

Kaji Eksperimental *Solar Chimney Power Plant (SCPP)* dengan *Concentrating lens* disusun dengan Pola *Aligned*

Fransiskus Asisi Benny Sitinjak^[1], Iwan Kurniawan^[2]

Laboratorium Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau,

^[1]fransiskus.asisi2071@student.unri.ac.id, ^[2]iwan.kurniawan@lecturer.unri.ac.id²

Abstract

Solar chimney power plant (SCPP) is an efficient and environmentally friendly renewable energy by utilizing solar energy as its main source. Based on the obtained hypothesis, the use of concentrating lenses can increase the temperature inside the solar collector. With increasing temperature, the speed of air to rotate the turbine blades will increase, so that the power obtained will increase maximally. This tool consists of 4 parts, namely: a buffer made of circular steel reinforcement, a heat sink made of concrete and painted black to absorb more heat and formed in a circle, a transparent cover or collector of clear plastic material, and a concentrating lens with variations of 36 and 21 concentrating lenses. This study aims to determine the temperature increase that occurs in the solar collector using a concentrating lens, to determine the wind power potential and efficiency of the solar collector using 36 concentrating lenses, 21 concentrating lenses and without using concentrating lenses. The results of this research are, by the using of concentrating lens that totalling of 36 and 21, it produces maximum wind power of 3.006 W and 2.478 W with an average of 0.929 W and 0.761 W per day, while without the using of concentrating lens, it produces 1.483 W with an average of 0.486 W per day, and it obtained the collector efficiency by the using of 36 and 21 concentrating lens of 1.122% and 1.016%, and without using a concentrating lens the collector efficiency is obtained 0.775%.

Keywords Solar Chimney Power Plant, Concentrating Lens, Solar Radiation

1. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun belakangan ini kebutuhan akan energi yang bersumber dari fosil seperti minyak bumi dan gas terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi manusia, apabila hal ini berkelanjutan terus menerus maka bisa dipastikan suatu saat energi tersebut akan habis. Diketahui bahwa persentase energi nasional pada tahun 2025 diperkirakan penggunaan batu bara adalah 32,7 %, gas bumi 30,6 %, minyak 26,2 %, PLTA 2,4 %, panas bumi 3,8 %, dan energi terbarukan 4,4 % [1]

Dengan adanya kenyataan di atas, maka diperlukannya suatu upaya untuk mencari suatu sumber energi yang terbarukan, efisien, ramah lingkungan dan dapat menghasilkan jumlah energi yang besar. Hal ini lah kenapa dibutuhkan pengembangan tenaga surya sebagai sumber energi alternatif, karena penggunaannya masih sedikit. Selain dari penggunaannya yang masih sedikit, energi surya (*Solar Power*) memiliki jumlah ketersediaan yang banyak.

Energi surya (*Solar Power*) dapat dimanfaatkan dengan dua teknologi, yakni *solar PV cell* (sel surya) dan *Solar Thermal Collector*. Sel surya memang lebih dikenal dibandingkan *Solar Thermal Collector*. Sel surya bekerja dengan cara menangkap foton yang merupakan partikel sinar matahari lalu menciptakan arus listrik secara langsung. Sedangkan Kolektor surya ini akan menangkap radiasi dengan absorber sehingga udara yang mengalir di permukaannya akan panas.

Pada kondisi panas ini, secara alamiah akan mengalirkan panas dari tempat bertemperatur tinggi ke tempat bertemperatur rendah, hingga tercapainya kesetimbangan termal [2]

Solar chimney power plant (SCPP) merupakan bagian dari bentuk teknologi *Solar Thermal Collector*. Sistem ini menggunakan panas matahari untuk memanaskan udara sehingga menghasilkan suatu aliran fluida yang dapat dikonversi dari energi gerak menjadi energi listrik dengan adanya turbin dan generator.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh [3] Penelitian tersebut menggunakan model kolektor bersirip. Dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa, unjuk kerja dari kolektor bersirip ini adalah plat absorber menyerap radiasi surya yang jatuh ke permukaan bumi dan dikonversikan dalam bentuk panas. Karena adanya perbedaan temperatur terjadilah aliran udara secara alamiah, dari udara yang bertemperatur tinggi ke udara yang bertemperatur rendah. Ketika intensitas yang masuk pada kolektor besar, maka kecepatan angin yang dihasilkan akan semakin besar, dan variasi ketinggian *chimney* tidak berpengaruh terhadap efisiensi sistem yang dihasilkan oleh *solar chimney*. Karena, pada masing-masing ketinggian *chimney* diperoleh intensitas matahari yang berbeda-beda. Hal inilah yang menyebabkan tidak adanya pengaruh.

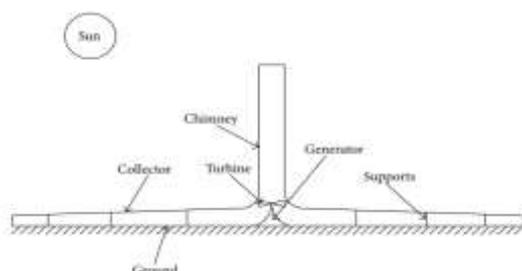
Berdasarkan hal di atas, penulis bermaksud melakukan penelitian terkait upaya untuk meningkatkan temperatur pada kolektor surya.

Berdasarkan hipotesis yang didapatkan yaitu, alternatif yang dapat dilakukan untuk menaikkan atau memaksimalkan temperatur pada kolektor surya yaitu penggunaan *concentrating lens* yang diletakkan di atas kolektor surya.

Hipotesis ini merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh [4] telah melakukan penelitian dengan menggunakan kumpulan lensa cembung dengan panjang fokus yang sama (*concentrating lens*) disusun membentuk permukaan datar dengan luas yang lebih besar dari luas panel sel surya. Kumpulan *concentrating lens* disusun secara mendatar ini menambah berkas cahaya matahari yang diterima oleh permukaan panel sel surya. Daya keluaran sel surya meningkat dengan bertambahnya waktu penyinaran. Pemakaian *concentrating lens* meningkatkan daya keluaran melebihi daya maksimumnya.

Oleh sebab itu penulis mengangkat penelitian mengenai *Solar Chimney Power Plant* (SCPP) dengan *concentrating lens* yang disusun dengan pola *aligned*. Dimana pola *aligned* yaitu lensa yang disusun selaras atau beraturan di atas dari kolektor surya. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat membuktikan upaya untuk meningkatkan temperatur kolektor surya yaitu dengan penggunaan *concentrating lens*.

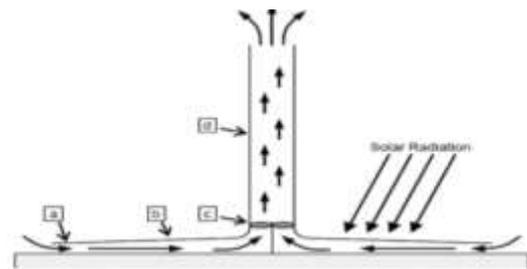
Solar Chimney Power Plant adalah pembangkit listrik cerobong surya yang menggabungkan tiga komponen yaitu kolektor surya, *chimney* dan unit pengkonversi daya (PCU) yang mencakup satu atau beberapa generator turbin. Sistem ini menggunakan panas matahari untuk memanaskan udara sehingga menghasilkan suatu aliran fluida yang dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan adanya turbin dan generator. Kolektor adalah bagian yang digunakan untuk memproduksi udara panas. Turbin digunakan untuk mengubah udara menjadi energi mekanik. Sedangkan *chimney* merupakan cerobong sebagai tempat udara mengalir.



Gambar 1 Solar Chimney Power Plant [5]

Secara prinsip *solar chimney power plant* sama dengan pembangkit listrik hydro, namun keunggulan dari *solar chimney power plant* ini adalah ia dapat bekerja tanpa ada kerusakan akibat korosi dan kavitasi, masalah yang sering timbul pada pembangkit listrik hydro. Untuk mencapai nilai yang ekonomis, perancangan *solar chimney*

power plant dapat di sesuaikan dengan ketersediaan dan bahan baku yang diperlukan, jika harga kaca atau plastik untuk kolektor lebih mahal dibandingkan harga pembangunan cerobong, dapat dibuat *solar chimney power plant* dengan kolektor yang tidak terlalu luas namun dengan cerobong yang cukup tinggi. Demikian sebaliknya, jika harga kaca atau plastik untuk kolektor lebih murah dari biaya pembuatan cerobong, maka dapat di bangun *solar chimney power plant* dengan kolektor yang luas dengan cerobong yang tidak terlalu tinggi.



Gambar 2 Skema Prinsip Kerja SCPP [6]

Pada gambar diatas dapat dijelaskan sebagai berikut, pada poin (a) udara masuk ke sistem *solar chimney*, pada poin (b) udara menjadi panas, sehingga terjadi aliran udara karena perbedaan kerapatan (*density*), dan kemudian poin (c) aliran udara dihambat dengan sebuah turbin sehingga turbin mengubah ke energi mekanik, selanjutnya udara akan keluar ke poin (d) dengan adanya perbedaan tekanan dan sifat-sifat udara tersebut.

Pada penelitian kali ini, *solar chimney power plant* berfungsi sebagai pembangkit listrik tenaga surya. Mekanisme kerja *solar chimney power plant* ini adalah dengan memanaskan cerobong dengan panas matahari sehingga udara yang berada di dalam cerobong memuai dan massa jenisnya semakin ringan. Ketika massa jenisnya menjadi ringan maka secara spontan akan membuat udara tersebut naik ke atas dan meninggalkan ruangan. Kemudian posisi yang ditinggalkan udara yang keluar tersebut digantikan oleh udara dingin yang berasal dari alat penukar kalor udara-tanah.

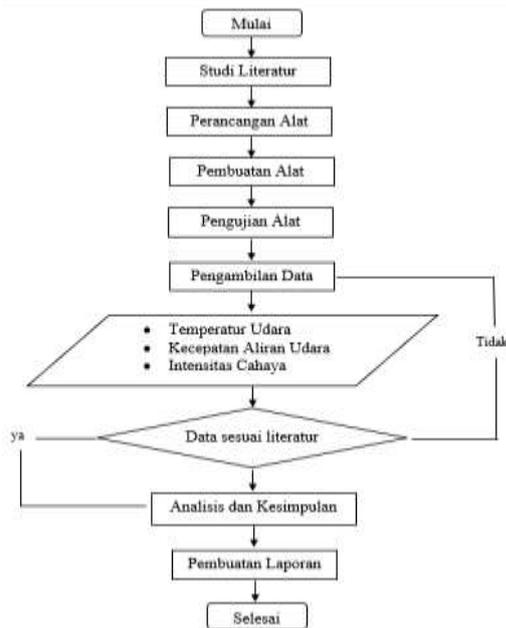
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui peningkatan temperatur yang terjadi pada kolektor surya dengan penggunaan *concentrating lens*, untuk mengetahui nilai potensi daya yang dihasilkan dari *solar chimney power plant*, untuk mengetahui efisiensi dari kolektor surya dengan menggunakan 36 *concentrating lens*, 21 *concentrating lens* dan tanpa menggunakan *Concentrating Lens*.

2. Metodologi

2.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian secara eksperimental. Hal ini dilakukan untuk mengetahui

pengaruh dari penggunaan *concentrating lens* terhadap temperatur yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan dengan membangun SCPP dengan kolektor dari bahan plastik bening dengan diameter 2 meter dan *chimney* dari pipa PVC 4 in dengan tinggi 3,2 m *concentrating lens* dipasang di atas kolektor. Berikut diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3:



Gambar 3. Diagram Alir Pengujian

2.2 Alat dan Bahan

Bahan dan alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Mesin las digunakan untuk menyambungkan besi tulangan dan besi profil L untuk dijadikan kedudukan dari kolektor surya.
2. Mesin gerinda digunakan untuk memotong dan mengurangi ketebalan dari besi tulangan dan besi profil L untuk dijadikan kedudukan dari kolektor surya.
3. Mesin Roll Bending digunakan untuk membentuk besi tulangan menjadi lingkaran.
4. Mesin Bor digunakan untuk membuat lubang pada beton untuk dijadikan kedudukan dari kolektor surya dan membuat lubang pada besi profil L untuk kedudukan dari baut penyangga *concentrating lens*.
5. Tang digunakan untuk membantu proses pengelasan agar hasil pengelasan baik.
6. Roll meter digunakan sebagai alat bantu mengukur objek.
7. Digital Thermometer merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur temperatur. Termometer digital menggunakan termokopel sebagai

sensornya untuk membaca perubahan nilai tahanan.

8. Anemometer merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur kecepatan udara.
9. Solar Power Meter merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur intensitas matahari.

2.3 Konsep Desain

Gambar 4 dibawah ini adalah gambar konsep dari perancangan alat yang akan di pakai



Gambar 4. Konsep Desain

Pada gambar 4 merupakan gambaran dari Desain alat dilakukan menggunakan software Inventor dengan dimensi sebagai berikut :

- Tinggi *chimney* : 3,2 m
- Diameter *chimney* : 4 in
- Diameter kolektor : 2 m
- Sudut kemiringan kolektor : 6°

Dalam perancangan alat secara spesifik diuraikan sebagai berikut:

1. Kerangka penyangga

Kerangka penyangga ini digunakan sebagai tempat untuk peletakan kolektor surya dan *chimney*. Pada kerangka penyangga ini dibuat dengan menggunakan besi profil L dan besi tulangan dengan ukuran sebagai berikut :

- 1) Panjang kaki penyangga 15 cm.
- 2) Diamter luar penyangga 200 cm.
- 3) Diameter dalam penyangga 11 cm.
- 4) Panjang 1 besi profil L yang digunakan 95 cm dengan tebal 6 mm.
- 5) Bagian tengah dilubangi dengan ukuran diameter 11 cm.
- 6) Dibuat dengan sudut kemiringan 6°C

2. Penyerap panas (Absorber)

Absorber yang digunakan untuk menyerap panas matahari terbuat dari beton yang dicat dengan warna hitam. Pada penelitian ini absorber yang digunakan dengan ukuran sebagai berikut:

- 1) Diameter absorber 220 cm.
- 2) Ketebalan absorber 10 cm.

3. Penutup kolektor

Penutup kolektor yang digunakan adalah plastik bening yang diletakkan pada bagian atas absorber. Adapun ukurannya sebagai berikut:

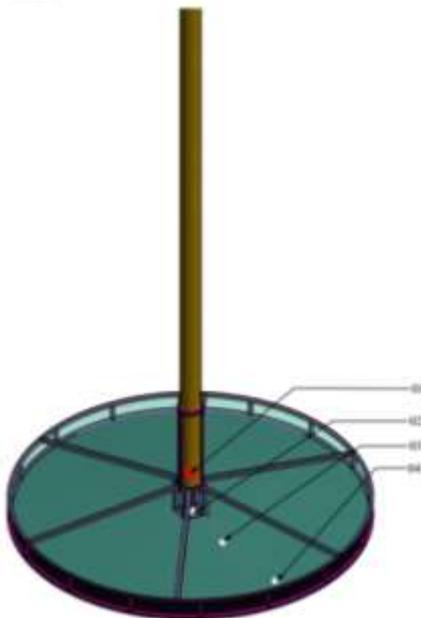
- 1) Diameter plastik bening yang digunakan 200 cm.
- 2) Bagian tengah dilubangi berbentuk lingkaran dengan diameter 11 cm.

4. Concentrating Lens

Concentrating Lens yang digunakan adalah bola lampu pijar diletakkan di atas kolektor surya. Adapun ukuran sebagai berikut:

- 1) *Concentrating Lens* yang digunakan pada tiap 1 layer yaitu 36.
- 2) Variasi selanjutnya dengan 21 *concentrating lens* pada tiap 1 layer.
- 3) Panjang tiang penyangga *concentrating lens* 11,5 cm.
- 4) Panjang jarak *concentrating lens* terhadap kolektor surya 2 cm.

Pengambilan data *solar chimney power plant* (SCPP) dengan *concentrating lens* disusun dengan pola *aligned* dilakukan di ruangan terbuka yang langsung terpapar sinar matahari.



Gambar 5. Peletakan Sensor Alat Ukur

Pengambilan data pada SCPP akan dilaksanakan dengan langkah sebagai berikut :

1. Meletakkan alat ukur anemometer pada bagian bawah *chimney* diatas kolektor.
2. Meletakkan sensor temperatur T3 pada posisi dibawah *chimney*.
3. Meletakkan sensor temperatur T2 pada posisi dibawah *concentrating lens*.
4. Meletakkan sensor temperatur T1 pada posisi dibawah kolektor surya.
5. Setelah temperatur diletakkan pada posisinya masing-masing, selanjutnya melakukan pengambilan data.

2.4 Parameter Perhitungan Solar Chimney Power Plant (SCPP)

Berikut adalah parameter- parameter dari perhitungan pada *solar chimney power plant* :

1. Nilai kerapatan udara (ρ)

Nilai kerapatan udara dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [7] :

$$\rho = \frac{P}{RT} \quad (1)$$

Keterangan :

P = Tekanan (Pa)

R = Konstanta gas untuk udara (J/kg $^{\circ}$ K)

T = Suhu masuk kolektor ($^{\circ}$ K)

2. Laju aliran massa udara

Laju aliran massa udara dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [7] :

$$\dot{m} = \rho \times A_{chi} \times v \quad (2)$$

Keterangan :

\dot{m} = Laju aliran massa (kg/s)

ρ = Massa jenis udara (kg/m 3)

v = Kecepatan aliran fluida (m/s)

A = Luas penampang (m 2)

3. Energi panas yang dihasilkan dari kolektor

Energi panas yang dihasilkan dari kolektor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [7] :

$$Q_u = \dot{m} \times C_p \times \Delta T \quad (3)$$

Keterangan :

Q_u = Energi panas dari kolektor yang dapat dimanfaatkan (W)

\dot{m} = Massa laju aliran fluida yang masuk ke kolektor (kg/s)

C_p = *Specific heat capacity* (J/(kg.K))

ΔT = Selisih antara temperatur udara yang masuk dan keluar kolektor ($^{\circ}$ C)

4. Energi panas yang diterima kolektor

Energi panas yang diterima kolektor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [8] :

$$Q_{in} = \epsilon \times H \times A_{kol} \quad (4)$$

Keterangan :

Q_{in} = Energi panas yang diterima kolektor (W)

ϵ = Emisivitas

H = Intensitas radiasi matahari yang diterima saat pengujian (W/m 2)

A_{kol} = Luas permukaan kolektor (m 2)

5. Efisiensi Kolektor surya

Efisiensi Kolektor surya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [9] :

$$\eta = Q_u / Q_{in} \times 100 \% \quad (5)$$

Keterangan :

η = Efisiensi kolektor surya

Q_u = Energi panas dari kolektor yang dapat dimanfaatkan (J)

Q_{in} = Energi panas yang diterima kolektor

6. Potensi daya

Potensi daya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [10] :

$$P = \frac{1}{3} \times \rho \times A_{KOL} \times V^3 \quad (6)$$

Keterangan :

ρ = Massa jenis udara (kg/m³)

A_{kol} = Luas permukaan kolektor (m²)

V = Kecepatan udara (m/s)

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian SCPP dilaksanakan pada tanggal 25 Maret – 10 April 2021 di lapangan laboratorium Teknik Mesin Universitas Riau pada jam 8.00 WIB sampai dengan jam 15.00 WIB. Perekaman data dilakukan setiap 30 menit sekali. Pengujian dibagi menjadi 3 kali pengujian yaitu pengujian dengan 36 *Concentrating Lens*, 21 *Concentrating Lens* dan tanpa menggunakan *Concentrating Lens*. Setelah dilakukan pengujian, diperoleh data kecepatan angin, temperatur udara dan intensitas radiasi Matahari. Data yang didapat ditampilkan dalam bentuk tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1. Data Pengujian Menggunakan 36 *Concentrating Lens*

Jam	Radiasi (w/m ²)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	V1 (m/s)	V2 (m/s)
08.00	230	33,5	33	33	0,3	0,32
08.30	380	34,3	34	33,6	0,35	0,39
09.00	524	36	36,1	35	0,48	0,55
09.30	644	37,8	38	36,6	0,55	0,64
10.00	750	39	40	37,6	0,6	0,71
10.30	700	38,5	39,5	37,3	0,55	0,65
11.00	880	42	44,3	40,4	0,62	0,75
11.30	982	44	45,8	42,2	0,69	0,86
12.00	1008	46,4	48	44,4	0,7	0,9
12.30	1037	47,5	49,6	45,2	0,75	1
13.00	1050	48,8	50,5	46	0,8	1,14
13.30	1080	50	52	47	0,95	1,38
14.00	995	48,6	51,3	46,6	0,8	1,2
14.30	960	48	50,8	46,1	0,8	1,19
15.00	892	47,6	49,5	45,4	0,5	0,85

Tabel 2. Data Pengujian Menggunakan 21 *Concentrating Lens*

Jam	Radiasi (w/m ²)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	V1 (m/s)	V2 (m/s)
08.00	287	33	32,8	32,5	0,25	0,31
08.30	420	35	34,6	34,1	0,3	0,38
09.00	465	37,1	37,5	36	0,31	0,4
09.30	532	39	39,5	37,7	0,34	0,45
10.00	588	39,7	40,7	38,1	0,37	0,5
10.30	650	40,8	41,8	39	0,44	0,58
11.00	608	40	40,8	38,7	0,43	0,55
11.30	803	41,8	43	40	0,6	0,75
12.00	972	43	44	41	0,66	0,88
12.30	992	43,6	44,5	41,3	0,64	0,92
13.00	1005	45	47,5	42,4	0,66	0,98
13.30	1050	47	50,4	44,2	0,88	1,29
14.00	995	46,1	49,8	43,8	0,81	1,2
14.30	935	45,6	48,2	43,3	0,76	1,12
15.00	890	44,8	47,4	42,7	0,68	1

Tabel 3. Data Pengujian tanpa Menggunakan *Concentrating Lens*

Jam	Radiasi (w/m ²)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	V1 (m/s)	V2 (m/s)
08.00	274	32,5	32	32	0,23	0,25
08.30	369	33,2	32,8	32,5	0,25	0,28
09.00	430	34	34,6	33	0,28	0,34
09.30	489	34,6	35,3	33,3	0,35	0,46
10.00	567	35,3	36	34	0,42	0,6
10.30	602	36	36,5	34,5	0,43	0,62
11.00	580	35,5	36	34,4	0,38	0,55
11.30	803	38,1	38,4	36,4	0,52	0,71
12.00	918	39	39,5	37	0,56	0,78
12.30	972	39,7	40,3	37,5	0,59	0,84
13.00	1008	40,7	41,4	38,3	0,8	1,08
13.30	995	39,7	41	37,5	0,71	0,95
14.00	905	39	40,7	37	0,68	0,9
14.30	860	38,5	40	36,5	0,64	0,85
15.00	786	37,5	39,5	35,8	0,59	0,78

Berdasarkan data pengujian yang telah diperlihatkan pada tabel 1, 2 dan 3, kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan yang telah dijelaskan pada Bab II yaitu untuk menghitung parameter-parameter mengenai *Solar Chimney Power Plant* (SCPP). Adapun contoh perhitungan dengan mengambil nilai tertinggi pada saat pengambilan data yaitu pada tanggal 26 Maret 2021 pada jam 13.30 Wib.

Setelah dilakukan perhitungan adapun data hasil perhitungan dapat ditampilkan seperti di perlihatkan pada Tabel 4, 5 dan 6.

Tabel 4. Data hasil Perhitungan dengan Menggunakan 36 *Concentrating Lens*

Cp (J/kg.K)	ρ (kg/m ³)	m (kg/s)	Qu (W)	Qn (W)	η (%)	P (Watt)
1007	1,15167	0,00299	1,50501	700,534	0,21455	0,03950
1007	1,14867	0,00363	2,55784	1157,404	0,22100	0,07132
1007	1,14235	0,00509	5,12481	1595,9992	0,32110	0,19893
1007	1,13574	0,00589	7,11465	1961,4952	0,36272	0,31162
1007	1,13137	0,00651	9,17287	2284,35	0,40155	0,42383
1007	1,13319	0,00597	7,20958	2132,06	0,33815	0,32572
1007	1,12059	0,00681	10,90842	2680,304	0,40922	0,49481
1007	1,11352	0,00776	14,06000	2990,9756	0,47008	0,74132
1007	1,10516	0,00806	16,22599	3070,1664	0,52851	0,84326
1007	1,10136	0,00892	20,66205	3158,4946	0,65417	1,15276
1007	1,09692	0,01013	28,55949	3198,09	0,89302	1,70097
1007	1,09284	0,01222	36,90382	3289,464	1,12188	3,00009
1007	1,09780	0,01067	21,48665	3030,571	0,70900	1,98516
1007	1,09965	0,01060	20,28005	2923,968	0,69358	1,93956
1007	1,10102	0,00758	16,79190	2716,8536	0,61814	0,70772

Tabel 1. Data hasil Perhitungan dengan Menggunakan 21 *Concentrating Lens*

Cp (J/kg.K)	ρ (kg/m ³)	m (kg/s)	Q _u (W)	Q _{out} (W)	η (%)	P (Watt)
1007	1,15355	0,00290	1,45842	874,1446	0,16684	0,05597
1007	1,14606	0,00353	3,19705	1279,236	0,24992	0,06582
1007	1,13830	0,00389	4,08530	1416,297	0,28845	0,07625
1007	1,13137	0,00412	5,39852	1620,3656	0,33317	0,10791
1007	1,12884	0,00457	7,36807	1790,9304	0,41130	0,14769
1007	1,12468	0,00528	9,57902	1979,77	0,48385	0,22972
1007	1,12775	0,00502	6,57711	1851,8464	0,35517	0,19639
1007	1,12131	0,00681	12,34732	2445,7774	0,50484	0,49513
1007	1,11705	0,00796	16,03611	2960,5176	0,54167	0,79676
1007	1,11489	0,00831	19,24324	3021,4336	0,63689	0,90870
1007	1,11002	0,00881	23,06991	3061,029	0,75367	1,59350
1007	1,10309	0,01153	32,49910	3198,09	1,01620	2,47849
1007	1,10620	0,01075	24,90324	3030,571	0,82173	2,00071
1007	1,10793	0,01005	23,27950	2847,823	0,81745	1,62921
1007	1,11072	0,00990	19,02563	2710,762	0,70186	1,16256

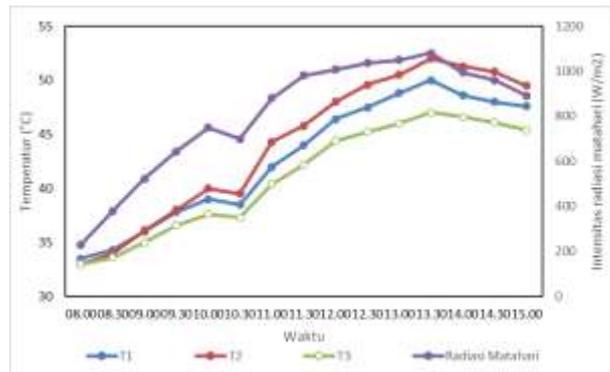
Tabel 2. Data hasil Perhitungan Tanpa Menggunakan *Concentrating Lens*

Cp (J/kg.K)	ρ (kg/m ³)	m (kg/s)	Q _u (W)	Q _{out} (W)	η (%)	P (Watt)
1007	1,15544	0,00234	1,17807	834,5492	0,14116	0,01890
1007	1,15280	0,00261	1,84300	1123,9002	0,16398	0,02648
1007	1,14980	0,00317	3,18870	1369,694	0,24347	0,04730
1007	1,14755	0,00428	5,59743	1489,3962	0,37582	0,11691
1007	1,14495	0,00556	7,28441	1726,9686	0,42180	0,25885
1007	1,14235	0,00574	8,66559	1833,5716	0,47261	0,28496
1007	1,14421	0,00510	5,64643	1786,584	0,31963	0,19925
1007	1,13464	0,00653	11,17071	2445,7774	0,45673	0,42505
1007	1,13137	0,00715	14,39606	2796,0444	0,51487	0,56193
1007	1,12884	0,00788	17,01561	2960,5176	0,54745	0,70029
1007	1,12524	0,00984	23,78998	3070,1664	0,77488	1,48363
1007	1,12884	0,00869	19,24385	3030,571	0,63499	1,01300
1007	1,13137	0,00825	16,61083	2756,449	0,60262	0,60326
1007	1,13319	0,00780	15,71319	2619,388	0,59988	0,72839
1007	1,13684	0,00718	12,29576	2193,9988	0,51361	0,56466

Adapun analisa yang akan dilakukan yaitu pada data yang diambil pada tanggal 25 Maret – 10 April 2021 di lapangan laboratorium Teknik Mesin Universitas Riau pada jam 8.00 WIB sampai dengan jam 15.00 WIB.

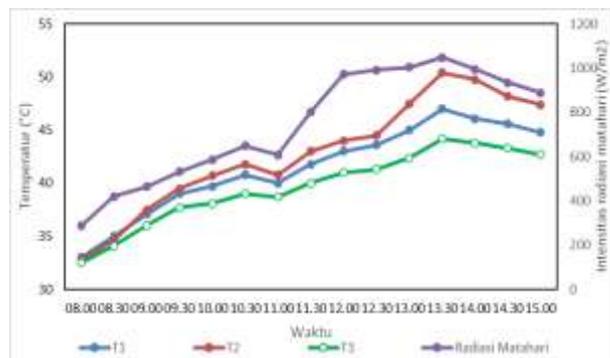
3.1 Pengaruh radiasi matahari terhadap temperatur kolektor

Pada penelitian ini faktor yang sangat berpengaruh pada temperatur didalam kolektor surya yaitu intensitas radiasi matahari yang diterima kolektor surya dan penggunaan dari *Concentrating Lens*. Data temperatur kolektor surya (T1, T2, dan T3) dapat dilihat berikut ini. Data pengamatan ini dilakukan dilapangan laboratorium teknik mesin fakultas teknik universitas Riau pada tanggal 26 Maret 2021. Penelitian ini menggunakan 36 *Concentrating Lens* dan absorber berupa beton yang dilapisi cat hitam.



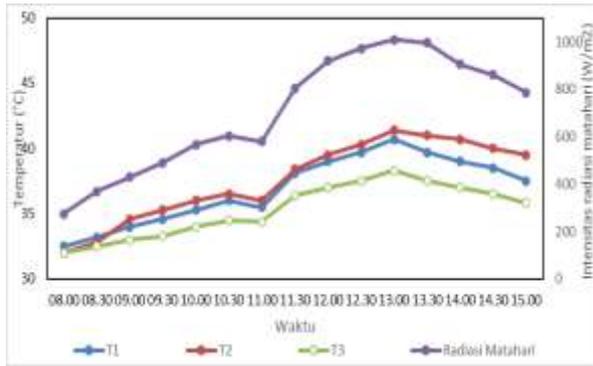
Gambar 6. Temperatur Kolektor

Gambar 6. adalah grafik yang menunjukkan temperatur dari bagian- bagian kolektor (T₁, T₂, dan T₃) pada tanggal 26 Maret 2021 dengan selang waktu 30 menit. Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai temperatur berbanding lurus terhadap intensitas radiasi matahari, nilai temperatur T₂ memiliki nilai lebih besar dari temperatur masukan dan keluaran. Temperatur pada T₂ tertinggi mencapai 52 °C. Sedangkan terendahnya mencapai 33 °C. Adapun pada temperatur masukan, tertinggi mencapai 51 °C, sedangkan terendahnya mencapai 33,5 °C. Untuk temperatur keluaran, yang tertinggi mencapai 47 °C, sedangkan terendahnya 33 °C.



Gambar 7. Temperatur Kolektor Dengan 21 *Concentrating Lens*

Gambar 7 adalah grafik yang menunjukkan temperatur dari bagian- bagian kolektor (T₁, T₂, dan T₃) pada tanggal 3 April 2021 dengan selang waktu 30 menit. Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa, T₂ memiliki nilai lebih besar dari temperatur masukan dan keluaran. Temperatur pada T₂ tertinggi mencapai 50,4 °C, sedangkan terendahnya mencapai 32,8 °C. Adapun pada temperatur masukan, tertinggi mencapai 47 °C, sedangkan terendahnya mencapai 33 °C. Untuk temperatur keluaran, yang tertinggi mencapai 44,2 °C, sedangkan terendahnya 32,5 °C.



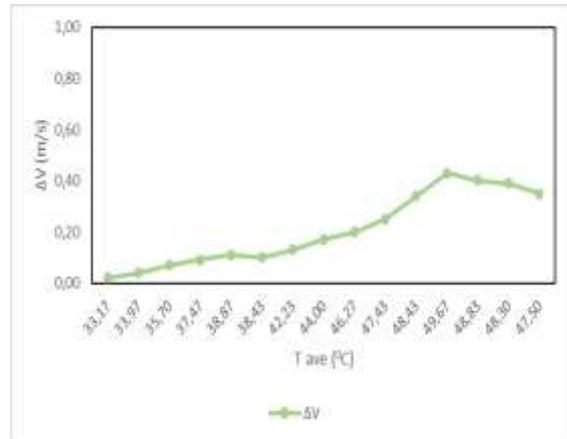
Gambar 8. Temperatur Kolektor Tanpa Concentrating Lens

Gambar 8 adalah grafik yang menunjukkan temperatur dari bagian- bagian kolektor (T_1 , T_2 , dan T_3) pada tanggal 7 April 2021 dengan selang waktu 30 menit. Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa, T_2 memiliki nilai lebih besar dari temperatur masukan dan keluaran. Temperatur pada T_2 tertinggi mencapai $41,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, sedangkan terendahnya mencapai $32\text{ }^{\circ}\text{C}$. Adapun pada temperatur masukan, tertinggi mencapai $40,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, sedangkan terendahnya mencapai $32,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Untuk temperatur keluaran, yang tertinggi mencapai $38,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, sedangkan terendahnya $32\text{ }^{\circ}\text{C}$.

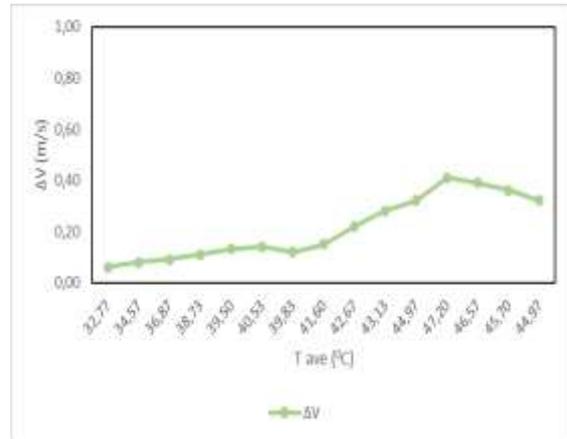
Temperatur pada sensor T_2 memiliki nilai yang relatif lebih besar dari pada temperatur masukan dan keluaran. Hal ini dikarenakan posisi sensor terletak diantara sensor temperatur masukan dan keluaran dimana sensor T_2 secara langsung berada tepat dibawah dari kolektor dengan Concentrating Lens. Udara yang masuk melalui inlet akan melewati sensor T_1 , udara tersebut akan masuk kedalam kolektor dan melewati sensor T_2 sebelum menuju pada sensor T_3 . Pada saat udara masuk dan mengenai sensor T_2 , udara yang masuk dan telah melewati sensor T_1 tersebut akan semakin panas. Sinar matahari yang datang pada kolektor surya akan mengenai kolektor, Concentrating Lens dan absorber. Concentrating Lens berfungsi untuk memfokuskan cahaya yang akan diteruskan dan diserap oleh absorber, radiasi surya yang jatuh dikonversikan dalam bentuk panas. Panas yang diterima absorber dipindahkan ke fluida kerja yang mengalir dan terjadi proses perpindahan panas secara konveksi. Karena adanya perbedaan temperatur yang terjadi didalam kolektor, terjadilah aliran udara secara alamiah dari udara bertemperatur tinggi ke udara bertemperatur rendah. Untuk temperatur keluaran lebih kecil dari temperatur masukan. Hal ini disebabkan oleh temperatur udara keluaran mengikuti perubahan temperatur T_2 . Hal lain juga mempengaruhi temperatur keluaran lebih kecil dari temperatur masukan yaitu kalor yang lepas atau yang dibuang kelingkungan. Semakin panas udara tersebut, maka setiap udara mengalir akan melepaskan kalor

kelingkungan.

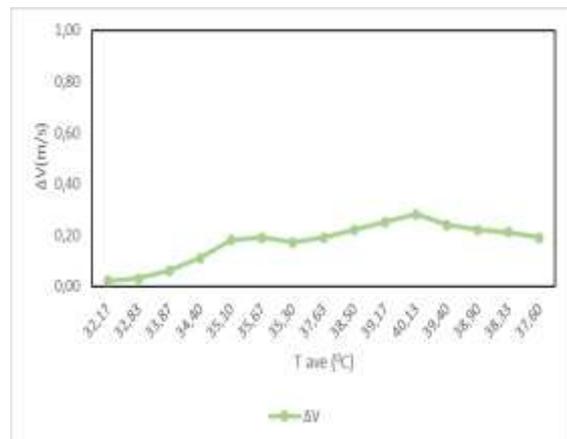
3.2 Pengaruh Temperatur Terhadap Kecepatan Angin



Gambar 9. Grafik Pengaruh Temperatur Terhadap Kecepatan Angin Dengan 36 Concentrating Lens



Gambar 10. Grafik Pengaruh Temperatur Terhadap Kecepatan Angin Dengan 21 Concentrating Lens

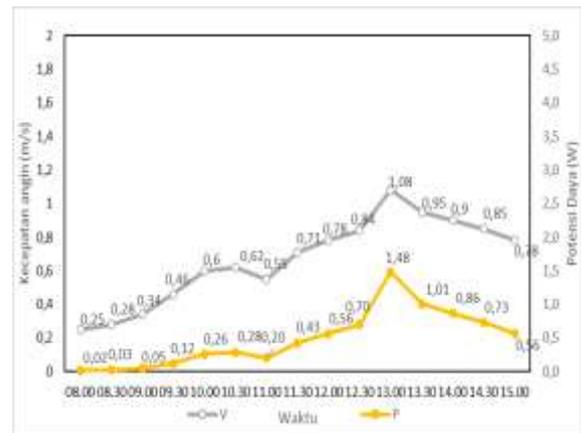


Gambar 11. Grafik Pengaruh Temperatur Dengan Kecepatan Udara Tanpa Concentrating Lens

Pada gambar 9, 10, dan 11 dapat dilihat grafik pengaruh dari temperatur pada kolektor terhadap

kecepatan udara yang terjadi didalam kolektor. Berdasarkan ketiga grafik diatas dapat dilihat bahwa dengan menggunakan *concentrating lens* yaitu berjumlah 36 dengan 21 dan tanpa menggunakan *concentrating lens* memiliki kurva yang kecenderungan yang serupa. Dimana temperatur kolektor mempengaruhi kecepatan udara yang terjadi di kolektor. Aliran udara didalam kolektor terjadi karena adanya perbedaan temperatur. Pada saat udara dari lingkungan masuk ke kolektor, udara tersebut mengalami perubahan kecepatan karena perbedaan densitas terhadap udara yang telah terjadi didalam kolektor. Hal tersebut menyebabkan udara yang masuk akan semakin cepat bergerak menuju chimney. Semakin kecil nilai densitas udara, maka udara akan bergerak dengan cepat.

Gambar 13. Grafik Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Daya dengan 21 *Concentrating Lens*

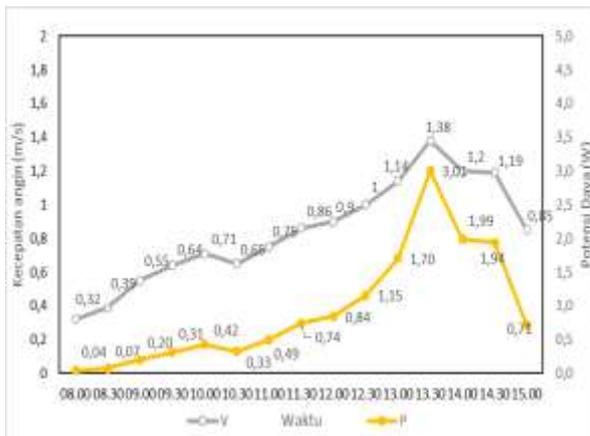


Gambar 14. Grafik Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Daya tanpa *Concentrating Lens*

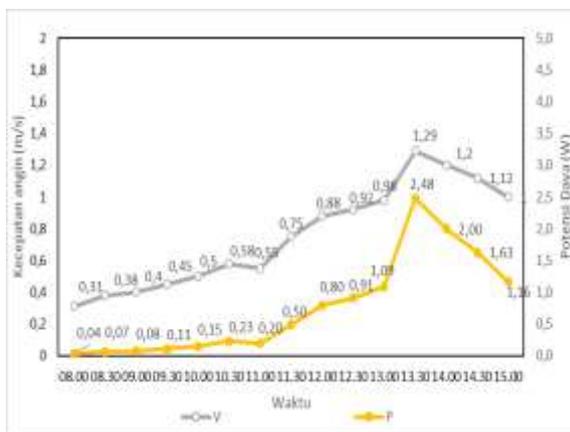
Pada gambar 12, 13, dan 14 dapat dilihat pada pengujian dengan menggunakan 36 *Concentrating Lens* pada pukul 13.30 dengan intensitas matahari yang maksimum yaitu 1080 W/m² diperoleh kecepatan angin maksimum yaitu 1,38 m/s. Dengan menggunakan 21 *Concentrating Lens* diperoleh intensitas matahari maksimum yaitu 1050 W/m² dengan kecepatan angin yaitu 1,29 m/s. Tanpa menggunakan *Concentrating Lens* diperoleh intensitas matahari maksimum yaitu 1008 W/m² dan kecepatan angin 1,02 m/s.

Pada pengujian ini selain intensitas radiasi matahari, penggunaan *Concentrating Lens* juga mempengaruhi kecepatan angin yang didapat. Pada saat kolektor menyerap radiasi matahari, suhu pada kolektor menjadi panas, dan aliran fluida yang mengalir akan semakin cepat. Dengan adanya *Concentrating Lens*, suhu pada kolektor akan menjadi semakin panas karena secara prinsip *Concentrating Lens* dapat meningkatkan temperatur pada kolektor. Semakin besar kecepatan angin yang didapat, maka potensi daya angin yang didapat akan semakin besar, begitu juga dengan keadaan sebaliknya.

3.3 Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Daya Yang Dihasilkan

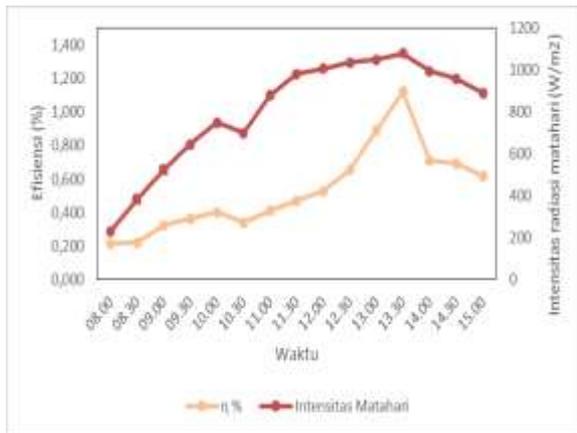


Gambar 12. Grafik Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Daya dengan 36 *Concentrating Lens*

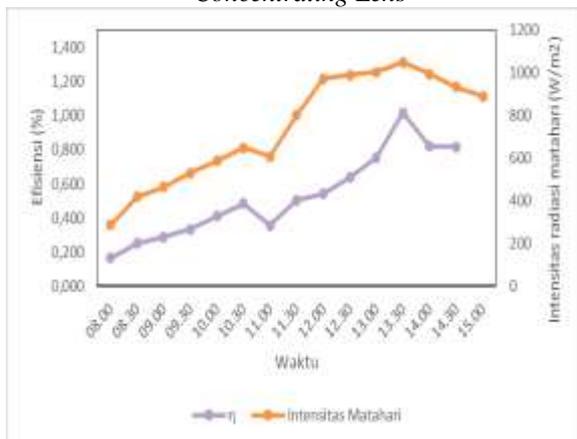


3.4 Pengaruh *Concentrating Lens* Terhadap Efisiensi Kolektor

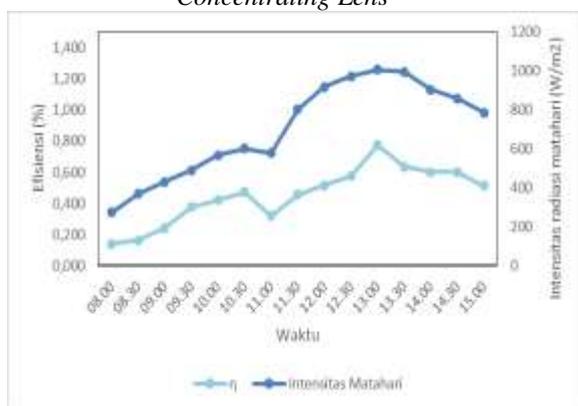
Hasil pengamatan yaitu (temperatur, intensitas radiasi matahari serta kecepatan angin) sehingga dapat diketahui besar efisiensi kolektor surya. Adapun efisiensi kolektor dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



Gambar 12. Efisiensi Kolektor Dengan 36 Concentrating Lens



Gambar 13. Efisiensi Kolektor Dengan 21 Concentrating Lens



Gambar 14 Efisiensi Kolektor Tanpa Menggunakan Concentrating Lens

Pada gambar 12, 13, dan 14 dapat dilihat efisiensi dari *Solar Chimney Power Plant*. Dengan menggunakan 36 *Concentrating Lens* pada pukul 13.30 dengan intensitas matahari yang maksimum yaitu 1080 W/m² diperoleh efisiensi yaitu 1,112 %. Dengan menggunakan 21 *Concentrating Lens* diperoleh intensitas matahari maksimum yaitu 1050 W/m² dengan efisiensi yaitu 1,016 %. Tanpa menggunakan *Concentrating Lens* diperoleh

intensitas matahari maksimum yaitu 1008 W/m² dan efisiensi 0,775 %.

Berdasarkan ketiga grafik di atas dapat dilihat bahwa efisiensi termal kolektor yang dihasilkan oleh rancangan alat konversi tersebut memiliki kurva yang memiliki kecenderungan yang serupa. Dimana nilai efisiensi termal kolektor surya fluktuatif. Hal ini dapat dilihat pada grafik-grafik di atas, bahwa efisiensi kolektor mengalami kenaikan dan penurunan. Kenaikan dan penurunan nilai efisiensi kolektor tersebut dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima oleh kolektor surya. Dimana dari data hasil pengamatan intensitas cahaya matahari yang dipancarkan ke permukaan bumi selama pengamatan juga fluktuatif. Seperti yang diketahui bahwa intensitas matahari yang diterima oleh kolektor akan mempengaruhi energi termal dari kolektor, baik temperatur masukan, keluaran, maupun temperatur yang dihasilkan oleh kolektor, sehingga dalam penelitian tersebut energi termal yang dihasilkan oleh kolektor juga mengalami kenaikan dan penurunan.

Dari hasil analisis ketiga grafik tersebut di atas, dapat dijelaskan bahwa penurunan efisiensi termal kolektor surya disebabkan karena banyak kalor yang hilang (dilepaskan) ke lingkungan baik secara konveksi maupun konduksi. Perpindahan kalor dari permukaan absorber ke permukaan plastik bagian dalam dan pada permukaan luar plastik ke lingkungan terjadi secara konveksi alami, sedangkan perpindahan kalor melalui permukaan bawah plastik ke permukaan atas plastik terjadi secara konduksi, sehingga kerugian kalor pada bagian atas kolektor hanya terjadi secara konveksi dan konduksi. Konversi kalor menjadi kerja pada alat ini terdapat sebagian energi yang hilang karena terjadi perpindahan kalor secara konveksi dan konduksi dari plastik ke lingkungan. Energi yang hilang tersebut terjadi pada saat kondisi fluktuatif, yaitu ketika intensitas cahaya turun maka laju kalor yang terperangkap dalam kolektor sebagian keluar secara konduksi dari permukaan bawah plastik ke atas permukaan plastik. Selanjutnya keluar secara konveksi melalui bantuan angin. Hal ini terjadi karena perbedaan temperatur kolektor dengan temperatur lingkungan. Dimana plastik menerima radiasi dari matahari dan radiasi pantul absorber, sehingga semakin tinggi temperatur yang dihasilkan absorber maka semakin besar pula radiasi balik yang dipantulkan ke cover, akibatnya temperatur cover semakin tinggi, dengan semakin besar temperatur cover maka akan semakin besar kehilangan panas dari sistem ke lingkungan. Dari hasil penelitian tersebut, sehingga dapat dikatakan bahwa hasil analisis efisiensi kolektor dalam penelitian ini bergantung dari intensitas matahari, penggunaan *Concentrating Lens* serta

perbedaan temperatur (masukan dan keluaran) kolektor. Dimana untuk memperoleh nilai efisiensi yang tinggi, intensitas matahari yang diterima oleh kolektor tidak fluktuatif dan permukaan kolektor tegak lurus dengan posisi matahari, dan perbedaan temperatur masukan dan keluaran maksimum. Perbedaan temperatur akan maksimum jika permukaan kolektor tegak lurus dengan posisi matahari.

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan *concentrating Lens* yaitu yang berjumlah 31 dan 26, dari hasil pengujian didapatkan bahwa ada peningkatan temperatur didalam kolektor. Apabila ada peningkatan temperatur didalam kolektor, maka akan terjadi peningkatan kecepatan udara yang masuk ke chimney.
2. Hasil pengujian dengan menggunakan *concentrating lens* yang berjumlah 36 dan 21 menghasilkan potensi daya angin maksimum yaitu 3,006 W dan 2,478 W dengan rata-rata perhari yaitu 0,929 W dan 0,761 W, sedangkan tanpa menggunakan *concentrating lens* menghasilkan 1,483 W dengan rata-rata perhari yaitu 0,486 W.
3. Hasil pengujian dengan menggunakan *concentrating lens* yang berjumlah 36 dan 21 didapatkan efisiensi kolektor masing-masing yaitu 1,122 % dan 1,016 %, sedangkan tanpa menggunakan *concentrating lens* didapatkan efisiensi kolektor 0,775 %.

5. Daftar Pustaka

- [1] Outlook Energi Nasional (2019), Sekretariat Jendral Dewan Energi Nasional.
- [2] Hasan Zainul, Rani Erika. 2012. Rancang Bangun Konversi Energi Surya Menjadi Energi Listrik Dengan Model Elevated Solar Tower. Jurnal neutrino. Vol. 4.
- [3] Sari, L. 2017. Rancang Bangun Solar Chimney Sebagai Alat Pengkonversi Energi Surya Menjadi Energi Mekanik Dengan Kolektor Bersirip. Malang: Fakultas Sains dan Teknologi.
- [4] Priyanto, B. 2014. Pemaksimalan Daya Keluaran Sel Surya Menggunakan Lensa Cembung. Jurnal Neutrino. Vol. 6.
- [5] Chao, Fei. Liejin, Guo. Liang, Zhao. 2011. Simulation Of A Sloped Solar Chimney Power Plant In Lanzhou. Energy Conversation And Management S2 (2011) 2360-2366, Elsevier. Tatc Key Laboratory Of Multiphase Flow In Power Engineering, Xi'an Jiatong University, Xi'an, PR China.
- [6] Rossa, Yazmendra & Sukma, Rino. 2012. Rancang Bangun Alat Konversi Energi Surya Menjadi Energi Mekanik. Jurnal Teknik Mesin. Vol. 5.
- [7] Chao, Fei. Liejin, Guo. Liang, Zhao. 2011. Simulation Of A Sloped Solar Chimney Power Plant In Lanzhou. Energy Conversation And Management S2 (2011) 2360-2366, Elsevier. Tatc Key Laboratory Of Multiphase Flow In Power Engineering, Xi'an Jiatong University, Xi'an, PR China.
- [8] Cengel, Y. A. (2015). Thermodynamics: An Engineering Approach, 8th ed. McGraw-Hill Education.
- [9] Wilis, Galuh Renggani & Santoso, Irfan. 2014. Variasi Sudut Kemiringan Kolektor Surya Solar Water Heater. Jurnal SNST . ISSN: 1979-911x.
- [10] A. Koonsrisuk and T. Chitsomboon, 2013,"Mathematical modeling of solar chimney power plants," *Energi*, vol 51,pp. 314-322.