

PENGARUH PENGGUNAAN MATERIAL KOMPOSIT ALUMINIUM ALUMINA SEBAGAI *THERMAL STORAGE* TERINTEGRASI PADA PELAT ABSORBER BERBENTUK DATAR TERHADAP EFISIENSI *SOLAR WATER HEATER*

MUHAMMAD BASRI KATJO¹⁾, FAISAL HAMKA²⁾

¹⁾Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin ,

²⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Mesin Universitas Hasanuddin

Email: mubaka65@gmail.com

Abstrak

Pemanas air tenaga matahari untuk meningkatkan efisiensi telah banyak dilakukan salah satunya yaitu modifikasi pelat absorber. Tembaga memiliki konduktivitas termal yang tinggi dan warna hitam untuk meningkatkan proses penyerapan kalor serta material komposit Aluminium Alumina (Al-Al₂O₃) dapat berfungsi sebagai TES (Thermal Energy Storage). Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Energi Terbarukan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dengan menggunakan Alat Gunt ET-202, untuk mengetahui efisiensi pemanas air tenaga matahari akan dibandingkan pelat absorber tanpa penggunaan material komposit Aluminium Alumina (Al-Al₂O₃) pada bagian bawah pelat dengan pelat absorber menggunakan material komposit Aluminium Alumina (Al-Al₂O₃) pada bagian bawah pelat dan beberapa variasi sudut kemiringan yang sama setiap pelat absorber. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kenaikan efisiensi terjadi secara signifikan pada pelat absorber dengan penggunaan material komposit Aluminium Alumina (Al-Al₂O₃) pada bagian bawah pelat absorber untuk sudut 0° yaitu 9,31%, untuk sudut kemiringan 10° yaitu 7,03% dan untuk sudut kemiringan 30° yaitu 2,40%. dimana dari hasil tersebut didapatkan sudut 0° memiliki efisiensi terbesar dari sudut kemiringan yang lain yaitu 9,31 %.

Kata Kunci : Kolektor Surya, Efisiensi, Aluminium Alumina (Al-Al₂O₃), Thermal Energy Storage

1. Pendahuluan

Sumber energi sinar matahari dimanfaatkan sebuah kolektor surya, dimana radiasi panas matahari dikumpulkan dan diubah menjadi energi panas [1]. Studi mengenai penyerapan, perilaku penutup dan kolektor, sistem pelat datar dijadikan fokus kajian dalam sebuah kolektor [2]. Energi surya adalah jenis energi terbarukan dimana panas diperoleh dari matahari dan dimanfaatkan tanpa merusak lingkungan [3].

Phase Change Material (PCM) menyimpan energi panas dalam bentuk panas laten selama proses perubahan fasa dan salah satu cara untuk menyimpan energi untuk digunakan nanti untuk aplikasi selama jam-jam di luar sinar matahari [4]. Kinerja termal sistem SWH menggunakan pelat penyerap berbentuk V. Dua sistem SWH dengan pelat penyerap yang berbeda, yaitu pelat datar dan pelat berbentuk V [5]. Teknologi TES menyediakan cara untuk meningkatkan panas matahari dan mengurangi permintaan energi bangunan dengan menggunakan prinsip-prinsip beberapa metode penyimpanan energi [6].

Besaran pengguna Energi Baru Terbarukan (EBT) tahun 2025 dan 2050 masing masing sebesar 23% dan 31% dari total kebutuhan energi nasional [7]. Energi matahari digunakan untuk memanaskan air dengan suhu keluaran 430 C dengan kapasitas 80 gal per hari yang digunakan untuk industri rumah apartemen (bukan gedung apartemen) sebanyak kurang dari 20 apartemen, dengan 80 galon per hari setiap apartemennya [8]. Maka penting dilakukan kajian efisiensi untuk panel kolektor dengan penambahan *Aluminium Foam* pada bagian bawah pelat *absorber* dan pengaruh penyerapan energi kalor pada laju aliran kalornya.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan dengan dua kali percobaan untuk menguji pengaruh penggunaan material komposit Aluminium-Alumina sebagai *thermal storage* terhadap efisiensi kolektor *solar water heater*, percobaan pertama tanpa menggunakan material komposit, percobaan kedua dengan menggunakan material komposit, dengan parameter flowrate yaitu 10 liter/jam, dan mengvariasikan sudut kolektor 0°, 10° dan 30° dengan memperhatikan temperatur inlet dan temperatur outletnya. Adapun tabel parameter pengukuran flowrate untuk mendapatkan nilai efisiensi solar kolektor.

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Energi Terbarukan Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (5°13'50.8"S 119°30'05.5"E)

2.2. Alat dan Bahan

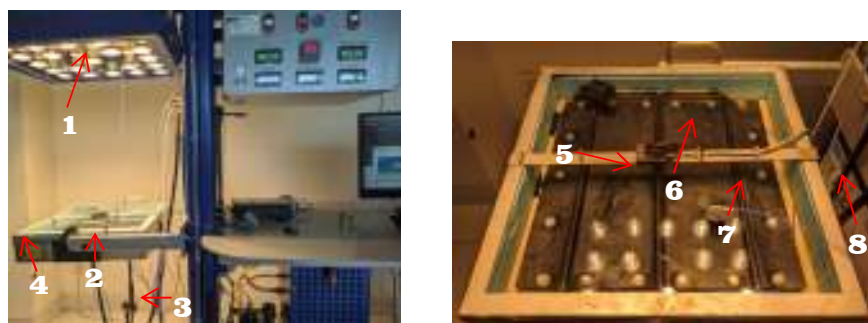
Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

a. Alat

Alat yang digunakan yaitu :

1. Alat Laboratorium ET-202 *Solar Thermal Energi*

Alat yang digunakan untuk pengujian kinerja *solar water heater*. Gambar memperlihatkan rangkaian dan tampilan dari alat *Solar Thermal Energy Gunt ET-202*.



Keterangan :	1.	Spotlamps	5.	Glass
	2.	Box Collector	6.	Artificial Illuminance Sensor
	3.	Inlet Pipe	7.	Absorber/Storage Material
	4.	Outlet Pipe	8.	Insulating

Gambar 1 Solar Thermal Energy Gunt ET-202

Sumber : (Lab EBT Teknik Mesin Universitas hasanuddin)

2. Data Logger Temperatur Omega T08

Alat yang digunakan untuk mengumpulkan data temperatur yang direkam dari termokopel. Adapun tampilan fisik dari data logger temperatur tipe Omega T08 terlihat pada gambar 2.



Gambar 2 Data Logger Temperatur Omega T08
Sumber : (Lab EBT Teknik Mesin Universitas hasanuddin)

3. Termokopel

Untuk mengukur temperatur plat kolektor yang dihubungkan langsung secara fisik. Adapun tampilan fisik termokopel terlihat pada gambar 3.



Gambar 3 Termokopel
Sumber : (Lab EBT Teknik Mesin Universitas hasanuddin)

4. Komputer

Alat yang digunakan untuk menampilkan hasil data dan mengolah data yang terlihat pada gambar 4.



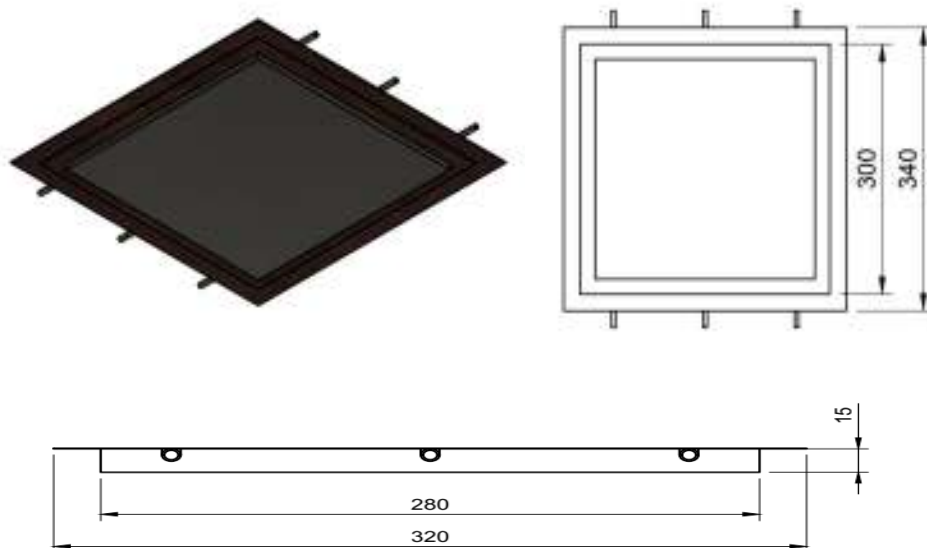
Gambar 4 Komputer

Sumber : (Lab EBT Teknik Mesin Universitas hasanuddin)

b. Bahan

Bahan yang digunakan yaitu :

1. Aluminium-Alumina
2. Air



Gambar 5. Panel Kolektor

2.3. Prosedur Penggunaan Alat Laboratorium Gunt ET-202

Sebelum menyalakan unit untuk pertama kalinya, semua komponen dan unit pencahayaan secara khusus harus diperiksa untuk menghindari dari kerusakan. Perhatikan dan periksa tegangan listrik dan terminal utama sesuai dengan kode nomor. Berikut langkah yang hendaknya dilaksanakan sesuai dengan urutan:

1. Gunakan kabel *device* untuk menghubungkan *device* ke suplai daya listrik utama
2. Hubungkan ET-202 ke PC dengan kabel USB
3. Nyalakan computer
4. Gunakan tombol utama menghidupkan unit
5. Periksa pencahayaan, pompa, dan pembacaan indicator
6. Buka perangkat lunak pada computer

(Perhatikan gelombang pada solar sirkuit, sirkuit ini dilengkapi sebuah katup isi dengan corong. Berikut langkah yang diperlukan untuk mengisi air melalui katup)

7. Pindahkan *flat plat collector* ke sudut kemiringan 40 derajat
8. Tutup katup V1
9. Gunakan selang untuk menghubungkan katup V1 yang berisi air ke persediaan air
10. Dorong pipa ke nozzle pada katup isi dan jepit dengan penjepit selang
11. Buka baut vent nya
12. Aktifkan pompanya
13. Gunakan potenometer untuk mengatur kecepatan pompa sekitar 20% dari nilai maksimum
14. Dengan hati-hati bukalah katup untuk menyalurkan suplai air ke selang
15. Buka dengan hati-hati katup sirkuit surya V1 sambil memonitor aliran pada pipanya
16. Jika level pengukuran terlihat aliran pada pipa naik terlalu tajam setel sedikit katup V1 dengan menutupnya secara perlahan
17. Selama proses pengisian pada sirkuit surya, tingkatkan atau level air dalam pipa atas harus setidaknya $\frac{1}{4}$ dari tingkat atau level maksimum
18. Perhatikan katup pada pipa yang sudah terisi harus ditutup selama proses pengisian agar tidak mengalir
19. Agar dapat menghilangkan gelembung dalam system sirkuit solar variasikan kecepatan pompa dan kemiringan kolektor sampai tidak ada lagi gelembung yang terlihat
20. Prosedur ini akan berhasil jika level air pada pipa berhenti berfluktuasi sementara kecepatan pompa tetap konstan

2.4. Variabel Penelitian

1. Variabel tetap

Variabel tetap yaitu variable yang selama proses penelitian berlangsung dan dikondisikan sama. Adapun variable tetap dalam penelitian ini antara lain :

- Pelat absorber yang digunakan adalah pelat absorber bentuk datar
- Material absorber yang digunakan adalah pelat tembaga dengan ketebalan 0.5mm
- Material komposit *Aluminium-Alumina* yang digunakan memiliki luasan 30cm×30cm dan ketebalan 7 mm
- Kemiringan kolektor dari sumbu horizontal adalah 0°, 10°, dan 30°

2. Variabel terikat

Variabel terikat, yaitu variabel yang menjadi tujuan utama dari penelitian, dimana tujuan utama dari penelitian adalah menjelaskan variabel terikat. Dengan menganalisa variabel terikat diharapkan dapat ditemukan jawaban atas permasalahan yang ingin dipecahkan di dalam penelitian ini. Yang menjadi variabel terikat dari penelitian ini adalah temperatur inlet dan outlet, flowrate, sudut kemiringan/tracking (incline) dan efisiensi kolektor sebelum dan setelah dilakukan penggunaan material komposit Aluminium- Alumina pada panel absorber.

3. Variabel bebas

Variabel bebas yaitu kondisi yang dikehendaki oleh peneliti, yang mana di dalam proses penelitian akan mempengaruhi variabel terikat. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas yaitu, Variasi tanpa menggunakan material komposit Aluminium-Alumina pada panel absorber, dan yang terakhir dengan menggunakan material komposit Aluminium-Alumina yang disisipkan di bawah panel absorber.

3. Hasil dan Pembahasan.

3.1. Perhitungan efisiensi aktual kolektor pelat datar dengan material komposit Aluminium-Alumina



Untuk menentukan efisiensi aktual kolektor, dilakukan perhitungan efisiensi teoritis berdasarkan data pengukuran pelat bentuk-V tanpa material penyimpan panas pada lampiran.

Sebagai contoh perhitungan digunakan data pada tanggal dengan menggunakan alat laboratorium ET-202.

- Waktu Pengukuran : Menit ke-60
- Lokasi Kolektor : Laboratorium energi terbarukan,
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
- Dimensi Kolektor :
 - Panjang : 0,33 m
 - Lebar : 0,34 m
 - Jarak absorber dengan kaca : 0,023 m
 - Luas Kolektor (A_c) : 0,1122 m²
- Transmisivitas penutup (τ) : 0,88
- Absorbsivitas rata-rata (α) : 0,960
- Sudut kemiringan kolektor (β) : 0°
- Emisivitas pelat *absorber* (ϵ_p) : 0,95
- Emisivitas kaca (ϵ_c) : 0,88
- Data pengukuran diambil pada titik-titik pengukuran seperti pada gambar:
 1. Luminasi (I_T) : 1015,35 W/m²
 2. Temperatur Tangki : 35,16 °C
 3. Temperatur Air Masuk : 32,86 °C
 4. Temperatur Air Keluar : 41,85 °C
 5. Temperatur pelat absorber (T_p) : 56,90 °C
 6. Temperatur kaca luar (T_{c-luar}) : 75,67 °C
 7. Temperatur kaca dalam ($T_{c-dalam}$) : 77,03 °C
 8. Temperatur udara luar (T_a) : 27,49 °C
 9. Flow Rate : 10 liter/jam = 0,01 m³/jam
 10. Massa Jenis Air : 993,17 kg/m³
 11. Kalor Spesifik Air (C_p) : 4178,92 J/kgK
 12. Kecepatan Angin (V_w) : 1 m/s



Dari data tersebut di atas diperoleh:

- a. Flow rate air yang bekerja dalam sistem

$$\begin{aligned} V &= \frac{F}{t} \\ &= \frac{0,01}{3600} \\ &= 2,78 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

- b. Panas yang berguna bagi kolektor

$$\begin{aligned} Q_n &= V \times \rho \times cp \times (T_2 - T_1) \times 1000 \\ &= 2,78 \times 10^{-6} \times 993,17 \times 4178,92 \times (41,85 - 32,86) \\ &= 104,08 \text{ W} \end{aligned}$$

- c. Efisiensi teoritis kolektor

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Q_n}{R \times A} \\ &= \frac{104,08}{1015,35 \times 0,1122} \\ &= 91,36\% \end{aligned}$$

Adapun nilai kerugian kalor dari data di atas diperoleh:

- a. Perpindahan panas antara penutup dan udara luar

1. Koefisien perpindahan panas radiasi antara penutup dan udara luar

$$\begin{aligned} T_s &= 0,5552 T_a^{1,5} = 0,5552 \times 300,49^{1,5} = 289,20 \text{ K} \\ h_{r,c-a} &= \varepsilon_c \sigma (T_c^2 + T_s^2) (T_c + T_s) \\ &= 0,88 \times 5,67 \times 10^{-8} \times (348,67^2 + 289,20^2) \times (348,67 + 289,20) \\ &= 6,5311 \text{ W/m}^2\text{K} \end{aligned}$$

2. Koefisien perpindahan panas konveksi udara

$$\begin{aligned} T_f &= \frac{T_c + T_a}{2} = \frac{348,67 + 300,49}{2} = 324,58 \text{ K} \\ k &= 0,0281 \text{ W/mK} \\ \nu &= 1,8299 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \\ Pr &= 0,704 \\ Re &= \frac{V_w \times L}{\nu} = \frac{1 \times 0,3349}{1,8299 \times 10^{-5}} = 18302,93 \\ Nu &= 0,86 Re^{\frac{1}{2}} Pr^{\frac{1}{3}} \\ &= 0,86 \times 18302,93^{\frac{1}{2}} \times 0,704^{\frac{1}{3}} \\ &= 103,5 \\ h_w &= \frac{Nu \times k}{L} \\ &= \frac{103,5 \times 0,0281}{0,3349} \end{aligned}$$



$$= 8,6838 \text{ W/m}^2\text{K}$$

3. Koefisien perpindahan panas antara penutup dan udara luar

$$R_1 = \frac{1}{(h_{r,c-a} + h_w)} = \frac{1}{6,5311 + 8,6838} = 0,0657$$

- b. Perpindahan panas antara pelat dan penutup

1. Koefisien perpindahan panas radiasi antara pelat dan penutup

$$\begin{aligned} h_{r,p-c} &= \frac{\sigma(T_p^2 + T_c^2)(T_p + T_c)}{\frac{1}{\varepsilon_p} + \frac{1}{\varepsilon_c} - 1} \\ &= \frac{5,67 \times 10^{-8}(329,9^2 + 350,03^2)(329,9 + 350,03)}{\frac{1}{0,95} + \frac{1}{0,88} - 1} \\ &= 7,5015 \text{ W/m}^2\text{K} \end{aligned}$$

2. Koefisien perpindahan panas konveksi antara pelat dan penutup

$$T_f = \frac{T_p + T_c}{2} = \frac{329,9 + 350,03}{2} = 339,97 \text{ K}$$

$$k = 0,0293 \text{ W/mK}$$

$$\nu = 1,9871 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Pr = 0,702$$

$$\begin{aligned} Ra &= \frac{g(T_c - T_p)L^3Pr}{T_f\nu^2} \\ &= \frac{9,81 \times (350,03 - 329,9) \times 0,0225^3 \times 0,702}{339,97 \times (1,9550 \times 10^{-5})^2} \\ &= 11763,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Nu &= 1 + 1,44 \left[1 - \frac{1708(\sin 1,8\beta)^{1,6}}{Ra \cos \beta} \right] \left[1 - \frac{1708}{Ra \cos \beta} \right]^+ + \left[\left(\frac{Ra \cos \beta}{5830} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right]^+ \\ &= 1 + 1,44 \left[1 - \frac{1708(\sin 1,8(0))^{1,6}}{11763,2 \cos(0)} \right] \left[1 - \frac{1708}{11763,2 \cos(0)} \right]^+ \\ &\quad + \left[\left(\frac{11763,2 \cos(0)}{5830} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right]^+ \\ Nu &= 2,4945 \end{aligned}$$

$$h_{c,p-c} = \frac{Nu \times k}{L}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{2,4945 \times 0,0293}{0,031} \\
 &= 3,2484 \text{ W/m}^2\text{K}
 \end{aligned}$$

3. Koefisien perpindahan panas antara pelat dan penutup

$$R_2 = \frac{1}{h_{r,p-c} + h_{c,p-c}} = \frac{1}{7,5015 + 3,2484} = 0,093$$

- c. Koefisien perpindahan panas kolektor

1. Koefisien perpindahan panas atas kolektor

$$U_t = \frac{1}{R_1 + R_2} = \frac{1}{0,0657 + 0,093} = 6,2992 \text{ W/m}^2\text{K}$$

2. Koefisien perpindahan panas bawah kolektor

$$\begin{aligned}
 U_b &= \frac{1}{\frac{L_C}{K_C} + \frac{L_{Al}}{K_{Al}} + \frac{L_{SI}}{K_{SI}} + \frac{L_i}{K_i}} \\
 &= \frac{1}{\frac{0,0005}{401} + \frac{0,007}{18} + \frac{0,001}{60,5} + \frac{0,02}{0,039}} \\
 &= 1,9485 \text{ W/m}^2\text{K}
 \end{aligned}$$

3. Koefisien perpindahan panas total kolektor

$$U_L = U_t + U_b = 6,2992 + 1,9485 = 8,2477 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- d. Kerugian panas kolektor

$$Q_{loss} = U_L \times (T_{fi} - T_a) = 8,1963 \times (305,86 - 300,49) = 44,3 \text{ W/m}^2$$

- e. Radiasi matahari yang diserap oleh pelat absorber

$$S = 1,01\tau\alpha I = 1,01 \times 0,88 \times 0,96 \times 1004,49 = 866,35 \text{ W/m}^2$$

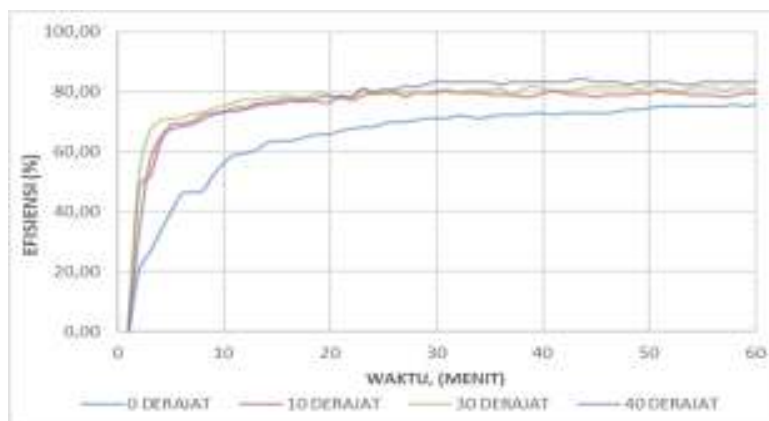
3.2. Variasi Sudut Kemiringan

Menurut penelitian yang dilakukan K. Anirudh, S. Dhinakaran (2019), secara analisis numerik, perpindahan panas konveksi dalam saluran miring yang dilengkapi dengan *metal foam* pada bagian bawah pelat *absorber* kenaikan energi bersih didapatkan dengan penurunan tekanan yang rendah untuk sudut kemiringan yang positif.

Pada penelitian ini salah satu variasi parameternya yaitu dengan sudut kemiringan panel kolektor untuk melihat hubungan antara sudut kemiringan dengan efisiensi kolektor surya pemanas air. Hasil yang ditemukan adalah sebagai berikut.

1. *Efisiensi Kolektor pada Panel Kolektor tanpa penambahan Aluminium Foam atau Panel tanpa foam dengan sudut kemiringan 0°, 10°, 30° dan 40°*

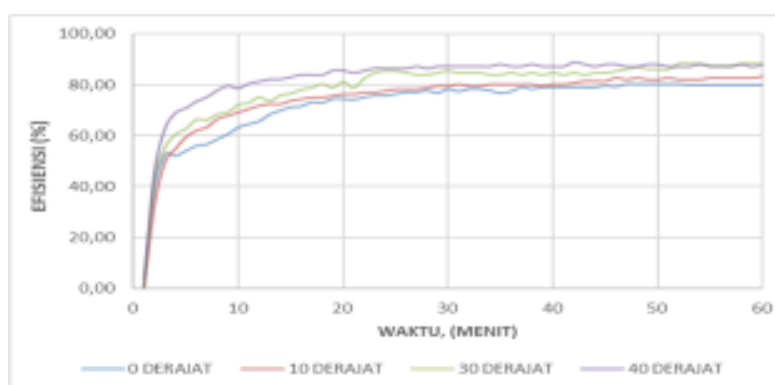




Gambar 6. Efisiensi kolektor tanpa foam VS Waktu pada sudut kemiringan 0°, 10°, 30° dan 40°

Gambar 6. menunjukkan perbandingan efisiensi kolektor dengan variasi sudut kemiringan 0°, 10°, 30° dan 40° dengan laju aliran 8 liter/jam pada panel kolektor tanpa penambahan *Aluminium foam* pada bagian bawah pelat *absorber* atau panel tanpa foam, Dapat dilihat berdasarkan gambar 4.11 di atas bahwa terdapat pengaruh sudut terhadap efisiensi kolektor dimana pada sudut 40° memiliki efisiensi tertinggi dari ketiga sudut lainnya yaitu 83,97%. Dalam hal ini sudut kemiringan mempengaruhi penyerapan energi kalor dikarenakan banyak faktor pengaruhnya, salah satu faktor yaitu refleksi pantulan panas dan nilai absorptivitasnya. Berdasarkan grafik diatas, maka dapat dilihat bahwa terdapat pengaruh sudut terhadap efisiensi kolektor. Secara keseluruhan Efisiensi tertinggi terhadap sudut kemiringan yaitu sudut 40° memiliki efisiensi rerata terbesar yaitu 83,97 %, Sehingga terdapat pengaruh sudut kemiringan terhadap efisiensi kolektor pada pelat tanpa foam. Menurut penelitian yang dilakukan K. Anirudh, S. Dhinakaran (2019), secara analisis numerik, perpindahan panas konveksi dalam saluran miring meningkat pada sudut tertentu yaitu pada sudut 45° terjadi peningkatan efisiensi dibandingkan sudut kemiringan 15° dan 30°.

2. Efisiensi Kolektor pada Panel Kolektor dengan penambahan *Aluminium Foam* atau Panel tanpa foam dengan sudut kemiringan 0°, 10°, 30° dan 40°



Gambar 7. Efisiensi kolektor foam bawah VS Waktu pada sudut kemiringan 0°, 10°, 30° dan 40°

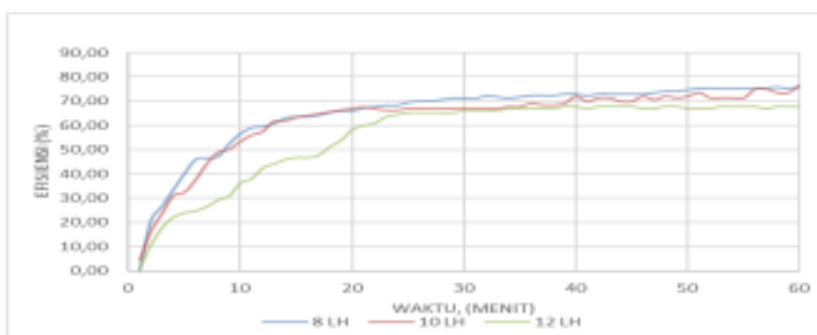
Gambar 7. menunjukkan perbandingan efisiensi kolektor dengan variasi sudut kemiringan 0°, 10°, 30° dan 40° dengan laju aliran 8 liter/jam pada panel kolektor dengan penambahan *Aluminium*

foam pada bagian bawah pelat *absorber* atau panel *foam* bawah Dapat dilihat berdasarkan gambar 4.12 di atas bahwa terdapat pengaruh sudut terhadap efisiensi kolektor dimana pada sudut 40° memiliki efisiensi tertinggi dari ketiga sudut lainnya yaitu 88,89%. Dalam hal ini sudut kemiringan mempengaruhi penyerapan energi kalor dikarenakan banyak faktor pengaruhnya, salah satu faktor yaitu refleksi pantulan panas dan nilai absorptivitasnya. Berdasarkan grafik diatas, maka dapat dilihat bahwa terdapat pengaruh sudut terhadap efisiensi kolektor. Secara keseluruhan Efisiensi tertinggi terhadap sudut kemiringan yaitu sudut 40° memiliki efisiensi rerata terbesar yaitu 88,89 %, Sehingga terdapat pengaruh sudut kemiringan terhadap efisiensi kolektor pada pelat *foam* bawah. Menurut penelitian yang dilakukan K. Anirudh, S. Dhinakaran (2019), secara analisis numerik, perpindahan panas konveksi meningkat dengan signifikan dengan penambahan *Aluminium foam*. Hal ini dikarenakan penyerapan kalor lebih efisien dengan perluasan area perpindahan panas dan sudut kemiringan yang tepat.

3.3. Variasi Laju Aliran

Menurut Penelitian dari Saedoddin (2017), dengan metode analisis numerik dan eksperimental dengan Teknik augmentasi penambahan *porous aluminium foam* dengan variasi laju aliran 0,5, 1 dan 1,5 liter/menit dari penelitian tersebut didapatkan laju aliran 0,5 memiliki efisiensi yang besar dibandingkan dengan laju aliran lainnya. Pada penelitian ini salah satu variasi parameternya yaitu laju aliran 5, 10 dan 12 liter/jam pada panel kolektor untuk melihat hubungan antara laju aliran dengan efisiensi kolektor surya pemanas air. Hasil yang ditemukan adalah sebagai berikut.

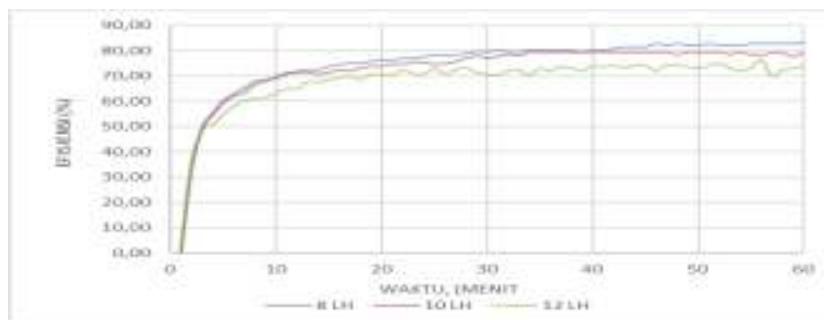
1. Efisiensi Kolektor pada Panel Kolektor tanpa penambahan *Aluminium Foam* dengan Laju aliran 8,10 dan 12 liter/jam.



Gambar 8 Efisiensi kolektor tanpa foam VS Waktu pada laju aliran 8,10 dan 12 liter/jam

Gambar 8. menunjukkan perbandingan efisiensi kolektor dengan variasi laju aliran 8,10 dan 12 liter/jam pada panel kolektor tanpa penambahan *Aluminium foam* pada bagian bawah pelat *absorber*. Dapat dilihat berdasarkan gambar 4.11 di atas bahwa terdapat pengaruh laju aliran terhadap efisiensi kolektor dimana pada laju aliran 8 liter/jam memiliki efisiensi tertinggi dari ketiga laju aliran lainnya yaitu 83,97%. Dalam hal ini laju aliran mempengaruhi penyerapan energi kalor dikarenakan laju perpindahan kalor lebih besar pada laju aliran yang lebih kecil dalam artian semakin kecil laju aliran maka laju perpindahan kalor lebih besar. Sehingga terdapat pengaruh laju aliran terhadap efisiensi kolektor pada panel kolektor tanpa penambahan *Aluminium foam* pada bagian bawah pelat *absorber*. Menurut penelitian yang dilakukan Soedoddin (2017), Inersia untuk cairan bergerak memiliki peran perpindahan panas yang meningkat karena pergeseran termal yang dipengaruhi oleh laju aliran.

2. Efisiensi Kolektor pada Panel Kolektor dengan penambahan *Aluminium Foam* atau Panel foam bawah dengan Laju aliran 8,10 dan 12 liter/jam.



Gambar 9 Efisiensi kolektor foam bawah VS Waktu pada laju aliran 8,10 dan 12 liter/jam

Gambar 9. menunjukkan perbandingan efisiensi kolektor dengan variasi laju aliran 8,10 dan 12 liter/jam pada panel kolektor dengan penambahan *Aluminium foam* pada bagian bawah pelat *absorber* atau panel foam bawah. Dapat dilihat berdasarkan gambar 4.14 di atas bahwa terdapat pengaruh laju aliran terhadap efisiensi kolektor dimana pada laju aliran 8 liter/jam memiliki efisiensi tertinggi dari ketiga laju aliran lainnya yaitu 88,99%. Dalam hal ini laju aliran mempengaruhi penyerapan energi kalor dikarenakan laju perpindahan kalor lebih besar pada laju aliran yang lebih kecil dalam artian semakin kecil laju aliran maka laju perpindahan kalor lebih besar. Sehingga terdapat pengaruh laju aliran terhadap efisiensi kolektor pada panel kolektor dengan penambahan *Aluminium foam* pada bagian bawah pelat *absorber* atau panel foam bawah. Menurut penelitian yang dilakukan Soedoddin (2017), secara analisis numerik, menggunakan sisipan atau augmentasi pada *metal foam* memiliki efek yang besar pada efisiensi kolektor dikarenakan apabila kecepatan aliran melebihi perbedaan suhu maka efisiensi termal akan meningkat.

3. Kesimpulan

Berdasarkan data penelitian yang diperoleh, maka didapatkan hasil bahwa:

1. Fenomena dari efisiensi untuk panel kolektor dengan penambahan *Aluminium Foam* pada bagian bawah pelat *absorber* selama 60 menit di semua variasi sudut kemiringan mengalami peningkatan efisiensi secara signifikan jika dibandingkan dengan panel kolektor pelat datar tanpa foam. Dimana kenaikan efisiensinya, untuk sudut kemiringan 0° yaitu 5,15%, untuk sudut 10° yaitu 3,97%, untuk sudut 30° yaitu 5,39% dan untuk sudut 40° yaitu 5,02%. Adapun sudut yang paling efektif dan memiliki efisiensi tertinggi pada penelitian ini yaitu pada sudut kemiringan 40°. Dimana sudut kemiringan 40° memiliki efisiensi terbesar dibandingkan dengan sudut 0°, 10° dan 30° yaitu 83,97% untuk panel kolektor tanpa foam dan 88,99% untuk panel kolektor dengan penambahan *Aluminium Foam* pada bagian bawah.
2. Laju aliran mempengaruhi penyerapan energi kalor dikarenakan laju perpindahan kalor lebih besar pada laju aliran yang lebih kecil dalam artian semakin kecil laju aliran maka laju perpindahan kalor lebih besar. Dimana laju aliran 8 liter/jam memiliki pengaruh efisiensi terbesar dibandingkan dengan laju aliran 10 dan 12 liter/jam yaitu 83,97% untuk panel kolektor pelat datar/kustom dan 89,99% untuk panel kolektor dengan penambahan *Aluminium Foam* pada bagian bawah *solar absorber*. Terlihat dari fenomena yang terjadi sehingga dibuktikan Penambahan *Aluminium foam* pada kolektor surya pemanas air di bagian bawah *solar absorber*, akan mengurangi kehilangan panas, karena panas yang berlebih dan tidak bisa diserap oleh air secara bersamaan akan di serap

oleh *Aluminium Foam* yang berfungsi sebagai *Thermal Energy Storage* sehingga hal ini akan meningkatkan efisiensi thermal dari kolektor surya pemanas air.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Aswata, S. P. G. G. Tista, and I. W. H. Saputra, “Analisa Performansi Kolektor Surya Pelat Datar Dengan Media Penyimpan Panas Pasir Untuk Pemanas Udara,” *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 10, no. 1, p. 43, Jun. 2014, doi: 10.36055/TJST.V10I1.6633.
- [2] W. A. Deceased, J. A. D., & Beckman, *Solar engineering of thermal processes. In Design Studies Design Studies*. 1980.
- [3] Firman W. Siahaan, Himsar Ambarita, Andianto Pintoro, and Zulkifli Lubis, “Study Experimental Optimasi Kolektor Plat Datar Dengan Menggunakan Pipa Bersirip Untuk Memanaskan Air 120 Liter,” *DINAMIS*, vol. 7, no. 4, p. 10, Dec. 2019, doi: 10.32734/DINAMIS.V7I4.7226.
- [4] J. P. H. and A. K. N. Shukla, “Thermal energy storage using phase change materials: a way forward,” *Int. J. Glob. Energy Issues*, vol. 41, 2018, Accessed: Sep. 27, 2022. [Online]. Available: <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJGEI.2018.092311>.
- [5] Jalaluddin, E. Arif, and R. Tarakka, “Experimental study of an SWH system with V-shaped plate,” *J. Eng. Technol. Sci.*, vol. 48, no. 2, pp. 207–217, 2016, doi: 10.5614/j.eng.technol.sci.2016.48.2.7.
- [6] I. Sarbu and C. Sebarchievici, “A comprehensive review of thermal energy storage,” *Sustain.*, vol. 10, no. 1, 2018, doi: 10.3390/su10010191.
- [7] A. E. Setyono and B. F. T. Kiono, “Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 3, pp. 154–162, 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.11157.
- [8] S. S. E. D. Sunarto, “Perencanaan Pemanas Air Tenaga Surya Kapasitas 80 Galon Per Hari,” *J. Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 30–41, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/sintek/article/view/119/101>.

