

Pengaruh Intensitas Cahaya dan Kemiringan Panel Terhadap Koefisien Laju Konveksi pada Pemanas Air Tenaga Surya

Dimas Gunawan Prasetyo^{*1}, M. Ramdan Okta Rian², Moh. Fakhri Athalah Kidam³, Fatria⁴, Ibnu Hajar⁵, Sahrul Effendy⁶, Erlinawati⁷, Irawan Rusnadi⁸

^{1,2,3,4,5,6,7,8}Program Studi Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia
Email: ¹dimas.gunawanp@gmail.com, ²ramdanokta983@gmail.com, ³fakhri8835@gmail.com

Abstrak

Indonesia sebagai salah satu negara dengan posisi geografis berada di garis khatulistiwa, membuat Indonesia mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun. Konsumsi energi di Indonesia yang meningkat dan penggunaan sumber energinya yang dapat diperbaharui belum dimanfaatkan secara optimal, maka dari itu sinar matahari sebagai energi yang terbarukan dan ramah lingkungan digunakan sebagai media pemanas air bertenaga surya. Alat pemanas air tenaga surya merupakan alat untuk memanaskan air dengan memanfaatkan sumber energi matahari melalui panel kolektor. Dengan tingginya intensitas radiasi yang diperoleh yaitu sebesar 93000 Lux alat kolektor mampu menyerap panas dengan lebih banyak sehingga menghasilkan temperatur yang paling tinggi yaitu 64°C. Intensitas Cahaya yang tinggi akan memberikan panas yang lebih maksimal pada proses pemanasan air dalam pipa kolektor dengan optimal. Pada sudut 25° dengan naiknya kemiringan dapat membuat perpindahan panas pada air lebih baik sehingga mampu menghasilkan temperatur air output tertinggi sebesar 64°C karena pada sudut 25° performa alat akan naik sehingga air yang lebih panas pada kolektor lebih mudah untuk mencapai tangki karena massa jenis air yang berada dibagian permukaan lebih mudah untuk bergerak naik.

Kata kunci: Energi Terbarukan, Intensitas Cahaya, Kemiringan Panel, Pemanas Air Tenaga Surya.

Effect of Light Intensity and Panel Tilt Angle on the Convection Rate Coefficient of Solar Water Heaters

Abstract

Indonesia as one of the countries with a geographical position on the equator, making Indonesia get sunlight throughout the year. Energy consumption in Indonesia is increasing and the use of renewable energy sources has not been used optimally, therefore sunlight as a renewable and environmentally friendly energy is used as a medium for solar-powered water heaters. A solar water heater is a device for heating water by utilizing a solar energy source through a collector panel. With the high radiation intensity obtained, which is 93000 Lux, the collector device is able to absorb more heat so as to produce the highest temperature of 64°C. High intensity of light will provide maximum heat in the process of heating the water in the collector pipe optimally. At an angle of 25° with an increase in slope, it can make heat transfer to the water better so as to produce the highest output water temperature of 64°C because at an angle of 25° the performance of the unit will increase so the hot water in the collector is easier to reach the tank because of the water density on the surface is easier to move up.

Keywords: Light Intensity, Panel Slopes, Renewable Energy, Solar Water Heater.

1. PENDAHULUAN

Sumber daya energi yang tersedia di Indonesia belum dimanfaatkan secara optimal, seiring dengan meningkatnya konsumsi energi di Indonesia [1]. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia (2021), konsumsi energi listrik melonjak dari tahun 2020 ke tahun 2021 dari penggunaan sebanyak 159.121 juta BOE (Barrel Oil Equivalent) ke 168.375 juta BOE [2]. Dengan matahari yang bersinar selama kurang lebih 12 jam di Indonesia, akan memungkinkan untuk mengurangi penggunaan listrik dari energi tak terbarukan. [3]. Kehadiran energi matahari sebagai sumber energi primer memungkinkan pemanfaatan energi radiasinya sebagai media pemanas air pada pemanas air tenaga surya [4].

Penggunaan energi panas dalam Kebutuhan rumah tangga yang rutin seperti memasak, mandi dan mencuci yang membutuhkan air panas dalam kegiatan tersebut memerlukan penggunaan dari energi fosil maupun listrik [5]. Penggunaan energi fosil dan energi listrik dalam memanaskan air memiliki keterbatasan. Pemanas air yang

menggunakan listrik lebih boros penggunaan energinya serta memiliki resiko tersengat listrik dan pemanas air yang menggunakan kompor LPG sederhana memiliki kekurangan sebagai penghasil air panas yang tidak efisien akan penggunaan bahan bakar gasnya dan juga tidak dapat digunakan secara *continue*. Dengan adanya Pemanas air tenaga surya diharapkan dapat menghasilkan produk air panas secara lebih cepat, efisien, *continue* dan tidak membahayakan ekosistem atau lingkungan. Salah satu elemen penting yang membantu pemanasan dari alat pemanas air berjenis kolektor surya adalah plat penyerap panas [6]. Plat absorber yang dipakai memiliki kriteria yaitu dapat dengan baik dalam menyerap panas, sehingga menambah banyak peningkatan penyerapan panas dari komponen panel surya [7]. Limbah kaleng minuman dimanfaatkan sebagai plat absorber dengan menggunakan bagian alas kaleng. Kandungan kadar aluminium pada kaleng bekas yaitu sebesar 1,41% - 16,04% [8]. Nilai konduktivitas termal aluminium yaitu 237 W/m sebagai media penghantar panas yang akan digunakan pada alat pemanas air tenaga surya [9].

Penelitian dilakukan dengan menggunakan bahan *Stainless Steel* untuk pipa kolektor, dimana *Stainless Steel* memiliki sifat anti korosi yang baik dan penggunaan kaleng minuman alumina yang digunakan untuk membantu meluaskan penyerapan panas sebagai plat absorber.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

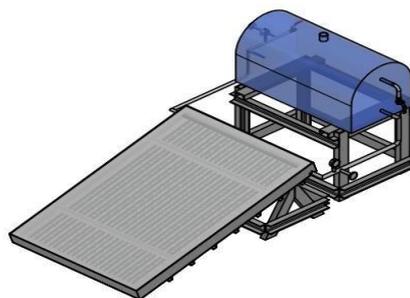
Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya pada bulan April - Juni 2022.

2.2. Alat dan Bahan

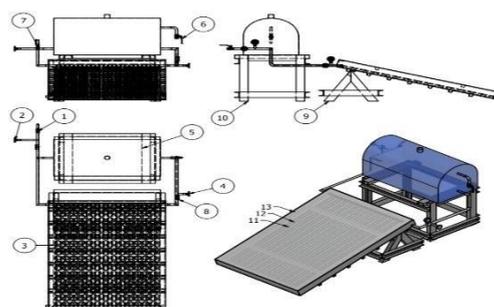
Adapun alat yang digunakan pada penelitian antara lain palu, bor, gerinda, meteran, kuas cat, stopwatch, lux meter, thermometer, gergaji besi, *silicone sealent caulking gun* dan pompa,. Bahan yang digunakan pada penelitian adalah air (H₂O) dan bahan yang digunakan dalam pembuatan alat antara lain adalah cat warna hitam, lem *silicone*, baut, *elbow*, *tee*, *check valve*, plat alkan, plat alumina, kaca bening, tangki aluminium dan *tube stainless steel*.

2.3. Rancangan Penelitian

Variabel bebas pada penelitian antara lain intensitas cahaya (89000; 90000; 91000; 92000; 93000) Lux dan sudut kemiringan panel (5°, 10°, 15°, 20°, 25°). Sedangkan variabel tetap pada penelitian antara lain volume air 130 L dan waktu percobaan selama 5 jam dimulai dari pukul 08.00 WIB – 13.00 WIB.



Gambar 1. Desain Alat Solar Water Heater



Gambar 2. Komponen Alat Solar Water Heater

2.4. Prosedur Percobaan

1. Prosedur Pembuatan Alat Solar Water Heater

Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan alat *solar water heater*. Kemudian, menggantung alas kaleng yang ada pada kaleng sebanyak 305 buah. Setelah itu, mengecat alas kaleng dengan warna hitam dan menjemur alas kaleng yang telah di cat tersebut. Selanjutnya, memotong tiang alkan (baja ringan) dengan ukuran 1,5 m dan 1,1 m sebanyak masing-masing 5 bagian membentuk kerangka (*frame*) panel dari tiang-tiang taso yang telah di potong tadi. Kemudian, menggantung material plat alkan (baja ringan) dengan ukuran 1,5 m x 1,1 m sebagai alas panel.

Prosedur selanjutnya yaitu membentuk kotak panel dengan menyatukan kerangka panel dengan plat alkan sebagai alas panel dan menyatukannya dengan menggunakan baut-baut dan mengecat kotak panel dengan warna hitam. Kemudian, memotong *tube stainless steel* dengan ukuran 1,5 m sebanyak 25 buah dan ukuran 1,1 m sebanyak 2 buah. Selanjutnya, mengelas *tube stainless steel* untuk membentuk kolektor pemanasan air dan mengecat kolektor dengan warna hitam. Setelah itu, menempelkan alas-alas kaleng sebanyak 305 buah ke alas panel dengan menggunakan lem *silicon*. Kemudian, melubangi ujung-ujung sisi kotak panel untuk memasang kolektor, pemasangan kolektor ke panel diusahakan agar tube menyentuh permukaan alas kaleng yang berbahan dasar alumina. Selanjutnya, menyambungkan pipa saluran dari tempat masuk air pada tangki ke tempat masuk air pada panel. Kemudian, menyambungkan pipa di tempat keluaran air pada panel ke tangki dan membuat pipa saluran air keluar dari tangki.



Gambar 2. Alat Solar Water Heater

2. Prosedur Pengambilan Data Operasi Alat Solar Water Heater

Menghidupkan pompa feed untuk mengalirkan air umpan menuju tangki penampungan air. Setelah itu, mengukur temperatur air umpan menggunakan thermometer dan mencatat temperature air umpan. Kemudian, menentukan laju alir yang akan digunakan dalam percobaan dan menentukansudut kemiringan panel kolektor dalam percobaan.

Penentuan intensitas cahaya dilakukan dengan mencatat intensitas cahaya pada saat percobaan berlangsung menggunakan alat lux meter. Kemudian, mengukur temperature air output, temperatur pipa kolektor dan temperatur panel menggunakan termometer dan termo gun pada interval waktu yang telah ditentukan dan mencatat semua data parameter yang telah di ukur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Penelitian

Berdasarkan perhitungan desain yang dilakukan, pada kapasitas volume kolektor aluminium dapat menampung air sebanyak 130 L. Ukuran panel kolektor yang digunakan yaitu 150 cm x 110 cm. Pada penelitian ini dipilih *tube stainless steel* sebagai pipa saluran air pada panel kolektor dikarenakan *stainless steel* memiliki sifat tahan terhadap korosi dan kemampuan menyerap panas yang baik. Hal ini sejalan dengan tujuan penelitian untuk dapat menghasilkan temperatur air keluar yang optimal. *Tube stainless steel* yang digunakan vertikal pada kerangka panel sebanyak 25 buah dengan ukuran diameter $\frac{1}{2}$ inch dan *tube stainless steel* yang digunakan horizontal pada kerangka panel sebanyak 2 buah dengan ukuran diameter 1 inch.

Penelitian dilakukan dengan variasi intensitas cahaya (89000; 90000; 91000; 92000; 93000) Lux dan kemiringan panel 5°, 10°, 15°, 20°, 25°. Pengambilan data dilakukan selama 5 hari dengan kondisi aliran kontinyu

yang dimulai pukul 07.00 hingga 15.00 WIB di Laboratorium Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya. Pada penelitian ini diperoleh data pengamatan yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Data Pengamatan Rata-rata *Solar Water Heater*

Tanggal	Laju Alir Air (L/Menit)	Sudut Kemiringan (°)	Input		Output		Panel Suhu (°C)	Tube Suhu (°C)
			Tekanan (bar)	Suhu (°C)	Tekanan (bar)	Suhu (°C)		
08 Juni 2022	89000	5	1	30	1	50	69,6	66
	90000		1	30	1	53	69,0	66
	91000		1	30,5	1	53,5	70,0	66,5
	92000		1	30	1	54	69,0	66,7
10 Juni 2022	93000	10	1	30	1	55	70,5	67,5
	89000		1	30	1	52	69,7	66,5
	90000		1	30	1	55	70,0	66,8
	91000		1	30	1	55	70,4	65
15 Juni 2022	92000	15	1	30,5	1	56,5	70,0	67
	93000		1	30	1	56,5	70,0	67,6
	89000		1	30,5	1	53,5	69,8	66,5
	90000		1	30	1	56,5	69,7	66,8
17 Juni 2022	91000	20	1	30	1	56,5	70,0	66,4
	92000		1	30,5	1	57	70,3	66,9
	93000		1	30,5	1	57	70,3	67,2
	89000		1	29,5	1	54	70,1	66,7
22 Juni 2022	90000	25	1	29,5	1	57	69,9	66,8
	91000		1	30	1	57,5	69,8	66,8
	92000		1	30	1	58	69,7	67
	93000		1	29,5	1	58,5	70,2	67,1
	89000		1	30	1	54,5	70,0	66,8
	90000		1	30	1	57	69,8	66,7
	91000		1	30,5	1	58	69,8	67
	92000		1	30	1	58,5	70,4	67,4
	93000		1	30	1	59	70,4	66,9

Sumber : Laboratorium Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan

Hari	Temperatur Rata-Rata (°C)	Kecepatan Fluida (m/s)	Viskositas Kinematik (m ² /s)	Bilangan Reynold	Bilangan Prandl	Bilangan Nusselt	Koefisien Konveksi (W/m ² °C)
1	40,00	0,224	0,00000065700	4325,7252	4,34	47,5484	2351,2131
	41,50	0,224	0,00000064358	4415,9600	4,208	47,6044	2360,5304
	42,00	0,224	0,00000063910	4446,8807	4,208	47,8725	2376,0225
	42,00	0,224	0,00000063910	4446,8807	4,208	47,8725	2376,0225
	42,50	0,224	0,00000063463	4478,2374	4,175	47,9549	2382,3120
2	41,00	0,224	0,00000064805	4385,4663	4,274	47,7094	2363,5487
	42,50	0,224	0,00000063463	4478,2374	4,175	47,9549	2382,3120
	42,50	0,224	0,00000063463	4478,2374	4,175	47,9549	2382,3120
	43,50	0,224	0,00000062568	4542,2966	4,109	48,1214	2394,9983
	43,25	0,224	0,00000062791	4526,1106	4,1255	48,0796	2391,8132
3	42,00	0,224	0,00000063910	4446,8807	4,208	47,8725	2376,0225
	43,25	0,224	0,00000062791	4526,1106	4,1255	48,0796	2391,8132
	43,25	0,224	0,00000062791	4526,1106	4,1255	48,0796	2391,8132

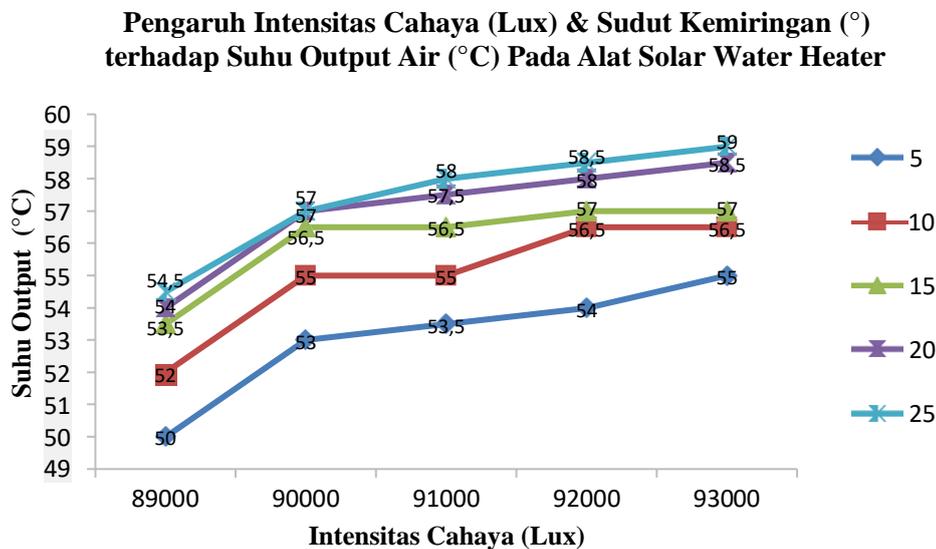
	43,75	0,224	0,00000062344	4558,5988	3,02	41,3739	2060,1231
	43,75	0,224	0,00000062344	4558,5988	4,0925	48,1634	2398,1925
	41,75	0,224	0,00000064134	4431,3664	4,2245	47,8315	2372,8909
	43,25	0,224	0,00000062791	4526,1106	4,1255	48,0796	2391,8132
4	43,75	0,224	0,00000062344	4558,5988	4,0925	48,1634	2398,1925
	44,00	0,224	0,00000062120	4575,0184	4,076	48,2056	2401,3958
	44,00	0,224	0,00000062120	4575,0184	4,076	48,2056	2401,3958
	42,25	0,224	0,00000063686	4462,5040	4,1915	47,9137	2379,1628
	43,50	0,224	0,00000062568	4542,2966	4,109	48,1214	2394,9983
5	44,25	0,224	0,00000061896	4591,5567	4,0595	48,2478	2404,6083
	44,25	0,224	0,00000061896	4591,5567	4,0595	48,2478	2404,6083
	44,50	0,224	0,00000061673	4608,2151	4,043	48,2903	2407,8300

3.2. Pembahasan

Air didorong dari bawah menuju atas menggunakan pompa otomatis. Kemudian, air dengan temperatur masuk rata-rata sebesar 30°C mengalir pada dua aliran yaitu mengalir pada tanki penampung air yang berbahan dasar aluminium dan mengalir menuju panel untuk dipanaskan dalam pipa tembaga pada panel. Air dipanaskan pada pipa stainless steel untuk selanjutnya mengalir ke dalam tangki. Sehingga, didapatkan air panas dengan temperatur air panas yang optimal. Siklus perputaran air panas tersebut *continue* sampai air panas mencapai volume 130 L.

3.2.1. Hubungan Intensitas Cahaya Dan Kemiringan Panel Terhadap Suhu Output Solar Water Heater

Grafik hubungan laju alir dan kemiringan panel terhadap suhu output dapat dilihat pada gambar 1.



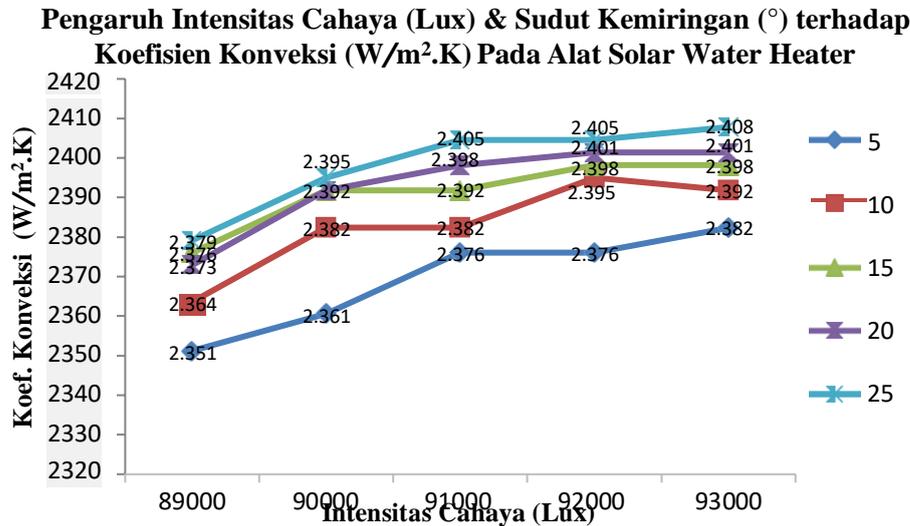
Gambar 1. Intensitas Cahaya dan Kemiringan Panel Terhadap Suhu Output

Pada penelitian, suhu output bergantung pada intensitas cahaya dan kemiringan panel. Hal tersebut dapat dilihat ada Gambar 4.1. semakin besar kemiringan panel maka suhu output akan semakin tinggi. Suhu output tertinggi tercapai pada kemiringan 25° dengan suhu 59°C diikuti dengan kemiringan 20° dengan suhu 58,5°C yang hanya berbeda 0,5°C. Hal ini menunjukkan bahwa performa solar water heater dikatakan optimal jika berada pada kemiringan 20° atau di atasnya. Adapun selisih suhu yang agak jauh pada output untuk kemiringan 5-15° menunjukkan bahwa performa solar water heater pada kondisi operasi ini belum dikatakan optimal.

Kemudian, hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu output juga dipengaruhi oleh intensitas cahaya. Air mencapai suhu tertinggi pada intensitas tertinggi yaitu 93000 Lux dan terendah pada 89000 Lux. Pada intensitas cahaya 90000-92000 perbedaan suhu air tidak terlalu signifikan. Ini menunjukkan bahwa performa solar water heater tetap dikatakan baik pada range intensitas ini.

Suhu output dipengaruhi intensitas cahaya dan kemiringan panel karena semakin tinggi intensitas cahaya dan semakin tepat kemiringan maka panas yang diserap akan semakin banyak.

3.2.2. Hubungan Intensitas Cahaya Dan Kemiringan Panel Terhadap Koefisien Konveksi Solar Water Heater



Gambar 2. Pengaruh Intensitas Cahaya dan Kemiringan Panel Terhadap Nilai Konveksi

Hasil perhitungan koefisien konveksi menunjukkan bahwa intensitas cahaya mempengaruhi besarnya nilai tersebut. Dapat dilihat pada gambar 4.2, naiknya nilai koefisien konveksi berbanding lurus dengan naiknya intensitas cahaya pada solar water heater. Hal ini dikarenakan semakin besar intensitas cahaya maka akan semakin memperbesar suhu output yang termasuk pada perhitungan koefisien konveksi. Koefisien tertinggi terdapat pada intensitas cahaya 89000 Lux dan terendah pada 93000 Lux.

Sudut kemiringan juga mempengaruhi besarnya koefisien konveksi. Namun pengaruh ini tidak terlalu terlihat. Karena kemiringan tidak memberikan pengaruh secara langsung pada perhitungan nilai tersebut. Kemiringan mempengaruhi suhu keluaran solar water heater sehingga viskositas akan semakin rendah seiring bertambahnya suhu yang dapat memperbesar nilai Reynold dan memperbesar nilai koefisien konveksi. Koefisien tertinggi terdapat pada kemiringan 25° dan terendah pada 5°.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian Pengaruh Intensitas Cahaya dan Kemiringan Sudut Panel Pada Solar Water Heater menggunakan Stainless Steel, diperoleh suhu keluaran tertinggi sebesar 59°C, berada pada intensitas cahaya tertinggi 93000 Lux dan sudut kemiringan paling optimal yaitu 25° dan karena intensitas cahaya yang tinggi serta kemiringan optimal membuat air tertahan lebih lama di kolektor sehingga proses pemanasan lebih lama. Laju koefisien konveksi tertinggi sebesar 2407,83 W/m²°C berada pada intensitas tertinggi. dengan kenaikan intensitas cahaya maka nilai laju pemanasan konveksi (h) akan semakin besar pula, juga kemiringan panel sendiri berpengaruh secara tidak langsung dengan lebih lama menahan air dipanaskan di kolektor sehingga seiring waktu yang semakin lama pada pemanasan air dalam pipa dapat membuat air akan lebih cepat panas dan mempengaruhi besar viskositas fluida dan besar nilai Reynold. Alat solar water heater beroperasi dalam kondisi optimal pada sudut kemiringan 25° dengan intensitas cahaya 93000 Lux.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Junaidi, T. Zulfadli, and M. Yusuf, "Kajian Perpindahan Panas Pada Solar Water Heater Dengan Sudut Kemiringan Kolektor 40°," *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, vol. 2, pp. 69-74, 2021.
- [2] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral "Handbook Of Energy & Economic Statistic of Indonesia", Jakarta : Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, 2021.
- [3] Meriani, "Kajian Potensi dan Efisiensi Energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Wilayah Pekanbaru," *Surya Teknika*, vol. 5, pp. 19-25, 2017.

- [4] M. R. Tumangke, W. Priharti, and D. K. Silalahi, "Rancang Bangun Sistem Pemanas Air Fotovoltaik," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 6, pp. 11463-11472
- [5] S. Sidopekso, "Studi Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Pemanas Air," *Berkala Fisika*, vol. 14, no. 1, pp. 23-26, 2012.
- [6] M. Darwin, I. Maulana, T. Syahrul, and M. Ibrahim, "Pengaruh Variasi Bentuk Plat Terhadap Performansi *Solar Water Heater*," *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah*, vol. 8, no. 1, pp. 7-12, 2020.
- [7] J. F. Frengky, "Pembuatan Alat Pemanas Air Tenaga Surya Sederhana Untuk Mengetahui Laju Konveksi," *Jurnal Fisika Universitas Pasir Pengaraian*, 2016.
- [8] M. Manurung, and F. A. Irma, "Kandungan Aluminium dalam Kaleng Bekas dan emanfaatannya dalam Pembuatan Tawas," *Jurnal Kimia*, vol. 4, no. 02, pp. 180-186, 2010.
- [9] Cengel, A. Yunus, and Moran, *Thermodynamics an Engineering approach*, Mcgraw-hill International Book Company, 2010.