

ANALISA PENGARUH TEMPERATUR, KELEMBABAN, INTENSITAS CAHAYA, LAMA PENYINARAN DAN KONSENTRASI LARUTAN TERHADAP PENGUAPAN AIR GARAM DALAM DISITILATOR

ANALYSIS OF TEMPERATURE, HUMIDITY, LIGHT INTENSITY, OXPOSURE TIME, AND SOLVENT CONCENTRATRATION EFFECT ON BRINE EVAPORATION IN DISTILATOR

Hadani Rabby¹, Drs. Suwandi, M.Si², Edy Wibowo, S.Si., M.Sc³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹rabbyhadani@gmail.com, ²suwandi@telkomuniversity.ac.id, ³edyw.phys@gmail.com

Abstrak

Permasalahan utama yang dihadapi penduduk pantai adalah kesulitan memperoleh air bersih. Teknologi untuk mengolah air payau atau air laut menjadi air tawar layak konsumsi (desalinasi) merupakan salah satu solusi yang dapat dijadikan pilihan. Teknologi yang dikembangkan tentunya perlu disesuaikan dengan keadaan penduduk yang serba terbatas maupun potensi yang ada di daerah., sehingga teknologi pengolahan air yang potensial untuk dikembangkan adalah teknologi distilasi. Distilasi merupakan proses pemisahan antara zat cair terhadap campurannya melalui perbedaan titik didih atau berdasarkan kemampuan benda menguap. Sistem distilasi yang digunakan pada umumnya menggunakan basin dengan bentuk plat datar yang dicat hitam sebagai penyerap panas serta memiliki lubang pada dinding bagian atas sebagai saluran keluaran air tawar yang dihasilkan. Pada penelitian ini dilakukan inovasi pada desain distilator untuk meningkatkan efisiensi produksi. Inovasi dilakukan dengan memodifikasi bentuk distilator dan penggunaan cermin pada bagian dinding distilator.

Hasil dari modifikasi tersebut, basin miring yang menggunakan bahan karton hitam pada bagian alasnya menghasilkan kenaikan suhu $\pm 64^{\circ}\text{C}$, menghasilkan nilai kelembaban 82%, dan menghasilkan air mineral 235 ml selama pemanasan 5 jam. Larutan garam yang dibuat dari 100 g garam dilarutkan dalam 4 liter air memiliki suhu dalam distilator dan suhu air maksimum $64,2^{\circ}\text{C}$ dan $65,8^{\circ}\text{C}$. Jarak lampu 15 cm dengan intensitas cahaya 70.200 lux memiliki nilai suhu dalam dan suhu air maksimum yaitu $60,6^{\circ}\text{C}$ dan 65°C serta menghasilkan air mineral yang paling banyak yaitu 45 ml. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa temperatur, kelembaban, intensitas cahaya, lama penyinaran, konsentrasi garam dapat mempengaruhi laju penguapan air garam.

Kata Kunci : Air garam, Basin, Desalinasi, Distilasi, Distilator, Laju Penguapan.

Abstract

The main problem faced by coastal residents is the difficulty of obtaining clean water. Creating technology to treat brackish-well water or sea water into freshwater which feasible to consume (desalination) is one of the choice which can be selected. The developed-technology should be adjusted to the condition of the population and the limited-potential that exist in the area. Water treatment technology which potentially to be improved is distillation technology. Distillation is the process of separation between the liquid to the mixture through a boiling point or by the ability of objects to evaporate. Commonly distillation system use the basin with a flat-plate form which black painted as heat sink and has a hole on the upper wall as output channels of freshwater. This research makes an innovation on distilator design to improve the production efficiency. The innovation is to modify the distilator shape and using mirror as the distilator wall.

The results of this modification is a sloping basin with black cardboard has a temperature rise of $\pm 64^{\circ}\text{C}$, 82% of humidity and produces 235 ml mineral water during 5 hours of heating. The salt solution which prepared from 100 g of salt dissolved in 4 liters of water has the maximum temperature in distilator and water temperature of 64.2°C and 65.8°C , and produce 235 ml mineral water. The 15 cm lamp distance with 70.200 lux light intensity has the maximum temperature in distilator and water temperature of 60.6°C and 65°C and produce 45 ml mineral water. Based on the experiments, we can conclude that temperature, humidity, light intensity, exposure time, and solvent concentration influence the brine evaporation rate.

Keyword : Brine, Basin, Desalination, Distillation, Distilator, Evaporation rate.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia memiliki laut yang luas. Dua pertiga luas wilayah Indonesia ($3,1 \times 10^6 \text{ km}^2$) berupa lautan dengan panjang garis pantai mencapai 81.000 km. Berdasarkan data kependudukan, diperkirakan sekitar 2.752.490 penduduk Indonesia merupakan nelayan tinggal di kawasan pesisir pantai [1]. Salah satu permasalahan utama yang dihadapi penduduk pantai adalah sulit memperoleh air bersih. Air sumur di daerah pantai tidak lagi tawar namun terasa payau karena telah terkontaminasi air laut. Air tanah yang pada umumnya tidak berasa menjadi sedikit asin karena mengandung mineral garam yang melebihi ambang batas [2]. Oleh sebab itu, tidak sedikit nelayan yang memanfaatkan air hujan sebagai sumber air tawar. Namun hal ini hanya dapat dilakukan ketika musim penghujan. Akibatnya pada saat musim kemarau, nelayan mengalami kesulitan yang serius dalam memperoleh air tawar. Saat kondisi seperti ini, nelayan yang mampu secara ekonomi dapat membeli air mineral untuk memperoleh air bersih. Namun bagi nelayan yang tidak mampu, mereka terpaksa menggunakan air sumur yang payau untuk keperluan sehari-hari. Padahal jumlah nelayan yang tidak mampu jauh lebih banyak dibandingkan dengan nelayan yang memiliki strata ekonomi menengah ke atas. Kondisi seperti ini telah berlangsung lama sehingga perlu ditemukan solusinya.

Teknologi untuk mengolah air sumur yang payau maupun air laut menjadi air tawar layak konsumsi (desalinasi) merupakan salah satu solusi yang dapat dijadikan pilihan. Untuk teknologi yang dikembangkan tentunya perlu disesuaikan dengan keadaan penduduk yang serba terbatas maupun potensi yang ada di daerah tersebut. Mayoritas penduduk di sekitar pantai merupakan warga kurang mampu dan berpendidikan rendah [3]. Oleh sebab itu, tidak mungkin dikembangkan teknologi yang mahal maupun teknologi canggih yang relatif rumit dalam pengoperasian dan pemeliharaannya. Penduduk di sekitar pantai memerlukan teknologi yang sederhana dan tidak mahal, mudah dalam penggunaan maupun perawatannya. Berdasarkan dari latar belakang tersebut maka teknologi pengolahan air yang sesuai untuk dikembangkan adalah teknologi distilasi.

Teknologi distilasi dengan energi matahari sebelumnya telah dikembangkan oleh Mulyanef dkk [4]. Sistem distilasi yang digunakan umumnya menggunakan basin dengan bentuk plat datar yang dicat hitam sebagai penyerap panas serta memiliki lubang pada dinding bagian atas sebagai saluran keluaran air tawar yang dihasilkan. Akibatnya energi panas matahari dalam distilator tidak bisa terperangkap secara optimal karena terjadi kebocoran panas melalui saluran keluaran air. Berdasarkan penelitian Aldi Mukaddim dkk, absorber atau basin datar menghasilkan jumlah air tawar 599 ml paling rendah jika dibandingkan dengan basin gelombang kecil dan besar [5]. Dengan desain distilator tersebut, laju penguapan air yang masih rendah sehingga laju produksi air tawar lambat dan sedikit. Untuk meningkatkan efisiensi produksi, pada penelitian ini dilakukan inovasi pada desain distilator. Inovasi dilakukan dengan memodifikasi bentuk distilator dan penggunaan cermin pada bagian dinding distilator. Hal ini bertujuan agar energi panas dalam distilator dapat diisolasi secara maksimal. Sebagian cahaya dan panas yang masuk ke dalam reaktor dapat mengenai permukaan cermin dan dipantulkan kembali ke air sehingga dapat meningkatkan laju penguapan.

Distilator yang dibuat selama ini juga masih sangat sederhana, tidak menggunakan sistem kontrol sehingga proses pengoperasian masih sepenuhnya dilakukan secara manual. Pada penelitian ini, distilator yang dikembangkan telah dilengkapi dengan sensor suhu. Hal ini bertujuan agar perubahan suhu, kelembaban dan intensitas cahaya dapat dilihat secara *real time* sehingga karakteristik laju penguapan dapat diketahui.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh temperatur, kelembaban, intensitas cahaya dan lama penyinaran terhadap laju penguapan air garam.
2. Membandingkan besar laju penguapan pada distilator basin datar dan basin miring.

2. Dasar Teori

2.1 Radiasi Benda Hitam

Dalam hukum Stefan-Boltzmann, energi radiasi setiap detik per satuan luas disebut sebagai intensitas radiasi yang diberi lambang I . Kemampuan sebuah benda untuk menyerap radiasi kalor berkaitan dengan kemampuannya untuk memancarkan radiasi. Benda hitam merupakan penyerap dan pemancar radiasi terbaik. Energi persatuan luas dan persatuan waktu atau intensitas radiasi total yang dipancarkan oleh benda hitam dari

seluruh spektrum energi yang dipancarkan dapat dinyatakan dengan hukum Stefan-Boltzmann,. Sehingga dapat dirumuskan:

$$Q = \sigma AT^4 \dots\dots\dots 2.1$$

A merupakan luasan permukaan radiasi, T adalah suhu mutlak benda, dan σ adalah tetapan Stefan-Boltzman, yang bernilai $5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ [6].

2.2 Perpindahan Panas

Perpindahan panas merupakan salah satu dari disiplin ilmu teknik termal yang mempelajari cara memperoleh panas, menggunakan panas, mengubah panas, dan menukarkan panas di antara sistem fisik. Perpindahan panas diklasifikasikan menjadi konduktivitas termal, konveksi termal, radiasi termal, dan perpindahan panas melalui perubahan fasa.

Perpindahan panas secara konduksi dapat ditentukan dengan persamaan [6]:

$$q = \frac{-K.A}{\Delta x} (T_2 - T_1) \dots\dots\dots 2.4$$

K = Konduktivitas termal (W/m.K)

A = Luas Penampang tegak lurus terhadap arah aliran panas (m^2)

T_1 dan T_2 = Suhu muka dinding (K)

Δx = Tebal dinding (m)

Perpindahan panas secara konveksi dapat ditentukan dengan persamaan:

$$q = h.A.(T_w - T) \text{ (watt)} \dots\dots\dots 2.5$$

H = Koefisien Konveksi ($\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$)

A = Luas Permukaan (m^2)

T_w = Temperatur dinding (K)

T = Temperatur fluida (K)

Umumnya koefisien konveksi (h) dinyatakan dengan parameter tanpa dimensi yang disebut bilangan Nusselt (menurut nama dari Wilhelm Nusselt), $Nu = h.d/k$, dimana (k) adalah konstanta konduktivitas termal.

Perpindahan panas secara radiasi dapat ditentukan dengan persamaan:

$$q = \varepsilon.A.\sigma.(T_s^4 - T_{sur}^4) \dots\dots\dots 2.6$$

Dimana:

σ = Konstanta Stefan-Boltzman ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}$)

A = Luas bidang (m^2)

3. Metodologi Penelitian

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Sel Surya Teknik Fisika Universitas Telkom. Dimensi dan bahan yang digunakan pada kedua basin tipe *solar still* adalah:

1. Penutup bagian atas solar still terbuat dari kaca transparan dengan tebal 5mm.

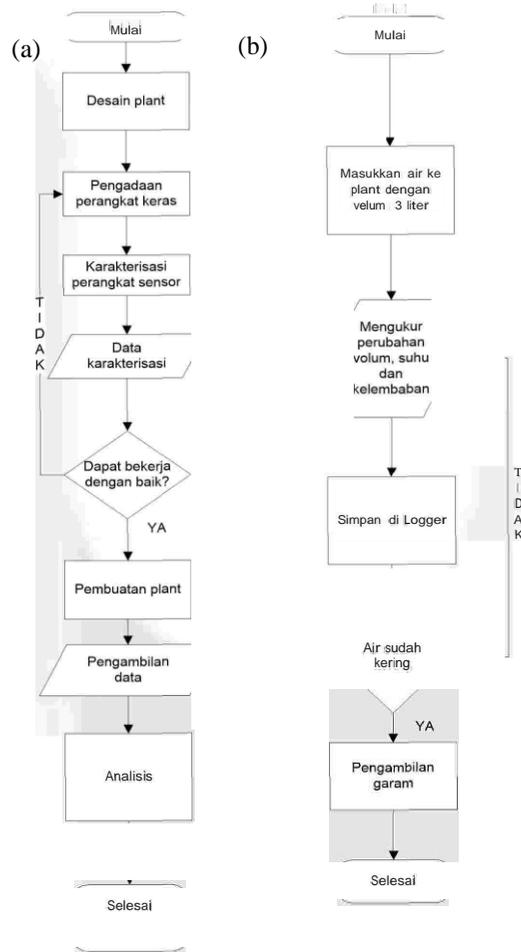
2. Dinding dan alas terbuat dari kaca dengan tebal 5 mm
3. Dimensi dari *solar still*, panjang 60 cm, lebar 30 cm tinggi bagian tengah 20 cm dan bagian samping 10 cm.
4. *Heat absorber* menggunakan kaca hitam dengan ketebalan 5 mm, luas 180 cm² (panjang 60 cm dan lebar 30 cm) dan dilubangi dengan jarak 2 cm dengan diameter lobang 2 mm., sedang bagian bawah diisolasi.
5. Gelas ukur, untuk tempat air bersih hasil kondensasi.
6. Karet ban, untuk isolasi alas basin dengan tebal 2 cm.

Pelaksanaan pengujian dilakukan pukul 09.00 sampai 15.00 WIB. Pengujian dilakukan dengan menyinari *solar still* dengan lampu halogen, sehingga hasil dalam bentuk grafik akan dapat diketahui bagaimana *solar still* dapat bekerja dengan maksimal berdasarkan intensitas cahaya saat itu.

3.2 Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai dengan mempelajari literatur, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan distilator air laut dan menjemurnya hingga kering menjadi kristal garam. Pada Gambar 3.1 merupakan diagram alir tahapan penelitian.

Gambar 3.6 Flow Chart (a) Pengerjaan sistem disitlasi; (b) Proses pemanasan kolektor



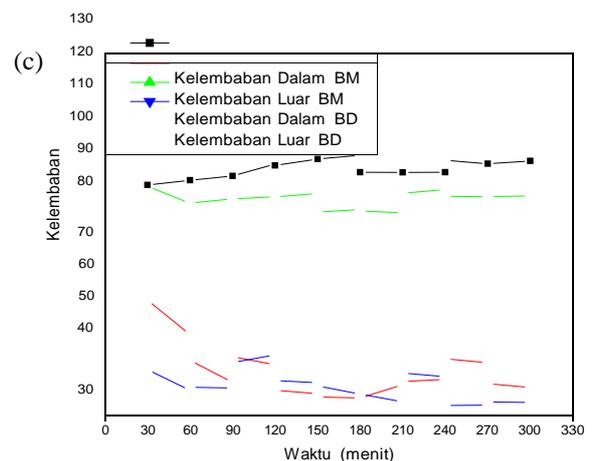
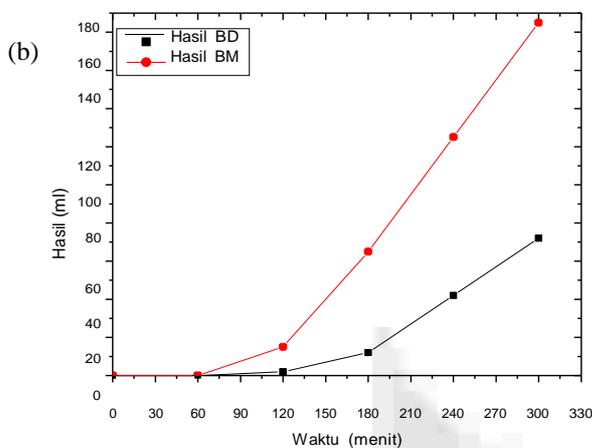
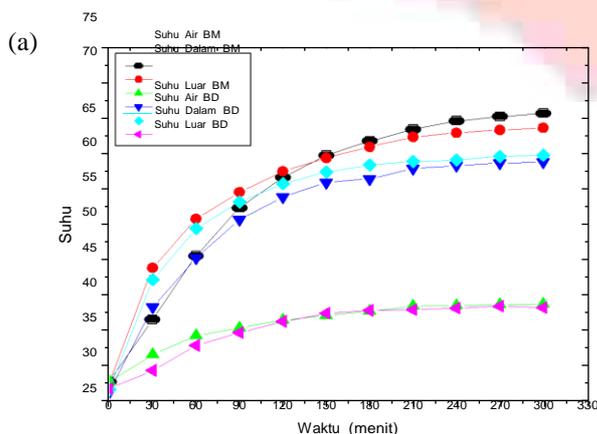
4 Pembahasan dan Analisis

Pada bab ini akan dibahas mengenai mekanisme pengolahan data yang telah diperoleh dari hasil penelitian, penguapan air garam dalam distilator

4.1 Variasi Bentuk Basin Serta Kadar Garam Pada Jarak Lampu Tetap

Pada proses ini bertujuan untuk mengetahui jumlah air yang menguap selama pemanasan dengan menggunakan lampu halogen yang disinari selama 5 jam. Pemanasan pada basin ini bertujuan untuk mendapatkan uap air agar menempel pada dinding penutup basin. Waktu yang diperlukan untuk menghasilkan air 120 menit, hal ini dikarenakan panas dari lampu yang dihasilkan harus memenuhi seluruh ruangan distilator agar mendapatkan uap air. Untuk waktu dari 0-120 menit basin datar memperoleh air sekitar 3 ml dan basin miring menghasilkan air 15 ml. Pada waktu yang sama, suhu yang dihasilkan dari pemanasan kedua basin yaitu 26.3°C - 55.7°C untuk basin datar, 27.2°C - 57.5°C untuk basin miring.

Pengambilan air dilakukan tiap jam, hal ini bertujuan untuk melihat hasil pemanasan yang terjadi di tiap jamnya. Dalam waktu 300 menit, suhu maksimal pada basin datar sekitar $59,8^{\circ}\text{C}$ dan basin miring sekitar $63,7^{\circ}\text{C}$ serta memperoleh air sekitar 30 ml untuk basin datar dan 60 ml untuk basin miring. Oleh karena itu, dari perbandingan basin ini dapat disimpulkan untuk memperoleh air secara optimal yaitu dengan menggunakan basin miring.



(a) Gambar 4.1 grafik perbandingan suhu antara basin datar dengan basin

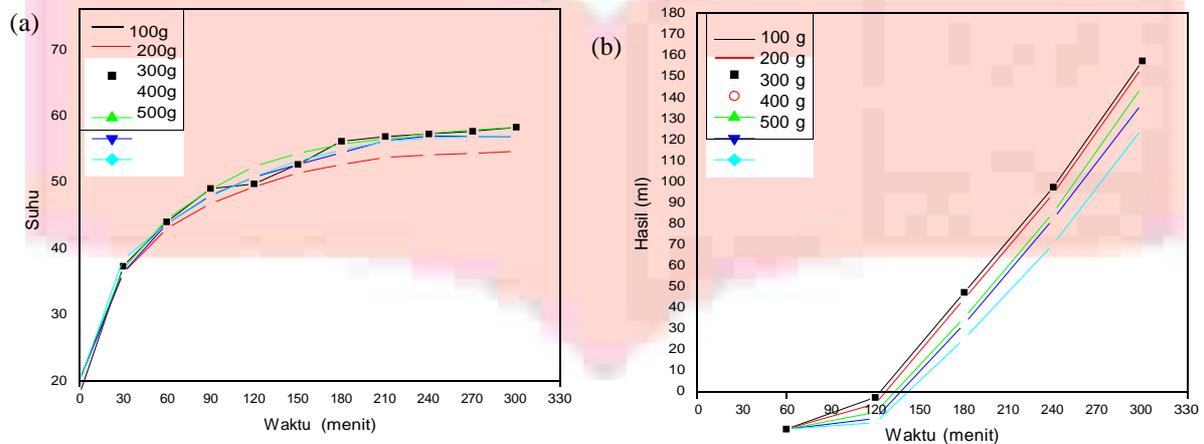
(b) Gambar 4.2 Perbandingan kelembaban terhadap waktu

(c) Gambar 4.3 Grafik hasil penguapan

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa nilai kelembaban mengalami kenaikan hingga 99,9%. Hal ini disebabkan sensor membaca nilai kelembaban ketika panas yang dihasilkan lampu mengalami mengenai air pada basin sehingga terjadi proses penguapan yang kemudian menjadi butiran-butiran air dan menempel penutup kolektor. Pada saat pemanasan, suhu mengalami kenaikan pada tiap jamnya hal tersebut sebanding dengan nilai kelembaban. Basin miring mengalami kenaikan kelembaban yang lebih besar dan lebih cepat dibandingkan dengan basin datar. Nilai kelembaban dalam mengalami perubahan pada menit ke-60, untuk basin datar 73,4% dan untuk basin miring 80,2%. Seiring dengan pemanasan berjalan, nilai kelembaban akan terus mengalami kenaikan.

4.2 Variasi Kadar Garam Dengan Ketinggian Lampu Serta Bentuk Basin Tetap

Pada percobaan ini dilakukan dengan membandingkan massa garam, yaitu 100 g, 200 g, 300 g, 400 g, 500 g garam dalam 4 liter air untuk melihat konsentrasi mana yang banyak memperoleh air mineral dalam waktu 6 jam. Percobaan ini dilakukan pada basin miring, hal ini dikarenakan pada percobaan 1 mendapatkan bahwa basin miring lebih banyak memperoleh air mineral dibandingkan dengan basin datar.



(a) Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan suhu air terhadap waktu pada masing-masing kadar garam

(b) Gambar 4. 5 Grafik hasil selama 5 jam pemanasan pada masing-masing kadar garam

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air pada suhu ruangan sekitar $\pm 27^{\circ}\text{C}$ hingga air yang menguap mengalir keluar ruang distilator adalah sekitar 120 menit. Hal ini karena panas dari lampu halogen akan mengisi ruang distilator, setelah suhu ruang distilator berada pada puncaknya, maka proses selanjutnya yaitu menguapkan air yang kemudian dialirkan menuju tempat penampungan yang berada di luar distilator. Air yang dihasilkan dari proses pemanasan tersebut kemudian dibandingkan antar konsentrasi larutan garam yang telah dibuat. Pada massa garam 200 g terjadi perbedaan suhu hal ini dikarenakan suhu lingkungan/ suhu ruangan terjadi penurunan karena pendingin ruangan dihidupkan sehingga mempengaruhi hasil pemanasan.

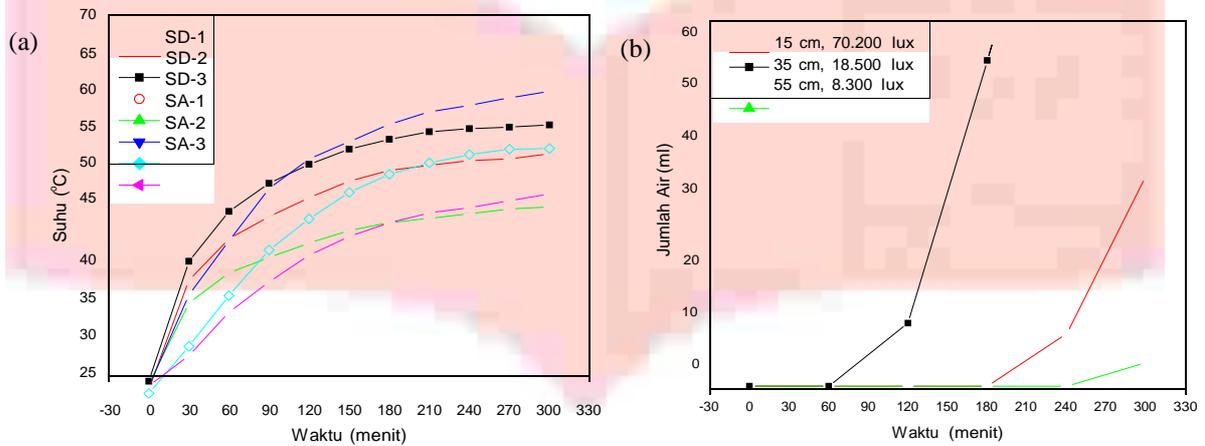
Gambar 4.5 menunjukkan bahwa semakin padat konsentrasi air garam, maka semakin sedikit air mineral yang dihasilkan selama proses penguapan. Berdasarkan gambar 4.10, pada menit ke 120, larutan garam dengan masaa garam 100 g menghasilkan air mineral terbanyak yaitu 15 ml. Di akhir penguapan selama 5 jam, yang menghasilkan air mineral terbanyak adalah larutan dengan massa garam 100 g yaitu sebanyak 175 ml, sedangkan yang paling sedikit menghasilkan air mineral adalah larutan dengan massa garam 500 g yaitu sebanyak 143 ml. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi larutan garam dapat mempengaruhi laju penguapan. Semakin besar massa garam maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan air.

4.3 Variasi Ketinggian Lampu Pada Kadar Garam Tetap

Pada percobaan 3 yaitu melakukan perbandingan ketinggian dengan memvariasikan 3 ketinggian yaitu, 15 cm, 35 cm, dan 55 cm. Hal ini bertujuan untuk mengetahui laju penguapan yang terjadi, apakah dengan memvariasikan ketinggian akan memperoleh jumlah air yang sama ataupun air yang lebih sedikit. Untuk konsentrasi yang digunakan pada percobaan ini yaitu 200 g dalam 4 liter air dengan menggunakan basin miring

Gambar 4.6 juga menunjukkan selama proses penyinaran, semakin tinggi letak lampu yang menyinari distilator maka radiasi terhadap basin semakin kecil karena sinar lampu menyebar ke lingkungan di luar basin. Suhu air maksimum dalam basin dengan tinggi lampu 15 cm, 35 cm, dan 55 cm masing-masing adalah 65°C , $57,5^{\circ}\text{C}$, dan $51,5^{\circ}\text{C}$. Lampu dengan ketinggian 15 cm membutuhkan waktu paling cepat yaitu 120 menit untuk meningkatkan suhu awal (26°C) menuju suhu penguapan air (55°C), sedangkan lampu dengan ketinggian 55 cm membutuhkan waktu 300 menit untuk meningkatkan suhu awal (26°C) menuju suhu penguapan air (50°C). Panas dari lampu yang lebih tinggi tersebar ke lingkungan di luar basin, sehingga menyebabkan kenaikan suhu di dalam basin lebih lama. Gambar 4.7 menunjukkan bahwa ketinggian lampu mempengaruhi laju penguapan air garam selama 5 jam proses pemanasan. Lampu dengan ketinggian 15 cm, 35 cm, dan 55 cm menghasilkan air

masing-masing sebanyak 172 ml, 40 ml, dan 4,5 ml. Semakin dekat posisi lampu dengan basin, maka radiasi panas yang dipancarkan semakin besar untuk menguapkan air garam, sehingga air mineral yang dihasilkan semakin banyak. Dari percobaan ini dapat disimpulkan bahwa semakin dekat posisi lampu dengan basin, maka semakin cepat waktu penguapan, sehingga air mineral yang dihasilkan semakin banyak.



(a) Gambar 4.6 grafik Perbandingan Suhu Terhadap

(b) Gambar 4.7 grafik hasil penguapan dengan perbedaan

5. Simpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Laju penguapan yang dihasilkan pada basin miring sebanyak 185 ml dan basin datar sebanyak 72 ml selama 5 jam
2. Larutan garam dengan konsentrasi paling rendah, yaitu 100 g garam dilarutkan dalam 4 liter air memiliki suhu dalam distilator dan suhu air maksimum paling tinggi yaitu 64,2°C dan 65,8°C, serta menghasilkan air mineral paling banyak yaitu 175 ml.
3. Jarak lampu dengan basin yang paling dekat yaitu 15 cm dengan intensitas cahaya 70.200 lux memiliki suhu maksimum dalam distilator dan suhu air tertinggi yaitu 60,6°C dan 65°C serta menghasilkan air mineral yang paling banyak yaitu 45 ml.
4. Desain distilator dengan bentuk miring memiliki laju penguapan 3 kali lebih besar dibandingkan dengan basin konvensional (basin datar).

Daftar Pustaka

- [1] Retnowati, Endang. (2011). *Nelayan Indonesia Dalam Pusaran Kemiskinan Struktural*. Surabaya: Universitas Wijaya Kusuma.
- [2] R, Nova Ismail. (2010). *Pengaruh Bentuk Cover terhadap Produktivitas dan efisiensi solar still*. Malang: Universitas Widyagama.
- [3] Wasak, Marta.(2012). *Keadaan Sosial-Ekonomi Masyarakat Nelayan Di Desa Kinabuhutan Kecamatan Likupang Barat Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara*. Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- [4] Mulyanef, Marsal, Arman, R., & Sopian. (2006). *Sistem Distilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Kolektor Plat Datar dengan Tipe Kaca Penutup Miring*. Padang: Universitas Bung Hatta.
- [5] Mukaddin, Aldi, Wirawan, Made, Bagus, Ida Alit. (2013). *Analisa Pengaruh Variasi Bentuk Absorber Pada Alat Destilasi Air Laut Terhadap Kenaikan Suhu Air Dalam Ruang Pemanas Dan Jumlah Penguapan Air Yang Dihasilkan*. Mataram: Universitas Mataram.

- [6] J, Michael Moran. N, Howard Shapiro & Sulistiyo, Yulianto Nugroho. (2003). Termodinamika Teknik Edisi ke-4. Jakarta: Erlangga.

