

Prototype Alat Solar Water Heater Ditinjau dari Laju Alir Air dan Sudut Kemiringan Panel terhadap Perpindahan Panas Konveksi

Ahmad Khairun Amala^{*1}, Arif Setiono², Rizki Zulkarnain³, Tarisa⁴, K. A. Ridwan⁵, Erlinawati⁶, Jaksen M. Amin⁷, Tahdid⁸

^{1,2,3,4,5,6,7,8}Program Studi Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia
Email: ¹ahmadkhairunamalaa2@gmail.com, ²arifsetiono367@gmail.com, ³tarisaantoni56@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang memiliki dua musim yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Musim kemarau biasanya berlangsung dalam periode bulan april sampai september. Adanya potensi tersebut menjadi peluang yang baik untuk memanfaatkan energi sinar matahari sebagai energi terbarukan yang ramah lingkungan dan mudah didapatkan. Pemanfaatan energi sinar matahari sebagai sumber energi terbarukan perlu digalakkan dalam rangka menghemat penggunaan sumber energi fosil yang semakin menipis ketersediaannya. Paper ini menyajikan pemanfaatan energi sinar matahari sebagai pemanas air (*solar water heater*). Metode penelitian dilakukan berdasarkan eksperimen dengan menganalisis pengaruh laju air air (1,7; 1,9; 2,1; 2,3; 2,5) L/min dan sudut kemiringan panel (5°, 10°, 15°, 20°, 25°) terhadap temperatur air keluar dan perpindahan panas konveksi pada *solar water heater* dengan pipa *collector stainless steel* yang diberi pelapis cat berwarna hitam. Penelitian alat pemanas air ini dibuat melalui beberapa tahapan yaitu mengidentifikasi masalah, studi literatur, konsultasi dengan pembimbing, pembuatan alat, pengambilan data, analisa hasil percobaan dan pembuatan laporan. Berdasarkan hasil percobaan didapatkan hasil bahwa laju alir yang optimal yaitu 2,3 L/min dengan temperatur air keluar yang dihasilkan sebesar 63,5°C. Sudut kemiringan optimal ada pada sudut kemiringan 20° karena menghasilkan temperature air output sebesar 63,5°C. Nilai koefisien konveksi semakin besar dengan bertambahnya laju alir air.

Kata kunci: *Konveksi, Solar Water Heater, Stainless Steel.*

Effect of Flow Rate and Tilt Angle on Convection Heat Transfer Using Stainless Steel Tubes in Solar Water Heaters

Abstract

Indonesia is a tropical country which has two seasons, namely the rainy season and the dry season. The dry season usually lasts from April to September. The existence of this potential is a good opportunity to utilize solar energy as renewable energy that is environmentally friendly and easy to obtain. Utilization of solar energy as a renewable energy source needs to be encouraged in order to save the use of fossil energy sources which are increasingly depleting in availability. This paper presents the use of solar energy as a water heater (solar water heater). The research method was carried out based on experiments by analyzing the effect of the water flow rate (1.7; 1.9; 2.1; 2.3; 2.5) L/min and the panel tilt angle (5°, 10°, 15°, 20°, 25°) on the temperature of the water out and convection heat transfer on the solar water heater with a stainless steel collector pipe which is coated with black paint. This water heater research was made through several stages, namely identifying problems, studying literature, consulting with supervisors, making tools, collecting data, analyzing experimental results and making reports. Based on the experimental results, it was found that the optimal flow rate was 2,3 L/min with the resulting outlet water temperature of 63,5°C. The best panel tilt angle is at an angle of 20° because it produces the highest output water temperature of 63,5°C. The value of the convection coefficient increases with increasing water flow rate.

Keywords: *Convection, Solar Water Heater, Stainless Steel.*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi fosil terutama bahan bakar batubara dan minyak bumi masih mendominasi pemakaian energi di Indonesia [1]. Menurut Kementerian ESDM Republik Indonesia (2017), ketersediaan energi fosil semakin menipis yaitu batubara sekitar 57,22%, gas alam 24,82% dan minyak bumi 17,96% [2]. Kebutuhan LPG

untuk memasak pada tahun 2020 diperkirakan mencapai 63,1 Juta SBM [3]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, energi alternatif merupakan pilihan yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar fosil [4], salah satunya yaitu energi matahari [5]. Dengan potensi energi yang besar, menjadikan banyak energi radiasi tersebut dapat digunakan sebagai pemenuhan air panas melalui kolektor surya [6].

Air panas merupakan salah satu kebutuhan dalam kehidupan sehari-hari mulai dari keperluan rumah tangga dan kesehatan seperti menyeduh minuman, relaksasi badan yang sakit, memasak dan mandi [7]. Banyak cara dalam mendapatkan air panas tersebut, mulai dari menggunakan bahan bakar fosil sampai dengan menggunakan energi listrik. Namun, keduanya memiliki kekurangan. Pada pemanas air menggunakan listrik, pengguna berisiko tersengat listrik dan juga boros akan penggunaan daya listriknya. Sedangkan air panas yang didapatkan dengan cara memasak menggunakan kompor LPG kekurangannya yaitu tidak bisa didapatkan air panas yang bersifat *continue* dan kekurangan lain yaitu tidak hemat akan penggunaan bahan bakar gasnya.

Mengingat permasalahan tersebut diatas maka diperlukan suatu teknologi yang mampu menghasilkan air panas yang dibutuhkan dengan mudah, cepat, *continue*, ramah lingkungan dan dapat menyerap panas yang dibutuhkan dengan baik. Kolektor energi surya plat datar terdiri dari plat penyerap. Plat yang digunakan bisa beragam, plat absorber berfungsi untuk menambah luasan penerima panas dari energi surya. Jadi plat absorber harus menggunakan bahan yang baik dalam proses penyerapan panasnya [8]. Plat absorber yang digunakan ialah berbahan Aluminium yang berasal limbah kaleng minuman. Pemanfaatan alas kaleng karena memiliki kadar aluminium sebesar 12,63 % [9]. Aluminium merupakan salah satu bahan penghantar panas yang baik, dilihat dari nilai konduktivitas termalnya sebesar 237 W/m [10].

Pada penelitian ini, material yang digunakan untuk pipa kolektor adalah *stainless steel* karena *stainless steel* memiliki sifat tahan terhadap korosi dan mampu menyerap panas dengan baik serta menggunakan alas kaleng minuman yang berbahan dasar alumina sebagai plat absorber yang membantu penyerapan panas.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

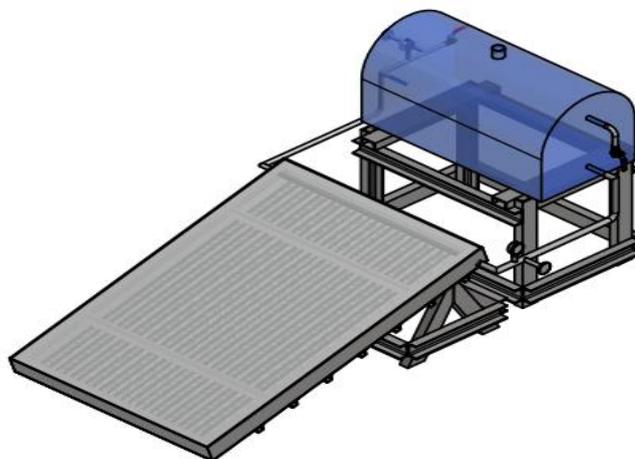
Pelaksanaan penelitian dilaksanakan selama pada April - Juni 2022 yang dilakukan di Laboratorium Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.

2.2. Alat dan Bahan

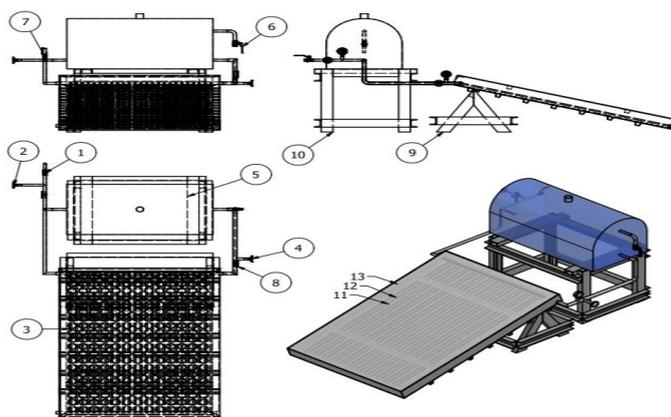
Adapun alat yang digunakan pada penelitian antara lain palu, bor, gerinda, meteran, kuas cat, stopwatch, lux meter, thermometer, gergaji besi, baut, *elbow*, *tee*, plat alkan, plat alumina, kaca bening, pompa, tangki aluminium, *tube stainless steel*. Bahan yang digunakan pada penelitian antara lain air (H_2O) dan cat warna hitam, lem *silicon*.

2.3. Rancangan Penelitian

Variabel bebas pada penelitian antara lain laju alir air (1,7; 1,9; 2,1; 2,3; 2,5) L/min 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 *tubes stainless steel* dengan ukuran 1,5 m sebanyak 25 buah dan ukuran 1,1 m sebanyak 2 buah. Selanjutnya, mengelas *tubes 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 keluar air pada panel ke tangki dan membuat pipa saluran air keluar dari tangki.



Gambar 3. 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 menentukan sudut 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 thermometer 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 ½ inch dan *tube stainless steel* yang digunakan horizontal pada kerangka panel sebanyak 2 buah dengan ukuran diameter 1 inch.

Penelitian dilakukan dengan variasi laju alir (1,7; 1,9; 2,1; 2,3; 2,5) L/Min 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 1 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)		
02 Juni 2022	1,7	5	1	30	1	60	70,5	67,5
	1,9		1	30	1	59	69	66
	2,1		1	30,5	1	58,5	70	66,5
	2,3		1	30	1	58	69	66
	2,5		1	30	1	55	69,6	66,7
03 Juni 2022	1,7	10	1	30	1	61,5	69,7	66,5
	1,9		1	30,5	1	61,5	70	66,8
	2,1		1	30	1	60	70,4	65
	2,3		1	30	1	60	70	67
	2,5		1	30	1	57	70	67,6
06 Juni 2022	1,7	15	1	30,5	1	62	69,8	66,5
	1,9		1	30,5	1	62	69,7	66,8
	2,1		1	30	1	61,5	70	66,4
	2,3		1	30	1	61,5	70,3	66,9
	2,5		1	30,5	1	58,5	70,3	67,2
08 Juni 2022	1,7	20	1	29,5	1	63,5	70,2	67
	1,9		1	30	1	63	69,7	67,1
	2,1		1	30	1	62,5	69,8	66,7
	2,3		1	29,5	1	62	69,9	66,8
	2,5		1	29,5	1	59	70,1	66,8
10 Juni 2022	1,7	25	1	30	1	64	70,4	66,9
	1,9		1	30	1	63,5	70,4	67,4
	2,1		1	30,5	1	63	69,8	67
	2,3		1	30	1	62	69,8	66,7
	2,5		1	30	1	59,5	70	66,8

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	45	0,224	0,0000006123	4641,9	4,0	48,4	2414,3
	44,5	0,250	0,0000006167	5150,4	4,0	52,8	2633,4
	44,5	0,276	0,0000006167	5692,5	4,0	57,2	2854,3

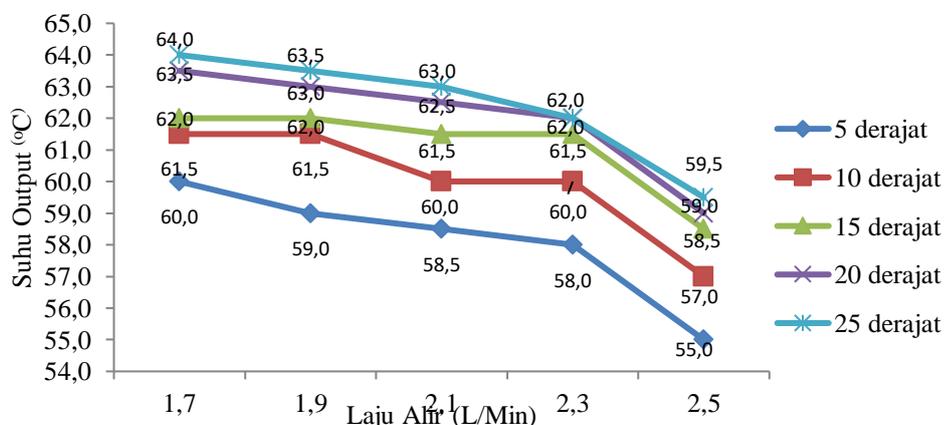
	44	0,303	0,0000006212	6189,7	4,1	61,5	3063,0
	42,5	0,329	0,0000006346	6585,6	4,2	65,4	3249,6
	45,75	0,224	0,0000006055	4693,4	4,0	48,5	2424,1
	46	0,250	0,0000010000	3176,4	3,9	35,3	1767,5
2	45	0,276	0,0000006123	5734,1	4,0	57,3	2862,0
	45	0,303	0,0000006123	6280,2	4,0	61,7	3079,4
	43,5	0,329	0,0000006257	6679,8	4,1	65,6	3266,9
	46,25	0,224	0,0000006011	4728,3	3,9	48,6	2430,6
	46,25	0,250	0,0000006011	5284,6	3,9	53,1	2658,3
3	45,75	0,276	0,0000006055	5797,7	4,0	57,5	2873,6
	45,75	0,303	0,0000006055	6349,8	4,0	61,9	3091,9
	44,5	0,329	0,0000006167	6776,8	4,0	65,9	3284,4
	46,5	0,224	0,0000005988	4746,0	3,9	48,6	2433,9
	46,5	0,250	0,0000005988	5304,3	3,9	53,2	2661,9
4	46,25	0,276	0,0000006011	5840,8	3,9	57,6	2881,4
	45,75	0,303	0,0000006055	6349,8	4,0	61,9	3091,9
	44,25	0,329	0,0000006190	6752,3	4,1	65,8	3280,0
	47	0,224	0,0000005944	4781,7	3,9	48,7	2440,6
	46,75	0,250	0,0000005966	5324,2	3,9	53,2	2665,5
5	46,75	0,276	0,0000005966	5884,6	3,9	57,7	2889,2
	46	0,303	0,0000006033	6373,4	3,9	61,9	3096,1
	44,75	0,329	0,0000006145	6801,5	4,0	65,9	3288,8

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 Laju Alir 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. Pengaruh Laju Alir dan Kemiringan Panel Terhadap Suhu Output

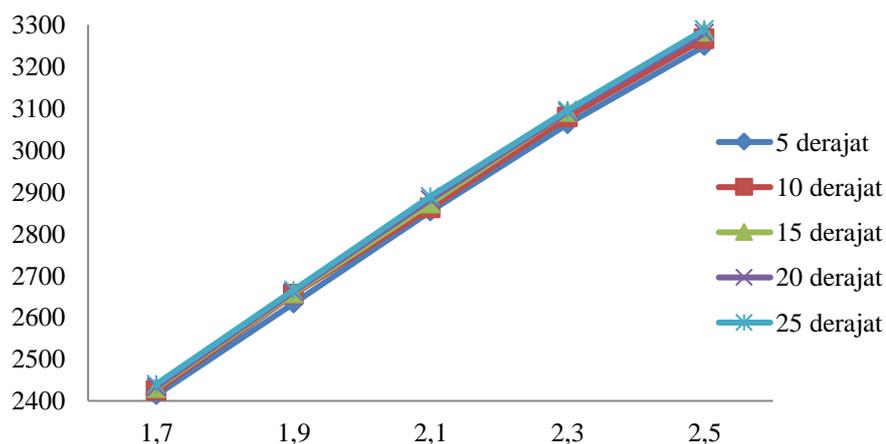
Pada penelitian, suhu output bergantung pada laju alir dan kemiringan panel. Hal tersebut dapat dilihat ada Gambar 4.1. semakin besar kemiringan panel maka suhu output akan semakin besar. Suhu output tertinggi

tercapai pada kemiringan 25° dengan suhu 64 °C diikuti dengan kemiringan 20° dengan suhu 63,5°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. Di sisi lain, semakin tinggi kemiringan panel maka air akan lebih sulit naik keatas sehingga tenaga pompa yang dibutuhkan akan lebih besar. Dengan pertimbangan ini maka kemiringan 20° adalah kemiringan terbaik karena lebih tidak menyebabkan kerja pompa semakin berat dan hasil suhu outputnya pun hanya selisih sedikit untuk kemiringan di atasnya.

Kemudian, hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu output juga dipengaruhi oleh laju alir. Air mencapai suhu tertinggi pada laju alir 1,7 L/menit dan terendah pada 25 L/menit. Pada laju alir 1,7-2,3 L/menit perbedaan suhu air tidak terlalu signifikan. Ini menunjukkan bahwa performa solar water heater tetap dikatakan baik pada range laju alir ini. Adapun pada laju alir 2,5 L/menit, suhu air menurun signifikan dari 4 data sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa performa solar water heater sudah dikatakan tidak baik ketika kondisi laju alirnya sebesar 2,5 L/menit atau lebih. Di sisi lain, semakin besar laju alir, maka jumlah air yang didapat akan semakin besar dan cepat. Dengan pertimbangan ini dan karena selisih temperature output pada kondisi laju alir 1,7-2,3 L/menit tidak jauh, maka pada laju alir 2,3 L/menit adalah kondisi optimalnya.

Suhu output dipengaruhi laju alir dan kemiringan panel karena semakin rendah laju alir dan semakin tinggi kemiringan maka waktu tinggal air di dalam kolektor akan lebih lama sehingga panas yang diserap akan semakin banyak.

3.2.2. Hubungan Laju Alir Dan Kemiringan Panel Terhadap Koefisien Konveksi Solar Water Heater



Gambar 2. Pengaruh Laju Alir dan Kemiringan Panel Terhadap Nilai Konveksi

Hasil perhitungan koefisien konveksi menunjukkan bahwa laju alir memengaruhi besarnya nilai tersebut. Dapat dilihat pada gambar 4.2, naiknya nilai koefisien konveksi berbanding lurus dengan naiknya laju alir pada solar water heater. Hal ini dikarenakan semakin besar laju alir maka akan semakin memperbesar nilai Reynold yang merupakan pengali pada perhitungan koefisien konveksi. Koefisien tertinggi terdapat pada laju alir 2,5 L/min dan terendah pada 1,7 L/min.

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

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian Pengaruh Laju Alir dan Kemiringan Sudut Panel Pada Solar Water Heater menggunakan Tube Stainless Steel yang telah dilakukan bahwa suhu output tertinggi sebesar 64°C dan berada pada laju alir terendah dan sudut kemiringan tertinggi yaitu 1,7 L/menit dan 25°C karena laju alir yang rendah dan kemiringan yang tinggi membuat air tertahan lebih lama di kolektor sehingga proses pemanasan lebih lama. Laju koefisien konveksi tertinggi sebesar 2250,26 W/m² °C berada pada laju alir tertinggi dan kemiringan tertinggi yaitu 1,7 L/menit dan 25°C karena besarnya laju alir berbanding lurus dengan besarnya bilangan

reynold yang merupakan pengali dalam mendapatkan nilai koefisien konveksi. Kemiringan tidak berpengaruh langsung terhadap nilai h , namun berpengaruh secara tidak langsung dengan lebih lama menahan air dipanaskan di kolektor sehingga memperbesar viskositas fluida dan memperbesar nilai reynold. Alat solar water heater beroperasi dalam kondisi optimal pada laju alir 1,7-2,1 L/menit dan kemiringan 20° dan 25° .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Jaelani, S. Firdaus, J. Jumena, "Renewable Energy Policy In Indonesia : The Qur'anic Scientific Signals In Islamic Economic and Policy," *EconJournals*, vol. 7, no. 4, pp. 193-204, 2017.
- [2] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Solusi Listrik Off-Grid Berbasis Energi Terbarukan di Indonesia*, Jakarta : Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, 2017.
- [3] BPPT, *Outlook Energi Indonesia*, Jakarta: Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE), 2018.
- [4] P. A. Lestari, A. Arizal, S. Herlin, "Prototype Pengering Bahan Baku dan Produk Biopellet Ditinjau dari Energi H_2O Yang Teruapkan ke Udara," *Jurnal Kinetika*, vol. 10, no. 01, 2019.
- [5] K. A. Ridwan, S. Aida, B. Ahmad, Apriansyah, "Kajian Rancang Bangun Solar Water Heater (SWH) Analisis Terhadap Koefisien Laju Konveksi dan Efisiensi Pemanasan Air," *Jurnal Kinetika*, vol. 10, no. 03, 2019.
- [6] I. Daud, "Rancang Bangun Solar Water Heater Tipe Spiral dan Serpentine Tube Kapasitas 30 L/Jam". Skripsi. Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya, 2019.
- [7] A. Alvarizi, dkk., "Rancang Bangun Pemanas Air Energi Surya Menggunakan Tabung Vakum," *Jurnal Imiah Teknik Mesin Polmed*, vol. 2, no. 1, Februari, 2021.
- [8] A. Simorangkir, "Pemanas Air Energi Surya Menggunakan Kolektor Pelat Datar dengan Diameter Pipa $3/4$ dan $5/8$ ". Skripsi. Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma, 2009.
- [9] M. Manurung, F. A. Irma, "Kandungan Aluminium dalam Kaleng Bekas dan Pemanfaatannya dalam Pembuatan Tawas," *Jurnal Kimia*, vol. 04, no. 02, pp. 180-186, 2010.
- [10] Cengel, A.Y. Moran, *Thermodynamics an Engineering approach*, Mcgraw-hill International Book Company, 2010.