

**JURNAL**  
**ANALISIS PERFORMA SISTEM PEMANAS AIR**  
**SOLAR WATER HEATER PADA BERBAGAI**  
**KONDISI CUACA**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas  
Muhammadiyah Sumatera Barat*



**Oleh:**

**VIRA GUSNITA**  
**20160025**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT**  
**2024**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**JURNAL**

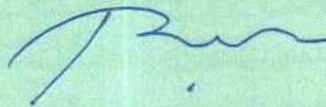
**ANALISIS PERFORMA SISTEM PEMANAS AIR *SOLAR WATER HEATER* PADA  
BERBAGAI KONDISI CUACA**

Oleh :

**VIRA GUSNITA**  
20160025

Disetujui Oleh :

**Dosen Pembimbing**

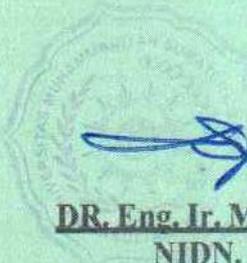


**RIZA MUHARNI, S.T., M.T.**  
NIDN. 1001127804

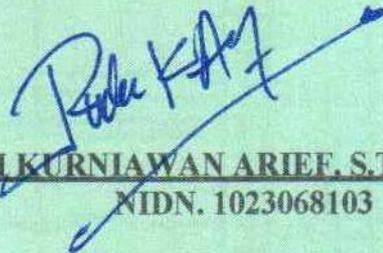
Diketahui Oleh :

**Dekan Fakultas TeknikUM  
Sumatera Barat**

**Ketua Program Studi  
Teknik Mesin**



**DR. Eng. Ir. MASRIL, S.T., M.T.**  
NIDN. 1005057407



**Ir. RUDI KURNIAWAN ARIEF, S.T., M.T., Ph.d.**  
NIDN. 1023068103

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Vira Gusnita  
Tempat dan Tanggal Lahir : Labuah, 10 Agustus 1999  
NIM : 20160025  
Judul Skripsi : Analisis Performa Sistem Pemanas Air Solar  
Water Heater Pada Berbagai Kondisi Cuaca

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 29 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,

  
Vira Gusnita

20160025

## Analisis Performa Sistem Pemanas Air Solar Water Heater pada Berbagai Kondisi Cuaca

Vira Gusnita<sup>1</sup>, Riza Muharni<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

<sup>2</sup> Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

\* Correspondence author: viragusnita426@gmail.com

### Keyword:

Performance,  
Pyranomete, Radiation  
energy, Solar water heater

**Abstract:** Solar Water Heater is a system that uses solar energy to heat water through a solar collector which is then stored in a storage tank which can then be distributed as needed. This solar water heater is an environmentally friendly alternative. The use of solar water is not only reduces greenhouse gas emissions but can also reduce energy costs in the long term. This research aims to analyze the performance of the solar water heater water heating system in various weather conditions in Bukittinggi. Measurements were made using a pyranometer for sunlight intensity, a digital thermometer for water and environmental temperature, and a hygrometer for relative air humidity. Data was collected in May 2024 with an average sunlight intensity of 800 W/m<sup>2</sup>. The radiant energy received by a 2 m<sup>2</sup> collector for 3-hours is 17,280,000 J, while the energy absorbed by water (mass 50 kg, specific heat capacity 4,186 J/kg°C, temperature change 20°C) reaches 12,000,000 J, resulting in the collector's thermal efficiency amounting to 69.44%. The saturated vapor pressure at a temperature of 25°C is 31.82 hPa with a relative humidity of 62.85%. The collector heat loss is 350 W, so the global collector efficiency reaches 68.95%. The research results show the high efficiency of the system even though it is affected by weather conditions, and further optimization can improve system performance. This research is the basis for developing a solar water heater system in areas with varying weather conditions.

### Kata kunci:

Performa, Pyranomete,  
Energi radiasi, Solar  
water heater

**Abstrak:** Solar Water Heater merupakan sebuah sistem yang menggunakan energi matahari untuk memanaskan air melalui kolektor surya yang kemudian hasilnya disimpan ke dalam tangki penyimpanan yang kemudian dapat didistribusikan sesuai kebutuhan, solar water heater ini merupakan alternatif yang ramah lingkungan penggunaan solar water ini tidak hanya mengurangi emisi gas rumah kaca tetapi juga dapat menurunkan biaya energi dalam jangka panjang penelitian ini bertujuan menganalisis performa sistem pemanas air solar water heater dalam berbagai kondisi cuaca di Bukittinggi. Pengukuran dilakukan menggunakan pyranometer untuk intensitas sinar matahari, termometer digital untuk suhu air dan lingkungan, serta hygrometer untuk kelembaban relatif udara. Data dikumpulkan pada bulan Mei 2024 dengan intensitas sinar matahari rata-rata 800 W/m<sup>2</sup>. Energi radiasi yang diterima oleh kolektor berukuran 2 m<sup>2</sup> selama 3 jam adalah 17,280,000 J, sementara energi yang diserap air (massa 50 kg, kapasitas panas spesifik 4,186 J/kg°C, perubahan suhu 20°C) mencapai 12,000,000 J, menghasilkan efisiensi termal kolektor sebesar 69.44%. Tekanan uap jenuh pada suhu 25°C adalah 31.82 hPa dengan kelembaban relatif 62.85%. Hilangnya panas kolektor adalah 350 W, sehingga efisiensi kolektor global mencapai 68.95%. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi tinggi dari sistem meski dipengaruhi kondisi cuaca, dan optimalisasi lebih lanjut dapat meningkatkan performa sistem. Penelitian ini menjadi dasar pengembangan sistem pemanas air solar water heater di daerah dengan kondisi cuaca bervariasi.

## 1 PENDAHULUAN

Pemanasan air merupakan salah satu kebutuhan dasar dalam rumah tangga dan industri[1]. Namun, metode konvensional untuk memanaskan air sering kali bergantung pada sumber energi fosil yang tidak terbarukan dan berdampak negatif terhadap lingkungan[2]. Oleh sebab itu banyak peneliti mencari alternatif yang lebih ramah lingkungan seperti pemanas air bertenaga surya, atau solar water heater

---

(SWH)[3].

Solar Water Heater atau Pemanas Air Tenaga Surya merupakan sistem yang menggunakan energi matahari untuk memanaskan air melalui kolektor surya yang kemudian hasilnya disimpan ke dalam tangki penyimpanan dan di distribusikan sesuai kebutuhan[4]. Kinerja dari pemanas air tenaga surya ini bergantung dari jumlah energi panas matahari yang terserap oleh sistem[5]. Keunggulan SWH ini yaitu dapat memanfaatkan energi matahari untuk memanaskan air, mengurangi emisi gas rumah kaca dan menurunkan biaya energi dalam jangka panjang[7], [8].

Potensi energi surya di Indonesia cukup besar, karena Indonesia terletak di garis khatulistiwa sehingga dapat memperoleh intensitas radiasi matahari yang tinggi. Di Indonesia, rata-rata sinar matahari yang diterima adalah 4,5 kWh/m<sup>2</sup> per harinya dengan rata-rata 4 sampai 8 jam penyinaran.

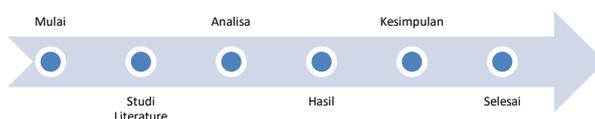
Performa sistem pemanas air surya sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca[8][9]. Variabilitas dalam intensitas sinar matahari, suhu udara, kelembaban, dan faktor meteorologi lainnya dapat mempengaruhi efisiensi dan efektivitas dari sistem SWH[10][11]. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam mengenai bagaimana berbagai kondisi cuaca mempengaruhi performa SWH sangat penting untuk optimalisasi desain dan operasional sistem ini[12].

Beberapa penelitian telah membahas berbagai aspek optimasi kinerja kolektor surya pemanas udara, termasuk jumlah pipa-pemanas, jenis material, kondisi aliran fluida, dan sudut kemiringan kolektor. Penelitian yang menggunakan kolektor plat penyerap dan pipa tembaga serta aluminium menunjukkan bahwa efisiensi kolektor rata-rata mencapai 70,98% dengan penggunaan PCM dan 67,73% tanpa PCM, baik melalui studi eksperimental maupun simulasi numerik. Selain itu, intensitas radiasi matahari yang lebih besar terbukti meningkatkan laju pemanasan yang konstan pada kolektor dengan penyimpanan PCM. Beberapa penelitian juga menyoroti bahwa efisiensi meningkat seiring dengan peningkatan laju aliran fluida dan penurunan suhu awal fluida. Namun, penelitian mengenai sudut kemiringan kolektor menunjukkan hasil yang bervariasi; meskipun sudut kemiringan 30 derajat dengan laju aliran udara 1,5 L/mnt memberikan efisiensi tertinggi, tidak ditemukan pengaruh signifikan dari sudut kemiringan terhadap efisiensi termal secara keseluruhan. Secara umum, efisiensi pemanasan surya dipengaruhi oleh kombinasi kemiringan dan intensitas radiasi matahari, yang dapat meningkatkan efisiensi pemanasan udara di wilayah perkotaan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa sistem pemanas air surya pada berbagai kondisi cuaca[14][15]. Dengan menggunakan data cuaca yang beragam, penelitian ini akan mengevaluasi efisiensi termal, kapasitas pemanasan, dan ketahanan sistem SWH dalam kondisi yang berbeda-beda[16][17]. Selain itu, juga membandingkan performa dari berbagai desain sistem SWH untuk menentukan konfigurasi yang paling optimal dalam menghadapi variasi cuaca.

## 2. METODA

Penelitian menggunakan metode kuantitatif dilapangan terbuka kota Bukittinggi, Sumatera Barat. Alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini:



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa penelitian ini dimulai dengan *studi literature*, setelah itu pembuatan desain solar water yang dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini. Setelah itu perancangan dimulai dengan menentukan komponen yang digunakan pada alat dan menentukan letak setiap komponen tersebut. Kemudian dilakukan pembuatan alat dan melakukan pengujian alat, pastikan dalam kondisi hidup untuk mendapatkan data yang dibutuhkan. Data yang diambil yaitu kecepatan, tegangan keluaran, arus pengisian, dan efisiensi konversi daya oleh inverter. Setelah data terkumpul baru menganalisa data dengan mengevaluasi kinerja optimal dari sistem dan mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan praktis untuk implementasi sistem pembangkit listrik

tenaga pikohidro yang efisien dan ekonomis, serta memberikan solusi untuk tantangan teknis yang mungkin dihadapi selama implementasi.



Gambar 2. Alat Solar Water Heater

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang tercatat di Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) suhu rata-rata di Kota Bukittinggi selama bulan Mei 2024 menunjukkan beberapa variasi berdasarkan catatan dari BMKG. Suhu udara rata-rata di Bukittinggi pada bulan tersebut adalah sekitar 25 °C. Berikut data hasil yang didapat dari BMKG dan di lapangan terbuka kota Bukittinggi, dapat di lihat pada Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Data hasil BMKG dan lapangan Bukittinggi

Jenis Data	Hasil
Suhu rata – rata	25 °C
Suhu kolektor	60 °C
Intensitas sinar matahari	800 W/m <sup>2</sup>
Luas kolektor	2 m <sup>2</sup>
Waktu (t)	3 jam (180 menit)
Tekanan uap air	20 hPa
Energi yang diserap (Q <sub>u</sub> )	12,000,000 J
Efisiensi termal	69.44%.
Massa air	50 kg
Perubahan suhu	20°C
Kapasitas panas	4,186 J/kg°C
Koefisien perpindahan panas	5 W/m <sup>2</sup> °C
Konduktivitas termal	0.04 W/m°C
Ketebalan bahan isolasi	0.05m

#### 3.1 Hasil Penelitian

##### Analisa Data

1. Energi Radiasi Matahari (Q)

Berdasarkan tabel 2, intensitas sinar matahari  $I = 800\text{W/m}^2$ , luas kolektor  $A = 2\text{m}^2$ , dan waktu pemaparan  $t = 3$  jam (10,800 detik).

$$Q = I \times A \times t$$

$$Q = 800\text{W/m}^2 \times 2\text{m}^2 \times 10,800\text{detik}$$

$$Q = 17,280,000\text{ J}$$

2. Efisiensi Termal Kolektor ( $\eta$ )

Efisiensi termal kolektor dapat dihitung dengan menggunakan data energi yang diserap oleh air  $Q_u=12,000,000\text{ J}$

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_i} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{12,000,000 J}{17,280,000 J} \times 100\%$$

$$\eta \approx 69.44\%$$

3. Energi yang Diserap oleh Air ( $Q_u$ )

Massa air yang dipanaskan  $m = 50 \text{ kg}$ , kapasitas panas spesifik air  $c = 4,186 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ , dan perubahan suhu  $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ .

$$Q_u = m \times c \times \Delta T$$

$$Q_u = 50 \text{ kg} \times 4,186 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \times 20^\circ\text{C}$$

$$Q_u = 4,186,000 \text{ J}$$

4. Tekanan Uap Jenuh ( $e_s$ )

Dengan suhu udara ( $T$ ) =  $25^\circ\text{C}$ .

$$e_s = 6.11 \times 10^{\left(\frac{7.5 \times 25}{237.3 + 25}\right)}$$

$$e_s \approx 31.82 \text{ hPa}$$

5. Kelembaban Relatif (RH)

Tekanan uap air saat ini  $e=20 \text{ hPa}$ .

$$RH = \frac{e}{e_s} \times 100\%$$

$$RH = \frac{20 \text{ hPa}}{31.82 \text{ hPa}} \times 100\%$$

$$RH \approx 62.85\%$$

6. Hilangnya Panas pada Kolektor ( $Q_{loss}$ )

Koefisien perpindahan panas  $U = 5 \text{ W/m}^2\text{C}$ , luas kolektor  $A = 2 \text{ m}^2$ , suhu kolektor  $T_c = 60^\circ\text{C}$ , dan suhu udara sekitar  $T_a = 25^\circ\text{C}$ .

$$Q_{loss} = U \times A \times (T_c - T_a)$$

$$Q_{loss} = 5 \text{ W/m}^2\text{C} \times 2 \text{ m}^2 \times (60 - 25)^\circ\text{C}$$

$$Q_{loss} = 350 \text{ W}$$

7. Koefisien Perpindahan Panas ( $U$ )

Konduktivitas termal bahan isolasi  $k = 0.04 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ , dan ketebalan bahan isolasi  $d = 0.05 \text{ m}$ .

$$U = \frac{k}{d}$$

$$U = \frac{0.04 \text{ W/m}^\circ\text{C}}{0.05 \text{ m}}$$

$$U = 0.8 \text{ W/m}^2\text{C}$$

8. Efisiensi Kolektor Global ( $\eta_g$ )

Efisiensi termal  $\eta = 69.44\%$  dan energi yang hilang  $Q_{loss} = 350 \text{ W}$ , serta energi radiasi matahari yang diterima kolektor  $Q_i = 17,280,000 \text{ J}$ .

$$\eta_g = \eta \times \left(1 - \frac{Q_{loss}}{Q_i}\right)$$

$$\eta_g = 69.44\% \times \left(1 - \frac{350 \text{ W} \times 10,800 \text{ detik}}{17,280,000 \text{ J}}\right)$$

$$\eta_g \approx 68.95\%$$

### 3.2 Pembahasan

Analisis	Hasil
Energi Radiasi Matahari (Q)	17,280,000 J
Efisiensi Termal Kolektor ( $\eta$ )	69.44%

Energi yang Diserap oleh Air ( $Q_u$ )	4,186,000 J
Tekanan Uap Jenuh ( $e_s$ )	31.82 hPa
Kelembaban Relatif (RH)	62.85%
Hilangnya Panas pada Kolektor ( $Q_{loss}$ )	350W
Koefisien Perpindahan Panas (U)	0.8 W/m <sup>2</sup> °C
Efisiensi Kolektor Global ( $\eta_g$ )	68.95%

**Tabel 3.** Hasil Analisis

Dari hasil perhitungan di atas, dapat dilihat bahwa performa sistem pemanas air solar water heater sangat dipengaruhi oleh intensitas sinar matahari, suhu udara, kelembaban relatif, dan desain kolektor. Efisiensi termal kolektor dapat mencapai sekitar 69.44% pada kondisi cerah, namun menurun pada kondisi cuaca yang tidak optimal.

Hilangnya panas pada kolektor juga merupakan faktor penting yang harus dikendalikan untuk meningkatkan efisiensi sistem. Penggunaan bahan isolasi yang lebih baik dan optimalisasi sudut kemiringan kolektor dapat membantu mengurangi kehilangan panas dan meningkatkan performa keseluruhan sistem.

Simulasi dan validasi hasil lapangan menunjukkan bahwa desain kolektor tabung vakum lebih unggul pada kondisi berawan atau hujan dibandingkan dengan kolektor pelat datar, meskipun kolektor pelat datar menunjukkan performa yang lebih baik pada kondisi cerah. Oleh karena itu, pemilihan jenis kolektor yang tepat sangat penting untuk memaksimalkan efisiensi sistem pemanas air solar water heater di berbagai kondisi cuaca.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis performa sistem pemanas air solar water heater pada berbagai kondisi cuaca yang telah dilakukan, Pengukuran intensitas sinar matahari di Bukittinggi pada Mei 2024 menunjukkan rata-rata 800 W/m<sup>2</sup>, dengan energi radiasi sebesar 17,280,000 J yang diterima oleh kolektor berukuran 2 m<sup>2</sup> selama 3 jam. Efisiensi termal kolektor tercatat 69.44%, menunjukkan kemampuan sistem dalam memanfaatkan sebagian besar energi untuk memanaskan air. Massa air 50 kg menyerap energi sebesar 4,186,000 J, menunjukkan efektivitas transfer energi dari kolektor ke air. Tekanan uap jenuh pada suhu 25°C adalah 31.82 hPa, dengan kelembaban relatif 62.85%, yang menunjukkan pengaruh cuaca terhadap performa sistem. Kehilangan panas pada kolektor sebesar 350 W mengindikasikan pengaruh suhu lingkungan terhadap efisiensi sistem. Efisiensi kolektor global tercatat 68.95%, menunjukkan efisiensi yang cukup tinggi meskipun ada kehilangan panas. Penelitian ini menegaskan bahwa sistem pemanas air solar water heater dapat beroperasi dengan baik di Bukittinggi, dan optimalisasi lebih lanjut dapat meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Studi, M. Energi, And T. Elektro, "Pengaturan Laju Aliran Fluida untuk Meningkatkan Laju Perpindahan Panas Pada Solar Water Heater Di Kota Pontianak Rusadi," 2017.

- [2] Z. Taro, "Jesce (Journal Of Electrical And System Control Engineering) Analisis Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLts) Atap Skala Rumah Tangga Analysis Of Household Scale Solar Power Plant Roof Costs," *Jesce*, Vol. 3, No. 2, P. 2020, Doi: 10.31289/Jesce.V3i2.3266.G2494.
- [3] Sutrisno, Mustafa, And ) Dosen, "Analisis Kolektor Sederhana Bergelombang Dengan Penambahan Reflektor Terhadap Kinerja Solar Water Heater," 2014.
- [4] Y. Budiyo, S. Prabawati, A. Nugroho, And A. Ulinuha, "Karsa Cipta Bidang Energi Terbaru Membuat Rancang Bangun Solar Water Heater (Swh) Jenis Pelat Datar Dengan Pemrograman Arduino Uno."
- [5] N. V. Ogueke, E. E. Anyanwu, And O. V. Ekechukwu, "A Review Of Solar Water Heating Systems," *Journal Of Renewable And Sustainable Energy*, Vol. 1, No. 4, Jul. 2009, Doi: 10.1063/1.3167285.
- [6] F. H. Napitupulu And Dan Himsar Ambarita, "Studi Eksperimental Performansi Solar Water Heater Jenis Kolektor Plat Datar Dengan Penambahan Thermal Energy Storage," 2014.
- [7] I. Dwisaputra, M. Yusuf, I. Rahmi, J. Teknik Elektro Dan Informatika, And P. Manufaktur Negeri Bangka Belitung, "Rancang Bangun Solar Water Heater Dengan Kolektor Pelat Datar Berbentuk Spiral Berbasis Mikrokontroler."
- [8] J. Homepage *Et Al.*, "Ijeere: Indonesian Journal Of Electrical Engineering And Renewable Energy Temperature Control System For Water Heater With Servo Valve Using Pid Method Sistem Pengendalian Suhu Pada Pemanas Air Dengan Servo Valve Menggunakan Metode Pid," Vol. 3, No. 2, 2023, Doi: 10.57152/Ijeere.V3i1.
- [9] H. Ambarita, "Efek Tekanan Pada Performansi Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Pipa Panas Dengan Fluida Kerja R718 Effect Of Pressure On The Performance Of A Heat Pipe Solar Water Heater Using R718 As A Working Fluid," 2017.
- [10] A. Kurniawan, "Usaha Eskalasi Daya Serap Energi Panas Solar Water Heater (Swh) Dengan Memanfaatkan Honeycomb Sebagai Aliran Air," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [Jimt]*.
- [11] R. Muharni, A. Afrianda, W. Martiana, And D. Septi Kesuma, "Terbit Online Pada Laman Web Jurnal Analisis Performa Sistem Pendingin Mesin Mini Water Chiller," *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 16, No. 1, Pp. 30–36, 2023, [Online]. Available: [Http://Ejournal2.Pnp.Ac.Id/Index.Php/Jtm](http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jtm)
- [12] S. Salsabila, I. Yunanto, P. Studi Teknik Energi, And P. Negeri Sriwijaya Palembang, "Pengaruh Intensitas Cahaya Dan Kemiringan Panel Terhadap Koefisien Laju Konveksi Pada Solar Water Heater."
- [13] T. Daya Yang Dihasilkan, St M. Fadillah Ramadhan, Nd Ekki Kurniawan, And K. Bani Adam, "Analisis Radiasi Sel Surya Analysis Of Solar Cell Radiation On Power Generated For Aquarium Heater."
- [14] L. Nurhidayat, "Analisis Output Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Kapasitas 10wp, 20wp, Dan 30wp," *Jurnal Crankshaft*, Vol. 4, No. 2, 2021.
- [15] N. Rupawanti, "Je-Unisla Program Studi Teknik Elektro Analisis Dan Efisiensi Daya Instalasi Penerangan Jalan Umum Menggunakan Solar Cell Di Kabupaten Lamongan".
- [16] M. Khumaidi Usman, "Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya," *Jurnal Polekro: Jurnal Power Elektronik*, Vol. 9, No. 2, 2020, [Online]. Available: [Http://Ejournal.Poltektegal.Ac.Id/Index.Php/Powerelektro](http://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/powerelektro).