

Effect of Flat Plate Solar Collector Tilt Angle Against *Pressure Drop*

[Pengaruh Sudut Kemiringan Solar Kolektor Tipe Plat Datar Terhadap *Preassure Drop*]

Mochammad Sandi Al-Amien¹⁾, A'rasy Fahrudin^{*2)}

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia
mochsandaliamien@gmail.com¹, arasy.fahrudin@umsida.ac.id²

Abstract. A flat plate solar collector is used to absorb radiant heat energy from a 150 Watt light beam and then forward it to the collector pipe which is fed by water. Several factors affect the heat transfer received by the collector, including differences in the angle of the collector and the number of heating lamps. The research method includes literature study, tool making, testing and research results. Variation of the angle of 0° heat received by collector water is 66.4°C with a pressure difference of -2. The variation in the angle of 5° heat received by collector water is 67°C with a pressure difference of -2. Variation in angle of 10° heat received by collector water is 65°C with a pressure difference of -2. Testing using a variation of the lamp flame for 90 minutes obtained data of 44.8 °C with a pressure difference of -1. For 4 lamps, a temperature of 60.8°C is obtained with a pressure difference of -1.5. Variation of 6 lamps obtained water temperature data in the collector of 68.2 °C with a pressure difference of -2, the temperature decreased in the last 10 minutes to 63.6 °C.

Keywords - Collector, Fluid, Temperature.

Abstrak. Solar kolektor plat datar digunakan untuk menyerap energi panas radiasi sinar lampu 150 Watt dan kemudian diteruskan ke pipa kolektor yang dialiri air. Beberapa faktor mempengaruhi perpindahan panas yang diterima kolektor, diantaranya perbedaan sudut kemiringan kolektor dan jumlah lampu pemanas. Metode penelitiannya meliputi studi pustaka, pembuatan alat, pengujian dan hasil penelitian. Variasi sudut kemiringan 0° panas yang diterima air kolektor sebesar 66,4°C dengan perbedaan tekanan sebesar -2. Variasi sudut 5° panas yang diterima air kolektor sebesar 67°C dengan perbedaan sebesar tekanan -2. Variasi sudut 10° panas yang diterima air kolektor sebesar 65°C dengan perbedaan tekanan sebesar -2. Pengujian menggunakan variasi nyala lampu selama 90 menit didapatkan data sebesar 44,8°C dengan perbedaan tekanan sebesar -1. Untuk 4 lampu didapatkan suhu sebesar 60,8°C dengan perbedaan tekanan sebesar -1,5. variasi 6 lampu didapat data suhu air dalam kolektor sebesar 68,2°C dengan perbedaan tekanan -2, temperatur menurun dalam 10 menit terakhir menjadi 63,6°C.

Kata Kunci - Fluida, Kolektor, Temperatur

I. PENDAHULUAN

Fluida merupakan suatu zat yang keberadaannya banyak ditemukan pada kehidupan sehari-hari, berdasarkan wujudnya fluida yang banyak ditemui merupakan fluida cair dan gas[1]. Fluida adalah zat yang memiliki partikel yang mudah bergerak dan mengalir serta dapat berubah bentuk sesuai dengan bentuk ruangnya[2]. Air merupakan fluida yang sangat mudah dipanaskan, media penghantar panas bisa melalui beberapa faktor salah satunya adalah radiasi sinar lampu pemanas. Alat tersebut bisa menggunakan solar kolektor tipe plat datar.

Solar collector merupakan alat sebagai penerima radiasi panas sekaligus dapat mengkonversi menjadi energi berbentuk panas[3]. Salah satu contoh penggunaan *solar collector* adalah *solar collector* yang menggunakan air media penyalur energi panas[4]. Kolektor menyerap energi dari cahaya melalui pipa aluminium dan mengubahnya menjadi panas. Panas tersebut kemudian digunakan untuk ditransfer ke fluida kerja, yang bersirkulasi di dalam kolektor surya, dan kemudian digunakan dalam berbagai aplikasi yang beroperasi dengan mudah[5].

Di dalam *Solar Collector* memiliki beberapa komponen diantaranya adalah kaca penutup bertindak sebagai media penerima radiasi langsung dari lampu di dalam kolektor surya[6]. Isolator bertindak sebagai media untuk mencegah pemborosan sisa panas yang terkumpul di dalam kolektor pemanas. dan yang terakhir yaitu pipa pemanas sebagai media yang berguna untuk tempat dimana air akan dipanaskan oleh sinar radiasi dari lampu langsung[7], pipa ini akan di aliri air dengan temperatur ruang yang belum terkena radiasi sinar lampu dari tangki dan setelah air yang ada dalam pipa ini sudah dalam keadaan panas maka temperatur air dalam kolektor akan mengubah tekanan pada manometer U terbalik yang sudah terisi oli sebagai penunjuk perbedaan tekanan[8].

Manometer U adalah alat untuk mengetahui besarnya tekanan yang ada didalam system perpipaan. Manometer U terbalik berisi fluida yang massa jenisnya lebih ringan daripada air biasa[9]. Besarnya tekanan air dapat dilihat pada

perbedaan ketinggian pada oli didalam selang kecil yang beralaskan kertas milimeter, sehingga dapat melihat nilai perbedaan tekanan air[10].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perpindahan panas terhadap variasi sudut kemiringan kolektor[11], untuk mengetahui pengaruh perpindahan panas terhadap variasi banyaknya lampu yang dinyalakan dengan sudut kemiringan 12° terhadap kolektor dan untuk mengetahui pengaruh variasi sudut kemiringan dan banyaknya lampu yang dinyalakan terhadap *preassure drop*[12].

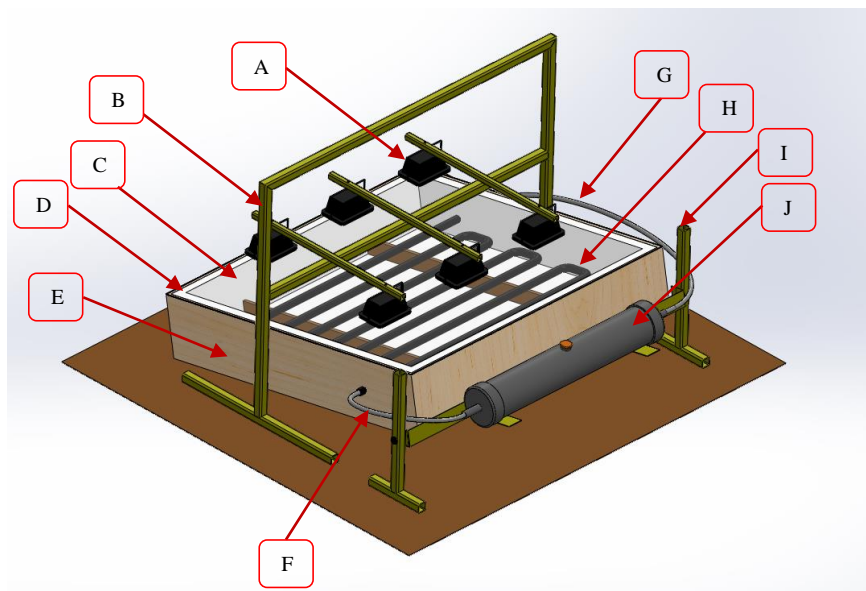
II. METODE

A. Tempat Dan Waktu Penelitian

Dalam penelitian dan pengujian alat dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dengan alat solar kolektor tipe plat datar yang dapat dilihat pada gambar 1

B. Desain Alat

Pada Proses pembuatan sebuah alat diperlukan desain untuk konsep benda kerja dengan tujuan agar perancangan alat dapat membuat alat dengan mudah untuk menjalankan pekerjaan yang dilakukan oleh perancang. Dibawah ini merupakan rancangan desain solar kolektor tipe plat datar.



Gambar 1. Solar Kolektor

Keterangan:

A = Lampu pemanas

B = Dudukan lampu pemanas

C = Kaca

D = Sterofoam isolator

E = Box/bodi kolektor

F = Selang aliran masuk

G = Selang aliran keluar

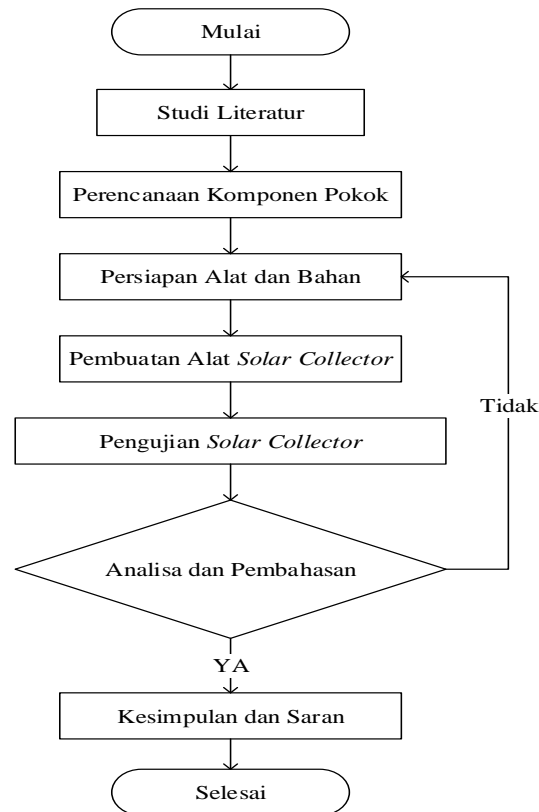
H = Pipa kolektor

I = Dudukan kolektor

J = Tanki air

C. Flowchart Sistem

Pada diagram alir ini dibuat agar penelitian yang dilakukan terlaksana sesuai dengan tahapan-tahapan yang akan dilakukan agar menghindari keracauan pada saat dilakukannya penelitian. Karena itu diagram alir ini dibuat pada penelitian “Pengaruh Sudut Kemiringan Solar Kolektor Tipe Plat Datar Terhadap *Preassure Drop*”.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

D. Teknik Pengumpulan Data

Untuk Dapat memperoleh beberapa data penunjang yang diperlukan selama proses penelitian serta beberapa teori dalam menyusun skripsi ini maka diperlukan teknik pengumpulan data antara lain[13]:

1. Studi Literatur

Studi literatur ini mengenai beberapa referensi dari jurnal yang berisi materi-materi yang berhubungan dengan *Solar Collector* sebagai upaya untuk mengumpulkan informasi atau data melalui beberapa sumber informasi sesuai dengan penelitian yang dilakukan.

2. Observasi Lingkungan

Observasi lingkungan ini meliputi tinjauan serta pengamatan pada kondisi lingkungan yang berkaitan dengan proses penelitian[14]. Beberapa hal yang meliputi observasi lingkungan untuk proses desain adalah pengamatan pada penelitian sebelumnya, jenis dan macam rangkaian yang digunakan, ketersediaan bahan baku berupa komponen atau material benda yang akan dirancang dan sebagainya.

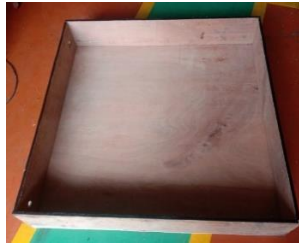
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini pembuatan alat solar kolektor tipe plat datar yang terhubung dengan manometer U terbalik ini harus dipersiapkan terlebih dahulu komponennya agar mendapatkan hasil yang efisien dan maksimal[15].

A. Pembuatan Alat

Berikut ini merupakan hasil pembuatan alat solar kolektor tipe plat datar.

1. Pembuatan Bodi/Box Kolektor.



Gambar 3 Box



Gambar 4 Box terlapisi isolator



Gambar 5 Dudukan Penyangga

2. Pembuatan Pipa Kolektor

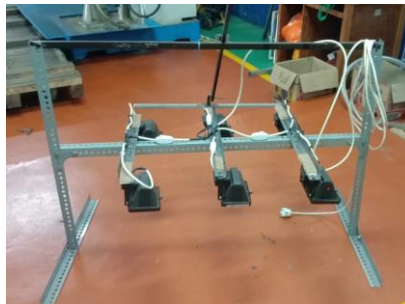


Gambar 6 Pipa Kolektor



Gambar 7 Pengecatan Pipa

3. Pembuatan Dudukan Lampu Pemanas



Gambar 8 Hasil Dudukan Lampu Pemanas

4. Pembuatan Tanki Air



Gambar 9 Hasil Pembuatan tanki Air

Setelah pembuatan komponen-komponen solar kolektor tipe plat datar semua selesai kemudian dilanjutkan dengan menggabungkan komponen tersebut menjadi alat solar kolektor.



Gambar 10 Solar Kolektor Tipe Plat Datar

B. Pengujian Alat Solar Kolektor

1. Pengujian Kolektor Menggunakan 6 Buah Lampu Dengan Variasi Sudut Kemiringan 0°.

Tabel 1. Pengujian Kolektor Menggunakan 6 Buah Lampu Dengan Variasi Sudut Kemiringan 0°.

No	Waktu (menit/dt)	Suhu Air Kolektor °C		Perbandingan Manometer (mm)
		Pipa Bawah	Pipa Atas	
1	0	29.4	29.6	0
2	10	29	28.4	0
3	20	32.1	31.9	-1,5
4	30	36.2	37.4	-1,5
5	40	40.6	43.4	-1,5
6	50	44.8	48.4	-1,5
7	60	48.7	52.7	-2
8	70	51.9	56.4	-2
9	80	54.8	59.4	-1,5
10	90	57.2	61.6	-1
11	100	59.2	63.3	-1
12	110	60.9	64.9	-1
13	120	62.5	66.4	-1

Berikut rata-rata kenaikan temperatur air di dalam kolektor untuk sudut kemiringan 0°.

Rata-rata temperatur air dalam pipa bawah:

$$\frac{(-0,4) + 3,1 + 4,1 + 4,4 + 4,2 + 4,1 + 3,2 + 2,9 + 2,4 + 2 + 1,7 + 1,6}{12} = \frac{33,3}{12} = 2,7$$

Rata-rata temperature air dalam pipa atas:

$$\frac{(-1,2) + 3,5 + 5,5 + 6 + 5 + 4,3 + 3,7 + 3 + 2,2 + 1,7 + 1,6 + 1,5}{12} = \frac{36,8}{12} = 3$$

Pada **Tabel 1** diatas yaitu grafik temperatur air dalam kolektor dengan kemiringan 0°. Terlihat bahwa perbedaan suhu air pada pipa kolektor tidak berbeda jauh, Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengujian akan semakin panas pada pipa temperatur air dalam pipa kolektor. Rata-rata untuk kenaikan temperatur pada air kolektor sebesar 2,7°C pada pipa bagian bawah dan 3°C pada pipa atas. Dan mendapatkan perbedaan tekanan sebesar -2 pada pengujian selama 60 sampai 70 menit.

2. Pengujian Kolektor Menggunakan 6 Buah Lampu Dengan Variasi Sudut Kemiringan 5°.

Tabel 2. Pengujian Kolektor Menggunakan 6 Buah Lampu Dengan Variasi Sudut Kemiringan 5°.

No	Waktu (menit/dt)	Suhu Air Kolektor °C		Perbandingan Manometer (mm)
		Pipa Bawah	Pipa Atas	
1	0	28.9	29	0
2	10	28.4	32.4	-1
3	20	28.5	39.2	-1
4	30	30.2	44.8	-1
5	40	31.8	49.3	-1
6	50	33.5	53.8	-1
7	60	34.8	57.4	-1
8	70	36	60	-2
9	80	37.2	61.7	-2
10	90	38.3	63.4	-2
11	100	39.3	65	-2
12	110	40	66.4	-1,5
13	120	40.8	67.7	-1,5

Keterangan:

Berikut rata-rata kenaikan temperatur air di dalam kolektor untuk sudut kemiringan 5°.

Rata-rata temperatur air dalam pipa bawah:

$$\frac{(-0,5) + 0,1 + 1,7 + 1,6 + 1,7 + 1,3 + 1,2 + 1,2 + 1,1 + 1 + 0,7 + 0,8}{12} = \frac{11,9}{12} = 0,9$$

Rata-rata temperature air dalam pipa atas:

$$\frac{3,4 + 6,8 + 5,6 + 4,5 + 4,5 + 3,6 + 2,6 + 1,7 + 1,7 + 1,6 + 1,3 + 0,3}{12} = \frac{37,7}{12} = 3,1$$

Pada **Tabel 2** diatas yaitu grafik temperatur air dalam kolektor dengan sudut kemiringan 5° menggunakan 6 buah lampu. Terlihat bahwa perbedaan suhu air sangat signifikan pada pipa bagian bawah dan dibagian atas. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengujian akan semakin panas pada pipa temperatur air dalam pipa kolektor. Rata-rata untuk kenaikan temperatur pada air kolektor sebesar 0,9°C pada pipa bagian bawah dan 3,1°C pada pipa atas. Dan mendapatkan perbedaan tekanan sebesar -2 pada pengujian selama 70 sampai 100 menit.

3. Pengujian Kolektor Menggunakan 6 Buah Lampu Dengan Variasi Sudut Kemiringan 10°.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kolektor Menggunakan 6 Buah Lampu Dengan Variasi Sudut Kemiringan 10°.

No	Waktu (menit/dt)	Suhu Air Kolektor °C		Perbandingan Manometer (mm)
		Pipa Bawah	Pipa Atas	
1	0	28.9	28.9	0
2	10	28.7	34.5	-1
3	20	29.5	40	-1,5
4	30	32.3	44.9	-1,5
5	40	34	50.3	-2
6	50	36.9	53.5	-1,5
7	60	38.9	55.7	-1,5
8	70	39.9	57.8	-1,5

9	80	41.2	59.9	-1,5
10	90	42.2	61.6	-1,5
11	100	43.2	62.9	-2
12	110	43.9	64.1	-2
13	120	44.9	65.1	-2

Berikut rata-rata kenaikan temperatur air di dalam kolektor untuk sudut kemiringan 5°.
Rata-rata temperatur air dalam pipa bawah:

$$\frac{(-0,2) + 0,8 + 2,8 + 1,7 + 2,9 + 2 + 1 + 1,3 + 1 + 1 + 0,7 + 1}{12}$$

$$= \frac{16}{12} = 1,3$$

Rata-rata temperature air dalam pipa atas:

$$\frac{5,6 + 5,5 + 4,9 + 5,4 + 3,2 + 2,2 + 2,1 + 2,1 + 1,7 + 1,3 + 1,2 + 1}{12}$$

$$= \frac{36,2}{12} = 3$$

Pada **Tabel 3** diatas yaitu grafik temperatur air dalam kolektor dengan sudut kemiringan 10° menggunakan 6 buah lampu. Terlihat bahwa perbedaan suhu air sangat signifikan pada pipa bagian bawah dan dibagian atas. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengujian akan semakin panas pada pipa temperatur air dalam pipa kolektor. Rata-rata untuk kenaikan temperatur pada air kolektor sebesar 1,3°C pada pipa bagian bawah dan 3°C pada pipa atas. Dan mendapatkan perbedaan tekanan sebesar -2 pada pengujian selama 100 sampai 120 menit.

4. Pengujian Kolektor Menggunakan 2 Buah Lampu.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kolektor Menggunakan 2 Buah Lampu.

No	Waktu (menit/dt)	Suhu Air Kolektor °C		Perbandingan Manometer (mm)
		Pipa Bawah	Pipa Atas	
1	0	28.9	30.3	0
2	10	29.2	30.6	0
3	20	29.3	32.1	0
4	30	29.3	38.8	-1
5	40	29.5	40.3	0
6	50	29.5	41	0
7	60	29.5	42	0
8	70	29.8	43.1	0
9	80	30.1	44	0
10	90	30.2	44.8	0

Keterangan:

Berikut rata-rata kenaikan temperatur air di dalam kolektor menggunakan 2 lampu:
Rata-rata temperatur air dalam pipa bawah:

$$\frac{0,3 + 0,1 + 0 + 0,2 + 0 + 0 + 0,3 + 0,3 + 0,1}{9}$$

$$= \frac{1,3}{9} = 0,14$$

Rata-rata temperature air dalam pipa atas:

$$\frac{0,3 + 1,3 + 6,7 + 1,5 + 0,7 + 1 + 1,1 + 0,9 + 0}{9}$$

$$= \frac{13,5}{9} = 1,5$$

Pada **Tabel 4** diatas yaitu grafik temperatur air dalam kolektor dengan sudut kemiringan 12° menggunakan 2 buah lampu. Terlihat bahwa perbedaan suhu air meningkat 9.5°C pada pengujian selama 30 menit. Dan mendapatkan perbedaan tekanan sebesar -1 pada pengujian selama 30 menit.

5. Pengujian Kolektor Menggunakan 4 Buah Lampu.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kolektor Menggunakan 4 Buah Lampu.

No	Waktu (menit/dt)	Suhu Air Kolektor $^\circ\text{C}$		Perbandingan Manometer (mm)
		Pipa Bawah	Pipa Atas	
1	0	30.8	31.6	0
2	10	30.2	36.9	0
3	20	30.4	43.7	0
4	30	30.1	46	0
5	40	31.3	49.4	-1
6	50	31.8	52.4	-1
7	60	32.3	55.1	-1,5
8	70	32.5	57.7	-1
9	80	33.1	59.5	-1
10	90	33.4	60.8	-1,5

Keterangan:

Berikut rata-rata kenaikan temperatur air di dalam kolektor menggunakan 4 lampu:
Rata-rata temperatur air dalam pipa bawah:

$$\frac{(-0,6) + 0,2 + (-0,3) + 1,2 + 0,5 + 1,5 + 0,2 + 1,4 + 0,3}{9} = \frac{4,4}{9} = 0,5$$

Rata-rata temperature air dalam pipa atas:

$$\frac{5,3 + 6,8 + 2,3 + 3,4 + 3 + 2,7 + 2,6 + 1,8 + 1,3}{9} = \frac{39,2}{9} = 3,2$$

Pada **Tabel 5** diatas yaitu grafik temperatur air dalam kolektor dengan sudut kemiringan 12° menggunakan 4 buah lampu. Pengujian selama 90 menit suhu air dalam kolektor mengalami peningkatan $2,6^\circ\text{C}$ pada kolektor bagian bawah dan $29,2^\circ\text{C}$ pada kolektor bagian atas. Suhu air pada kolektor bagian bawah berawal dari $30,8^\circ\text{C}$ setelah pengujian selama 90 menit suhu air meningkat menjadi $33,4^\circ\text{C}$. Untuk suhu air pada kolektor bagian atas berawal dari $31,6^\circ\text{C}$ setelah pengujian selama 90 menit suhu air meningkat menjadi $60,8^\circ\text{C}$. Perbedaan tekanan terbesar pada manometer U terjadi pada pengujian selama 60 dan 90 menit yaitu -1,5 mm.

6. Pengujian Kolektor Menggunakan 6 Buah Lampu.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kolektor Menggunakan 6 Buah Lampu.

No	Waktu (menit/dt)	Suhu Air Kolektor $^\circ\text{C}$		Perbandingan Manometer (mm)
		Pipa Bawah	Pipa Atas	
1	0	29	29.3	0
2	10	28.9	37.9	-1
3	20	29.1	44.3	-1
4	30	30.1	49.5	-1
5	40	31.7	54.4	-1
6	50	33.1	59.3	-1
7	60	33.8	63.1	-1,5
8	70	34.1	66.4	-2
9	80	33.7	68.2	-2

10	90	40.9	63.6	-1,5
----	----	------	------	------

Keterangan:

Berikut rata-rata kenaikan temperatur air di dalam kolektor menggunakan 6 lampu:

Rata-rata temperatur air dalam pipa bawah:

$$\frac{(-0,1) + 0,2 + 1 + 1,6 + 1,4 + 0,7 + 0,3 + (-0,4) + 7,2}{9}$$

$$= \frac{11,9}{9} = 1,3$$

Rata-rata temperature air dalam pipa atas:

$$\frac{8,6 + 6,4 + 5,2 + 4,9 + 4,9 + 3,8 + 3,3 + 1,8 + (-4,6)}{9}$$

$$= \frac{34,3}{9} = 3,8$$

Pada **Tabel 6** diatas yaitu grafik temperatur air dalam kolektor dengan sudut kemiringan 12° menggunakan 6 buah lampu. Pengujian selama 90 menit suhu air dalam kolektor mengalami peningkatan $11,9^\circ\text{C}$ pada kolektor bagian bawah dan pada kolektor bagian atas mengalami penurunan suhu sebesar $4,94^\circ\text{C}$ di 10 menit terakhir. Suhu air pada kolektor bagian bawah berawal dari 29°C setelah pengujian selama 90 menit suhu air menjadi $40,9^\circ\text{C}$. Untuk suhu air pada kolektor bagian atas berawal dari $29,3^\circ\text{C}$ setelah pengujian selama 90 menit suhu air menjadi $63,6^\circ\text{C}$. Rata-rata kenaikan suhu air pada kolektor bawah sebesar $1,3^\circ\text{C}$, untuk kolektor atas sebesar $3,8^\circ\text{C}$. Perbedaan tekanan terbesar pada manometer U terjadi pada pengujian selama 70 sampai 80 menit yaitu -2 mm.

IV. SIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tentang pengaruh sudut kemiringan solar kolektor tipe plat datar terhadap pressure drop maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari analisa yang didapat dari pengujian untuk tingkat perpindahan panas pada kolektor plat datar ini cukup baik, pengaruh jumlah lampu dan sudut kemiringan kolektor akan mempengaruhi panas yang diterima pada pipa kolektor.
2. Laju perpindahan panas terbesar yang diserap air dalam pipa kolektor terdapat pada variasi sudut kemiringan 5° dengan menggunakan 6 buah lampu. Panas yang diserap sebesar kolektor sebesar 67°C dan perbedaan tekanan pada manometer U sebesar -2 di waktu pengujian selama 70 sampai 100 menit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat serta rekan aslab dan juga teman-teman yang telah membantu untuk menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] R. Subagyo, A. Mursadin, P. Studi, T. Mesin, F. Teknik, and U. Lambung, "Mekanika fluida ii (hmkk431)," 2017.
- [2] S. Akmal and N. Za, "Jurnal Teknologi Kimia Unimal Analisa Profil Aliran Fluida Cair dan Pressure Drop pada Pipa L menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD)," vol. 2, no. November, pp. 53–72, 2019.
- [3] H. Susanto and D. Irawan, "PENGARUH JARAK ANTAR PIPA PADA KOLEKTOR TERHADAP PANAS YANG DIHASILKAN SOLAR WATER HEATER (SWH)," vol. 6, no. 1, pp. 84–91, 2017.
- [4] M. Irsyad and A. E. Salsabillah, "Pengaruh Jarak antar Pipa Absorber terhadap Unjuk Kerja Kolektor Surya PV / T Pelat Datar Menggunakan Metode CFD," vol. 17, no. 3, pp. 405–412, 2022.
- [5] E. A. Handoyo and D. F. Teknik, "Pengaruh Jarak Kaca Ke Plat Terhadap Panas Yang Diterima Suatu Kolektor Surya Plat Datar," vol. 3, no. 2, pp. 52–56, 2001.
- [6] F. T. Industri, "RANCANG BANGUN PEMANAS AIR TENAGA SURYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLEKTOR," 2012.

- [7] T. P. Datar, "EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF ADDITION GLASS WOOL AS INSULATION MATERIAL ON THE PERFORMANCE OF FLAT PLATE TYPE SOLAR," vol. 5, no. 02, 2022, doi: 10.25299/rem.2022.vol5(02).9982.
- [8] M. S. Eff, A. Hendarawan, and N. Rahman, "PENGUNAAN SOLAR COLLECTOR SEBAGAI PEMANAS AWAL AIR MASUK DAN PEMANAS TAMBAHAN BAWAH HEAT ABSORBER PADA BASIN SOLAR STILL UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI," vol. 8, no. 2, 2016.
- [9] N. Era, D. Jayanti, and A. Fahrudin, "Design A U Manometer With Variations In Tube Diameter And Flow Discharge [Rancang Bangun Manometer U Dengan Variasi Diameter Tube Dan Debit Aliran]," pp. 1–8.
- [10] A. Fahrudin and M. Mulyadi, "Rancang Bangun Alat Uji Head Losses Dengan Variasi Debit Dan Jarak Elbow 90O Untuk Sistem Perpipaan Yang Efisien," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 32–35, 2018, doi: 10.24127/trb.v7i1.680.
- [11] R. E. Rachmanita, M. Y. Syafi'i, and H. Ahmadi, "Experimental Study of the Effect of Addition Glass Wool as Insulation Material on the Performance of Flat Plate Type Solar Collectors," *J. Renew. Energy Mech.*, vol. 5, no. 02, pp. 117–124, 2022, doi: 10.25299/rem.2022.vol5.no02.9982.
- [12] W. N. Septiadi and K. G. Wirawan, "Analisa Kinerja Thermal," vol. 2, no. 2, pp. 114–120, 2016.
- [13] H. S. Tira, A. Natsir, and T. Putranto, "Kinerja modul surya melalui variasi solar collector dan kecepatan angin," *Din. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 1, p. 25, 2020, doi: 10.29303/dtm.v10i1.302.
- [14] W. N. Saputra *et al.*, "PROTOTYPE GENERATOR DC DENGAN PENGGERAK," no. 1.
- [15] A. Klevinskis and V. Bučinskis, "Analysis of a Flat-Plate Solar Collector," *Moksl. - Liet. ateitis*, vol. 3, pp. 39–43, 2011.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.