

Analisis Energi Pada Alat Desalinasi Tenaga Surya

Jandri Fan HT. Saragi^{1*}, Eka Putra Dairi Boangmanalu², Angga Bahri Pratama³, Franklin Taruyun Hudeardo Sinaga⁴, Al Qadry⁵, Wawan Septiawan Damanik^{6**}

^{1,2,3,4,5)} Teknik Mesin Politeknik Negeri Medan, Medan Indonesia

* Email : jandrisaragi@polmed.ac.id

⁶⁾ Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan Indonesia

** Email : wawanseptiawan@umsu.ac.id

ABSTRACT

In recent times, many studies have been carried out on desalination systems in areas that have difficulty in obtaining clean water sources. Desalination is a method used to distill salt water or brackish water into clean water using solar power as its energy source. This desalination process is a practical alternative that can be used to offer renewable energy sources that are used to produce clean water. To perform energy analysis, the first law of thermodynamics is used as a basis. This study aims to obtain the results of the amount of energy obtained from the solar desalination system and to determine the factors that greatly affect the amount of energy obtained from the system for evaporating water. The method used in this research is an experiment by testing a solar desalination device for eight days. The results show that the highest thermal energy produced is 8.98 kWh and the lowest is 1.56 kWh, and the factors that influence the amount of thermal energy are the heat transfer coefficient and the amount of distilled water produced by the system.

Keywords: Energy; desalination; water.

PENDAHULUAN

Air adalah sumber kehidupan di bumi terutama bagi manusia. Manusia membutuhkan air untuk berbagai kebutuhan lain, seperti mencuci, memasak, mandi, dan lainnya. Pada saat ini, sebagian besar daerah yang tinggal di daerah pinggiran pantai dan daerah lahan gambut hanya memiliki sedikit sumber air tawar sementara kebutuhan akan air tawar sangat meningkat. Masyarakat pada daerah yang memiliki sedikit sumber air tawar terpaksa menggunakan air yang sedikit keruh bahkan sangat keruh untuk memenuhi kebutuhan akan air.

Masyarakat yang tinggal di lahan gambut ataupun di daerah yang memiliki kelangkaan air sangat memerlukan sumber air yang bersih untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Di Indonesia, pada saat musim kemarau tiba, banyak daerah yang kekurangan air bersih bahkan mereka bersedia antri panjang dan mengeluarkan sejumlah uang untuk mendapatkan air bersih [1]. Masalah kurangnya air bersih ini dapat diatasi bila masyarakat memiliki cara baru untuk memproduksi air bersih sendiri. Data yang diperoleh dari WHO menunjukkan bahwa konsumsi air setiap manusia antara 60 sampai 120 liter perharinya bahkan akan meningkat drastic pada abad ke 20 dengan konsumsi mencapai 75-100 liter perhari [2].

Desalinasi adalah sebuah proses untuk memisahkan kadar garam yang dan unsur lain yang terlarut dari air, payau dan air laut. Untuk melakukan proses desalinasi diperlukan energi termal, sebab air akan menguap bila diberikan energi panas. Sejak dahulu, energi yang digunakan untuk proses desalinasi berasal dari energi konvensional yaitu bahan bakar dari minyak bumi. Bahan bakar yang berasal dari minyak bumi akan menghasilkan emisi gas beracun ke lingkungan serta biaya yang dikeluarkan termasuk tinggi untuk mendapatkan minyak bumi apalagi jika berada ditempat yang jauh dari kota. Untuk saat ini sudah banyak penelitian yang menggunakan energi terbarukan yaitu energi terbesar yang terdapat di sistem tata surya kita yaitu energi matahari yang penggunaannya sampai 57% [3]. Energi matahari adalah pancaran cahaya dan juga panas dari matahari yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan teknologi. Energi matahari dapat digunakan untuk memanaskan air sampai suhu 60°C [4], [5].

Energi termal adalah energi internal keseimbangan termodinamika yang sebanding dengan suhu mutlak dan dipindahkan sebagai panas dalam proses termodinamika. Dalam penelitian ini sumber energi termal berasal dari energi matahari. Energi termal digunakan untuk menguapkan air pada sistem desalinasi tenaga surya. Energi termal pada sistem diperoleh dari energi matahari melalui proses radiasi dimana di sistem desalinasi di tutup terbuat dari kaca sehingga dalam sistem terjadi perpindahan panas secara radiasi dan konveksi serta energi termal dalam sistem tidak terbuang ke lingkungan. Desalinasi tenaga surya telah lama digunakan yaitu sekitar dua ribu tahun silam dan dalam skala besar pada tahun 1874 untuk memenuhi kebutuhan air pada perang dunia kedua [6]. Pada masa yang akan datang sistem desalinasi tenaga surya akan banyak digunakan dan dikembangkan di seluruh dunia terutama di daerah gurun, pinggiran pantai dan daerah lahan gambut untuk memproduksi air [7].

Besarnya energi termal yang dihasilkan alat desalinasi tenaga surya telah diteliti sebelumnya diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Lovedeep Sahota dan G.N. Tiwari yang mendapatkan energi tahunan sebesar 1101, 64 kWh pada sistem pasif desalinasi tenaga surya dengan kemiringan ganda [6], penelitian yang dilakukan oleh Lovedeep Sahota, Shyam dan G.N. Tiwari menunjukkan hasil produksi energi termal tahunan sebesar 1101, 64 kWh [8], dan penelitian yang dilakukan oleh KR Rajan dan SC Kaushik dengan besarnya energi tahunan 325,50 kWh [9].

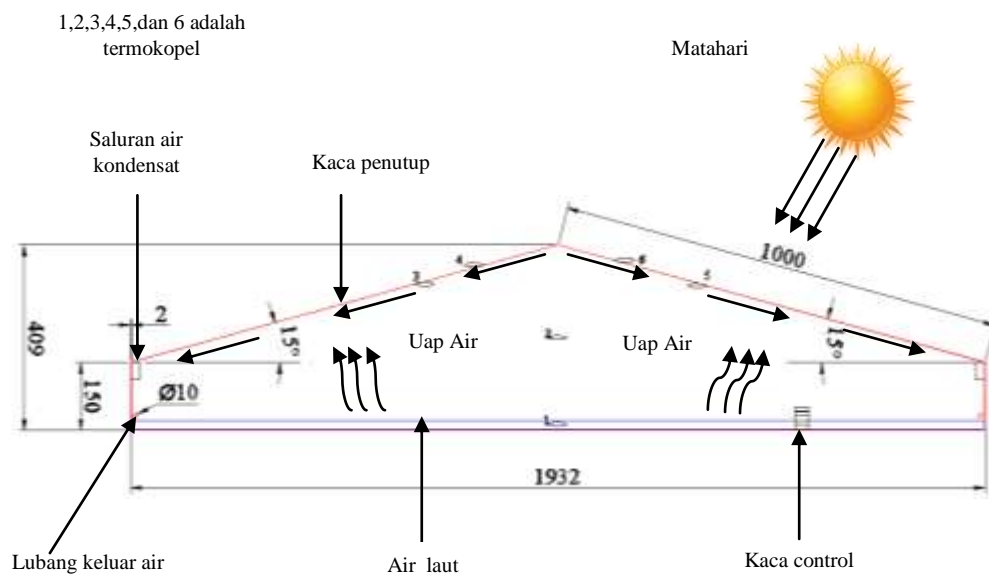
METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah eksperimen dengan menguji alat desalinasi tenaga surya selama delapan hari. Instrument penelitian ini menggunakan enam buah termokopel. Dua buah termokopel diletakkan di permukaan kaca bagian atas, dua buah di permukaan kaca bagian bawah, satu buah di dalam air laut dan satu buah untuk mengukur suhu lingkungan dalam basin diletakkan di dinding basin. Data lain yang diambil dari penelitian ini adalah data intensitas matahari, kecepatan angin dan temperatur lingkungan sekitar alat desalinasi. Basin pada penelitian ini menggunakan Aluminium Composite Panel (ACP) dengan ketebalan 3 mm. ACP ini dilapisi styrofoam dan aluminium foil agar tidak terjadi perpindahan panas secara konduksi dan konveksi ke udara bebas. Panjang basin yang digunakan adalah 2 m dengan lebar 1 m dan tinggi bagian bawah basin 150 mm serta tinggi bagian atas basin 409 sehingga membentuk sudut 15° . Ketebalan kaca yang digunakan adalah 3 mm dengan ukuran kaca 1000 x 1000 mm berjenis kaca bening. Untuk ukuran, dimensi dan symbol yang digunakan akan ditampilkan pada table 1 berikut ini:

Tabel 1 Ukuran, Dimensi dan Symbol

Simbol	Nilai	Simbol	Nilai
A_b	1,932 m x 1 m	α_g	0,05
K_g	0,78 (W/m $^\circ$ C)	α_b	0,8
L_g	0,003 m	α_w	0,6
K_i	0,039 (W/m $^\circ$ C)	ϵ_w	0,95
L_i	0,02 m	ϵ_g	0,95
θ	15°	σ	$5,67 \times 10^{-8}$ (W/m 2 K 4)
x	0,2595	A_{gE}	1 m x 1 m
M_w	38,640 Kg	A_{gW}	1 m x 1 m

Pada penelitian ini basin diletakkan ke arah timur dan barat dengan asumsi mendapatkan sinar matahari penuh dibandingkan menghadap ke utara dan selatan, hal ini dilakukan karena basin terdiri dari dua bagian kaca. Pada kaca bagian timur, diletakkan sebuah termokopel dibagian atas kaca dan sebuah lagi di bagian bawah untuk mengukur temperatur kaca demikian pula di sebelah barat. Sebuah termokopel diletakkan di dasar air untuk mengukur suhu air pada saat proses desalinasi berlangsung dan sebuah lagi diletakkan untuk mengukur suhu dalam basin. Sebuah termokopel diletakkan di dekat basin untuk mengukur suhu lingkungan sekitar bersamaan dengan sensor radiasi matahari dan kecepatan angina yang keluarannya langsung dalam bentuk MS Excel.



Gambar 1. Disain Alat Desalinasi



Gambar 2. Alat Desalinasi

Pada penelitian ini basin berfungsi sebagai evaporator dimana air laut akan diberikan panas matahari untuk menguap. Waktu yang diperlukan dalam penelitian ini adalah enam jam dimulai pada pukul 08.00 pagi dan berakhir pada pukul 06.00 sore. Langkah awal dalam penelitian ini adalah memasukkan air ke dalam tangki penampungan air untuk dialirkan ke dalam basin. Air di dalam basin diisi hingga pada batas kaca control yaitu 20 mm. Perekaman data dilakukan setiap jamnya sekaligus untuk mengontrol ketinggian air pada basin. Jika permukaan air pada basin berkurang maka perlu untuk membuka kran pada tangki penampungan. Air hasil kondensat akan keluar melalui aliran yang telah dibuat di pinggir kaca penutup melalui selang ke dalam penampungan air bersih.

1) Koefisien perpindahan panas

Hal pertama yang dilakukan dalam mendapatkan analisis energi termal adalah menghitung koefisien perpindahan panas yang terjadi yaitu perpindahan panas radiasi, konveksi dan evaporasi. Koefisien perpindahan panas radiasi (h_{rwg}) dapat dihitung menggunakan rumus [8],[9]:

$$h_{rwg} = \varepsilon_{eff} \sigma [(T_w + 273)^2 + (T_{gi} + 273)^2] (T_w + T_{gi} + 546) \quad (1)$$

Dimana σ adalah bilangan koefisien Stephan-Boltzman.

Untuk koefisien perpindahan panas konveksi terjadi antara kaca dan permukaan air dapat dihitung sebagai berikut [8],[9]:

$$h_{cwg} = 0.884 \left[(T_w - T_{gi}) + \frac{(P_w - P_{gi})(T_w + 273)}{2.689 \times 10^5 - P_w} \right]^{1/3} \quad (2)$$

Dimana,

$$P_w = \exp \left[25.317 - \left(\frac{5144}{273 + T_w} \right) \right] \quad (3)$$

$$P_{gi} = \exp \left[25.317 - \left(\frac{5144}{273 + T_{gi}} \right) \right] \quad (4)$$

Sedangkan untuk koefisien evaporasi yang terjadi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut [8],[9]:

$$h_{ewg} = 0.016273 h_{cwg} \left(\frac{P_w - P_{gi}}{T_w - T_{gi}} \right) \quad (5)$$

2) Hasil desalinasi

Hasil desalinasi selama satu jam dapat dihitung sebagai berikut [8][9]:

$$\dot{M}_{ew} = \frac{h_{ewg} (T_w - T_{gi}) 3600}{L} \quad (6)$$

Dimana L adalah panas laten udara lembab dalam J/kg dan diberikan oleh persamaan [4],[9]:

$$L = 3.1615 \times 10^6 + \left[1 - (7.6166 \times 10^{-4} T_v) \right] \text{ for } T_v > 70^\circ\text{C} \quad (7)$$

$$L = 2.4935 \times 10^6 \left[1 - \left(\frac{9.4779 \times 10^{-4} (T_v) + 1.3132 \times 10^{-7} (T_v^2) - 4.7974 \times 10^{-9} (T_v^3)}{1} \right) \right] \quad (8)$$

dimana $T_v < 70^\circ\text{C}$

3) Analisis energi

Setiap jam energi sistem yang digunakan untuk mendapatkan air suling, diberikan sebagai berikut [10]:

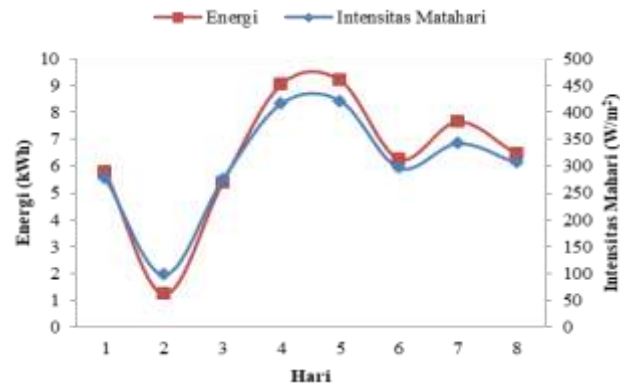
$$E_{per\ jam, En} = \left[h_{ewgE} (T_w - T_{giE}) + h_{ewgW} (T_w - T_{giW}) \right] A_b \quad (9)$$

dan efisiensi termal per jam dapat dinyatakan sebagai berikut [11], [10], [12]:

$$\eta_{th} = \frac{\left[\dot{M}_{ewE} + \dot{M}_{ewW} \right] \times L}{\left[A_{gE} I_{SE}(t) + A_{gW} I_{SW}(t) \right] \times 3600} \times 100\% \quad (10)$$

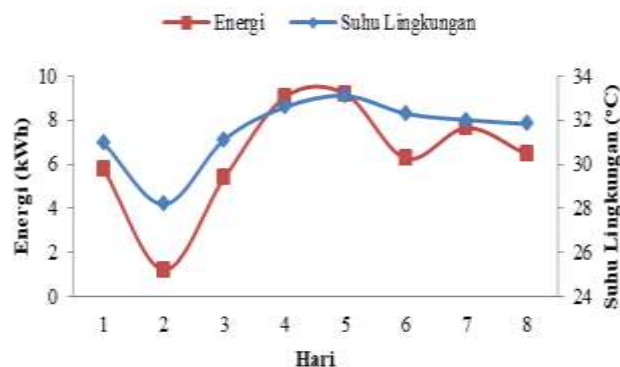
HASIL DAN PEMBAHASAN

Energi termal pada sistem desalinasi bersumber dari energi matahari untuk menguapkan air, sehingga semakin besar energi termal yang dihasilkan, semakin banyak pula uap air yang dihasilkan. Gambar 3 menunjukkan grafik hubungan antara intensitas matahari terhadap besarnya energi yang dihasilkan pada penyuling air tenaga surya sistem pasif dengan kemiringan ganda. Dari gambar dapat dilihat bahwa peningkatan maupun penurunan energi termal sebanding dengan intensitas matahari. Hari kelima merupakan hari dimana intensitas matahari terbesar yang diperoleh sehingga energi termal yang dihasilkan pada hari kelima merupakan energi yang tertinggi dibandingkan dengan hari lainnya.



Gambar 3. Grafik Intensitas Matahari terhadap Energi

Gambar 4 menunjukkan grafik hubungan antara temperatur lingkungan terhadap besarnya energi yang dihasilkan pada penyuling air tenaga surya sistem pasif dengan kemiringan ganda. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa energi termal yang digunakan untuk menghasilkan air pada hari pertama yaitu sebesar 5,78 kWh, energi termal yang digunakan untuk menghasilkan air pada hari kedua yaitu sebesar 1,56 kWh, energi termal yang digunakan untuk menghasilkan air pada hari ketiga yaitu sebesar 5,39 kWh, energi termal yang digunakan untuk menghasilkan air pada hari keempat yaitu sebesar 9,04 kWh, energi termal yang digunakan untuk menghasilkan air pada hari kelima yaitu sebesar 8,98 kWh, energi termal yang digunakan untuk menghasilkan air pada hari keenam yaitu sebesar 6,26 kWh, energi termal yang digunakan untuk menghasilkan air pada hari ketujuh yaitu sebesar 7,65 kWh, dan energi termal yang digunakan untuk menghasilkan air pada hari kedelapan yaitu sebesar 6,44 kWh. Temperatur lingkungan tertinggi berada pada hari kelima, hal ini menunjukkan bahwa temperatur lingkungan cenderung mengikuti besarnya intensitas matahari. Pada hari kelima energi yang dihasilkan sebesar 8,98 kWh dan terendah sebesar 1,56 kWh yang terjadi pada hari kedua penelitian.



Gambar 4. Grafik Suhu Lingkungan terhadap Energi

Energi termal yang dihasilkan pada alat desalinasi tenaga surya pada penelitian ini menghasilkan jumlah energi yang lebih besar dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Lovedeep Sahota dan G.N. Tiwari yang mendapatkan energi tahunan sebesar 1101,64 kWh pada sistem pasif desalinasi tenaga surya dengan kemiringan ganda atau dengan kata lain, menghasilkan energi harian sebesar 3,01 kWh dan penelitian yang dilakukan oleh KR Rajan dan SC Kaushik dengan besarnya energi tahunan 325,50 kWh atau besarnya energi harian 0,89 kWh. Perbedaan hasil harian ini disebabkan oleh perbedaan temperatur lingkungan dan intensitas matahari yang menyebabkan perbedaan koefisien perpindahan panas yang terjadi pada sistem. Energi termal tergantung pada koefisien perpindahan panas dan jumlah air yang dihasilkan. Jika koefisien perpindahan yang terjadi tinggi, maka energi termal yang dihasilkan dalam sistem semakin besar. Semakin rendah

temperatur dalam kaca dan semakin luas basin yang digunakan maka energi termal juga semakin besar. Rendahnya energi termal pada hari kedua karena intensitas matahari yang rendah, sehingga koefisien evaporasi menjadi lebih rendah [13].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang di peroleh dalam penelitian ini, diketahui bahwa besarnya energi termal yang dihasilkan berada pada hari kelima dengan energi sebesar 8,98 kWh dan energi terendah sebesar 1,56 yang dihasilkan pada hari kedua. Energi termal dipengaruhi oleh faktor koefisien perpindahan panas dan banyaknya air yang dihasilkan oleh sistem. Koefisien perpindahan panas dipengaruhi oleh intensitas matahari dan temperatur lingkungan, hal ini juga terjadi pada besarnya jumlah air yang dihasilkan. Semakin besar koefisien perpindahan panas dan jumlah air yang dihasilkan maka semakin besar pula energi yang dihasilkan oleh sistem.

Keterangan simbol

A_b	= Luas bak penyuling matahari (m^2)
A_{gE}	= Luas permukaan penutup kondensasi sisi timur (m^2)
A_{gW}	= Luas permukaan penutup kondensasi sisi barat (m^2)
h_{cwg}	= Koefisien perpindahan panas konveksi dari fluida dasar ($W/m^2\ ^\circ C$)
h_{ewgE}	= Koefisien perpindahan panas evaporasi dari fluida dasar ke sisi timur kaca penutup ($W/m^2\ ^\circ C$)
h_{ewgW}	= Koefisien perpindahan panas evaporasi dari fluida dasar ke sisi barat kaca penutup ($W/m^2\ ^\circ C$)
h_{rwg}	= Koefisien perpindahan panas radiasi dari fluida dasar ke kaca penutup ($W/m^2\ ^\circ C$)
$I(t)$	= Total intensitas matahari pada penutup (W/m^2)
I_{SE}	= Intensitas matahari di sisi timur penutup kondensasi (W/m^2)
I_{SW}	= Intensitas matahari di sisi barat penutup kondensasi (W/m^2)
L	= Panas laten penguapan (J/kg)
M_{ewE}	= Hasil yang diperoleh dari sistem sebelah timur (kg)
M_{ewW}	= Hasil yang diperoleh dari sistem sebelah barat (kg)
P_{gi}	= Tekanan parsial jenuh kaca (N/m^2)
P_w	= Tekanan parsial jenuh air (N/m^2)
T_a	= Temperatur dalam evaporator ($^\circ C$)
T_{giE}	= Temperatur dalam penutup kondensasi sisi timur penyuling ($^\circ C$)
T_{giW}	= Temperatur dalam penutup kondensasi sisi barat penyuling ($^\circ C$)
T_{gi}	= Temperatur dalam penutup kondensasi ($^\circ C$)
T_v	= Temperatur uap ($^\circ C$)
T_w	= Temperatur fluida dasar ($^\circ C$)
T_s	= Temperatur matahari ($^\circ C$)
σ	= Koefisien Stephan–Boltzman (W/m^2K^4)
ϵ_{eff}	= Emisivitas efektif
η_{th}	= Efisiensi Energi termal (%)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. H. T. Saragi, F. H. Napitupulu, A. H. Nasution, and H. Ambarita, "Exergy analysis of double slope passive solar still," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 725, no. 1, 2020.
- [2] P. Durkaieswaran and K. K. Murugavel, "Various special designs of single basin passive solar still - A review," *Renew. Sustain. Energi Rev.*, vol. 49, pp. 1048–1060, 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.04.111.
- [3] M. A. Eltawil, Z. Zhengming, and L. Yuan, "A review of renewable energi technologies integrated with desalination systems," *Renew. Sustain. Energi Rev.*, vol. 13, no. 9, pp. 2245–2262, 2009.
- [4] K. Sampathkumar, T. V. Arjunan, P. Pitchandi, and P. Senthilkumar, "Active solar

- distillation-A detailed review,” *Renew. Sustain. Energi Rev.*, vol. 14, no. 6, pp. 1503–1526, 2010.
- [5] L. Sahota, Shyam, and G. N. Tiwari, “Analytical characteristic equation of nanofluid loaded active double slope solar still coupled with helically coiled heat exchanger,” *Energi Convers. Manag.*, vol. 135, pp. 308–326, 2017.
- [6] A. K. Tiwari and G. N. Tiwari, “Effect of water depths on heat and mass transfer in a passive solar still: in summer climatic condition,” *Desalination*, vol. 195, no. 1–3, pp. 78–94, 2006.
- [7] J. F. H. Saragi and W. S. Damanik, “Energi and Exergy Efficiency of Double Slope Passive Solar Still,” *J. Mech. Eng. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 82–90, 2020.
- [8] D. B. Singh, G. N. Tiwari, I. M. Al-Helal, V. K. Dwivedi, and J. K. Yadav, “Effect of energi matrices on life cycle cost analysis of passive solar stills,” *Sol. Energi*, vol. 134, pp. 9–22, 2016.
- [9] K. R. Ranjan and S. C. Kaushik, “Energi, exergy and thermo-economic analysis of solar distillation systems: A review,” *Renew. Sustain. Energi Rev.*, vol. 27, pp. 709–723, 2013.
- [10] V. K. Dwivedi and G. N. Tiwari, “Comparison of internal heat transfer coefficients in passive solar stills by different thermal models: An experimental validation,” *Desalination*, vol. 246, no. 1–3, pp. 304–318, 2009.
- [11] O. Ansari, M. Asbik, A. Bah, A. Arbaoui, and A. Khmou, “Desalination of the brackish water using a passive solar still with a heat energi storage sistem,” *Desalination*, vol. 324, pp. 10–20, 2013.
- [12] V. K. Dwivedi and G. N. Tiwari, “Annual Energi and Exergy Analysis of Single and Double Slope Passive Solar Stills,” *Trends in Applied Sciences Research*, vol. 3, pp. 225–241, 2008, [Online].
- [13] Mhd Irwansyah Putra, Ahmad Syuhada & Arya Rudi Nasution, Efektivitas Pengeringan Pada Kolektor Surya Dengan Sudut Kemiringan 130° menggunakan Bahan Absorber, *Jurnal*