

Kajian Pengaruh Ketebalan Kaca Evaporator Terhadap Energi Yang Diserap Kolektor Pada Proses Desalinasi Air Laut

Wawan Septiawan Damanik^{1*}, Munawar Alfansury Siregar²,
Sudirman Lubis³ & Ahmad Marabdi Siregar⁴

^{1,2,3,4}. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Telp 061-6622400 ext 12. Fax 061-6625474

*Email: wawanseptiawan@umsu.ac.id

ABSTRACT

The testing of desalination equipment is based on the increasing level of human need for the use of clean water. Improvement methods continue to be carried out with the aim of increasing the yield of clean water from desalination equipment. This research was conducted experimentally by providing a copper collector in a desalination device with a harpan to make it easier to absorb heat so that the water in the evaporator expands faster. By providing a variable difference in glass thickness, it is hoped that it can provide information that a good glass thickness can be applied to desalination equipment. The variation of the glass thickness is 4 mm and 5 mm with the same glass surface area. The results show that glass with a smaller thickness will make the desalination tool faster in absorbing heat energy. However, some conditions may also be considered to avoid damage to the glass. With the wind speed on the fourth day of testing which is 5.67 m/s and strong solar intensity reaching 397.14 W/m², the energy absorbed by the collector reaches 3.72 kW/day on a glass thickness of 4 mm. Meanwhile, at a different thickness of 5 mm, the energy absorbed by the collector only reaches 2.72 kW/day. This shows that the difference in glass thickness plays a role in determining the occurrence of conduction heat transfer from outside the evaporator into the evaporator chamber.

Keywords: Solar Desalination, Single Slope, Solar Collector

PENDAHULUAN

Penggunaan energi terbarukan semakin hari ramai dibicarakan masyarakat karena keadaannya yang melimpah dan faktor berkembangnya isu akan kelangkaan bahan bakar konvensional [1]. Hal ini juga dimaksudkan energi terbarukan akan menjadi solusi di suatu saat nanti jika kelangkaan sumber bahan bakar yang bersumber dari bahan minyak (BBM) melambung naik [2]. Teknologi yang memanfaatkan energi terbarukan terus dikembangkan oleh berbagai pihak, baik dari akademisi maupun industri, sehingga menghasilkan karya sebuah inovasi baru yang lebih baik yang mampu di gunakan masyarakat luas. Energi panas yang tersedia dari cahaya matahari memiliki banyak manfaat dalam berbagai sektor, baik dari industri besar yang memanfaatkan energi matahari menjadi energi listrik, juga tanpa kita sadari energi panas matahari juga di manfaatkan oleh masyarakat untuk mengeringkan baju dan bahan pertanian [3]. Jika pemakaian energi matahari berkelanjutan dalam jangka lama, ini akan mengurangi jumlah pemakaian energi fosil yang tidak ramah lingkungan. Mengingat letak wilayah Negara Indonesia berada tepat di garis katulistiwa yang merupakan daerah terbanyak menerima panas dari matahari, hal ini akan memungkinkan potensi penggunaan energi matahari semakin bertambah [4][5].

Desalinasi merupakan salah satu metode pemanfaatan energi matahari melalui proses penyulingan air yang berada di evaporator akibat adanya penguapan karena menerima panas [6]. Proses perpindahan panas akan terjadi pada saat proses penguapan dan pengembunan yang terjadi dari sumber panas ke air laut [7]. Sesampainya uap pada kondisi ruangan temperatur rendah, maka uap akan terjadi kondensasi wujud uap menjadi cair. Desalinasi merupakan metode dari beberapa yang telah digunakan dalam mengatasi permasalahan kekurangan air bersih dengan memanfaatkan ketersediaan air laut yang tidak akan habis [8]. Proses desalinasi juga teknologi yang ramah lingkungan karena menggunakan energi matahari sebagai sumber energi utama.

Copyright ©2021 Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi. This is an open access article under the CC-BY-SA licence (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Himsar (2016), melakukan penelitian tentang desalinasi vakum, dari hasil penelitian mereka yang dilakukan selama 6 hari didapatkan laju penguapan tertinggi pada hari yang kelima yaitu dengan jumlah energi 3.447.578 J, dengan jumlah total energi untuk menguapkan air laut selama 6 hari pengujian 16.011.732 J, dengan menggunakan solar kolektor. Hasil eksperimen dengan menggunakan solar kolektor didapat air tawar yang paling banyak pada hari yang ke-5 yaitu 1.4 liter, dengan efisiensi kolektor 73% [8]. Menurut M.A. Eltawil beberapa tahun sebelumnya, banyak negara di dunia seperti negara-negara Timur Tengah, negara-negara Arab, Amerika Utara, beberapa negara Asia, Eropa, Afrika, Amerika Tengah, Amerika Selatan dan Australia telah melakukan desalinasi untuk memenuhi kebutuhan air tawar mereka [9]. Ada beberapa metodologi didalam desalinasi seperti multi-stageflash, penyulingan multi-efek, kompresi uap, osmosis reversal, dan electro-dialysis yang sudah diketahui. Sistem desalinasi konvensional terutama yang menggunakan bahan bakar fosil menurut sebuah studi oleh Kalogirou (2005), sekitar 10.000 ton bahan bakar fosil dibakar untuk sistem desalinasi listrik di dunia [10].

Penyulingan dengan menggunakan energi matahari adalah teknologi yang paling sederhana, hemat biaya, dan ramah lingkungan untuk pemurnian air. Menurut M.A. Eltawil, 2009 akhir-akhir ini didunia Energi yang paling banyak digunakan adalah energi matahari yang sampai 57%. Diperkirakan di masa depan, desalinasi didukung oleh energi matahari (dinamakan sebagai desalinasi matahari), akan lebih populer. Bahkan negara-negara dengan produsen minyak besar seperti Arab Saudi meningkatkan penggunaan energi matahari untuk menyalakan sistem desalinasi mereka guna mengembangkan sistem desalinasi yang berkelanjutan.

Pada sistem destilasi air laut tenaga surya, kolektor surya sangat berperan penting karena kolektor surya merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengumpulkan energi matahari yang masuk dan diubah menjadi energi termal dan meneruskan energi tersebut ke fluida [11]. Prinsip kerja dari kolektor surya ini adalah radiasi matahari yang jatuh permukaan kolektor, kemudian ditransmisikan melalui kaca penutup transparan dan diubah menjadi energi panas oleh pelat penyerap. Selanjutnya akan terjadi perpindahan panas dari pelat penyerap menuju fluida yang mengalir melewati dalam kolektor. Pada kolektor surya, pelat penyerap sangat berperan penting karena berfungsi sebagai penyerap intensitas radiasi matahari dan mengkonversikan menjadi energi panas [12]. Selain itu, kaca penutup kolektor surya merupakan salah satu komponen terpenting dari destilasi surya yang berfungsi untuk mengurangi hilangnya panas dari plat penyerap ke lingkungan dan tempat kondensasi. Maka dari itu penulis memutuskan untuk menggunakan kaca tansparan datar untuk melakukan penelitian guna mengetahui pengaruh ketebalan bahan kaca terhadap proses desalinasi air laut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Gedung F lantai 5 Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Pengujian dilakukan dari jam 08:00 sampai jam 17:00 WIB selama 7 hari. Bahan yang digunakan untuk ruang evaporator haruslah yang berbahan tahan terhadap air garam agar tidak mudah terjadi korosi. Adapun bahan yang digunakan untuk ruang evaporator terbuat dari aluminium komposit panel (ACP). Kaca evaporator menggunakan jenis *clear glass* (kaca bening) dengan ukuran panjang 1000 mm dan lebar 1000 mm dengan ketebalan kaca 3 mm.



Gambar 1. Gambar Rancangan Alat Penelitian

Keterangan:

1. Kaca evaporator
2. Tangki hasil air tawar
3. Tangki masuknya air laut ke dalam evaporator
4. Sensor suhu bagian luar kaca
5. Dinding bagian luar alat desalinasi

Peralatan dalam mengukur temperatur dari setiap titik yang di cari menggunakan peralatan yang dapat merekam dan mengubahnya dalam bentuk data. Pada penelitian ini, peralatan sensor panas menggunakan thermometer data logger yang digunakan untuk mengukur temperatur didalam kolektor serta mengukur temperatur di lingkungan sekitar penelitian. Spesifikasi alat yang digunakan sebagai berikut.

- | | |
|--------------------------|---------------------------------------|
| 1. Channels | : 4 channel, T1, T2, T3, T4. |
| 2. Socket | : 2 pin thermocouple socket. |
| 3. Operating Temperature | : 5 °C s/d 300°C |
| 4. Power Supply | : Heavy duty DC 1.5 V battery x 6 Pcs |



Gambar 2. Alat ukur temperatur 4 titik sekaligus merekam data

Perpindahan konveksi terjadi antara permukaan air cekungan dan penutup kaca bagian dalam permukaan melalui udara lembab karena perbedaan temperatur. Tingkat konveksi perpindahan panas di dalam evaporator di ekspresikan kedalam bentuk nilai temperatur air (T_w) dan temperatur

Copyright ©2021 Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi. This is an open access article under the CC-BY-SA licence (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

bagian dalam kaca. Dengan menggunakan persamaan (1) dapat mengetahui besar koefisien perpindahan panas konveksi di dalam evaporator [13].

$$h_{cw} = 0.884 \left[(T_w + T_{gi}) + \frac{(P_w - P_{gi}) \times (T_w + 273)}{268.9 \times 10^3 - P_w} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

Selain perpindahan panas konveksi, perpindahan panas evaporasi juga terjadi di dalam evaporator, karena adanya air yang berubah fasa menjadi uap dan melekat pada permukaan kaca bagian dalam. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai perpindahan panas evaporasi dapat menggunakan persamaan (2) berikut [14].

$$h_{EW} = 0.034 \times 5.67 \times 10^{-8} \left[(T_{giE} + 273)^2 + (T_{giW} + 273)^2 \right] \times [T_{giE} + T_{giW} + 5546] \quad (2)$$

Panas yang di serap air di dalam evaporator juga akan terpancar ke segala arah didalam evaporator yang disebut perpindahan panas radiasi [15].

$$h_{rw} = \epsilon_{eff} \times \sigma \times \left[(T_w + 273)^2 + (T_{gi} + 273)^2 \right] \times (T_w + T_{gi} + 546) \quad (3)$$

Ketebalan kaca berpengaruh terhadap perpindahan panas yang terjadi diluar evaporator. Adapun perpindahan panas yang terjadi yaitu konveksi antar udara dengan permukaan kaca bagian luar. Dengan menggunakan persamaan (4) dapat diketahui besar perpindahan panas konveksi diluar evaporator.

$$h_{cg} = \begin{cases} [5.7 + 3.8 \times V] \leq 5 \text{ m/s} \\ [6.15 \times V^{0.8}] > 5 \text{ m/s} \end{cases} \quad (4)$$

Dimana untuk menghitung nilai perpindahan panas radiasi yang terjadi di luar evaporator dapat menggunakan persamaan (5) berikut [16].

$$h_{rg} = \frac{\epsilon_g \times \sigma \times (T_g^4 - T_{sky}^4)}{(T_g - T_a)} \quad (5)$$

Besar energi yang diserap air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6) berikut.

$$En_{hours} = [h_{ef} (T_{bf} - T_{gi})] \quad (6)$$

Dimana efisiensi energi pada peralatan desalinasi dapat menggunakan persamaan (7) berikut.

$$\eta_{En} = \frac{\sum (m_{ew}) \times L}{(A_g - I_s(t)) \times 3600} \times 100 \quad (7)$$

Pengujian dilakukan secara experimental dengan memperhatikan perubahan-perubahan temperatur yang terjadi pada saat pengujian dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan alat ukur yang terdapat pada alat desalinasi maka dapat diketahui variasi tinggi dan rendahnya temperatur yang terjadi pada saat pengujian di lakukan. Data yang diperoleh dari hasil pengujian akan digunakan ketahap selanjutnya yaitu pembahasan data dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah ditetapkan sebelumnya.

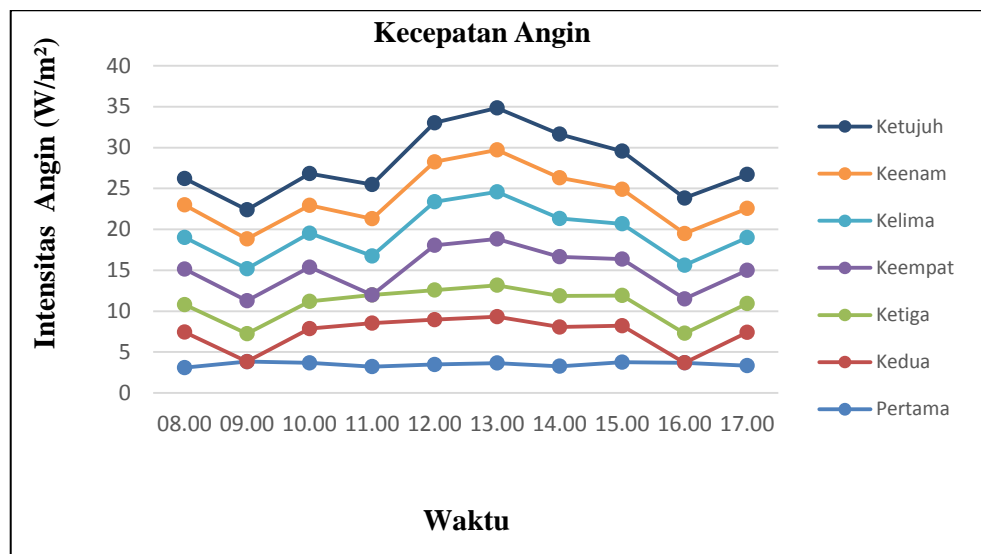
Penelitian dimulai dengan melakukan pengujian pada jam 08:00 sampai jam 17:00 WIB selama 7 hari untuk mendapatkan data pengujian yang berupa temperatur kolektor tembaga, temperatur kaca bagian dalam dan luar, temperatur air, udara dalam evaporator, temperatur lingkungan,

kecepatan angin dan intensitas matahari. Pada saat melakukan pengujian kecepatan angin yang terhembus pada lingkungan. Pengujian dapat mempengaruhi laju perpindahan panas pada kolektor. Untuk data kecepatan angin hasil pengujian di lapangan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Data kecepatan angin setiap hari pengujian.

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)						
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat	Kelima	Keenam	Ketujuh
08.00	3,09	4,35	3,35	4,35	3,87	3,98	3,22
09.00	3,82	4,00	3,42	4,03	3,91	3,65	3,56
10.00	3,67	4,19	3,33	4,18	4,15	3,41	3,89
11.00	3,22	5,31	3,45	5,30	4,76	4,56	4,18
12.00	3,47	5,48	3,63	5,47	5,32	4,87	4,78
13.00	3,66	5,66	3,85	5,65	5,76	5,13	5,13
14.00	3,27	4,78	3,82	4,78	4,67	4,98	5,34
15.00	3,76	4,45	3,71	4,44	4,32	4,21	4,67
16.00	3,69	4,20	3,61	4,19	4,12	3,87	4,34
17.00	3,34	4,07	3,52	4,06	4,01	3,56	4,15

Data kecepatan angin pada saat pengujian diperoleh dan bervariasi naik dan turun tidak dapat ditentukan tergantung kecerahan cuaca. Berikut grafik pebuhan kecepatan angin pada saat pengujian.



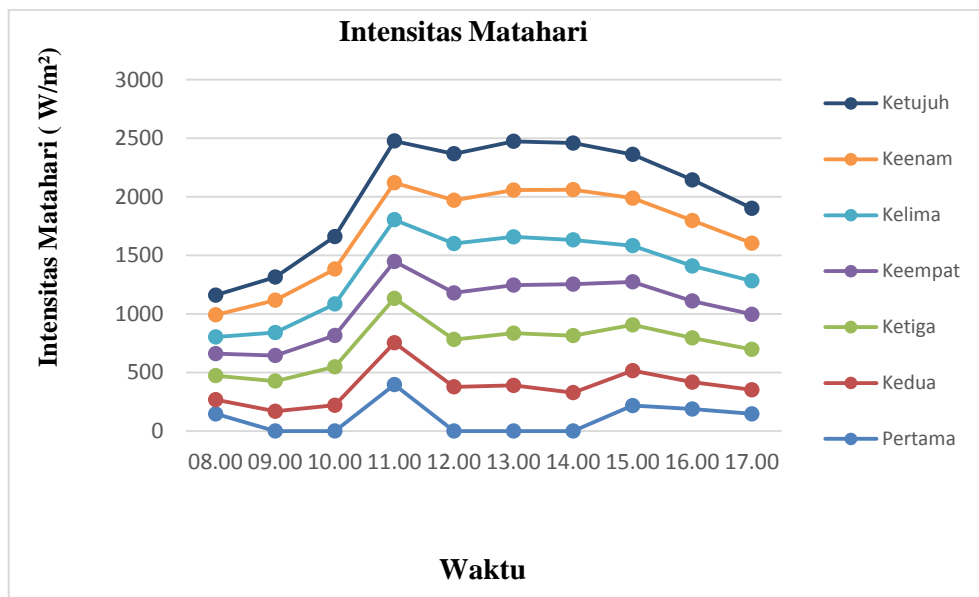
Gambar 3. Grafik waktu terhadap kecepatan angin pada setiap hari pengujian

Pada penelitian ini posisi matahari berada diarah timur ke barat, sehingga Penelitian meletakkan alat desalinasi kearah selatan yang bertujuan pada saat sore hari sinar matahari tidak akan membelakangi alat desalinasi yang dapat menyebabkan berkurangnya kinerja pada alat desalinasi. Intensitas matahari sangat mempengaruhi temperatur permukaan kaca, berikut akan ditampilkan pada tabel berikut.

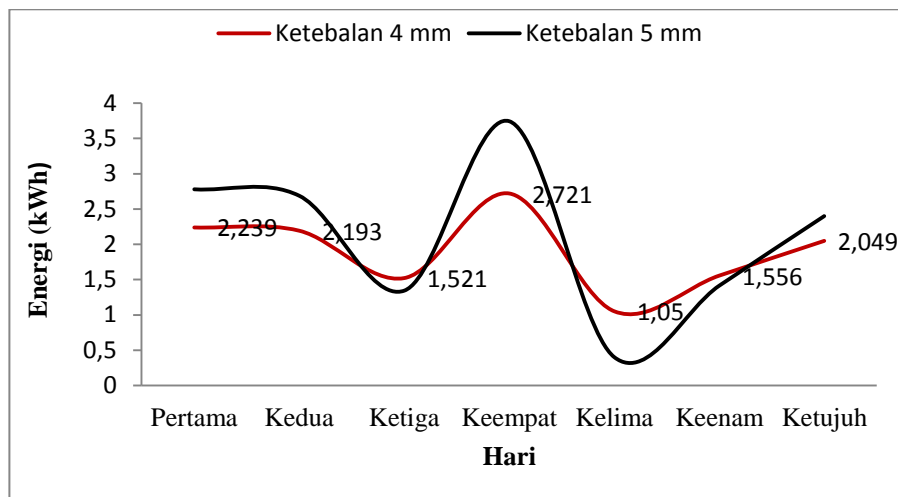
Tabel 2. Data Intensitas matahari setiap hari pengujian

Waktu	Intensitas Matahari W/m ²						
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat	Kelima	Keenam	Ketujuh
	145,78	121,76	205,78	187,45	142,65	188,98	167,87
09.00	212,40	168,51	258,56	217,65	196,11	276,45	197,56
10.00	382,40	219,67	328,43	267,65	269,51	298,34	276,87
11.00	396,18	357,45	378,91	315,21	357,19	315,66	356,78
12.00	421,60	377,31	404,67	397,14	421,78	369,79	397,45
13.00	413,10	389,14	446,32	410,67	411,89	399,13	417,23
14.00	351,80	327,98	487,12	438,98	378,43	428,67	397,67
15.00	216,78	298,32	391,11	367,87	309,16	405,21	374,12
16.00	187,67	229,41	378,22	315,25	298,67	387,98	346,97
17.00	145,98	205,78	345,67	298,67	286,43	321,19	298,18

Dengan melihat tabel diatas maka jelas terlihat tinggi rendahnya intensitas matahari pada setiap pengujianya, hal ini sangat mempengaruhi panas dari kolektor dan juga air yang dihasilkan dari alat desalinasi pada saat pengujian. Grafik intensitas matahari dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Grafik waktu terhadap intensitas matahari pada setiap hari pengujian



Gambar 4. Grafik energi yang diserap dengan ketebalan kaca yang berbeda

Pada gambar di atas dapat dilihat perbedaan jumlah energi yang diserap oleh kolektor saat pengujian. Semakin besar ketebalan kaca maka, energi panas akan lebih sulit masuk kedalam evaporator sehingga proses penyerapan panas akan semakin lambat. Hal ini di buktikan bahwa dengan pengujian hari yang sama, perbedaan jumlah energi yang diserap terlihat berbeda. Pada kaca dengan ketebalan 4 mm jumlah energi yang di serap selalu dominan lebih tinggi seperti pada hari ke empat yaitu mencapai 3,72 kW/hari dan pada kaca ketebalan 5 mm hanya mencapai 2,72 kW/hari. Dengan demikian jelas pemilihan ketebalan kaca harus diperhatikan tergantung dimana peralatan digunakan dengan mempertimbangkan kejadian-kejadian yang dapat merusak kaca.

KESIMPULAN

Setelah dilakukannya pengujian maka hasil dari pengumpulan data diperoleh bahwa kaca dengan ketebalan lebih kecil akan membuat alat desalinasi lebih cepat dalam menyerap energi panas. Walaupun demikian beberapa kondisi kemungkinan juga diperhatikan untuk menghindari kerusakan kaca. Dengan kecepatan angin pada hari keempat pengujian yaitu 5,67 m/s dan kuat intensitas matahari mencapai 397,14 W/m² diperoleh energi yang diserap oleh kolektor mencapai 3,72 kW/hari pada ketebalan kaca 4 mm. Sedangkan pada ketebalan yang berbeda yaitu 5 mm energi yang diserap kolektor hanya mencapai 2,72 kW/hari. Hal ini menunjukkan perbedaan ketebalan kaca berperan dalam menentukan terjadinya proses perpindahan panas konduksi dari luar evaporator ke dalam ruang evaporator.

SARAN

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan memperhatikan perubahan-perubahan yang terjadi pada saat pengujian dilakukan. Saran penulis untuk penelitian selanjutnya yaitu memperhatikan nilai cepat rambat panas pada pipa tembaga dengan memberikan perlakuan warna cat dan pemberian sirip agar meningkatkan cepat rambat panas dan memperluas area penerima panas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Siregar and W. S. Damanik, "Energy analysis desalination of single slope solar still," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 821, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/821/1/012046.
- [2] J. F. H. Saragi and W. S. Damanik, "Energy and Exergy Efficiency of Double Slope Passive Solar Still," *J. Mech. Eng. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 82–90, 2020, doi:

- 10.17977/um016v4i22020p082.
- [3] Siregar, C. A., Siregar, A. M., & Setiawan, D. (2021). Efek Penambahan APK Pipa Kapiler Bersirip Sebagai Penghantar Panas Terhadap Performance AC Pada Aplikasi ACWH. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(1), 1-7.
- [4] E. Prianto, B. Suyono, S. B. Pribadi, and M. S. Indraswara, "Resilient Disain Tropis Pada Bangunan Kampus Universitas Diponegoro Semarang," *Modul*, vol. 18, no. 1, p. 33, 2018, doi: 10.14710/mdl.18.1.2018.33-40.
- [5] W. S. D. Siregar, Munawar Alfansury, "Surya Model Lereng," *Rekayasa Mesin*, no. September 2020, pp. 193–201, 2021.
- [6] J. H. T. Saragi, F. H. Napitupulu, A. H. Nasution, and H. Ambarita, "Exergy analysis of double slope passive solar still," 2020, doi: 10.1088/1757-899X/725/1/012005.
- [7] Siregar, C. A., & Siregar, A. M., (2019). Studi Eksperimental Pengaruh Kemiringan Sudut Terhadap Alat Destilasi Air Laut Memanfaatkan Energi Matahari. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(2), 165-170.
- [8] H. Ambarita, "Study on the performance of natural vacuum desalination system using low grade heat source," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 8, no. July, pp. 346–358, 2016, doi: 10.1016/j.csite.2016.09.005.
- [9] M. A. Eltawil, Z. Zhengming, and L. Yuan, "A review of renewable energy technologies integrated with desalination systems," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 13, pp. 2245–2262, 2009, doi: 10.1016/j.rser.2009.06.011.
- [10] S. Kalogirou, "Seawater desalination using renewable energy sources," *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 31, no. 3, pp. 242–281, 2005, doi: 10.1016/j.peccs.2005.03.001.
- [11] S. Kumar, A. Dubey, and G. N. Tiwari, "A solar still augmented with an evacuated tube collector in forced mode," *Desalination*, 2014, doi: 10.1016/j.desal.2014.05.019.
- [12] D. B. Singh, J. K. Yadav, V. K. Dwivedi, S. Kumar, G. N. Tiwari, and I. M. Al-Helal, "Experimental studies of active solar still integrated with two hybrid PVT collectors," *Sol. Energy*, 2016, doi: 10.1016/j.solener.2016.02.024.
- [13] G. N. Tiwari, "Review on the energy and economic efficiencies of passive and active solar distillation systems," 2017.
- [14] D. B. Singh, G. N. Tiwari, I. M. Al-Helal, V. K. Dwivedi, and J. K. Yadav, "Effect of energy matrices on life cycle cost analysis of passive solar stills," *Sol. Energy*, vol. 134, pp. 9–22, 2016, doi: 10.1016/j.solener.2016.04.039.
- [15] G. N. Tiwari and A. K. Singh, "Efficiency Of Thermal Distiller : An Analytical Solar Double Slope And Experimental Studies," *Desalination*, vol. 82, pp. 223–232, 1991.
- [16] L. Sahota and G. N. Tiwari, "Review on series connected photovoltaic thermal (PVT) systems: Analytical and experimental studies," *Sol. Energy*, vol. 150, pp. 96–127, 2017, doi: 10.1016/j.solener.2017.04.023.
- [17] D. S. C A Siregar, A M Siregar, "Efek Penambahan APK Pipa Kapiler Bersirip Sebagai Penghantar Panas Terhadap Performance AC Pada Aplikasi ACWH," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 4, no. 1, pp. 131–139, 2021.