

Penggunaan Bahan Alami Briket Arang Kayu sebagai Penyerap dan Penyimpan Kalor Solar Still Desalinasi Interfasial

Figo Alfari¹⁾, Muhamad Jafri^{2*)}, Ben Vasco Tarigan³⁾

¹⁻³⁾ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana
Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp. (0380)881597

*Corresponding author: muhamad_jafri@staf.undana.ac.id

ABSTRAK

Desalinasi adalah salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk mengurangi kadar garam yang terlarut dalam air laut. Mengingat energi surya yang tidak terbatas, metode desalinasi solar still diharapkan dapat digunakan di daerah terpencil dan miskin tanpa polusi dan konsumsi material bakar fosil yang berlebihan. Dalam penelitian ini, menggunakan arang dari Kusambi kering (*Schleichera oleosa*) diberi kode SO_W sebagai material penyerap dan penyimpan kalor berbasis karbon, memiliki karakteristik berpori dan daya serap energi yang tinggi sehingga akan membentuk permukaan yang lebih luas untuk radiasi dan konveksi. Percobaan dilakukan pada 4 basin dengan menggunakan *Styrofoam* berisi briket arang dengan banyaknya penampang 4, 6, dan 8 bagian dengan perbedaan ukuran dan luas dalam 1 bagian absorber selama 8 jam di bawah sinar matahari. Basin tanpa arang juga diuji sebagai pembandingan. Temperatur diukur di beberapa titik dalam basin untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi evaporasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, menambahkan material penyerap kalor dalam basin, mampu mempercepat air laut mencapai titik didihnya sehingga dapat menguap (evaporasi). Temperatur dan kelembaban dalam tiap basin pula memiliki tren perubahan yang serupa dimana temperatur sangat dipengaruhi oleh radiasi matahari. Penggunaan briket arang juga dapat meningkatkan laju perpindahan kalor konveksi dan evaporasi di dalam basin, serta efisiensi maksimum pada basin 2 dengan variasi 6 petak sebesar 39,97 %, diikuti dengan variasi 4 petak pada basin 1 sebesar 38,32 %, dan variasi 8 petak pada basin 3 sebesar 37,59 %. Sedangkan pada basin 4 dengan variasi tanpa arang diperoleh efisiensi sebesar 34,96 %.

ABSTRACT

*Considering that solar energy is unlimited, it is hoped that the solar still distillation method can be used in remote and poor areas without pollution and excessive consumption of fossil fuel materials. In this research, charcoal from dried Kusambi (*Schleichera Oleosa*) coded SO_W is used as a carbon-based heat absorbing and storing material, which has porous characteristics and high energy absorption so that it forms a wider surface for radiation and convection. The experiment was carried out in 4 basins using Styrofoam containing charcoal briquettes with a cross-section of 4, 6, and 8 sections with different sizes and areas in 1 absorber section for 8 hours under sunlight. Basins without charcoal were also tested as a comparison. Temperature is measured at several points in the basin to identify factors influencing evaporation. The results of the research show that adding heat-absorbing material to the basin can accelerate seawater to reach its boiling point so that it can evaporate (evaporation). Temperature and humidity in each basin also have similar changing trends where temperature is strongly influenced by solar radiation. The use of charcoal briquettes can also increase the rate of convection and evaporation heat transfer in the basin, as well as maximum efficiency in basin 2 with a variation of 6 plots of 39.97%, followed by a variation of 4 plots in basin 1 of 38.32%, and a variation of 8 plots in basin 3 it was 37.59%. Meanwhile, in basin 4 with the variation without charcoal, the efficiency was 34.96%.*

Keywords: Solar energy; desalination; interfacial desalination, charcoal adsorbent

PENDAHULUAN

Sekitar 70% dari total populasi global akan mengalami kelangkaan air yang parah.

Kelangkaan air tidak hanya berdampak pada manusia, tumbuhan, namun juga berdampak pada satwa liar [1]. Untuk mengatasi masalah ini, berbagai teknologi telah dikembangkan

untuk memproduksi air tawar dari air asin atau bahkan air yang tidak layak konsumsi, yang salah satunya adalah metode desalinasi [2].

Desalinasi adalah salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk mengurangi kadar garam yang terlarut dalam air laut. Banyak metode desalinasi yang telah berkembang seperti; multi-stage Flash (MSF), Reverse Osmosis (RO) dan Multi-Effect Distillation (MED) [3], Membran (MD) [4]. Namun, teknologi desalinasi air laut ini terdapat masalah utama terkait sumber energi yang digunakan yaitu energi listrik, mekanik, serta kalor, tidak mudah diperoleh dan sering menimbulkan masalah lingkungan seperti CO₂ yang berbahaya selama proses. Salah satu sumber energi yang tak terbatas, murah dan dapat digunakan dimana saja yaitu matahari, dapat digunakan dimana adalah energi surya. Menurut [5], energi surya adalah energi terbarukan yang menjanjikan untuk produksi air bersih.

Dibandingkan dengan teknologi desalinasi air laut lainnya, desalinasi surya antar-muka (*solar-driven interfacial desalination*) adalah metode baru yang potensial dengan memanfaatkan material absorber yang tinggi penyerapan kalor, yaitu nanoparticles [6], kantong sampah berwarna hitam (BTB), kain karbon (CF) (dibeli dari Fuel Cells Dll), dan poliester kemasan hitam (BPP) [7], kolektor surya pasif basin tunggal [8]; [9]. Arang adalah bahan berbasis karbon yang juga berpori dan sangat menyerap energi, menciptakan luas permukaan yang lebih besar untuk radiasi dan konveksi.

Menambahkan arang ke dalam air laut akan meningkatkan efisiensi evaporasi dikarenakan terjadi penyerapan energi matahari ke air [10], blok arang meningkatkan perbaikan sebesar 8% [11], arang tempurung kelapa [12], arang tipe tubular [13], material yang baik untuk absorber/evaporator dan medium transport air [14]. Menggunakan arang sebagai media penyerap kalor dan sumbu memberikan peningkatan produktivitas sebesar 15% dibandingkan penyulingan tipe sumbu, juga memiliki keunggulan kapasitas termal rendah, ringan, dan kemudahan

pengoperasian [15], efisiensi desalinasi 28,19% [16].

Menurut [17], semakin luas permukaan bidang kontak antara cairan dengan pemanas, maka semakin banyak molekul air yang teruapkan sehingga proses evaporasi akan semakin cepat. Maka untuk meningkatkan laju evaporasi dan efisiensi yang maksimum, perlu dilakukan pengujian luasan absorber arang dalam prosves desalinasi air laut.

METODE PENELITIAN

Basin Preparation

Bahan untuk basin adalah plywood 12 mm (sebagai kover luar), akrilik hitam 2 mm (sebagai kover dalam), kaca transparan 2 mm sebagai penutup basin dan tempat terjadinya proses kondensasi. Penggunaan kaca ini sudah di teliti sebelumnya yaitu ketebalan kaca [18]; [19], sudut penutup kaca relatif terhadap horizontal [20], dua kaca penutup [21]; [22]. Pipa pipa plastic ¼ inci sabagai saluran untuk distilat. Ukuran basin dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Dimensi basin desalinasi tenaga surya

Penyiapan Absorbent

Sebagai isolator dan penyerap kalor dalam pengujian ini adalah akrilik yang dicat hitam (kover bagian dalam) basin, juga briket arang yang berasal dari kayu Kusambi kering (*Schleichera oleosa*) yang diletakan dalam basin bersama air laut. Dalam penelitian ini briket arang yang berasal dari kayu Kusambi kering (*Schleichera oleosa*) diberi kode SO_W. Peneliti sebelumnya menggunakan blok arang [11], batu bara dan arang [10], arang [23].

Arang dihaluskan dan disaring hingga menjadi butiran-butiran arang, lalu ditimbang

dengan massa 1 kg. Tepung kanji ditimbang dengan massa 70 gr, lalu dimasak dengan campuran air hingga mengental dan dicampur ke butiran arang kemudian diaduk hingga merata. Campuran briket kemudian ditimbang untuk tiap bagian cetakan styrofoam, ketebalan bagian 10 mm seberat 75 gr, ketebalan bagian 15 mm seberat 112,5 gr dan ketebalan bagian 20 mm seberat 150 gr. 4. Briket yang telah dimasukkan ke dalam styrofoam kemudian dijemur selama 1 hari hingga kering mengeras dan berbentuk briket.



Gambar 2. Konstruksi penyerap briket arang SO_W

Eksperimen.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Nusa cendana dengan posisi 10°09'10.6"S 123°40'07.5"E, pada tanggal 12 April 2023 mulai jam 08:00 sampai 16:00. Terdapat 4 (empat) basin yang diuji dengan variasi luasan briket arang/blok. Basin 1 (100 cm²/blok), basin 2 (67 cm²/blok), basin 3 (50.05 cm²/blok), dan basin 4 tanpa blok arang.



Gambar 3. Situasi pengujian 4 basin desalinasi

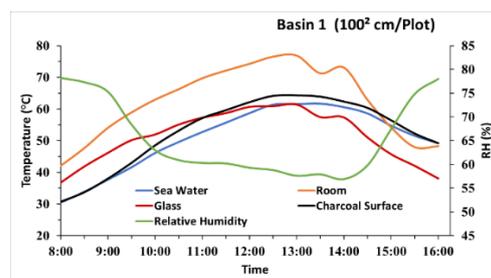
Data-data yang diukur seperti temperatur menggunakan sensor Termokopel Max6675 yang terhubung dengan Arduino

Mega sebagai data logger. Sensor temperatur diletakkan pada; kaca pentup basin, ruang basin, permukaan briket arang dan permukaan air laut.

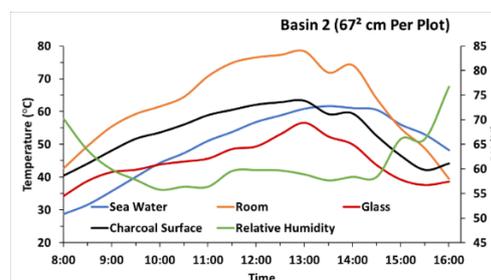
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Intensitas Radiasi Matahari, Temperatur dan Kelembaban.

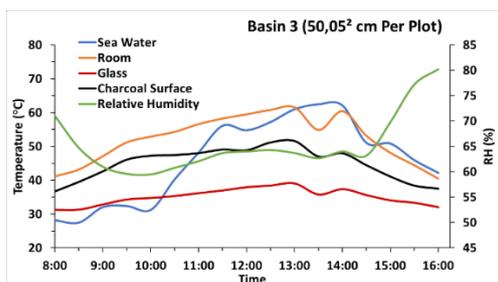
Intensitas matahari sangat mempengaruhi perubahan temperatur dan kelembaban baik dalam dalam basin maupun luar basin (lingkungan). Perubahan intensitas radiasi matahari berbanding lurus terhadap temperatur dan berbanding terbalik dengan kelembaban. Perubahan temperatur hasil pengukuran pada permukaan air laut, permukaan briket arang, ruang basin, kaca penutup dan kelembaban dalam basin dapat dilihat pada gambar 4. A, B, C, dan D untuk masing-masing variabel luasan briket arang Basin 1 (100 cm²/blok), basin 2 (67 cm²/blok), basin 3 (50.05 cm²/blok), dan basin 4 tanpa blok arang.



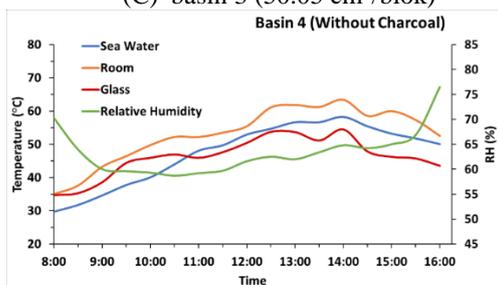
(A) Basin 1 (100 cm²/blok)



(B) basin 2 (67 cm²/blok)



(C) basin 3 (50.05 cm²/blok)



(D) basin 4 tanpa blok arang

Gambar 4. Grafik hubungan intensitas radiasi matahari, temperatur dan kelembaban untuk setiap variabel.

Pada basin (A), (B), (C), (D) menunjukkan bahwa kondisi awal dalam basin adalah kelembaban tinggi dan temperatur rendah. Dengan adanya perpindahan kalor radiasi matahari ke dalam basin melalui kaca transparan, selanjutnya konveksi di dalam basin maka temperatur meningkat. Peningkatan temperatur ini menyebabkan penurunan kelembaban dalam basin. Kenaikan temperatur berlangsung sampai jam 14:00. Jam 14:00 sampai akhir pengujian jam 16:00, temperatur menurun secara perlahan. Kenaikan dan penurunan temperatur ini diakibatkan oleh intensitas matahari yang mana sampai jam 14:00 meningkat lalu menurun sampai sore. Peningkatan temperatur ini diikuti penurunan kelembaban dalam ruang basin. Keadaan ini memiliki fenomena yang sama untuk semua basin (media uji).

Untuk semua basin, temperatur tertinggi adalah pada ruang basin, hal ini terjadi karena pada ruang basin terjadi dua proses yaitu proses penguapan dan kondensasi dalam ruangan yang sama. Temperatur pada permukaan briket arang dipengaruhi sifat material arang benda padat yaitu memiliki

kemampuan menyerap dan menyimpan kalor, jika dibandingkan dengan temperatur pada permukaan air laut. Temperatur terendah adalah pada permukaan kaca yang masih dipengaruhi oleh temperatur lingkungan. Temperatur kaca yang rendah diperlukan agar proses kondensasi berlangsung sempurna. Fenomena ini dialami oleh basin 1, basin 2 dan basin 3, kecuali basin 4 sebagai kontrol tanpa tanpa briket arang (absorber).

Analisis Laju Evaporasi dan Efisiensi Desalinasi

Data-data hasil pengukuran, intensitas, temperatur, dan kelembaban digunakan untuk menganalisis laju evaporasi dan efisiensi desalinasi. Dalam menganalisis laju evaporasi, perlu dilakukan analisis laju perpindahan kalor konveksi. Perpindahan kalor konveksi antara permukaan air dan kaca dianalisis menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh; [24]:

$$q_{cwg} = h_{cwg}(T_w - T_{gi}) \quad (1)$$

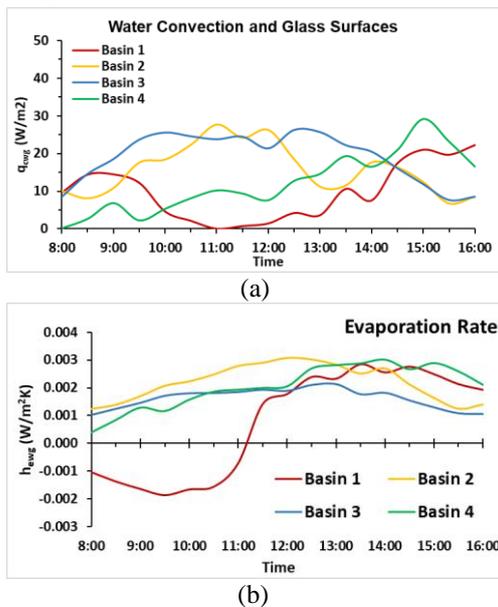
Keterangan: q_{cwg} = Laju perpindahan kalor konveksi (W/m^2K), T_w = suhu permukaan air ($^{\circ}C$), T_{gi} = suhu permukaan kaca bagian dalam ($^{\circ}C$).

Sedangkan untuk menganalisis laju evaporasi menggunakan persamaan yang digunakan [24];

$$h_{ewg} = \frac{9,15 \times 10^{-7} h_{cwg} (P_w - P_{gi}) h_{ev}}{(T_w - T_{gi})} \quad (2)$$

Keterangan; h_{ewg} = koefisien perpindahan kalor evaporasi (W/m^2K), h_{fg} = entalpi penguapan (kJ/kg).

Hasil analisis laju perpindahan kalor konveksi dan laju evaporasi ditunjukkan gambar 5. (a) dan 5 (b). Kedua grafik ini menunjukkan nilai laju perpindahan kalor konveksi dan koefisien laju evaporasi basin 2 yang paling tinggi dari pukul 08.00 hingga pukul 16.00, diikuti dengan basin 4, basin 1, dan basin 3. Kemudian menurun disebabkan oleh penurunan intensitas matahari. Terlihat basin 4 memiliki laju perpindahan kalor konveksi dan laju evaporasi yang lebih baik, dibandingkan basin yang lainnya.



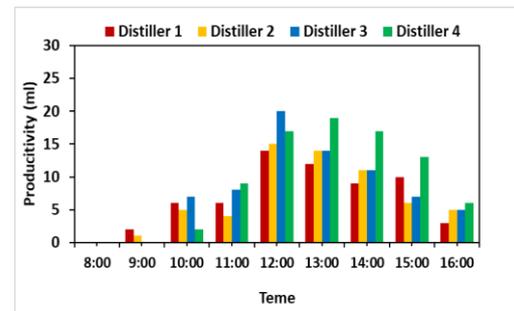
Gambar 5. (a) Laju perpindahan kalor konveksi; (b) laju evaporatif dalam basin.

Produktivitas Desalinasi

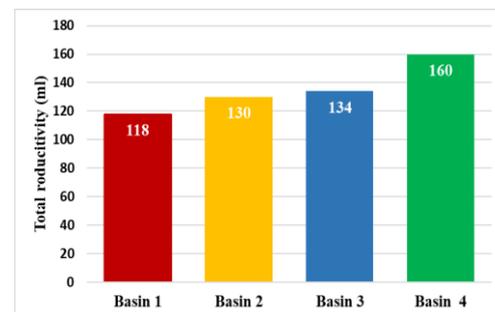
Air desalinasi merupakan hasil akhir dari proses penyulingan yang terbentuk melalui proses kapilaritas air laut, penguapan hingga mencapai proses kondensasi. Pada penelitian ini produktivitas hasil desalinasi sangat dipengaruhi oleh sumber energi kalor yang diterima yaitu radiasi matahari. Semakin tinggi intensitas radiasi matahari maka temperatur semakin meningkat dan air laut mampu mencapai titik didihnya. Namun kenaikan temperatur menyebabkan penurunan RH sehingga menyulitkan molekul uap air mencapai titik embun. Hal ini menghambat laju kondensasi dan pembentukan distilat.

Selanjutnya pada basin 1, dan 2 sudah mulai memproduksi air desalinasi pada pukul 9.00, Sedangkan, basin 3 dan 4 baru memproduksi pada pukul 09.30. Hasil ini membuktikan bahwa penggunaan briket arang sebagai penyimpan kalor berhasil meningkatkan laju evaporasi air laut dan produktivitas air desalinasi. Keterlambatan produktivitas basin 3 dikarenakan basin 3 membutuhkan intensitas matahari yang lebih tinggi dibandingkan basin 1 dan 2. Intensitas

matahari juga mempengaruhi produktivitas air desalinasi. Pukul 13.30 saat intensitas matahari mulai menurun yang umumnya disebabkan oleh adanya awan yang menutupi sinar matahari, basin 3 dengan variasi 8 petak menunjukkan produktivitas air desalinasi yang lebih banyak dibandingkan basin lainnya dikarenakan proses kapilaritas yang lebih cepat. Sedangkan basin 4 yang tanpa menggunakan arang, produktivitas air desalinasi tetap meningkat karena banyak uap air yang telah menempel pada kaca, sehingga saat intensitas matahari menurun terjadi penurunan temperatur ruangan akibatnya terjadi kondensasi. Selain itu, pengkabutan uap air pada permukaan kaca dan tidak begitu menghalangi radiasi matahari masuk untuk memanaskan air dalam basin, yang mengakibatkan proses kondensasi akan lebih baik dan produktivitas air desalinasi lebih baik, walaupun temperatur permukaan air laut tidak semaksimal jika dengan menggunakan material arang.



Gambar 6. Grafik produktivitas air desalinasi (setiap 30 menit)



Gambar 7. Total produksi destilat selama 8 jam

Total air desalinasi antara basin 1, 2, 3 dan basin 4 disajikan pada Gambar 7. Air desalinasi maksimal diperoleh pada basin 4 sebanyak 160 ml, diikuti basin 3 sebanyak 134 ml, basin 2 sebanyak 130 ml dan basin 1 sebanyak 118 ml. Dengan perbedaan hasil yang diperoleh pada setiap basin ini dapat menunjukkan bahwa pada basin 1, 2 dan 3 yang diberikan *styrofoam* berisi arang dengan perbedaan ukuran akan mempengaruhi temperatur dan kalor laten pada air laut dalam menghasilkan air desalinasi. Sedangkan pada basin 4, laju produktivitas air desalinasi cenderung konsisten seiring dengan naik turunnya intensitas matahari tanpa adanya hambatan proses kapilaritas air laut.

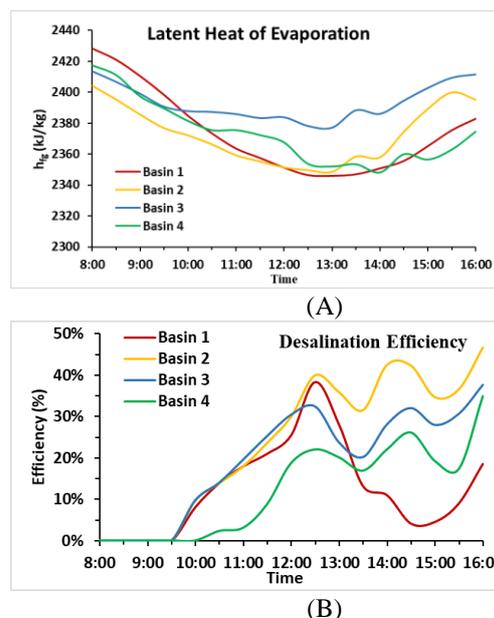
Efisiensi Desalinasi Tenaga Surya

Efisiensi didefinisikan sebagai rasio total kalor laten yang dihasilkan oleh penguapan air desalinasi dengan kalor yang masuk dari radiasi matahari [25]. Hal ini dapat dinyatakan secara matematis sebagai:

$$\eta_d = \frac{m_d \times h_{fg}}{A \times I_s} \times 100 \% \quad (4)$$

Keterangan, m_d adalah produksi air desalinasi, h_{fg} adalah kalor laten penguapan, A adalah luasan penerima radiasi matahari, dan I_s adalah radiasi matahari.

Kalor laten evaporasi merupakan sifat fisik dari suatu zat, yang dapat didefinisikan sebagai besaran kalor atau energi yang diperlukan untuk mengubah fasa air laut menjadi uap pada temperatur yang tetap. Gambar 7.A terlihat bahwa basin 2 memiliki nilai kalor laten yang paling rendah dibandingkan ketiga basin lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa basin 2 memerlukan energi kalor yang lebih sedikit untuk menguapkan air laut. Berbeda dengan basin 1, 3 dan 4, basin 2 dengan variasi 6 petak mampu meningkatkan penyerapan kalor pada air laut karena dengan banyaknya petakan briket tersebut, gabus (*styrofoam*) tidak hanya mengambang di permukaan air melainkan *styroam* mengisi sebagian volume air laut sehingga mampu lebih cepat mencapai titik didihnya.



Gambar 1. (a) Kalor laten (entalpi) penguapan; (b) Efisiensi desalinasi setiap basin

Perbandingan efisiensi antara basin 1, 2, 3 dan 4 ditampilkan pada gambar di atas diperoleh efisiensi maksimum pada basin 2 dengan variasi 6 petak sebesar 46,67 %, diikuti dengan variasi 4 petak pada basin 1 sebesar 38,32 %, dan variasi 8 petak pada basin 3 sebesar 37,59 %. Sedangkan pada basin 4 dengan variasi tanpa arang diperoleh efisiensi sebesar 34,96 %. Efisiensi desalinasi ini dipengaruhi oleh 4 faktor yaitu, produktivitas air desalinasi per jam, kalor laten evaporasi, intensitas matahari dan luasan penyerap sinar matahari.

KESIMPULAN

Proses desalinasi dengan metode distilasi surya pasif pada penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah, luas serta banyaknya penampang briket arang SO_W, berpengaruh terhadap laju evaporasi air laut. Banyaknya penampang briket arang mampu meningkatkan penyerapan kalor dan kapilaritas air laut. Namun, luas dan banyaknya penampang briket arang juga tidak

terlepas dari pengaruh intensitas matahari, akibatnya jika penampang briket arang semakin banyak diperlukan radiasi matahari yang lebih untuk mentransfer air laut naik ke permukaan arang. Menambahkan material penyerap kalor dalam basin, mampu mempercepat air laut mencapai titik didihnya sehingga dapat menguap (evaporasi). Dengan meningkatnya laju evaporasi, maka akan meningkatkan produktivitas air desalinasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. B. Sunny, J. Sebastain, M. V Krishnan Unni, and S. William, "Sea Water Desalination using Renewable Energy," in *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2021, pp. 157–159. [Online]. Available: www.ijert.org
- [2]. S. A. 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.
- [3]. S. Miller, H. Shemer, and R. Semiat, "Energy and environmental issues in desalination," *Desalination*, vol. 366, pp. 2–8, Jun. 2015, doi: 10.1016/j.desal.2014.11.034.
- [4]. A. Alkhudhiri, N. Darwish, and N. Hilal, "Membrane distillation: A comprehensive review," Nov. 15, 2012, doi: 10.1016/j.desal.2011.08.027.
- [5]. S. Al-Hallaj, S. Parekh, M. M. Farid, and J. R. Selmán, "Solar desalination with humidification-dehumidification cycle: Review of economics," *Desalination*, vol. 195, no. 1–3, pp. 169–186, Aug. 2006, doi: 10.1016/j.desal.2005.09.033.
- [6]. M. A. Elaziz, F. A. Essa, and A. H. Elsheikh, "Utilization of ensemble random vector functional link network for freshwater prediction of active solar stills with nanoparticles," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 47, p. 101405, Oct. 2021.
- [7]. F. Tao, A. Valenzuela Garcia, T. Xiao, Y. Zhang, Y. Yin, and X. Chen, "Interfacial Solar Vapor Generation: Introducing Students to Experimental Procedures and Analysis for Efficiently Harvesting Energy and Generating Vapor at the Air-Water Interface," *J Chem Educ*, vol. 97, no. 4, pp. 1093–1100, Apr. 2020, doi: 10.1021/acs.jchemed.9b00643.
- [8]. P. Durkaieswaran and K. K. Murugavel, "Various special designs of single basin passive solar still - A review," Oct. 01, 2015, Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.rser.2015.04.111.
- [9]. G. N. Tiwari, J. K. Yadav, D. B. Singh, I. M. Al-Helal, and A. M. Abdel-Ghany, "Exergoeconomic and enviroeconomic analyses of partially covered photovoltaic flat plate collector active solar distillation system," *Desalination*, vol. 367, pp. 186–196, Jul. 2015, doi: 10.1016/j.desal.2015.04.010.
- [10]. C. E. Okeke, ~ S U Egarievwe, and A. O E. Anmalu, "EFFECT'S OF COAL AND CHARCOAL ON SOLAR-STILL PERFORMANCE," *Energi*, vol. 15, no. 11, pp. 1071–1073, 1990.
- [11]. A. Sadoun, A. Khechekhouche, I. Kemerchou, M. Ghodbane, and B. Souyei, "Impact of natural charcoal blocks on the solar still output," *Heritage and Sustainable Development*, vol. 4, no. 1, pp. 61–66, Apr. 2022, doi: 10.37868/hsd.v4i1.80.
- [12]. B. V. Tarigan, M. Jafri, and D. G. H. Adoe, "Use of coconut shell charcoal briquettes as PCM seawater distillation," 2024, p. 060005. doi: 10.1063/5.0210341.
- [13]. T. R. Pardiono, M. Jafri, and B. V. Tarigan, "Effect of tubular-typed charcoal height variations on efficiency in passive interfacial solar desalination," *Disseminating Information on the Research of Mechanical Engineering-Jurnal Polimesin*, vol. 22, no. 3, 2024, [Online]. Available: <http://e-jurnal.pnl.ac.id/polimesin>
- [14]. J. T. Mahdi, B. E. Smith, and A. O. Sharif, "An experimental wick-type solar

- still system: Design and construction,” *Desalination*, vol. 267, no. 2–3, pp. 233–238, Feb. 2011, doi: 10.1016/j.desal.2010.09.032.
- [15]. M. M. Naima, M. A. Abd, and E. Kawib, “Non-conventional solar stills Part 1. Non-conventional solar stills with charcoal particles as absorber medium,” *Desalination*, vol. 153, pp. 55–64, 2002, [Online]. Available: www.elsevier.com/locate/desal
- [16]. M. Jafri, B. V. Tarigan, and D. G. H. Adoe, “Solar desalination with charcoal briquettes from plants as an additional absorption sorbent,” *Heritage and Sustainable Development*, vol. 6, no. 1, pp. 183–196, Mar. 2024, doi: 10.37868/hsd.v6i1.306.
- [17]. A. Hariyanto, *Perpindahan Kalor (Heat Transfer)*, 1st ed., vol. 1. Yogyakarta: Innosain, 2015.
- [18]. H. Panchal, “Performance Investigation on Variations of Glass Cover Thickness on Solar Still: Experimental and Theoretical Analysis,” *Technology and Economics of Smart Grids and Sustainable Energy*, vol. 1, no. 1, Dec. 2016, doi: 10.1007/s40866-016-0007-0.
- [19]. A. Khechekhouche, A. M. Manokar, R. Sathyamurthy, F. A. Essa, M. Sadeghzadeh, and A. Issakhov, “Energy, Exergy Analysis, and Optimizations of Collector Cover Thickness of a Solar Still in El Oued Climate, Algeria,” *International Journal of Photoenergy*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/6668325.
- [20]. R. Cherraye, B. Bouchekima, D. Bechki, H. Bouguettaia, and A. Khechekhouche, “The effect of tilt angle on solar still productivity at different seasons in arid conditions (south Algeria),” *International Journal of Ambient Energy*, vol. 43, no. 1, pp. 1847–1853, 2022, doi: 10.1080/01430750.2020.1723689.
- [21]. A. Khechekhouche, B. Benhaoua, A. M. Manokar, A. E. Kabeel, and R. Sathyamurthy, “Exploitation of an insulated air chamber as a glazed cover of a conventional solar still,” *Heat Transfer - Asian Research*, vol. 48, no. 5, pp. 1563–1574, Jul. 2019, doi: 10.1002/htj.21446.
- [22]. A. Khechekhouche, B. Benhaoua, and Z. Driss, “Solar distillation between a simple and double-glazing,” *Recueil De Mecanique*, vol. 2, no. 2, pp. 145–150, 2017, doi: 10.5281/zenodo.1169839.
- [23]. J. Roslan, W. E. Kan, A. K. Abdul Rahman, M. Suliman, and R. Isha, “Charcoal characterization and application is solar evaporator for seawater desalination,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Mar. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/736/2/022107.
- [24]. V. Belessiotis, S. Kalogirou, and E. Delyannis, *Thermal Solar Desalination*. Chennai, India: Academic Press, 2016.
- [25]. S. A. Kalogirou, *Solar Energy Engineering Processes and Systems*, 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 2014.