., Faizal, A., Widiyanto, E., & Iman, A. (2018). Analisis Computation Fluid Dynamics Suhu Permukaan Panel Surya Akibat Pengaruh Intensitas Radiasi Matahari, Kecepatan Angin dan Suhu Udara. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*.
- Adnyana, I. D. (2021). *Metode Penelitian Pendekatan Kuantitatif*. Surabaya: Media Sains Indonesia.
- Andi ,M., Samsurizal, & Salvadore Kevin. (2020). Karakteristik Temperatur Pada Permukiman Sel surya Polycrystalline Terhadap Efektifitas Daya keluaran

- Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Jurnal Ilmiah Sutet*, Vol. 10, No. 2. doi:<https://doi.org/10.33322/sutet.v10i2.1291>.
- Asrori, & Yudianto. (2019). Kajian Karakteristik Temperatur Permukaan Panel terhadap Performansi Instalasi Panel Surya Tipe Mono dan Polikrista. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 68-73.
- Dahliya, Samsurizal, & Pasra, N. (2021). Efisiensi Panel Surya Kapasitas 100Wp Akibat Pengaruh Suhu Dan Kecepatan Angin. *Jurnal Ilmiah Sutet*, Vol. 11, No. 2.
- Fuadi, I. P. (2017). PENGARUH DAN PREDIKSI PERUBAHAN VARIABEL CUACA TERHADAP PERFORMANSI DAN EFISIENSI SISTEM PV: STUDI KASUS DI KOTA SURABAYA. Diambil kembali dari <https://123dok.com/document/q29p5o2z-pengaruh-prediksi-perubahan-variabel-terhadap-performansi-efisiensi-surabaya.html>).
- Leonardo, S. (2017). Uji Karakteristik Solar Cell 200 WP & 50 WATT PEAK Dengan Dan Tanpa Sistem Tracking. Fakultas Teknik, Prodi Teknik Mesin, Universitas HKBPN omensen Medan.
- Rahman, M., & Syam, R. (2012). Aplikasi Photovoltaic System pada Kursi Roda Elektrik. *MAN*, 16-17.
- Ramadhani, A. (2018). Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Jakarta: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
- Science, & Journal . (2021). Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya 100 WP Terhadap Daya Listrik Abstrak Perhitungan daya Analisa dan Kesimpulan. 67-76.
- Timotius, e. (2018). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga Dan Pengairan Kabupaten Badung. *Jurnal spektrum*, vol 5, hal. 67-73.
- Zainuddin, M. (2017). Pengaruh Masuknya PLTS on Grid Sekala Besar Pada Sistem Distribusi 20KV Terhadap Kualitas Tegangan dan Rugi-rugi Daya. *FORTEL*, 131-136.