

## Pengaruh Vakum Pada Penguapan Air Laut

Ahmad Maulana Yusuf<sup>1</sup>, Dan Mugisidi<sup>2\*</sup>, Ikbal Prasetyo Aji<sup>3</sup>, Oktarina Heriyani<sup>4</sup>

\*Email corresponding author: dan.mugisidi@uhamka.ac.id

<sup>1,2,3,4</sup>Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, Indonesia

Article history: Received: 26 Mei 2023 | Revised: 23 Juni 2023 | Accepted: 27 Juni 2023

**Abstract.** *Water has become a vital necessity for every living organism to survive, leading to a threefold increase in global freshwater usage over the past 50 years. However, only 2.8% of the Earth's surface water is freshwater, while the rest is seawater. Therefore, seawater is processed into clean freshwater through desalination methods to make it consumable for the public. The desalination process involves two stages: evaporation and condensation aided by heat energy from a heater plate and a vacuum system. The use of vacuum in the desalination device aims to accelerate evaporation. In this study, three vacuum pressure variables were tested, namely no vacuum, 1 inHg vacuum pressure, and 2 inHg vacuum pressure. Data will be collected every 5 minutes for a total duration of 30 minutes for each variable. The research findings indicate that desalination using a vacuum system significantly affects the evaporation rate and the amount of freshwater obtained from the condensation process.*

**Keywords -** *Seawater, Desalination, Heater plate, Vacuum*

**Abstrak.** *Air merupakan kebutuhan setiap makhluk hidup untuk tetap hidup, sehingga penggunaan air tawar secara global meningkat tiga kali lipat dalam 50 tahun terakhir. Akan tetapi hanya 2,8% air tawar yang ada di permukaan bumi dan sisanya adalah air laut, oleh karena itu air laut diolah menjadi air tawar yang bersih dengan cara desalinasi agar dapat dikonsumsi masyarakat. Proses desalinasi melalui dua tahap yaitu penguapan dan kondensasi dibantu dengan energi panas pada heater plate dan sistem vakum. Penggunaan vakum pada alat desalinasi bertujuan membantu mempercepat penguapan atau evaporasi. Pada penelitian ini di ujikan dengan tiga variabel tekanan pemvakuman yaitu tanpa vakum, tekanan vakum 1 inHg dan tekanan vakum 2 inHg. Data akan diambil setiap 5 menit sekali selama kurun waktu 30 menit pada tiap variabelnya. Dari data hasil pengujian di dapatkan desalinasi dengan menggunakan sistem pemvakuman sangat berpengaruh terhadap kecepatan penguapan dan air tawar yang diperoleh dari hasil kondensasi.*

**Kata Kunci –** *Air laut, Desalinasi, Heater plate, vakum*

### PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan setiap makhluk hidup untuk tetap hidup [1]–[3] sehingga penggunaan air tawar secara global meningkat tiga kali lipat dalam 50 tahun terakhir. Akan tetapi hanya 2,8% air tawar yang ada di permukaan bumi dan sisanya adalah air laut [4], [5]. Pengelolaan air bersih yang semakin memburuk dan tidak efisien akan membuat dunia mengalami krisis air bersih, oleh karena itu air laut diolah menjadi air tawar yang bersih dengan cara desalinasi agar dapat dikonsumsi masyarakat menjadi pilihan yang baik [6]–[13]. Desalinasi yaitu air laut yang telah dipanaskan sehingga terjadi pemisahan dari unsur-unsur yang terkandung didalamnya, seperti kotoran pada air laut menjadi terpisah lalu menjadi uap air, uap air akan di dinginkan sehingga menjadi tetesan air destilat (fresh water) [14]–[18]. Proses desalinasi melalui dua tahap yaitu penguapan dan kondensasi dibantu dengan energi panas pada heater plate dan sistem vakum. Penggunaan vakum pada alat desalinasi bertujuan membantu mempercepat penguapan atau evaporasi. Pada penelitian ini di ujikan dengan tiga variasi tekanan pemvakuman yaitu tanpa vakum, tekanan vakum 1 inHg dan tekanan vakum 2 inHg. Data akan diambil setiap 5 menit sekali selama kurun waktu 30 menit pada tiap variabelnya. Dari data hasil pengujian di dapatkan desalinasi dengan menggunakan sistem pemvakuman sangat berpengaruh terhadap kecepatan penguapan dan air tawar yang diperoleh dari hasil kondensasi [19], [20]. Pompa vakum berfungsi menjaga tekanan ruang pada tabung destilatator dengan tekanan gas yang lebih sedikit (rendah) dari tekanan atmosfer ( $\pm 72$  mbar / 2,13 inHg) dengan tekanan yang rendah maka uap dapat bergerak menuju selang pendingin dan terkondensasi dengan mudah serta optimal menjadi air hasil kondensasi.

Beberapa peneliti membuat alat destilatator yang memanfaatkan energi panas matahari (*Solar Still*) [21]–[25] dan ada juga yang memanfaatkan pemanas elektrik (heater) [26]–[30] juga menggunakan heater plate (plat pemanas) [31], [32] sebagai pemanas untuk membantu proses penguapan air laut. Tak sedikit juga yang menggunakan pompa vakum dalam membantu proses penguapan dan memvariasikan tekanan pompa vakumnya di 35 cmHg, 50 cmHg dan 65 cmHg [33]–[37] tetapi penelitiannya sangat bergantung pada intensitas matahari, waktu dan cuaca. Maka dari itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh vakum untuk mempercepat proses penguapan dan efektivitasnya

dalam pengolahan air laut menjadi air tawar. Tentunya alat yang di buat ini tidak terpengaruh dengan intensitas matahari, waktu dan cuaca serta menggunakan variable pemvakuman yang berbeda dengan peneliti terdahulu.

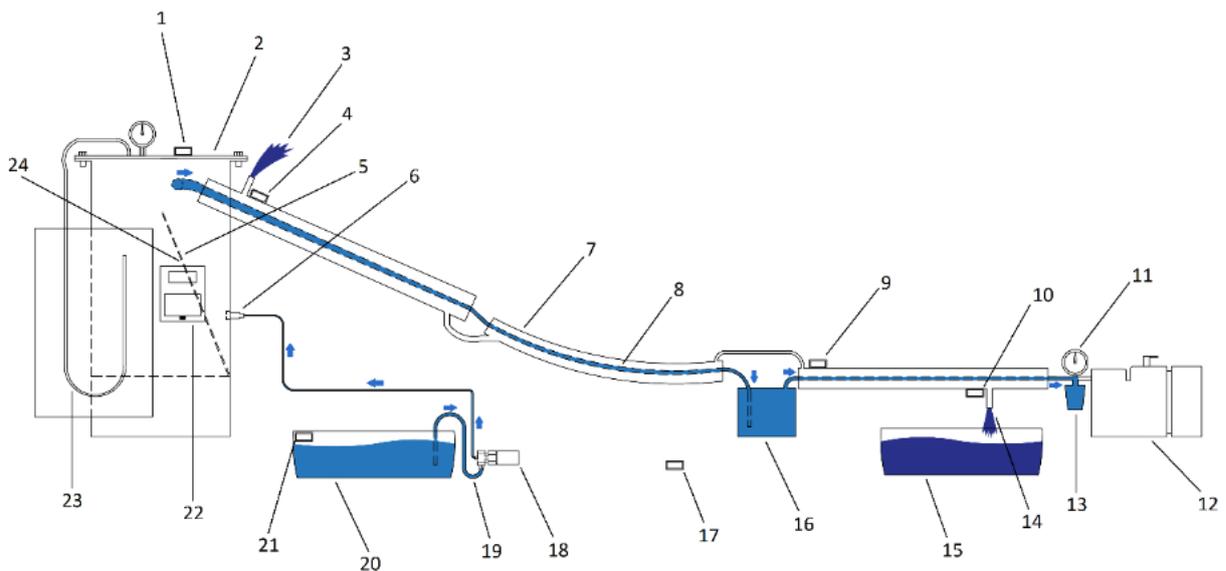
## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan meniru siklus hidrologi yang dimana air asin menguap akibat energi panas, uap air yang mengembun kemudian melewati proses kondensasi sehingga menjadi air tawar yang bebas dari garam yang cocok dikonsumsi manusia karna sudah termineralisasikan [38]. Pada penelitian desalinasi ini menggunakan tabung bertekanan dengan diameter 300 mm dengan tinggi 650 mm sebagai wadah utama proses evaporasi dan variabel tekanan vakum yang digunakan yaitu tanpa vakum, tekanan vakum 1 (satu) inHg dan tekanan vakum 2 (dua) inHg, hal ini mengadopsi jurnal [39]–[41] yang menyatakan tekanan yang lebih rendah dari tekanan atmosfer (2,13 inHg) dapat mengoptimalkan kondensasi uap air sehingga uap lebih mudah keluar dari tabung dan mengalir ke dalam selang pendingin. Data akan diambil setiap 5 menit sekali selama kurun waktu 30 menit pada tiap variabelnya, waktu yang digunakan dirasa sudah cukup untuk mendapatkan data yang relevan. Tekanan menjadi salah satu faktor utama yang dapat berpengaruh pada proses penguapan [42], [43]. Untuk melakukan pengukuran dan pengambilan data pada penelitian ini menggunakan alat dengan spesifikasi yang tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat Penelitian

No.	Alat	Spesifikasi
1	Heater Plate	Rentang 10°C – 100°C,
2	Termostat digital XH-W3001	Rentang -50°C – 110°C, ±0.1°C
3	Thermometer digital (SH)	Rentang -50°C – 110°C, ±0.1°C
4	Hygrometer digital (RH)	Rentang 10% – 100%, ±1%
5	Pompa dinamo	12v 80 psi, ±3.5 Liter per menit
6	Pompa vakum	Rentang 0 inHg – 30 inHg
7	Selang ukur 5/16 inch	1 meter
8	Timbangan 10 kg	Beban maksimum 10 kg, resolusi 1 gr
9	Timbangan 40 kg	Beban maksimum 40 kg, resolusi 0.001 gr

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Informatika Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA. Alat yang digunakan pada penelitian ini digambarkan dalam skema alat destiasi seperti Gambar 1.



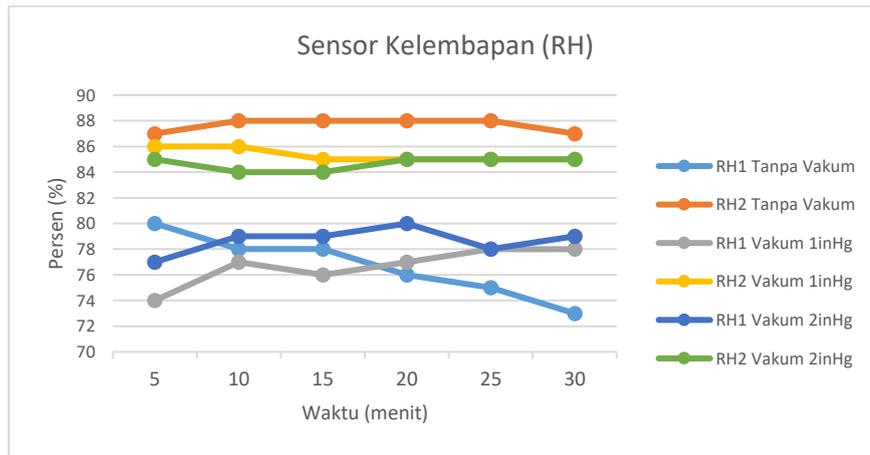
Gambar 1. Skema Alat Destilasi.



yang berada pada AT1 dan AT2 akan dicatat massanya untuk mengetahui seberapa banyak air yang terkondensasi tiap variabel nya. Aliran uap ditandai dengan warna biru muda dan selimut air pendingin yang masuk dan keluar ditandai dengan warna biru tua. Penelitian ini dilaksanakan dengan temperatur ruang untuk mengurangi variabel yang tidak bisa dikendalikan seperti temperatur.

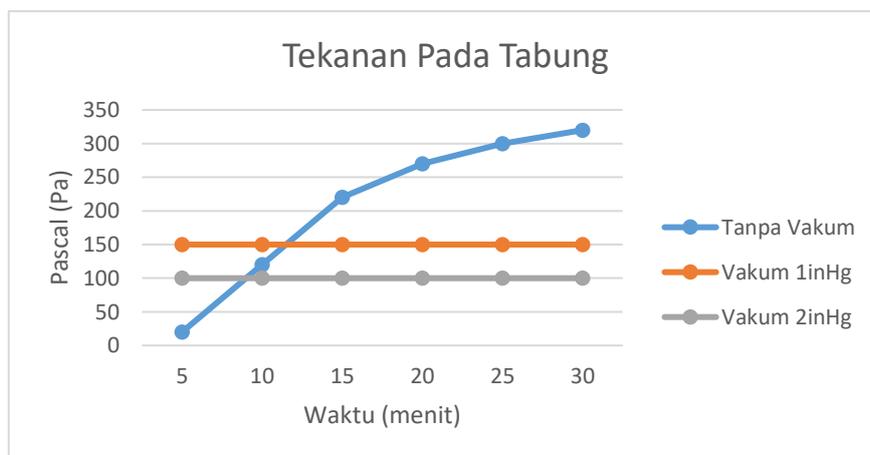
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengambilan data, untuk mempermudah melakukan Analisa dan pengolahan data maka data hasil pengujian dan perhitungan digambarkan dalam bentuk grafik [45], [46]. Pengumpulan data dilakukan dengan 3 variabel tekanan yaitu, tanpa vakum, vakum 1 (satu) inHg dan 2 (dua) inHg selama kurun waktu 30 menit setiap variabelnya dan data diambil diambil setiap 5 menit sekali.



Gambar 3. Grafik kelembapan udara pada tabung dan selang kondensasi

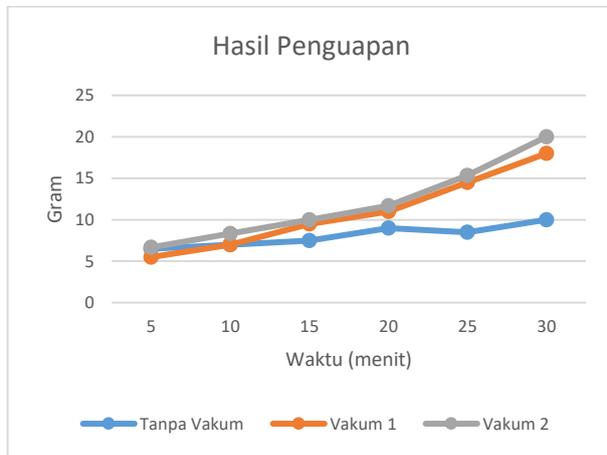
Diketahui pada Gambar 3 diatas, RH1 dan RH2 yang terjadi di tiap suhu varian yang di ujikan mengalami perbedaan kelembapan dari awal waktu hingga 30 menit pengujian. Kelembapan yang terjadi pada tabung (RH1) mengalami kelembapan yang cukup rendah dan cenderung tidak stabil, dapat dilihat menurunnya kelembapan pada RH1 tanpa vakum, sedangkan saat RH1 vakum dihidupkan kelembapan nya meningkat, hal ini dikarenakan pada tekanan dari vakum menarik uap air yang terkandung dalam tabung, hal ini berpengaruh pada peningkatan laju evaporasi. Sedangkan kelembapan pada selang uap air (RH2) menunjukkan grafik yang cukup stabil karena laju percepatan tekanan vakum yang tetap yaitu 1 inHg dan 2 inHg, hal ini berpengaruh pada laju kondensasi yang stabil. Sensor kelembapan inilah yang akan mengetahui nilai kelembapan dari jumlah kandungan aliran uap air yang melalui proses kondensasi.



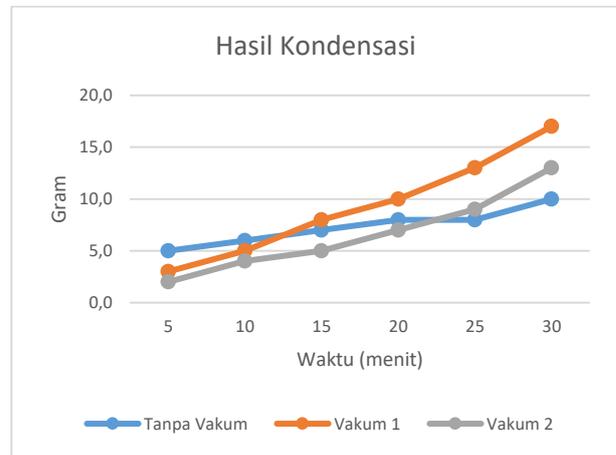
Gambar 4. Grafik tekanan pada tabung

Diketahui pada Gambar 4 diatas, pengujian yang dilakukan selama 30 menit didapati hasil tekanan pada tabung mengalami kenaikan tekanan jika tanpa menggunakan vakum, hal ini terjadi karena penumpukan tekanan pada tangki

pada saat evaporasi berlangsung. Sedangkan pada kondisi pemvakuman 1 inHg dan vakum 2 inHg mengalami penurunan tekanan yang cukup stabil, hal ini dikarenakan dengan divariasikannya tekanan vakum dapat menarik uap-uap hasil penguapan ke selang kondensasi, hal ini juga mempengaruhi tekanan pada tanki serta dapat membantu mempercepat proses penguapan. Semakin tinggi tekanan pemvakuman maka energi yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu dan energi untuk penguapan air laut (*temperature evaporasi*) pada tanki menjadi lebih rendah dan laju kondensasi semakin tinggi sehingga dapat meningkatkan efektivitas produksi air tawar.



Gambar 5. Grafik hasil penguapan



Gambar 6. Grafik air tawar hasil kondensasi

Dari Gambar 5 diatas dapat dilihat hasil dari proses penguapan air laut dengan variabel tekanan tanpa vakum, tekanan vakum 1 inHg dan tekanan vakum 2 inHg pada tabung destilator. Penguapan terjadi karena energi panas yang dihasilkan oleh heater plate yang diletakan didalam tabung [47], tetapi laju penguapannya dipengaruhi oleh vakum yang divariasikan yang mengakibatkan terjadinya perbedaan tekanan, dengan menggunakan vakum dapat membantu mempercepat penguapan. Terlihat dalam grafik tersebut bahwa variabel tanpa menggunakan tekanan vakum berhasil menguapkan air laut sebanyak 10 gram setelah 30 menit pengujian, kemudian pada tekanan vakum 1 inHg berhasil menguapkan air laut sebanyak 18 gram yang artinya 1,8x lebih banyak dari pengujian yang tanpa menggunakan vakum, sedangkan pada tekanan vakum 2 inHg berhasil menguapkan air laut sebanyak 20 gram yang artinya dua kali lebih banyak dari pengujian yang tanpa menggunakan vakum, hasil ini sangat jauh dari pada penguapan yang tanpa menggunakan sistem pemvakuman. Pada proses selanjutnya air laut yang berhasil diuapkan akan melepaskan panasnya dan berubah menjadi embun-embun atau uap air, lalu tersedot oleh vakum untuk didinginkan menjadi tetesan air tawar. Proses pendinginan ini dinamakan kondensasi, kondensasi terjadi apabila uap air melalui permukaan temperatur yang lebih rendah dari titik embun uap air. Hasil kondensasi pada Gambar 6 menunjukkan perbedaan banyaknya air yang telah termineralisasikan, seperti yang ditunjukkan dalam grafik variabel tanpa menggunakan tekanan vakum bahwa air hasil kondensasinya cukup baik yaitu dapat menghasilkan air kondensat sebanyak 10 gram setelah 30 menit pengujian, namun hasil tersebut masih bisa ditingkatkan dengan menambahkan sistem pemvakuman. Dapat dilihat efektifitas vakum pada air hasil kondensasi dari beberapa variasi yang di uji, pada tekanan vakum 1inHg menghasilkan air kondensat sebanyak 17 gram, dan pada tekanan vakum 2 inHg menghasilkan air kondensat sebanyak 13 gram. Bila dibandingkan dengan hasil evaporasi, hasil kondensasi dengan menggunakan tekanan vakum 2 inHg sebesar 65%, hasil perbandingan ini masih dibawah dengan hasil pengujian tanpa menggunakan tekanan vakum dan dengan hasil pengujian menggunakan tekanan vakum 1inHg. Hasil ini menunjukkan bahwa air kondensasi yang didapat lebih sedikit apabila dibandingkan dengan penguapannya dikarenakan titik embunnya mengecil akibat adanya perbedaan daya isap vakum, yang artinya semakin tinggi tekanan vakum akan menyebabkan laju kondensasi terlalu cepat. Secara teknis, nilai hasil penguapan dan kondensasi didapatkan dengan tekanan vakum yang stabil dengan menjaga agar tidak terjadi kebocoran.

## KESIMPULAN

Hasil pada data eksperimen dapat disimpulkan bahwa menggunakan tekanan vakum efektif dalam mempercepat proses evaporasi (penguapan air laut) dan air tawar hasil kondensasi. Dari beberapa variabel dan variasi pengujian pada alat destilasi semuanya berhasil menguapkan air laut. Penguapan tertinggi yang didapatkan yaitu dari hasil pengujian vakum 2 inHg, hanya saja yang paling efektif dari tingkat penguapan dan hasil kondensasinya adalah pada vakum 1 inHg, yang membedakan adalah daya isap vakum nya, jika daya isap yang terlalu tinggi maka proses

kondensasi akan terjadi terlalu cepat. Semakin cepat aliran uap, maka uap akan melewati fase kondensasi atau pendinginan sehingga mengakibatkan uap langsung tertarik oleh vakum dan air tawar yang dihasilkan akan berkurang. Sedangkan hasil air tawar dengan pengujian tanpa vakum cenderung menghasilkan jumlah penguapan dan hasil kondensasi yang lebih sedikit diantara variabel yang lainnya, akan tetapi mempunyai persentase perbandingan hasil evaporasi dan kondensasi yg lebih baik karena uap air hasil evaporasi tidak langsung tertarik oleh vakum sehingga proses kondensasi dapat berjalan dengan baik. Tekanan evaporasi pada tabung akan semakin berkurang seiring meningkatnya daya isap oleh vakum sekaligus laju kondensasi akan semakin tinggi, hal itu juga yang dapat menentukan jumlah debit air bersih dan air tawar yang dihasilkan lebih banyak atau sedikit.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lemlitbang UHAMKA yang telah berpartisipasi dalam mendanai penelitian ini dengan nomor kontrak 52 / F.03.07/2022.

## REFERENSI

- [1] N. C. V Monintja, R. Lumintang, and J. Kokalinso, "Destilasi Air Bersih Untuk Masyarakat Pesisir Pantai Kelurahan Manembo-Nembo Kecamatan Matuari Bitung," 2018. [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jtmu/article/view/33063>
- [2] V. K. Chauhan, S. K. Shukla, J. V. Tirkey, and P. K. Singh Rathore, *A Comprehensive Review Of Direct Solar Desalination Techniques And Its Advancements*, vol. 284. Elsevier Ltd, 2021. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124719.
- [3] B. Irada Amalia and D. Agung Sugiri, "Ketersediaan Air Bersih Dan Perubahan Iklim: Studi Krisis Air Di Kedungkarang Kabupaten Demak," 2014. [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/pwk>
- [4] M. A. Abedin, A. E. Collins, U. Habiba, and R. Shaw, "Climate Change, Water Scarcity, and Health Adaptation in Southwestern Coastal Bangladesh," *Int. J. Disaster Risk Sci.*, vol. 10, no. 1, pp. 28–42, 2019, doi: 10.1007/s13753-018-0211-8.
- [5] M. Shammi, M. M. Rahman, S. E. Bondad, and M. Bodrud-Doza, "Impacts of salinity intrusion in community health: A review of experiences on drinking water sodium from coastal areas of bangladesh," *Healthc.*, vol. 7, no. 1, 2019, doi: 10.3390/healthcare7010050.
- [6] D. Mugisidi and O. Heriyani, "Sea Water Characterization at Ujung Kulon Coastal Depth as Raw Water Source for Desalination and Potential Energy," *E3S Web Conf.*, vol. 31, pp. 18–21, 2018, doi: 10.1051/e3sconf/20183102005.
- [7] A. Abotaleb and A. Mabrouk, "The impact of vapor box location on the performance of the multiple effect distillation for seawater desalination technology," *Desalin. Water Treat.*, vol. 216, pp. 1–13, 2021, doi: 10.5004/dwt.2021.26821.
- [8] H. Trisnawati, "Strategi Daya Tarik Wisata Tanjung Batu Menanggulangi Krisis Air Bersih Di Kecamatan Pemangkat," *Manaj. Halal dan Pariwisata Syariah*, vol. 4, no. 1, pp. 12–24, 2021, [Online]. Available: <http://journal.iaisambas.ac.id/index.php/HalalanThayyiban/article/view/416/493>
- [9] S. Abhishek, A. S. Kumar, E. Anjana, M. Rahul, and S. Jisma, "Water purification using solar thermal and solar PV," *2018 Int. Conf. Emerg. Trends Innov. Eng. Technol. Res. ICETIETR 2018*, pp. 1–4, 2018, doi: 10.1109/ICETIETR.2018.8529132.
- [10] A. Yani, "Study experimental alat destilasi air laut terhadap kuantitas dan kualitas air tawar yang dihasilkan dengan menggunakan energi matahari," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 2, 2021, doi: 10.24127/trb.v10i2.1744.
- [11] M. J. Jasman, "Modifikasi Alat Pengolahan Air Laut Menjadi Air Bersih," *Jkl*, vol. 9, no. April, pp. 1–9, 2019, doi: 10.47718/jkl.v9i1.637.
- [12] H. Rabby, M. S. Drs. Suwandi, and M. S. Edy Wibowo, S.Si., "Analisa Pengaruh Temperatur, Kelembaban, Intensitas Cahaya, Lama Penyinaran Dan Konsentrasi Larutan Terhadap Penguapan Air Garam Dalam Disitilator Analysis," *eProceedings Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 572–579, 2017, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/3507>
- [13] B. Anand, R. Shankar, S. Murugavelh, W. Rivera, K. Midhun Prasad, and R. Nagarajan, "A Review On Solar Photovoltaic Thermal Integrated Desalination Technologies," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 141, no. January, p. 110787, 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.110787.
- [14] D. Sumardiyanto, S. E. Susilowati, F. Hidayat, and ..., "Penyuluhan Destilasi Dan Filtrasi Air Laut Menjadi Air Bersih Untuk Masyarakat Sekitar Jakarta Utara," ..., vol. 4, no. 2, pp. 1–9, 2021, [Online]. Available: <http://journal.uta45jakarta.ac.id/index.php/berdikari/article/view/4999>
- [15] S. : Riskawati *et al.*, "Penguasaan Konsep Suhu dan Kalor dengan Experiential Learning melalui

- Pembelajaran Destilasi Air Laut,” *J. Ris. Pendidik. Fis.*, vol. 5, no. 1, pp. 56–64, 2020, doi: 10.17977/um058v5i1p58-64.
- [16] M. Anggara, D. Widhiyanuriyawan, and M. N. Sasongko, “Pengaruh Ukuran Butir Pasir Besi Dan Volume Air Laut Pada Absorber Type Fins Solar Distillation Terhadap Produktivitas Air Tawar,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 7, no. 3, pp. 135–143, 2016, doi: 10.21776/ub.jrm.2016.007.03.5.
- [17] A. W. Krisdiarto, A. Ferhat, A. W. Krisdiarto, and M. P. Bimantio, “Penyediaan Air Bagi Masyarakat Pesisir Terdampak Kekeringan dengan Teknologi Desalinasi Air Laut Sederhana,” *DIKEMAS (Jurnal Pengabd. Kpd. Masyarakat)*, vol. 4, no. 2, 2020, doi: 10.32486/jd.v4i2.532.
- [18] M. Mulyanef, B. Burmawi, and K. Muslimin, “Pengolahan Air Laut Menjadi Air Bersih Dan Garam Dengan Destilasi Tenaga Surya,” *J. Tek. Mesin ISSN ...*, vol. 4, no. 1, pp. 25–29, 2015, [Online]. Available: <https://jtm.itp.ac.id/index.php/jtm/article/view/596/796>
- [19] C. Elango, N. Gunasekaran, and K. Sampathkumar, “Thermal models of solar still - A comprehensive review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 47, pp. 856–911, 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.03.054.
- [20] N. I. Riani, S. Syamsuri, and R. R. Pratama, “Simulasi Numerik Aliran Melewati Nozzle Pada Ejector Converging – Diverging Dengan Variasi Diameter Exit Nozzle,” *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 2, no. 1, p. 19, 2017, doi: 10.21070/r.e.m.v2i1.796.
- [21] S. Iqbal, Sukmawaty, G. M. ian D. Putra, and D. A. S. Tiawati, “Analisis Kinerja Alat Desalinasi Air Laut Penghasil Air Tawar Dan Garam Dengan Menggunakan Tenaga Surya,” vol. 6, no. 1, pp. 29–34, 2019.
- [22] M. F. Remeli, B. Singh, N. Amirah, M. S. Meon, and W. N. Fadilla, “Solar Distillation Thermoelectric Power Generation,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 268, no. 1, pp. 3–8, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/268/1/012022.
- [23] C. Chen, Y. Kuang, and L. Hu, “Challenges and Opportunities for Solar Evaporation,” *Joule*, vol. 3, no. 3, pp. 683–718, 2019, doi: 10.1016/j.joule.2018.12.023.
- [24] S. W. Sharshir *et al.*, “A mini review of techniques used to improve the tubular solar still performance for solar water desalination,” *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 124, pp. 204–212, 2019, doi: 10.1016/j.psep.2019.02.020.
- [25] T. Ding, Y. Zhou, W. L. Ong, and G. W. Ho, “Hybrid solar-driven interfacial evaporation systems: Beyond water production towards high solar energy utilization,” *Mater. Today*, vol. 42, no. xx, pp. 178–191, 2021, doi: 10.1016/j.mattod.2020.10.022.
- [26] R. Natawisastro, R. Bramawanto, M. Ma’muri, L. Alfaris, and S. Suhernalis, “Rancang Bangun Alat Destilasi Air Laut yang Dilengkapi Pemanas Air Sederhana,” 2022. doi: 10.15578/jkn.v17i2.11382.
- [27] M. I. Mowaviq, “Kendali Alat Destilasi Air Laut Elektrik Berbasis Mikrokontroler,” *Kilat*, vol. 10, no. 2, pp. 280–286, Oct. 2021, doi: 10.33322/kilat.v10i2.1316.
- [28] M. Rusdi, A. Amprin, and K. Kahar, “Variasi Temperatur Dan Waktu Destilasi terhadap Sifat Fisik, Kimia, dan Rendemen Air Laut Menggunakan Pemanas Elektrik,” *J. Pertan. Terpadu*, vol. 9, no. 2, pp. 201–214, Dec. 2021, doi: 10.36084/jpt.v9i2.332.
- [29] K. B. A. Walangare, A. S. M. Lumenta, J. O. Wuwung, and B. A. Sugiarto, “Rancang bangun alat konversi air laut menjadi air minum dengan proses destilasi sederhana menggunakan pemanas elektrik,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 2, no. 2, pp. 0–11, 2013, doi: 10.35793/jtek.2.2.2013.1786.
- [30] C. Wahyudi, “Rancang Bangun Alat Pemisahan Air Dan Garam Dari Air Laut Dengan Memanfaatkan Energi Panel Surya,” *J. Phys. A Math. Theor.*, vol. 4, no. 2, pp. 21–23, 2017, [Online]. Available: <http://jurnal.ubl.ac.id/index.php/JTM/article/view/1192>
- [31] R. R. S Wulandari, D. Prayogo, Suhartini, and M. F. Fauzi, “Optimalisasi Perawatan Fresh Water Generator Guna Mempertahankan Produksi Air Tawar di Kapal PGN FSRU Lampung,” *Airman J. Tek. dan Keselam. Transp.*, vol. 2, no. 1, pp. 57–68, 2020, doi: 10.46509/ajtk.v1i2.19.
- [32] X. Tao and C. A. Infante Ferreira, “Heat transfer and frictional pressure drop during condensation in plate heat exchangers: Assessment of correlations and a new method,” *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 135, pp. 996–1012, 2019, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.01.132.
- [33] H. Ambarita, “Rancang Bangun Alat Desalinasi Air Laut Sistem Vakum Alami Dengan Tenaga Surya,” *J. Flywheel*, vol. 9, no. 1, pp. 37–42, 2018, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/flywheel/article/view/2558>
- [34] H. Ambarita and E. Y. Setiawan, “Analysis of Condenser Performance Desalination of Solar Energy of the Natural Vacuum System At the Time of Low Radiation Intensity,” *J. Sci. Appl. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 20–26, 2018, doi: 10.31328/jsae.v1i1.550.
- [35] A. T. S. Haji, R. Wirosedarmo, and M. W. Tyas, “Analisis Nomografi Suhu, Laju Penguapan dan Tekanan Udara untuk Perancangan Alat Desalinasi Tenaga Surya Dengan Pengaturan Vakum Analysis,” 2018. doi: 10.21776/ub.jsal.2017.004.02.1.
- [36] S. F. Dina, Jufrizal, Azwardi, and M. Syahputra, “Pengaruh tekanan vakum pada proses desalinasi air laut

- menggunakan tenaga surya tipe kolektor tabung vakum,” *Indones. J. Ind. Res.*, vol. 12, no. 24, pp. 16–20, 2017, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/publications/449774/pengaruh-tekanan-vakum-pada-proses-desalinasi-air-laut-menggunakan-tenaga-surya#cite>
- [37] M. W. Tyas, A. T. Sutan, and H. Ruslan, “Analisis Nomografi Suhu , Laju Penguapan Dan Tekanan Udara Pada Alat Desalinasi Tenaga Surya Dengan Pengaturan Vakum The Nomographic Analysis Against Temperature , Evaporation Rate and Air Pressure For A Solar Powered Desalination Device with Vacuum Contr,” 2017. [Online]. Available: <https://jsal.ub.ac.id/index.php/jsal/article/view/271>
- [38] M. S. Islam, A. Sultana, A. H. M. Saadat, M. S. Islam, M. Shammi, and M. K. Uddin, “Desalination Technologies for Developing Countries: A Review,” *J. Sci. Res.*, vol. 10, no. 1, pp. 77–97, 2018, doi: 10.3329/jsr.v10i1.33179.
- [39] A. R. Effendi, “Analisis Perubahan Tekanan Vakum Kondensor Terhadap Kerja Turbin Dan Produksi Listrik PLTU Unit 1 Sebalang Menggunakan Simulasi Cycle Tempo,” *J. Powerpl.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–29, 2020, doi: 10.33322/powerplant.v8i1.1047.
- [40] M. S. Gozali and O. A. Dianto, “Pirani Gauge Inficon BPG400 Sebagai Alat Ukur dan Analisis Tekanan Pompa Vacuum,” *J. Appliedelectrical Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 7–13, 2017.
- [41] A. Sukarno, Bono, and B. Prasetyo, “Analisis Perubahan Tekanan Vakum Kondensor Terhadap Kinerja Kondensor Di PLTU Tanjung Jati B Unit 1,” *EKSERGI J. Tek. Energi*, vol. 10, no. 2, pp. 65–71, 2014.
- [42] B. Majhi, D. Naidu, A. P. Mishra, and S. C. Satapathy, “Improved prediction of daily pan evaporation using Deep-LSTM model,” *Neural Comput. Appl.*, vol. 32, no. 12, pp. 7823–7838, 2020, doi: 10.1007/s00521-019-04127-7.
- [43] 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,” vol. 1, no. 1, pp. 39–50, 2023, doi: 10.37934/arfmts.106.1.3950.
- [44] H. Bernoulli, M. Pembelajaran, F. Meter, and P. M. Fluida, “Prosiding Seminar Nasional NCIET Vol.1 (2020) B277-B285 1,” *Pros. Semin. Nas. NCIET Vol.1 B227-B241*, vol. 1, pp. 277–285, 2020.
- [45] I. G. Y. Dewantara, B. M. Suyitno, and I. G. E. Lesmana, “Desalinasi Air Laut Berbasis Energi Surya Sebagai Alternatif Penyediaan Air Bersih,” *J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, p. 1, 2018, doi: 10.22441/jtm.v7i1.2124.
- [46] K. Astawa, M. Sucipta, I. P. Gede, and A. Negara, “Analisa Performansi Destilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Penyerap Radiasi Surya Tipe Bergelombang Berbahan Dasar Beton,” *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 5, no. 1, pp. 7–13, 2012.
- [47] F. I. Pasaribu, A. K. Hasibuan, N. Evalina, and E. S. Nasution, “Analisa Penggunaan Surya Panel Phollycrystal 240 WP Sebagai Kinerja Destilator Air Laut,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 90–99, 2022, doi: 10.30596/rele.v4i2.9530.