

Laju Penguapan Pada *Forced Flow Solar Still*

Rizky Alamsyach¹⁾, Dan Mugisidi^{2*)}, Akbar Oktavian³⁾, Oktarina Heriyani⁴⁾.

^{1,2,3,4)}Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA

E-mail: ¹⁾rizkyalamsyach80@gmail.com, ²⁾dan.mugisidi@uhamka.ac.id,
³⁾akbaroktavian28@gmail.com, ⁴⁾oktarina@gmail.ac.id

Abstrak

Air bersih semakin langka di seluruh dunia akibat polusi, perubahan iklim, dan pertumbuhan penduduk. Salah satu solusi adalah desalinasi air laut dengan metode *solar still* yang ramah lingkungan. Penelitian ini fokus pada *forced flow solar still* yang memanfaatkan aliran udara untuk meningkatkan laju penguapan dan produktivitas air tawar. Temperatur air mempengaruhi kinerja *solar still*; semakin tinggi temperatur air dan kecepatan aliran udara di dalam *solar still*, maka penguapannya juga akan meningkat. Penelitian ini bertujuan menentukan laju penguapan air laut dalam *forced flow solar still*. Perangkat desalinasi ini menggunakan kondensator dan pengukuran parameter seperti temperatur dan kecepatan aliran udara, dengan data penguapan dikumpulkan setiap 15 menit selama 2 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *forced flow solar still* efektif meningkatkan laju penguapan. Temuan ini dapat membantu meningkatkan efisiensi desalinasi menggunakan *solar still* dengan mempertimbangkan faktor iklim lokal.

Kata Kunci: Laju Penguapan, *Forced Flow*

Abstract

Clean water is increasingly scarce around the world due to pollution, climate change, and population growth. One solution is desalination of seawater with the environmentally friendly *solar still* method. This research focuses on *forced flow solar still* which utilizes air flow to increase evaporation rate and freshwater productivity. Water temperature affects the performance of *solar stills*; The higher the water temperature and the speed of the airflow inside the *solar still*, the evaporation will also increase. This study aims to determine the rate of seawater evaporation in *forced flow solar still*. The desalination device uses a condenser and measures parameters such as temperature and airflow velocity, with evaporation data collected every 15 minutes for 2 days. The results show that *forced flow solar still* is effective in increasing the evaporation rate. These findings can help improve the efficiency of desalination using *solar still* by taking into account local climate factors.

Keywords: Evaporation Rate, *Forced Flow*

1. PENDAHULUAN

Air memegang peranan penting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Namun ketersediaan air bersih di seluruh dunia semakin berkurang karena berbagai faktor seperti polusi, perubahan iklim, dan pertumbuhan penduduk. WHO melaporkan bahwa sekitar 2,2 miliar orang di seluruh dunia kekurangan akses

terhadap air minum bersih [1].

Untuk mengatasi masalah ini, desalinasi menjadi solusi dengan mengekstraksi garam dan mineral lainnya dari air laut atau air payau [2]. Salah satu metode desalinasi yang ramah lingkungan dan hemat energi adalah dengan menggunakan *solar still*, yaitu alat yang memanfaatkan energi panas matahari untuk menguapkan air dan mengembungkannya kembali menjadi air tawar. Apabila temperatur bagian dalam kaca penutup lebih rendah dari temperatur embun uap air dalam peralatan desalinasi maka akan terjadi kondensasi. Kondensasi merupakan uap yang mencair dan menempel pada bagian dalam atap kaca [3]. Air yang berasal dari atap kaca bagian dalam bergerak menuruni kemiringan atap kaca dan naik ke saluran, yang pada akhirnya dialirkan ke penampungan air tawar. Garam akan tetap berada di permukaan solar still karena perbedaan kepadatan [4].

Solar still terdiri dari beberapa jenis, salah satunya adalah *forced flow solar still*, yaitu *solar still* yang mengalirkan udara masuk ke area penguapan. Keuntungan dari *forced flow solar still* adalah meningkatkan laju penguapan dan produktivitas air tawar dibandingkan dengan *solar still* konvensional [5]. Namun, *forced flow solar still* juga memiliki beberapa tantangan, salah satunya adalah pengaruh temperatur air terhadap laju penguapan.

Temperatur air yang berada di dalam solar still merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja *solar still*, karena dapat mempengaruhi laju penguapan antara permukaan air dan kaca penutup [6]. Tekanan udara di atas permukaan air dapat dikurangi dengan membuat aliran sehingga tekanannya turun. Penguapan pada *solar still* selalu disertai dengan perubahan tekanan antara air dan ruang di atasnya [7].

Perbedaan suhu dalam suatu benda menyebabkan terjadinya perpindahan panas. Tiga metode yang dapat digunakan untuk mentransfer panas, yaitu konduksi, radiasi, dan konveksi [8]. Pemindahan energi panas dari satu benda atau sistem kebenda/sistem lain pada suhu berbeda secara konveksi merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan dalam proses alami [9]. Perpindahan panas konveksi mengacu pada pergerakan panas dari satu area ke area lain. Perpindahan panas difasilitasi oleh pergerakan fluida, baik cair maupun gas, secara konveksi [10]. Perpindahan panas dalam penguapan air garam ditentukan oleh koefisien

perpindahan panas konveksi yang terdapat pada bagian kaca dan *solar still* [11].

Penguapan air adalah proses yang mengubah air menjadi gas atau cair hal ini disebabkan oleh tekanan yang berbeda antara permukaan air dan udara di atasnya [12]. Dalam proses penguapan, air laut akan diuapkan menjadi uap air sementara garam dari air laut akan tetap di air karena syarat penguapan yang berbeda. Uap air dikondensasikan sehingga diperoleh air tawar [13].

Tekanan memiliki peran penting dalam suatu laju penguapan [14]. Oleh karena itu, perlu ditentukan tekanan di dalam air dan di permukaannya karena penguapan terjadi ketika tekanan udara di atas air lebih rendah dari tekanan air dipermukaan.

Prinsip dari *forced flow solar still* adalah terjadi penguapan karena adanya panas dan aliran udara. Oleh karena itu diperlukan radiasi panas untuk meningkatkan temperatur air di dalam area penguapan [15]. Semakin tinggi temperatur air dan kecepatan aliran udara yang terjadi di dalam *forced flow solar still* maka penguapannya juga akan meningkat. Selain itu penguapan juga dipengaruhi oleh luas permukaan air [16]. Semakin besar luas permukaan air yang terpapar udara maka semakin besar pula kemampuan air dalam menyerap panas terutama dengan adanya aliran udara [17].

Aliran udara di dalam *forced flow solar still* akan menurunkan tekanan aliran menjadi lebih rendah daripada tekanan parsial dipermukaan sehingga terjadi proses penguapan [18]. Proses penguapan solar still dimulai dengan penyerapan energi panas, yang menembus kaca penutup kemudian hasil penguapan didalam *forced flow solar still* bergerak ke kondensor mengikuti aliran udara [19]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan laju penguapan air laut dalam *forced flow solar still*.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan kondensor berbentuk belalai agar uap air yang dihasilkan pada ruang penguapan *solar still* dapat dengan mudah menembus ke dalam kondensor karena luasnya yang besar. Dinding kondensor terpaksa menyentuh uap yang masuk seiring dengan berkurangnya luas penampang seiring waktu. Untuk mencegah terjadinya pengembunan pada kondensor dan menghindari penguapan di tengah-tengahnya, penutup kaca *solar still* terdiri dari dua lapisan

kaca untuk meminimalkan panas yang dilepaskan ke lingkungan. Selain itu, meskipun bentuknya tidak seperti *solar still* pada umumnya, *solar still* dibengkokkan untuk mengarahkan uap dari kaca penutup menuju kondensor. Penelitian ini menggunakan jenis *solar still* dan kondensor yang berbeda dibandingkan dengan *solar still* konvensional. Kondensor menggunakan plat aluminium setebal 2 mm. *Solar still* menggunakan bahan *Teakblock* setebal 20 mm. Penutup kaca setebal 3 mm hingga 5 mm dan dipasang satu lapis. Seluruh bagian dalam *solar still* dilapiskan menggunakan plat aluminium setebal 2 mm yang berfungsi sebagai penghantar penguapan.

Dalam penelitian ini juga menggunakan aliran udara yang hanya masuk 1 sisi di depan mulut bak untuk membantu menentukan kondisi optimal guna memaksimalkan laju penguapan air laut selama proses desalinasi. Pada tabel 1 dan 2 adalah alat dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

Tabel 1. Alat

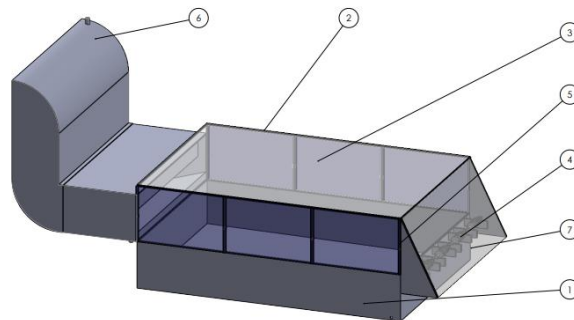
No	Alat	Fungsi	spesifikasi
1	Anemometer GM816	Mengukur kecepatan angin yang keluar dari blower	0 – 30 m/s, Resolusi 0,1 m/s,
2	Thermometer digital	Mengukur temperature air	-50°C - 110°C, resolusi 0.1°C, akurasi ±0.1°C
3	Lampu Philips halogen	Untuk memanaskan air laut didalam bak	1000 W
4	Hygrometer digital	Mengukur Kelembapan dan temperature udara	10% - 99%, resolusi 1%, akurasi ±1%
5	Heater pemanas udara	Membantu memanaskan udara yang masuk	20cm, 220v – 100W
6	Timbangan Digital	Menimbang hasil penguapan	0 kg – 20 kg

Tabel 2. Bahan

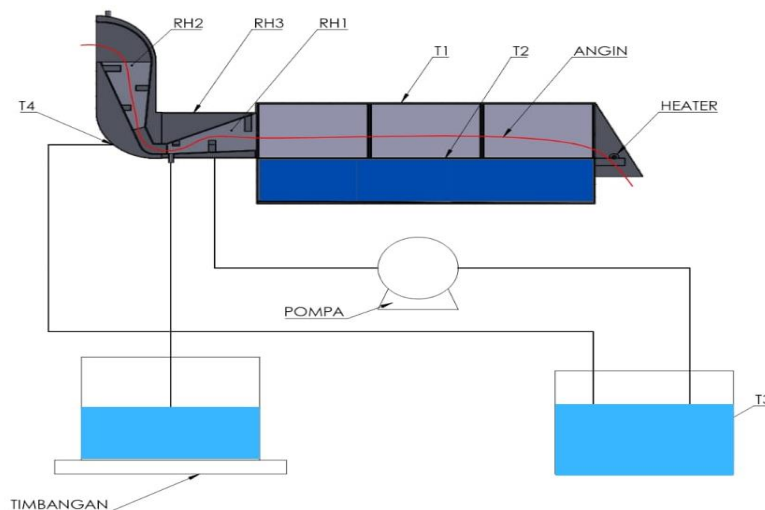
No	Bahan	Fungsi	Spesifikasi
1	Kayu	Sebagai wadah untuk penampang utama air laut	Teakblock (2cm) 144x101 mm
2	Triplek	Untuk alas pada kemiringan bak	Triple film phenolic (5mm) 95x139 mm
3	Aluminium	Untuk membuat kondensor	Plat aluminium 2mm

4	Styrofoam	Untuk melindungi kondensor dari panas sinar matahari agar sirkulasi pendingin didalam kondensor tetap terjaga	Styrofoam 100x50x2 cm
5	aquapruf	Untuk melapisi dalam dan luar bak utama agar tidak terjadi kebocoran	1kg warna abu abu

Pada gambar 1 adalah desain alat penelitian yang digunakan pada penelitian ini. Penelitian dilaksanakan dilaboratorium teknik mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Informatika Universitas Muhammdiyah Prof. Dr. HAMKA pada bulan September 2023.



Gambar 1. Alat Desain Penelitian (1) solar still, (2) kaca samping, (3) kaca tetap, (4) akrilik, (5) tiang penyanggah kaca, (6) kondensor, (7) heater



Gambar 2 Skema Alat Penelitian

Pada gambar 2 skema alat desalinasi yang digunakan dalam penelitian. Air laut dalam wadah ini dipanaskan oleh pantulan cahaya lampu melalui kaca pada wadah utama pada suhu panas lampu 1200 W/m^2 . Saat penguapan air, uap air menuju corong uap dan kemudian masuk ke kondensor. Air laut yang menguap dari wadah

penempungan menuju ke kondensor, yang kemudian mengalir ke wadah kontrol yang keluar melalui saluran kondensor. Untuk memastikan bahwa ketinggian air dalam kondensor tetap pada tingkat tertentu, wadah kondensor memiliki kedalaman penampungan di mana air terus bersirkulasi melalui pompa untuk mendinginkannya. Oleh karena itu, ketinggian air dalam wadah kontrol tetap sama, sementara ketinggian air laut dalam wadah penampung bak menurun karena penguapan. Selanjutnya, hasil penguapan diukur melalui timbangan digital untuk mengetahui berapa hasil pengupuan yang di hasilkan setiap 15 menit. Pada gambar 2, data dikumpulkan pada *heater* (pemanas udara), RH1, RH2, RH3, T1, T2, dan T3. Dimana *heater* adalah untuk membantu udara yang masuk menjadi lebih ringan dengan kecepatan angin 0,2 m/s, 0,4 m/s, 0,6 m/s dan 0,8 m/s. RH1 adalah kelembapan air laut pada wadah penampungan bak. RH2 adalah suhu kelembapan laju penguapan yang masuk melalui kondensor. RH3 adalah suhu kelembapan yang disekitar lingkungan. T1 adalah suhu air didalam bak. T2 adalah suhu radiasi yang masuk ke dalam bak dan T3 adalah suhu pendingin didalam kondensor.

Perhitungan laju penguapan penguapan [20]:

$$Elp = (0,37 + 0,0041 \bar{u})(P_s - P_w)^{0,88}$$

Dimana :

Elp = laju penguapan, in/hari

\bar{u} = Pergerakan Angin, mil/hari

P_s = tekanan uap jenuh pada suhu udara uap air, in Hg, dan

P_w = tekanan uap aktual udara pada kondisi suhu dan kelembaban, in Hg.

Untuk mengetahui laju penguapan massa per satuan luas menggunakan persamaan berikut [21]:

$$\frac{m_w}{A} = \frac{E_{lp}}{12} \rho_w$$

Dimana :

Elp = laju penguapan, in/hari

ρ_w = Kepadatan Air, lb/ft³

Persamaan berikut digunakan untuk menghitung tekanan air [22].

$$P_w = \exp \left[25.317 - \frac{5144}{T_w + 273} \right]$$

Dimana :

P_w = Tekanan air (Pa)

T_w = Temperature air (°C)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, ada lima data yang digunakan yaitu T1, T2, hasil penguapan, angin dan penyusutan air laut pada alat desalinasi. Kemudian data lain yang dikumpulkan adalah radiasi, suhu air, kelembapan, angin dan pendingin pada suhu kondensor. Pada gambar 3 menunjukkan bahwa proses dalam pengambilan data penguapan pada suatu ladang garam, air laut yang ada pada wadah penampang utama yang dipanaskan melalui sinar lampu yang memantul ke dasar wadah penampang plat, kemudian melepaskan panas yang terjadinya suatu uap menuju mulut kondensor, dibantu dengan aliran udara yang mendorong hasil penguapan dari mulut *solar still* lalu mengalir ke pipa kondensor. Pengambilan data ini terjadi ketika suhu air dalam *solar still* sekitar 40 °C yang menghasilkan uap. Data ini dikumpulkan setiap 15 menit selama 9 jam selama 2 hari



Gambar 3. Proses Desalinasi

a. Temperatur

Temperatur merupakan faktor yang penting dalam mengetahui berapa suhu air laut yang ada pada wadah penampang bak, hal ini mempengaruhi pada suatu uap air laut. Karena semakin tinggi pada temperatur air laut semakin baik pada penguapan [23]. Dalam mempermudah melakukan analisa data dan hasil pengujian dalam temperatur didalam tabel 3 yaitu T1 (Kaca Tetap), T2 (Air Laut), T3 (Pendingin), T4 (Air Sirkulasi). Dalam penelitian ini penulis melakukan pengambilan data temperatur kaca dan temperatur air laut. Data di dapat dalam pengujian ini selama 2 hari pengambilan data. Berikut adalah tabel data temperatur dalam alat desalinasi.

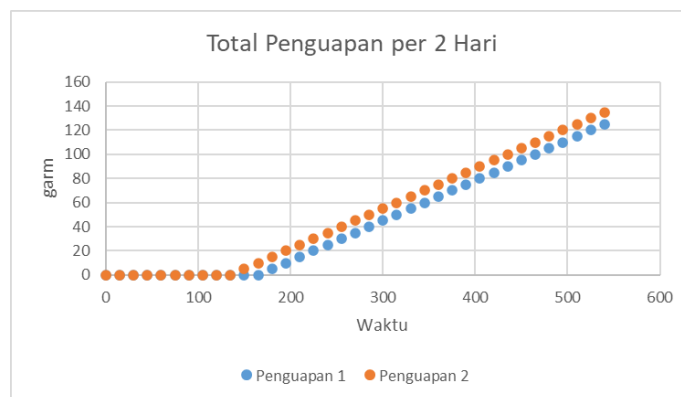
Tabel 3 Temperatur

Selasa,02-April-2024				Rabu,03-April-2024			
T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
40,3	29,9	21	22	38,7	28,4	21	22
49,1	30,1	21	22	40,4	28,9	21	22
55,6	30,3	21	22	42,5	29,2	21	22
57,2	30,6	21	22	45,8	29,6	21	22
58,5	31,0	21	22	57,7	30,1	21	22
58,3	31,4	21	22	58,7	30,3	21	22
58,6	31,9	21	22	59,9	30,6	21	22
59,7	32,3	21	22	57,8	31,2	21	22
59,1	32,6	21	22	57,5	31,4	21	22
59,2	32,8	21	22	58,2	31,9	21	22
59,7	33,1	21	22	58,5	32,5	21	22
58,8	33,4	21	22	59,7	33,1	21	22
58,5	33,9	21	22	60,3	33,6	21	22
57,9	34,9	21	22	59,3	34,3	21	22
59,2	35,2	21	22	55,8	34,6	21	22
57,5	35,8	21	22	54,7	35,1	21	22
58,7	36,1	21	22	54,1	35,5	21	22
60,4	36,6	21	22	55,6	36,1	21	22
63,4	37,1	21	22	56,8	36,5	21	22
65,5	37,6	21	22	58,7	36,9	21	22
64,6	38,0	21	22	55,7	37,3	21	22
66,7	38,5	21	22	56,5	37,7	21	22
65,8	38,8	21	22	57,9	38,1	21	22
66,4	39,3	21	22	58,6	38,3	21	22
67,9	39,6	21	22	59,9	38,6	21	22
66,7	40,1	21	22	60,5	38,9	21	22
67,9	40,3	21	22	61,6	39,2	21	22
68,2	40,8	21	22	59,3	39,3	21	22
68,2	41,4	21	22	57,8	39,5	21	22
68,6	41,7	21	22	57,3	39,5	21	22
63,3	41,9	21	22	55,8	39,6	21	22
66,3	42,3	21	22	54,9	39,8	21	22
64,6	42,9	21	22	52,2	39,8	21	22
67,6	43,1	21	22	52,6	40,1	21	22
66,1	43,5	21	22	52,9	40,1	21	22
68,6	43,7	21	22	50,5	40,3	21	22
66,3	43,9	21	22	52,1	40,5	21	22

Pada tabel 3 menunjukkan bahwa yang dibutuhkan untuk memanaskan air pada suhu ruangan *solar still* sekitar 28°C - 43°C hingga air yang menguap mengalir ke dalam ruang kondensor [24]. Saat kondensasi terjadi diperlukan nama nya air pendingin. Air pendingin digunakan untuk melakukan perpindahan kalor yang terjadi pada saat air laut menguap. Pada temperatur air laut dan kaca akan terus meningkat disetiap per 15 menit, air pendingin masuk, dan air pendingin keluar temperaturnya tetap stabil, pada pengujian selama 2 hari. Hal ini mempengaruhi peningkatan dalam proses penguapan yang terjadi saat proses pengujian data.

b. Penguapan Total

Penguapan air adalah proses yang mengubah air menjadi gas atau cair. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan tekanan antara permukaan air dengan udara di atasnya [12]. Dalam mengetahui berapa banyak air laut yang dihasilkan dalam suatu penguapan di perlukan timbangan digital, timbangan digital yang menentukan berapa banyak tetesan hasil penguapan selama proses desalinasi. Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan timbangan bahwa mulai terjadinya penguapan ketika temperatur 30°C sampai dengan 50°C [15]. Proses penguapan dilakukan dalam waktu 2 hari mempunyai perbedaan dalam hasil penguapan. Berikut data dibawah ini.



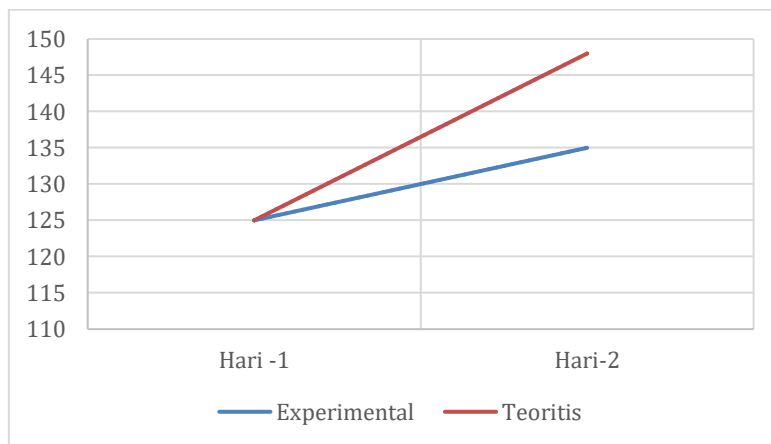
Gambar 4 Grafik Penguapan hari-1,hari-2.

Pada gambar 4 menunjukkan bahwa hasil penguapan memiliki perbedaan disetiap per 2 hari, faktor yang mempengaruhi perbedaannya karena kelembapan udara yang tinggi dapat mengakibatkan uap air akan sulit untuk menyerap lebih banyak uap sehingga terjadinya penguapan melambat [25]. Seperti dipenguapan hari pertama sebesar 125 gram, pada hari kedua hasil penguapan sebesar 135 gram, karena dihari pertama dan kedua memiliki perbedaan kelembapan udara. Semakin tinggi temperatur air dan kecepatan aliran udara yang terjadi didalam solar still maka penguapannya akan meningkat.

Untuk menentukan berapa banyak air laut yang menguap perlu dilakukan pengukuran pengurangan massa air dalam wadah penampung. Hal ini diukur menggunakan timbangan digital untuk mengetahui berapa banyak air laut yang menguap selama desalinasi. Hasil penguapan dapat dihitung yang dimana $\bar{u} = 0,2 \text{ m/s}$ diubah $\text{mil/hari} = 10,74$, $P_s = 0,597$ dalam $\text{Hg} = 1,216$, dan $P_w = 0,99 \times 1.216 = 1,204 \text{ in/Hg}$, jika menggunakan rumus No 1 maka hasilnya $0,0885 \text{ in/hari} = (2,25 \text{ mm/hari})$, hasil ini diambil contoh dalam 1 data selama 15 menit. Untuk mengetahui laju penguapan massa per satuan luas yang dimana $E_{lp} = 0,0889 \text{ kg/h} \cdot \text{m}^2$, $P_w = 61,3$, jika dihitung menggunakan persamaan no 2 maka $0,00182 \text{ lbm/h.ft}^2$, hasil ini diambil 1 data selama 15 menit pada pengambilan data hari pertama.

Tabel 4 Hasil Penguapan Experimental dan Teoritis

Penguapan	Experimental	Teoritis	Selisih
Hari-1	125	125	0%
Hari-2	135	148	9,63%



Gambar 5 Grafik Experimental dan Teoritis

Pada tabel 4 dan gambar 5 hasil percobaan menunjukkan bahwa laju penguapan aktual selama periode sembilan jam. Pada hari pertama hasil penguapan menghasilkan 125 gram, pada hari kedua hasil penguapan 135 gram. Tingkat hasil penguapan teoritis juga dihitung. Hasil penguapan aktual teoritis pada hari pertama 125 gram, pada hari ke dua hasil penguapan teoritis 148 gram, maka selisih data eksperimen dan teoritis dalam persen yaitu hari pertama 0% dan hari ke dua 9,63%. Pada penelitian ini suatu kelembapan udara pada desalinasi sangat berpengaruh pada laju penguapan, Peningkatan pada temperatur air didalam *solar still* dan aliran udara dapat meningkatkan penguapan, sehingga hasil penguapan bergerak kedalam desalinasi mengikuti aliran udara.

4. SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa laju penguapan air laut dalam desalinasi menggunakan *solar still* dengan metode *forced flow* yang dimana aliran udara dengan kecepatan 0,2 m/s, 0,4 m/s, 0,6 m/s, 0,8 m/s, menunjukkan bahwa *forced flow* efektif pada laju penguapan. Temperatur optimal dan kondisi aliran udara mendukung proses penguapan yang lebih efisien. Hasil ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan teknologi desalinasi yang lebih efektif, terutama di wilayah dengan kondisi iklim yang bervariasi. Penggunaan *solar still* yang dimodifikasi dengan saluran masuk dan bahan kondensor yang lebih baik dapat meningkatkan produktivitas desalinasi air laut, berkontribusi pada penyediaan air bersih yang lebih berkelanjutan.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ristanto Wirangga, zaka Nurfadilah, Andika Cahya Putra Pratama dan Akbar Oktavian, yang telah membantu dalam penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. G. E. Dewantara, I. G. Y., Suyitno, B. M., & Lesmana, “[Fix 5] 2124-5371-1-PB,” vol. 07, no. 1, pp. 3–6, 2020.
- [2] N. Titahelu and S. J. Litololy, “Analisis laju kondensasi akibat pengaruh kecepatan udara terhadap karakteristik perpindahan panas oven pengering pati sagu,” *Semin. Nas. "Archipelago Eng.*, no. April, pp. 108–114, 2018.
- [3] A. Pratama and F. Rahmadianto, “Analisa Perancangan Desalinasi Air Laut Dengan Variasi Filter Tempurung Kelapa Dan Variasi Temperatur Pemanasan,” *J. Flywheel*, vol. 12, no. 2, pp. 21–29, 2021, doi: 10.36040/flywheel.v12i2.4279.
- [4] E. Aprizki, M. Rokhmat, and D. Wibowo, “Analisis Pengaruh Kemiringan Sudut Atap Kaca Dan Penambahan Cermin Pada Alas Basin Terhadap Laju Penguapan Air Garam Dalam Destilator Tenaga Surya Destilator,” vol. 5, no. 3, pp. 5594–5601, 2018.

- [5] Z. A. Jaafar, H. G. Hameed, and R. H. Hussein, "Experimental Investigation of a Single Slope Solar Still Performance- Evaporation Process Enhancement," IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 928, no. 2, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/928/2/022096.
- [6] S. B. Sipayung, . Krismianto, and . Risyanto, "Analisis Temperatur Dan Uap Air Berbasis Satelit Terra/Aqua (Modis, Level-2)," J. Penginderaan Jauh dan Pengolah. Data Citra Digit., vol. 13, no. 1, 2016, doi: 10.30536/j.pjpdcd.2016.v13.a2559.
- [7] D. Mugisidi, A. Fajar, O. Heriyani, D. T. Mesin, F. Teknik, and U. M. Prof, "Peningkatan Efisiensi Dan Efektivitas Kondensor Pada Solar Still," vol. 12, no. 1, pp. 19–31, 2022.
- [8] Idawati Supu, B. Usman, S. Basri, and Sunarmi, "PENGARUH SUHU TERHADAP PERPINDAHAN PANAS PADA MATERIAL YANG BERBEDA," J. Din., vol. 13, no. 3, pp. 44–50, 2016.
- [9] C. Soekardi, "Analisis Pengaruh Efektivitas Perpindahan Panas Dan Tahanan Termal Terhadap Rancangan Termal Alat Penukar Kalor Shell & Tube," Sinergi, vol. 19, no. 1, p. 19, 2015, doi: 10.22441/sinergi.2015.1.004.
- [10] T. Mohamad, W. Basuki, and I. Choirul, "PEMODELAN PENGARUH PANAS TERHADAP ALIRAN FLUIDA KONVEKSI BEBAS YANG MELALUI BOLA BERPORI," pp. 795–805, 2015.
- [11] M. Maa, "Distribusi Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Daerah Entrance dan Fully Developed Perbandingan Empiris dan Eksperimen pada Double Pipe Heat Exchanger," J. Elektro dan Mesin Terap., vol. 1, no. 2, pp. 20–28, 2015, doi: 10.35143/elementer.v1i2.30.
- [12] Z. A. Al-Salihi, A. H. Kamel, and I. M. Abdulhameed, "Effects of the Climate Change on the Tigris River Basin in Iraq," Int. J. Des. Nat. Ecodynamics, vol. 17, no. 4, pp. 585–593, 2022, doi: 10.18280/ijdne.170413.
- [13] A. A. Faruq, P. Studi, T. Diploma, and P. I. Pelayaran, "Analisis Kurang Optimalnya Proses Penguapan Pada Fresh Water Generator Terhadap Produksi Air Tawar Di Mv . Pan," 2021.

- [14] A. Yudha and Y. Iswara, "Modification of Sea Water Evaporator," 2021.
- [15] A. T. Sayuti, D. Mugisidi, R. Wirangga, O. Heriyani, and J. T. Mesin, "THE INFLUENCE OF WATER TEMPERATURE ON SEAWATER EVAPORATION IN THE DESALINATION PROCESS," pp. 113–119, 2023, doi: 10.24853/sintek.17.2.113-119.
- [16] J. P. Holman, *Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill, 2010.
- [17] D. Mugisidi, B. Fajar, S. Syaiful, and T. Utomo, "Solar Still with an Integrated Conical Condenser," *CFD Lett.*, vol. 15, no. 8, pp. 122–134, 2023, doi: 10.37934/cfdl.15.8.122134.
- [18] D. Mugisidi, A. Fajar, and H. Oktarina, "Peningkatan Efisiensi Dan Efektivitas Kondensor Pada Solar Still Increasing the Efficiency and Effectiveness of the Condensor on the Solar Still," vol. 12, no. 1, 2022.
- [19] D. Mugisidi et al., "Iron sand as a heat absorber to enhance performance of a single-basin solar still," *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, vol. 70, no. 1, pp. 125–135, 2020, doi: 10.37934/ARFMTS.70.1.125135.
- [20] P. J. Uno, "Plastic shrinkage cracking and evaporation formulas," *ACI Mater. J.*, vol. 95, no. 4, pp. 365–375, 1998, doi: 10.14359/379.
- [21] A. Yudha Yuga and S. Kuncoro, "Modification of Design and Condensation of Sea Water to Get Pure Water," *J. Agric. Biosyst. Eng.*, vol. 1, no. 4, pp. 446–454, 2022.
- [22] J. Aminuddin, P. Kecepatan Angin Terhadap Evapotranspirasi Berdasarkan Metode Penman Di Kebun Stroberi Purbalingga, N. Fakultas Sains dan Teknologi, U. Ar-Raniry Banda Aceh, J. Aminuddin Prodi Fisika, and U. Purwokerto, "Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Evapotranspirasi Berdasarkan Metode Penman Di Kebun Stroberi Purbalingga," *Elkawanie J. Islam. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 21–28, 2016.
- [23] H. P. Nari and M. S. Rahman, "Analisis Pengaruh Temperatur Air Economizer Terhadap Efisiensi Ketel Di Km Meratus Kupang," *J. Venus*, vol. 10, no. 1, pp. 12–25, 2022, doi: 10.48192/vns.v10i1.588.

- [24] H. Rabby, S. Suwandi, and E. Wibowo, “ANALISA PENGARUH TEMPERATUR, KELEMBABAN, INTENSITAS CAHAYA, LAMA PENYINARAN DAN KONSENTRASI LARUTAN TERHADAP PENGUAPAN AIR GARAM DALAM DISITILATOR,” vol. 4, no. 1, pp. 572–579, 2017.
- [25] R. Wirangga, D. Mugisidi, A. T. Sayuti, and O. Heriyani, “The Impact of Wind Speed on the Rate of Water Evaporation in a Desalination Chamber,” J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci., vol. 106, no. 1, pp. 39–50, 2023, doi: 10.37934/arfmts.106.1.3950.