

## RANCANG BANGUN SISTEM PEMANAS AIR FOTOVOLTAIK

### DESIGN OF PHOTOVOLTAIC WATER HEATER SYSTEM

Melki Reski Tumangke<sup>1</sup>, Wahmisari Priharti<sup>2</sup>, Desri Kristina Silalahi<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Universitas Telkom, Bandung  
 melkireski@student.telkomuniversity.ac.id<sup>1</sup>, wpriharti@telkomuniversity.ac.id<sup>2</sup>,  
 desrikristina@telkomuniversity.ac.id<sup>3</sup>

#### Abstrak

Sistem pemanas air *solar water heater* dan sistem pemanas air listrik yang beredar di masyarakat memiliki kelemahan masing, antara lain kehilangan panas yang cukup signifikan dikarenakan tidak selalu tersedianya panas matahari ataupun jumlah tagihan listrik yang membengkak. Pada tugas akhir ini dirancang sebuah sistem pemanas air yang memanfaatkan modul fotovoltaik sebagai sumber energi listrik dan menggunakan baterai sebagai media penyimpanan energi listrik dan sumber energi cadangan ketika cahaya matahari tidak tersedia. Dari hasil pengujian, panel surya mampu menghasilkan energi sebesar 343 Wh. Sistem pemanas air menggunakan energi sebesar 245.89 Wh.

**Kata Kunci :** *Solar water heater, Fotovoltaik, Off-grid system.*

#### Abstract

*The solar water heater water heater system and the electric water heating system circulating in the community have their respective weaknesses, including significant heat loss due to not always the availability of solar heat or an increasing number of electricity bills. In this final project, a water heating system is designed that utilizes photovoltaic modules as a source of electrical energy and uses a battery as a storage medium for electrical energy and a backup energy source when sunlight is not available. From the test results, the solar panel is able to produce energy of 343 Wh. The water heating system uses 245.89 Wh of energy.*

**Keywords :** *Solar water heater, Photovoltaic, Off-grid system.*

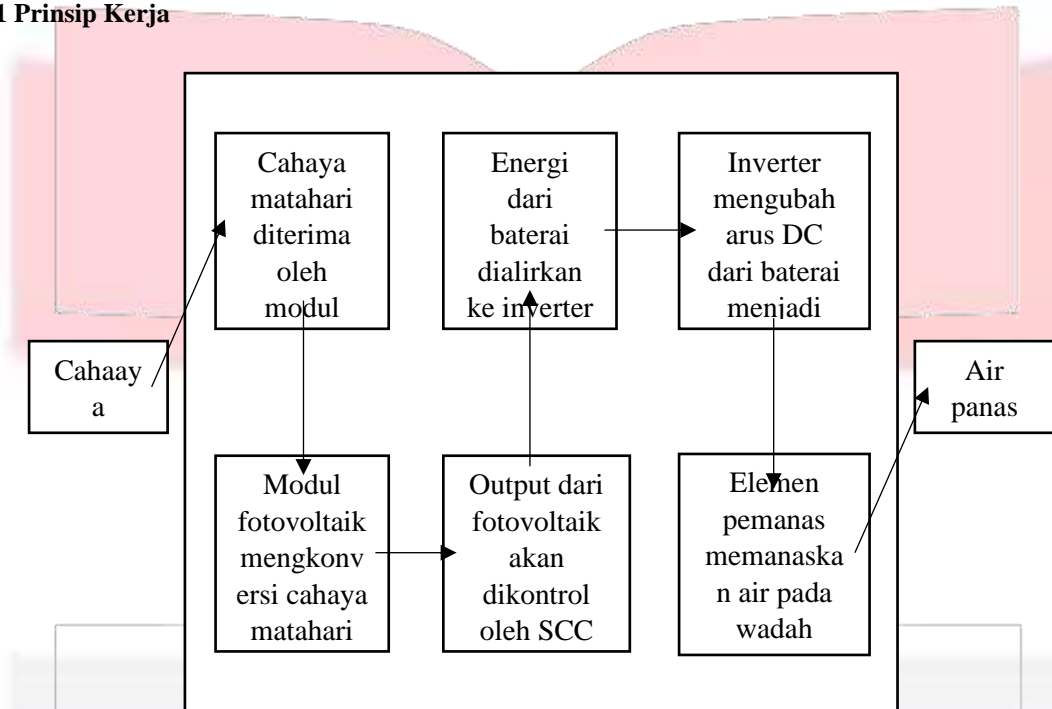
#### 1. Pendahuluan

Penggunaan pemanas air pada sektor rumah tangga maupun sektor bisnis (hotel, penginapan) sudah semakin banyak dilakukan. Pemanas air dianggap sebagai kebutuhan penting pada sektor perumahan maupun sektor bisnis. Perumahan atau hotel yang memiliki sistem pemanas air dianggap memiliki nilai lebih di mata konsumen. Saat ini selain sistem pemanasan air yang menggunakan daya listrik dari PLN juga beredar sistem pemanasan air menggunakan solar water heater dengan memanfaatkan radiasi panas dari matahari untuk memanaskan air. Sistem *solar water heater* memanaskan air yang dialirkan melalui pipa yang dipasang dengan sebuah *absorber plate* sehingga terjadi perpindahan panas antara pipa dan *absorber plate*. Meskipun *solar water heater* memiliki efisiensi yang lebih tinggi dari sistem pemanas air yang menggunakan listrik[1], *solar water heater* memiliki kelemahan pada proses pengaplikasiannya. Efisiensi dari *solar water heater* sangat bergantung pada performa perangkat keras sistem (*absorber plate, screen, tube*) serta desain dari kolektor panas yang harus mempertimbangkan sudut kemiringan untuk mendapatkan panas yang maksimal[1]. Pemanas air yang memanfaatkan panas matahari umumnya juga mengalami kehilangan panas yang cukup signifikan dikarenakan hanya memanfaatkan panas matahari yang seperti diketahui hanya ada pada siang hari untuk memanaskan air. Sistem pemanas air menggunakan daya listrik dari PLN juga tidak terlalu bagus mengingat adanya kemungkinan harga listrik naik yang menyebabkan biaya operasional sistem pemanas air juga akan semakin besar. Hal ini sangat berpengaruh terutama bagi sektor bisnis yang menggunakan sistem pemanas air pada produknya. Berdasarkan penjelasan diatas diperlukan solusi untuk mengatasi masalah yang telah disebutkan diatas. Salah satu solusi yang dapat dimanfaatkan adalah penggunaan pemanas air fotovoltaik. Fotovoltaik memanfaatkan energi cahaya matahari yang dikonversi menjadi energi listrik yang akan digunakan pada sistem pemanas air. Metode ini dipilih karena dapat mengatasi masalah kehilangan panas seperti yang ada pada solar water heater dikarenakan menggunakan energi listrik yang dihasilkan dari modul fotovoltaik yang dapat disimpan pada baterai sehingga dapat digunakan juga pada malam hari tanpa kehilangan panas. Selain itu, metode ini juga dipilih karena memanfaatkan energi terbarukan yang berasal dari cahaya matahari yang lebih murah secara jangka panjang bila dibandingkan dengan pemanas air yang

menggunakan daya listrik dari PLN yang sudah beredar. Kondisi iklim tropis di Indonesia juga sangat mendukung implementasi sistem pemanas memanfaatkan fotovoltaik..

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Prinsip Kerja



Gambar 2.1 Prinsip kerja

### 2.2 Photovoltaic Water Heater & Pemanas Air Biasa

Proses pemanasan air membutuhkan energi listrik yang tidak sedikit untuk dapat beroperasi. Sebuah sistem pemanas air biasa bisa mengkonsumsi 30%-40% dari total energi listrik yang digunakan pada sebuah bangunan residensial[2]. Hal ini tentunya menjadi masalah mengingat harga listrik yang berpotensi naik seiring waktu. Photovoltaic water heater merupakan salah satu metode yang bisa dimanfaatkan untuk mengatasi masalah tersebut. Photovoltaic water heater adalah metode pemanasan air dengan memanfaatkan radiasi cahaya matahari yang diserap oleh sebuah modul fotovoltaik lalu diubah menjadi energi listrik yang kemudian akan digunakan untuk memanaskan elemen pemanas yang akan digunakan untuk memanaskan air pada wadah air.

### 2.3 Gas Water Heater

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa salah satu masalah dalam penggunaan energi listrik sebagai sumber energi dari sebuah sistem pemanas air adalah besarnya energi listrik yang dikonsumsi. Gas water heater atau sistem pemanas air dengan memanfaatkan gas untuk proses pemanasan jika dibandingkan dengan sistem pemanas air listrik mengkonsumsi energi lebih sedikit[6]. Namun sistem pemanas air memanfaatkan gas memiliki kelemahan yaitu adanya kemungkinan terjadinya kebocoran gas yang jika sampai terjadi akan sangat berbahaya. Hal inilah yang membuat metode photovoltaic water heater menjadi pilihan tugas akhir ini..

### 2.4 Transfer Heat

*Transfer heat* atau perpindahan panas adalah suatu proses perpindahan panas yang berkaitan dengan hukum termodinamika 2 yang bisa diartikan kalor mengalir secara alami dari benda yang memiliki suhu tinggi ke benda bersuhu rendah. Kalor tidak akan mengalir secara alami dari benda yang memiliki suhu rendah ke benda yang memiliki suhu tinggi. Suatu benda yang memiliki suhu tinggi akan mengalami penurunan suhu secara alami karena adanya perpindahan energi panas atau kalor dari benda yang memiliki suhu tinggi ke benda bersuhu rendah. Sebaliknya benda yang memiliki suhu rendah tidak akan panas secara alami sesuai dengan yang digambarkan diatas bahwa bahwa air tidak akan bisa mengalir dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan sendirinya. Itulah yang menyebabkan terjadinya penurunan suhu pada suatu benda.

## 2.5 Energi Untuk Pemanasan Air

Suhu suatu benda berkaitan erat dengan jumlah energi kalor yang ada di dalam suatu benda. Semakin banyak energi kalor yang diterima oleh suatu benda maka semakin tinggi pula suhu benda tersebut. Panas atau kalor adalah energi yang diukur dengan satuan Joule. Dibutuhkan sekitar 4200 Joule untuk menaikkan suhu 1 liter air sebanyak 10C. Berdasarkan penjelasan tersebut maka perhitungan energi yang dibutuhkan bisa dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

Penjelasan :

Q = jumlah energi kalor yang dibutuhkan (Joule)/ 1 Wh = 3600 J

m = massa benda yang dipanaskan (kg)

c = kalor jenis benda (J/(kg° C))

Δt = Selisih suhu yang diinginkan (celcius)

## 2.6 Solar Charge Controller

Solar charge controller berfungsi untuk mengelola daya yang masuk ke baterai dari modul fotovoltaik. Solar charge controller memastikan agar baterai tidak kelebihan beban (overcharged) pada saat pengisian di siang hari, dan juga mencegah agar daya dari baterai tidak mengalir kembali ke modul fotovoltaik pada saat malam hari yang dapat menyebabkan kerusakan pada sistem modul fotovoltaik dan mengurai isi baterai[5].

## 2.7 Solar Cell

Solar cell adalah salah satu jenis sensor cahaya photovoltaic, yaitu sensor yang dapat mengubah intensitas cahaya menjadi perubahan tegangan pada outputnya. Apabila “solar cell” menerima pancaran cahaya maka pada kedua terminal outputnya akan mengeluarkan tegangan DC yang nilainya bergantung dari banyaknya sel dalam satu panel. Banyaknya sel dalam satu panel tergantung pada kebutuhan energi yang ingin dihasilkan oleh panel surya tersebut, semakin banyak sel dalam suatu panel akan menghasilkan tegangan keluaran yang semakin besar pula.

## 2.8 Sistem Off-Grid

Sistem off-grid merupakan sistem pembangkit listrik yang tidak terhubung ke jaringan listrik dari PLN oleh karena itu biasanya membutuhkan sebuah baterai penyimpanan, inverter, dan solar charge controller. Pembangkit listrik off-grid biasanya memanfaatkan energi terbarukan seperti energi matahari dan energi angin untuk menghasilkan listrik.

## 2.9 Inverter

Inverter adalah sebuah perangkat elektronik yang berfungsi merubah arus dan tegangan listrik DC (Direct Current) menjadi AC (Alternating Current). Output AC yang dikeluarkan dari inverter diperoleh menggunakan metode PWM (Pulse Width Modulation). Sebuah saklar ditambahkan pada bagian output dari sebuah rangkaian DC yang akan membalikan arus sepenuhnya 50-60 kali per detik sehingga menghasilkan arus AC dengan frekuensi 50-60 hertz. Untuk memperoleh gelombang keluaran yang diinginkan (sinusoidal) digunakan rangkaian filter.

## 2.10 Baterai

Baterai atau akumulator terdiri dari satu atau lebih cell yang mengalami suatu reaksi kimia yang menghasilkan aliran elektron pada sebuah rangkaian. Baterai terdiri dari tiga bagian, yaitu anoda (-), katoda (+) dan elektrolit (zat yang secara kimia bereaksi dengan anoda dan katoda)[6].

Ketika bagian anoda dan katoda terhubung pada sebuah rangkaian, sebuah reaksi kimia akan terjadi yang menyebabkan elektron mengalir dari anoda melalui rangkaian menuju katoda.

## 2.11 Elemen Pemanas

Elemen pemanas mengkonversi energi listrik menjadi energi panas melalui proses Joule Heating. Arus listrik yang mengalir di elemen akan menemui tahanan (resistance), yang menyebabkan pemanasan pada elemen.

## 2.12 Referensi Penelitian Terdahulu

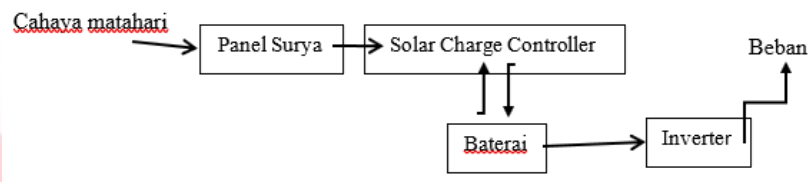
Tabel 2.1 Referensi Penelitian Terdahulu

NO.	Judul Referensi	Jenis Sistem Pemanas	Lokasi	Penulis
1	Optimalisasi Pemanfaatan <i>Solar Water Heater</i> Menggunakan Sistem Kontrol <i>Discrete Hybrid</i>	<i>Solar Water Heater</i>	Politeknik Negeri Bandung, Bandung	Sri Utami, Rizky Kurnia
2	Perbandingan Pemanas Air Surya Konvensional Dengan Pemanas Air Surya Komersil	<i>Solar Water Heater</i>	Universitas Sumatera Utara, Medan	Zulkifli Lubis
3	Solar Heating and Cooling for Residential Applications	Solar Water Heater, PV/T Water Heater		<b>IRENA</b> (International Renewable Energy Agency)
4	Electrical vs Solar Water Heater: A Case Study	Electric Water Heater, Solar Water Heater	Indira Gandhi Institute of Development Research, India	B. Sudhakara Reddy, dkk.
5	Electric Water Heater Modelling and Control Strategies for Demand Response	Electric Water Heater		Ruisheng Diao, Shuai Liu, Marcello Elizondo, dkk.
6	Design and Economic Analysis of An Off-Grid PV System for Household Electrification		Faculty of Agricultural Engineering & Technology , University of Agricultural, Pakistan	Abdul Ghafoor, Anjum Munir

7	Demand Side Management Of Electric Water Heater With A Photovoltaic System	PV Water Heater	University of Adger, Norwegia	Marius Christoffersen
8	Analisa Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Hybrid Dengan Variasi Sudut Kemiringan Kolektor 15° dan 30° untuk memanaskan 80 Liter Air	Hybrid Water Heater (PV/Thermal)	Universitas Sumatera Utara, Medan	Isra Hutaauruk, Himsar Ambarita, Eko Yohanes Setyawan
9	A Comprehensive Review On Solar Water Heaters	Solar Water Heater		S. Jaisankar, J. Ananth, S. Thulasi, dkk.
10	Performance Analysis of Photovoltaic Water Heating System	Photothermal Water Heater, PV Water Heater	Czech Technical University	Tomas Matuska, Borijov Sourek
11	A Review of Water Heater Heating Technologies: An Application to the South African Context	Electric Water Heater, Solar Water Heater, Heat Pump Water Heater, Geothermal Water Heater, PV/T Water Heater, Biomass Water Heater, Oil-Fired Water Heater		P.A. Hohne, K. Kusakana, B.P. Numbi
12	Review of water-heating systems: General selection approach based on energy and environmental aspects	Wood Water Heater, Oil/Gas Water Heater, Electric Water Heater, Heat Pump, Solar Water Heater.	Lebanese University, Université de Caen Base Normandie	Oussama Ibrahim, Farouk Fardoun, Rafic Younes, Hasna Louahlia-Gualous

### 3. Perancangan Sistem

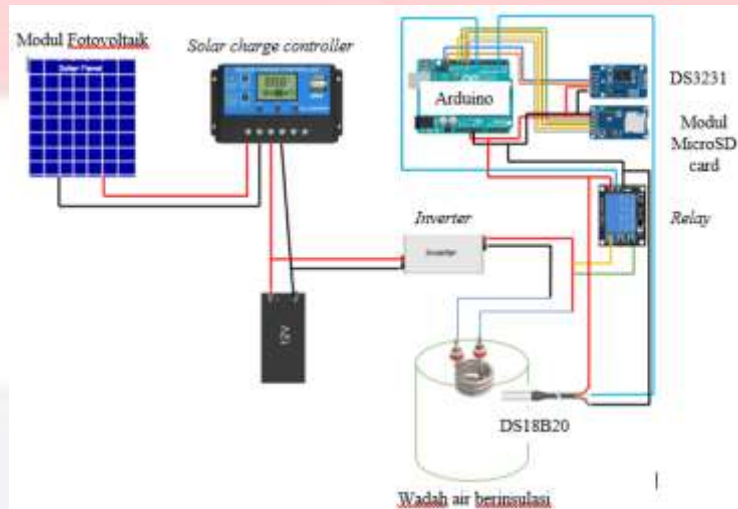
### 3.1 Desain Sistem



Gambar 3.1 Desain Sistem

### 3.2 Desain Perangkat Keras

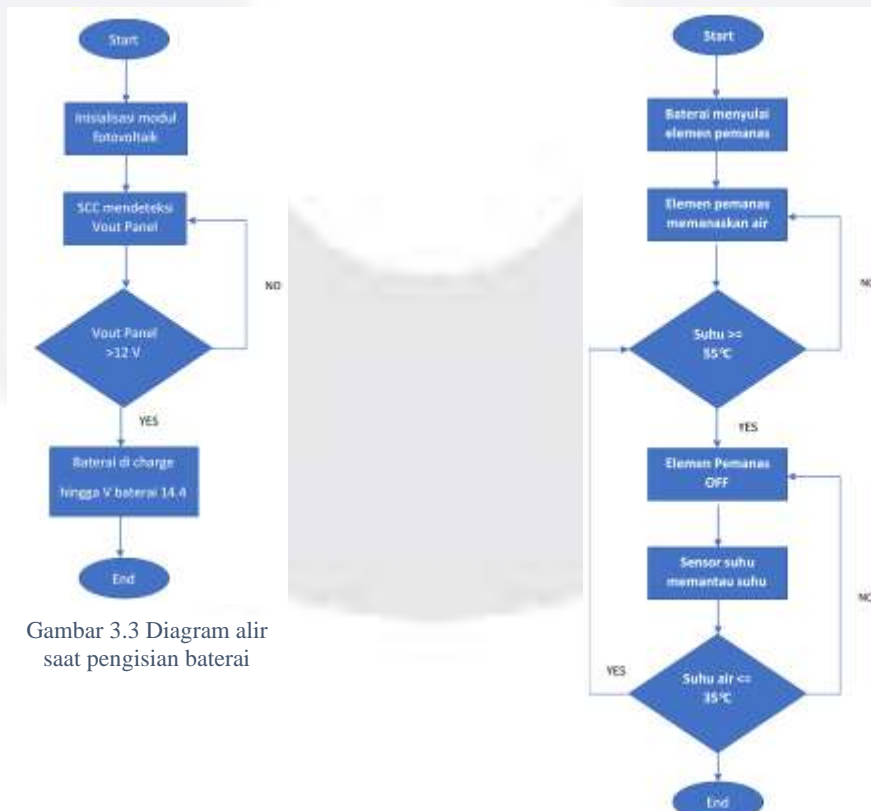
Desain keseluruhan perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 3.2 Desain Perangkat Keras.



Gambar 3.2 Desain Perangkat Keras

### 3.3 Diagram Alir

Diagram alir(flowchart) keseluruhan sistem terbagi menjadi dua bagian. Diagram alir saat pengisian baterai dan diagram alir saat pemanasan air.



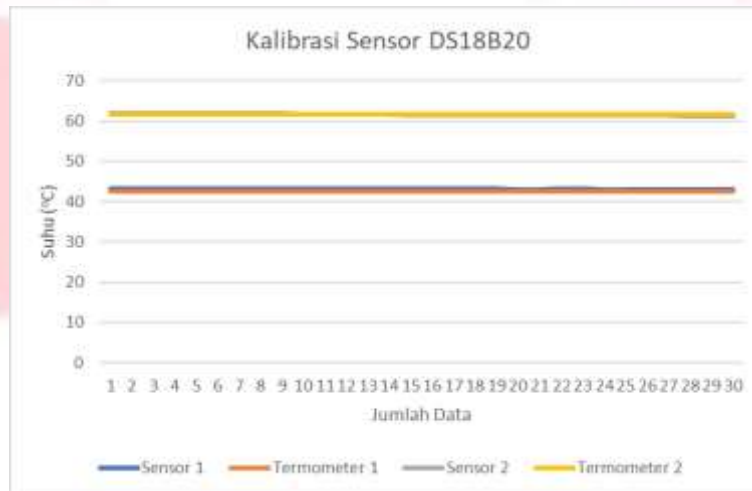
Gambar 3.3 Diagram alir saat pengisian baterai

Gambar 3.4 Diagram alir saat pemanasan air

## 4. Hasil Pengujian dan Analisa

### 4.1 Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui akurasi pembacaan dari sensor suhu DS18B20 dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan nilai yang didapatkan dari pembacaan thermometer.

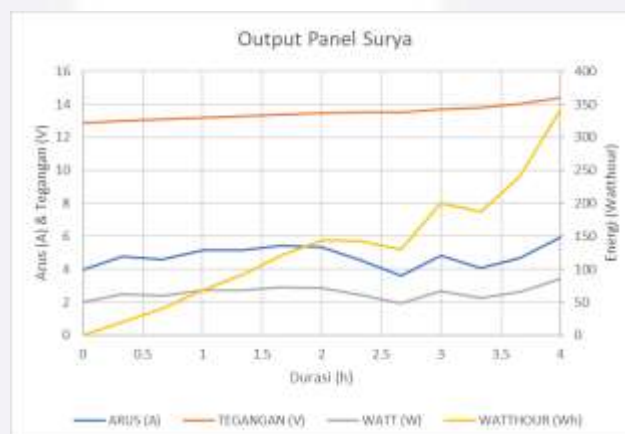


Gambar 4.1 Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat hasil pembacaan sensor 1 dibandingkan dengan pembacaan thermometer memiliki selisih  $0.58^{\circ}\text{C}$ . Rata-rata suhu dari pembacaan sensor adalah  $43.18^{\circ}\text{C}$  dan pembacaan dari thermometer adalah  $42.6^{\circ}\text{C}$ . Dari pengukuran tersebut didapatkan persentase error sebesar 1.3%. Pada gambar yang sama dapat dilihat hasil pembacaan sensor 2 dibandingkan dengan pembacaan thermometer memiliki selisih  $0.07^{\circ}\text{C}$ . Rata-rata suhu dari pembacaan sensor adalah  $61.67^{\circ}\text{C}$  dan hasil pembacaan dari thermometer adalah  $61.6^{\circ}\text{C}$ . Dari hasil tersebut didapatkan persentase error sebesar 0.1%.

### 4.2 Pengujian Output Panel Surya

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja panel surya sebagai sumber penghasil daya listrik untuk sistem pemanas air.

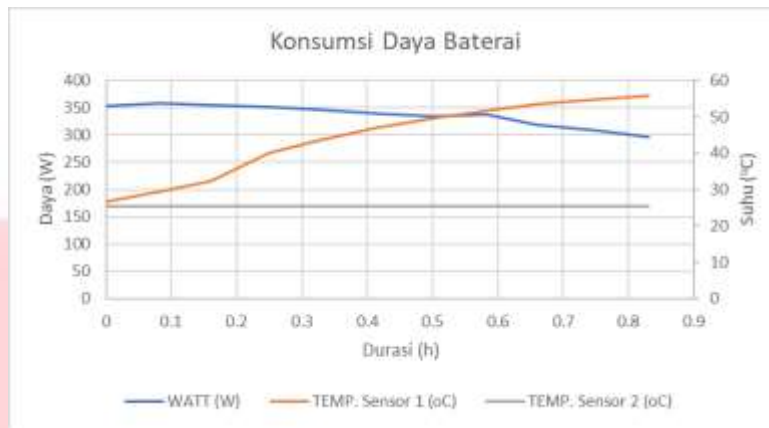


Gambar 4.2 Output panel surya

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat bawah panel surya dengan spesifikasi 120 Wp mampu menghasilkan energi hingga  $\geq 343 \text{ Wh}$  dalam sehari dengan lama penyinaran selama 4 jam.

### 4.3 Pengujian Konsumsi Daya Baterai Saat Pemanasan dan Durasi Penurunan Suhu

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jumlah daya digunakan untuk memanaskan air yang ada di dalam wadah yang sudah dilapisi dengan lapisan insulasi serta mengetahui durasi penurunan suhu setelah air dipanaskan.



Gambar 4.3 Konsumsi daya baterai

Berdasarkan gambar 4.3, didapatkan bahwa konsumsi baterai dengan beban 350 W mampu bertahan selama ± 50 menit dan total energi yang digunakan sebesar 245.89 Wh. Dapat dilihat juga bahwa daya yang digunakan akan terus menurun seiring dengan turunnya tegangan baterai.



Gambar 4.4 Grafik perubahan suhu (insulasi)

Gambar 4.4 menunjukkan grafik perubahan suhu saat menggunakan wadah air yang sudah dilapisi lapisan insulasi panas untuk mengurangi kehilangan panas. Sebagai perbandingan pada gambar 4.5 berikut, adalah grafik penurunan suhu saat menggunakan wadah.tangki air yang belum dilapisi lapisan insulasi panas.



Gambar 4.5 Grafik perubahan suhu (tanpa insulasi)



#### 4.4 Pengujian Konsumsi Daya saat Pemanasan Kembali

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa daya yang dibutuhkan untuk memanaskan kembali air setelah mencapai suhu set point bawah (35°C).



Gambar 4.6 Grafik konsumsi daya saat pemanasan kembali

Berdasarkan grafik 4.6 diatas, untuk pemanasan kembali dari suhu set point bawah (35°C) hingga 53°C dibutuhkan waktu selama 35 menit dan mengkonsumsi energi sebesar 186.7 Wh.

#### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian dan analisis data pada sistem pemanas air fotovoltaik didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Kinerja modul fotovoltaik 120 Wp sebagai penghasil daya listrik untuk sistem pemanas air mampu menghasilkan energi hingga sebesar 343 Wh dan disimpan pada baterai 12V/40Ah yang mampu bertahan selama  $\pm 50$  menit saat digunakan sebagai sumber daya untuk pemanasan.
2. Sistem pemanas dengan memanfaatkan modul fotovoltaik mampu memanaskan air dengan kapasitas 20 L dari suhu 26°C hingga suhu range 53°C - 55°C dan disimpan pada wadah insulasi yang t dapat mengurangi kehilangan panas sehingga suhu dapat bertahan lebih lama  $\pm 5$  jam dibandingkan dengan wadah tanpa lapisan insulasi.

#### REFERENSI

- [1] Jaisankar, S. & Ananth, J. Ananth & Thulasi, S. & Jayasuthakar, S.T. & Narayanan, Sheeba. (2011). A comprehensive review on solar water heaters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15. 3045-3050. 10.1016/j.rser.2011.03.009.
- [2] IRENA. (2015). *Solar Heating and Cooling for Residential Application*.
- [3] Christoffersen, Marius. (2018). *Demand side management of electric water heater with a photovoltaic system*. Master's Theses in Renewable Energy. Norway. University of Adger.
- [4] Ghafoor, Dr. Abdul & Munir, Anjum. (2014). Design and economics analysis of an off-grid PV system for household electrification. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 42. 10.1016/j.rser.2014.10.012.
- [5] Lévesque, Benoît, Michel Lavoie, Jean Joly. (2004). Residential Water Heater Temperature : 49 or 60 degrees Celsius?. Canada. Institut Nationale De Santé Publique Du Québec.
- [6] Ibrahim, Oussama, Farouk Fardoun, Rafic Younes, Hasna Louahlia-Gualous. (2013). Review of water-heating systems: General selection approach based on energy and environmental aspects.
- [7] Janaloka.com. 2017. Memilih Controller Untuk Sistem Panel Surya. <https://janaloka.com/memilih-controller-untuk-sistem-panel-surya/>. (akses 29 April 2020).
- [8] Learn.sparkfun.com. What is a Battery?. <https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-a-battery/all>. (akses 29 April 2020).
- [9] Hohne, Percy & Kusakana, Kanzumba & Numbi, B.P.. (2019). A review of water heating technologies: An application to the South African context. *Energy Reports*. 5. 1-19. 10.1016/j.egyr.2018.10.013.
- [10] Reddy, Sudhakara. (1992). Electrical vs solar water heater: A case study. *Energy Conversion and Management*. 36. 1097-1106. 10.1016/0196-8904(94)00084-D.

- [11] Jamar, A., Z.A.A. Majid, W.H. Azmi, M. Norhafana, A.A. Razak. (2016). A review of water heating system for solar energy applications. *International Communications in Heat and Mass Transfer*. 76. 10.1016/j.icheatmasstransfer.2016.05.028.
- [12] Diao, Ruisheng, Shuai Lu, Marcelo Elizondo, Ebony Mayhorn, Yu Zhang, Nader Samaan. (2012). Electric water heater modeling and control strategies for demand response. *Power and Energy Society General Meeting, 2012 IEEE*. 1-8.
- [13] Eia.gov. (2019). Photovoltaic and Electricity. <https://www.eia.gov/energyexplained/solar/photovoltaics-and-electricity.php>. (akses 29 April 2020).
- [14] Utami, Sri & Rizky Kurnia. (2019). *Optimalisasi Pemanfaatan Solar Water Heater Menggunakan Sistem Kontrol Discrete Hybrid*. Bandung (ID): Politeknik Negeri Bandung.
- [15] Matuska, Tomas & Borijov Sourek. (2017). *Performance Analysis of Photovoltaic Water Heating System*. Czech Republic. Czech Technical University.