

ANALISIS KINERJA ALAT DESALINASI AIR LAUT PENGHASIL AIR TAWAR DAN GARAM DENGAN MENGUNAKAN TENAGA SURYA

Sopiyan Iqbal¹, Sukmawaty¹, Guyup Mahardhian Dwi Putra^{2*}, Diah Ajeng Setiawati¹

¹Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram

²Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram, guyupmdp@unram.ac.id

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima: 12-09-2018
Disetujui : 02-01-2019

Kata Kunci:

Air laut
Desalinasi
Energi surya
Volume destilat

ABSTRAK

Abstrak: Penelitian ini bertujuan mengetahui kinerja alat desalinasi energi surya. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dengan mendestilasikan air laut sebanyak 5 liter selama 5 hari. Pengambilan data dilakukan setiap hari selama 10 jam (08.00-17.00 WITA). Parameter yang diamati adalah intensitas matahari (I_T , W/m^2), temperatur air laut (T_{al} , $^{\circ}C$), temperatur air tawar (T_{at} , $^{\circ}C$), temperatur plat penyerap (T_c , $^{\circ}C$), temperatur penguapan (T_{sv} , $^{\circ}C$), temperatur lingkungan (T_a , $^{\circ}C$), produktivitas air tawar (liter), serta garam yang terbentuk (liter). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa intensitas matahari sangat berpengaruh terhadap produktivitas destilat yang dihasilkan. Volume destilat terbesar dihasilkan pada hari kedua dengan efisiensi energi mencapai 97,52%.

Abstract: This study aimed to determine the performance of solar energy desalination devices. The method used was an experimental method by distillate 5 liters of seawater for 5 days. Data collection was carried out every day for 10 hours (08.00-17.00 WITA). The parameters observed were solar intensity (I_T , W / m^2), seawater temperature (T_{al} , $^{\circ}C$), freshwater temperature (T_{at} , $^{\circ}C$), absorbent plate temperature (T_c , $^{\circ}C$), evaporation temperature (T_{sv} , $^{\circ}C$), environmental temperature (T_a , $^{\circ}C$), productivity of fresh water (liters), and salt formed (liters). The observations showed that the intensity of the sun is very influential on the productivity of the distillate produced. The largest volume of distillate was produced on the second day with energy efficiency achieved 97.52%.

A. LATAR BELAKANG

Indonesia secara geografis merupakan sebuah negara kepulauan dengan dua pertiga luas lautan yaitu, sekitar 3.288.683 km². Hal ini bisa terlihat dengan adanya garis pantai di hampir setiap pulau di Indonesia (\pm 81.000 km) yang menjadikan Indonesia menempati urutan kedua setelah Kanada sebagai negara yang memiliki garis pantai terpanjang di dunia. Melihat Indonesia yang terletak di tengah kepungan air laut, kekurangan air bersih banyak menimpa masyarakat yang tinggal di pesisir pantai.

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia untuk hidup. Penyediaan air bersih bagi seluruh lapisan masyarakat masih merupakan satu masalah besar di Indonesia. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan upaya untuk mendapatkan air jernih dengan proses destilasi air laut.

Kepulauan Indonesia yang berada di sekitar garis katulistiwa memiliki iklim tropis sehingga mendapatkan penyinaran matahari sepanjang tahun. Energi matahari yang tersedia merupakan sumber energi yang murah dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif [1]

Untuk dapat memanfaatkan energi surya tersebut khususnya dalam proses destilasi air laut, digunakan suatu perangkat untuk mengumpulkan energi radiasi

matahari yang sampai ke permukaan bumi dan mengubahnya menjadi energi kalor yang berguna. Perangkat ini disebut dengan kolektor surya. Penelitian tentang kolektor surya bukanlah ide baru dalam dunia teknologi rekayasa surya. Telah banyak para peneliti yang telah meneliti hal ini sebelumnya, salah satunya penelitian terkait destilasi plat datar oleh [2] dimana efisiensi destilasi mencapai 8,48% dan rata-rata produktivitas air tawar mencapai 665 ml.

Nilai efisiensi destilat yang dicapai pada penelitian sebelumnya [2] dirasa masih sangat rendah. Oleh karena itu, penelitian ini diperlukan untuk mengetahui kinerja alat destilasi air laut berbasis energi surya, mengetahui produktivitas air tawar yang dihasilkan, serta menentukan kesetimbangan massa air laut yang diperlukan untuk mendapatkan efisiensi yang maksimal.

B. METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada 16-21 Juli 2018 di Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram.

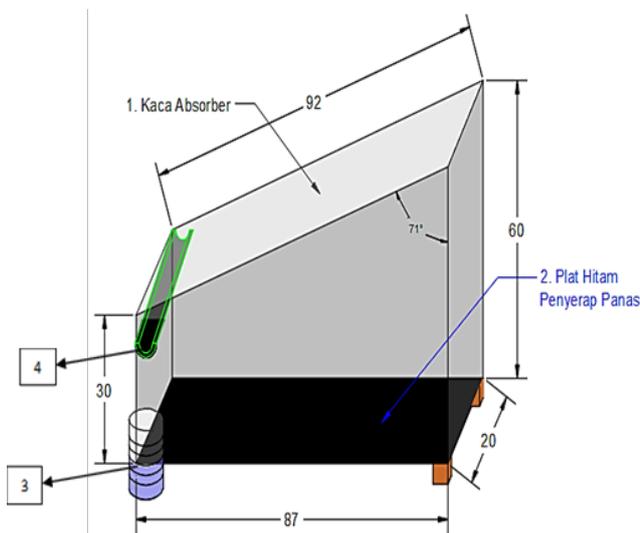
2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Satu set alat destilator
Dimensi alat destilasi terdiri dari: evaporator dengan panjang 87 cm dan lebar 82 cm, panjang sisi miring 92 cm, tinggi bagian belakang 60 cm dan tinggi bagian depan 30 cm dengan tinggi kaki destilator 5 cm (Gambar 1).
- b. Bakpenampung air (liter)
- c. Gelas piala (ml)
- d. Termokopel
Termokopel berfungsi untuk mengukur intensitas radiasi matahari (W/m^2).
- e. Termometer Digital
Termometer digital berfungsi untuk mengukur temperature ($^{\circ}C$).
- f. Termometer Air Raksa
Termometer Alkohol berfungsi untuk mengukur temperatur lingkungan ($^{\circ}C$).
- g. Stopwatch
Stopwatch digunakan untuk menentukan waktu pengambilan data (detik).
- h. pH meter
Alat ini digunakan untuk mengukur pH air laut dan air tawar
- i. TDS meter
Alat ini digunakan untuk mengukur kepekatan larutan air laut (ppm).

08.00-17.00 WITA dengan pemanasan tenaga surya.

- b. Parameter yang diamati
Parameter yang diamati pada penelitian ini meliputi:
 1. Suhu bak evaporator
Untuk mengambil data suhu bak evaporator, diletakkan sensor suhu termokopel untuk mencatat suhu dinding kaca, suhu penguapan dan suhu air laut.
 2. Suhu lingkungan
Untuk mengambil data suhu lingkungan diletakkan termometer disekitar lingkungan pengamatan.
 3. Kualitas fisik air hasil destilasi (pH, Suhu air dan kadar garam)
Untuk mengambil data uji kualitas fisik air maka dilakukan pengujian sampel air tawar pada setiap selesai melakukan pengamatan perhari.
 4. Volume garam dihasilkan
Untuk mengambil data Volume Garam digunakan timbangan analitik untuk mengetahui berat massa yang dihasilkan pada proses destilasi.
 5. Kapasitas air Laut
Untuk mengambil data kapasitas air air laut maka digunakan perhitungan kapasitas volume maksimal pada evaporator.



Keterangan:(1) kaca absorber, (2) plat hitam penyerap panas, (3) wadah penampung air tawar, (4) tube saluran destilat

Gambar 1. Destilator tenaga surya

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diambil Air laut 5 liter dari pantai Mapak Mataram.

3. Metode dan Parameter Penelitian

- a. Metode penelitian
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan melakukan uji kinerja alat destilator dalam mendestilasikan air laut sebanyak 5 liter selama 5 hari (1 liter perhari secara kontinyu). pencatatan suhu setiap 1 jam mulai dari pukul

- c. Parameter yang dihitung
 1. Kestimbangan massa[3]
$$\sum_t(\rho \cdot A \cdot V)_{\text{masuk}} = \sum_t(\rho \cdot A \cdot V)_{\text{keluar}} + V_{\text{garam}} \quad (1)$$

Keterangan:
 ρ = Massa Jenis Air Laut (Kg/m^3)
 A = Luas Permukaan Air Laut (m^2)
 V = Volume air Laut (liter)
 2. Energi radiasi yang diserap oleh plat penyerap[3]
$$Q_{in} = \alpha \times I T_{tot} \times A_c \quad (4)$$

Keterangan:
 $I T$ = intensitas surya (W/m^2)
 A_c = Luas plat penyerap (m^2)
 α = absorpsivitas plat penyerap (0,50)
 Q_{in} = Energi radiasi yang sampai ke plat penyerap (Watt)
 3. Energi yang berguna pada destilasi air laut[3]
$$Q_u = m \cdot C_p \cdot \Delta T + m \times h_{fg} \quad (3)$$

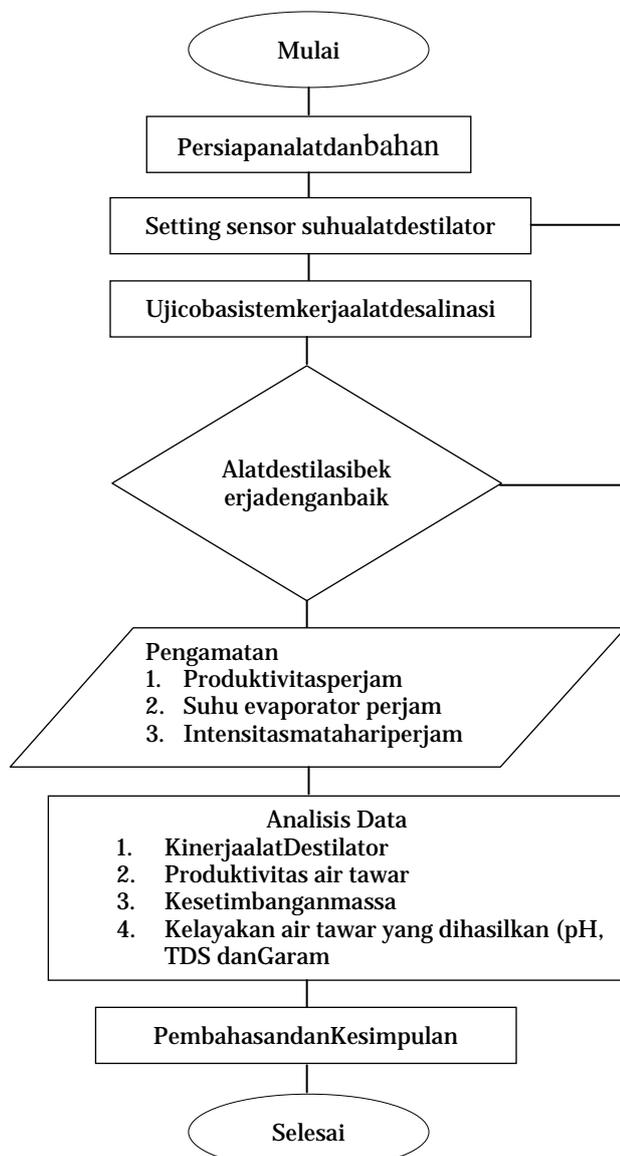
Keterangan:
 Q_u = Energi yang berguna bagi kolektor (Watt)
 m = Massa zat yang diuapkan (liter)
 C_p = Panas spesifik zat ($J/kg \cdot m^2 \cdot ^{\circ}C$)
 ΔT = Perbedaan temperatur ($^{\circ}C$)
 H_{fg} = Panas Laten Penguapan ($22,6 \times 10^5 J/kg^{\circ}C$)
 4. Energi yang hilang dari kolektor(Mulyanef, 2014)
$$Q_{loss} = \alpha \cdot I T_{tot} \cdot A_c - m \cdot C_p \cdot \Delta T + m \times h_{fg} \quad (4)$$

Keterangan:
 $I T$ = intensitas surya (W/m^2)

- α = absorpsivitas plat penyerap (0,50)
 C_p = Panas spesifik zat (J/kg. m². °C)
 ΔT = Perbedaan temperatur (°C)
 m = Massa Zat yang diuapkan (liter)
 h_{fg} = Panas Laten Penguapan (22,6 x 10⁵ J/kg°C)
 T_p = Temperatur plat penyerap (°C)
 T_a = Temperatur lingkungan (°C)
 A_c = Luas plat penyerap (m²)
5. Efisiensi alat destilasi air laut tenaga surya[3]
- $$\eta_c = \frac{Q_u}{Q_{in}} \times 100\% \quad (5)$$
- Keterangan:
 Q_{in} = Energi radiasi yang sampai ke plat penyerap (Watt)
 Q_u = Energi yang berguna dari kolektor (Watt)

4. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



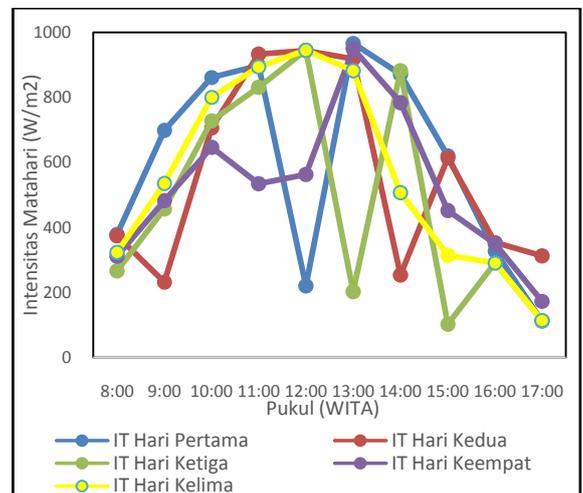
Gambar 2. Diagram alir penelitian

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kinerja Alat

a. Intensitas Matahari

Data intensitas matahari selama 5 (lima) hari penelitian dapat dilihat pada Gambar 3. Pada grafik tersebut terlihat bahwa intensitas matahari mengalami fluktuasi setiap harinya. Intensitas matahari secara umum meningkat pada pagi hari menuju siang hari dan menurun setelah siang hari menuju sore hari. Hal ini disebabkan karena gerak semu harian matahari (dari timur ke barat) menyebabkan perubahan sudut datang sinar matahari yang mempengaruhi jumlah energi radiasi yang diterima oleh permukaan bumi. Semakin tegak posisi matahari dengan bumi, semakin besar energi yang diterima, sehingga umumnya intensitas sinar matahari yang terukur pada siang hari adalah paling tinggi dibandingkan waktu-waktu lainnya.



Gambar 3. Intensitas sinar matahari selama 5 hari pengamatan

Pada gambar 3 terlihat bahwa nilai intensitas sinar matahari pada hari pertama saat tengah hari (pukul 12.00) adalah yang terendah kedua pada hari tersebut. Sementara pada hari ketiga terjadi penurunan drastis intensitas matahari pada jam 13.00. Penurunan nilai intensitas matahari ini dapat disebabkan karena adanya penghalang berupa awan yang menaungi lokasi pengamatan pada waktu pengambilan data. Hal ini sejalan dengan [4] yang menyatakan bahwa naiknya turunya intensitas penyinaran matahari sangat dipengaruhi oleh keadaan awan di atmosfer.

Tabel 1 memperlihatkan intensitas matahari total setiap harinya selama pengamatan. Intensitas matahari sangat mempengaruhi suhu plat dan suhu penguapan yang terlihat meningkat seiring meningkatnya intensitas matahari. Adapun suhu lingkungan, air laut dan air tawar hasil destilasi menunjukkan nilai dengan pola yang berbeda dengan nilai intensitas matahari.

TABEL1.
Intensitas Matahari Total dan Suhu Air Laut, Destilat, Plat, dan Penguapan

No	Parameter	Hari				
		I	II	III	IV	V
1	IT (kW/m ²)	60,2	56,4	48,1	59,8	50,8
2	T _{Air Laut} (°C)	55,78	52,55	53,22	55,52	51,68
3	T _{Air Tawar} (°C)	41,63	42,00	41,88	39,88	41,50
4	T _{Lingkungan} (°C)	32,40	31,60	31,10	31,30	31,63
5	T _{Plat} (°C)	52,50	50,25	48,94	50,78	46,05
6	T _{Penguapan} (°C)	62,67	60,28	58,20	61,78	54,86

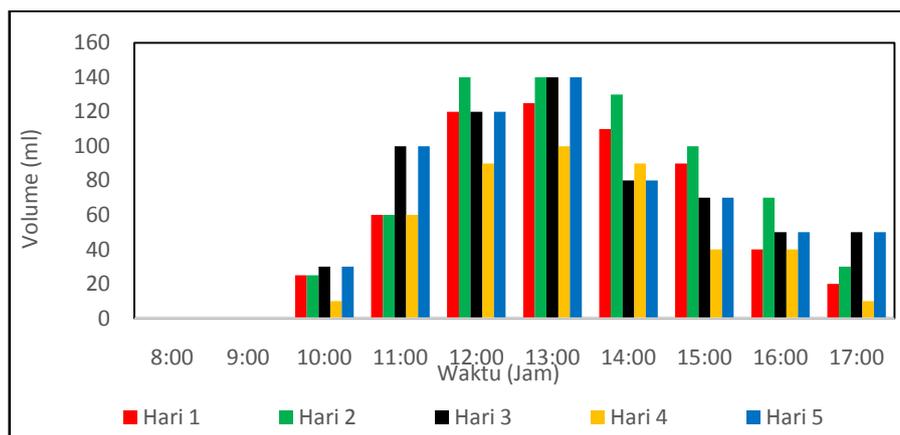
Nilai suhu plat dan suhu penguapan meningkat seiring meningkatnya intensitas matahari disebabkan plat menyerap energi sinar matahari sesuai yang diterimanya saat itu dan menggunakannya untuk menguapkan air laut yang terdapat pada alat destilator. Hal ini sesuai dengan asas black yang menyatakan bahwa kalor yang diserap sama dengan kalor yang diterima oleh zat tersebut dan akan sebanding dengan kenaikan (perubahan) suhu zat tersebut [5].

b. Produktivitas Air Tawar

Gambar 4 menunjukkan produktivitas (volume) air tawar yang dihasilkan terhadap waktu. Pada grafik tersebut terlihat bahwa terjadi peningkatan volume air tawar secara konsisten sejak pukul 10.00-12.00 WITA. Peristiwa ini terjadi karena semakin siang proses destilasi dilakukan, temperatur evaporasi meningkat sehingga produktivitas (volume) air tawar yang dihasilkan dari proses evaporasi juga meningkat. Nilai produktivitas air tawar mulai menurun seiring dengan menurunnya intensitas sinar matahari (Gambar 3). Setelah pukul 14.00 posisi matahari sudah

mulai bergerak ke arah barat, sehingga nilai intensitas matahari yang diterima akan semakin berkurang menjelang matahari terbenam. Faktor lain yang mempengaruhi produktivitas air bersih dari alat destilasi tenaga surya ini adalah kecepatan angin, temperatur lingkungan, dan cuaca yang dinamis.

Pada gambar 4 terlihat bahwa titik maksimum pembentukan air tawar akibat proses evaporasi terjadi sekitar pukul 12.00-13.00 WITA. Air kondensat yang dihasilkan pada waktu tersebut mencapai 120-140 ml, sedangkan produktivitas yang paling sedikit terdapat pada jam 08.00, 16.00 dan pukul 17.00 WITA sebesar 25-90 ml. Hal ini disebabkan oleh intensitas sinar matahari pada jam 08.00, 16.00 dan 17.00 WITA rendah dan pada jam 12.00-14.00 WITA intensitas sinar matahari tinggi. Produktivitas air yang paling banyak dihasilkan adalah pada hari kedua sebesar 695 ml, sedangkan produktivitas yang paling sedikit adalah hari keempat sebesar 440 ml.



Gambar 4. Produktivitas air tawar selama 5 hari pengamatan

Tabel 2.
Data Pengamatan Parameter Kualitas Air Laut dan Destilat

No	Parameter	Hari Destilasi					Rata-rata	
		Air laut	I	II	III	IV		V
1	pH	8,10	7,35	7,19	7,09	7,03	7,03	7,14
2	Suhu (°C)	33	30	29	31	32	30	30,4
3	TDS (ppm)	8247	97	93	0,015	0,034	0,048	38,02

Tabel 3
Kesetimbangan Energi Proses Distilasi Air laut

Hari Ke-	Energi Masuk (Joule)	Energi Terpakai (Joule)	Efisiensi(%)
1	2.123.435,10	1.755.500,00	82,67
2	2.012.144,70	1.962.350,00	97,52
3	1.965.773,70	1.766.347,56	89,85
4	1.873.251,75	1.307.755,28	69,81
5	1.999.660,20	1.639.599,16	81,99

c. Kualitas Air Laut dan Destilat

Tabel 2 memperlihatkan kualitas air hasil destilasi. Pada sampel pengujian air laut sebelum destilasi memiliki pH 8,10 yang mengindikasikan air laut memiliki sifat basa. Berdasarkan hasil pengujian air tawar dari proses destilasi memiliki pH 7,03- 7,35 yang bersifat netral. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 907/MENKES/PER/VII/2002 memberikan syarat standar pH minimum dan maksimum air minum yang di izinkan berkisar antara 6,5-8,5. Pada sampel pengujian air tawar pH terukur adalah 7,03-7,35. Nilai ini menunjukkan bahwa destilat bersifat netral dan memenuhi pH yang diperbolehkan oleh KEMENKES RI.

Temperatur yang didapatkan berdasarkan hasil penelitian berturut-turut tercatat sejak hari pertama pengamatan, yaitu 30°C, 29°C, 31°C, 32°C, dan 30°C. Temperatur sebelum kondensasi tercatat 33°C, lebih tinggi jika dibandingkan dengan temperatur setelah destilasi. Meskipun demikian, nilai ini masih dinyatakan layak berdasarkan KEMENKES RI.

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui total zat terlarut (TDS) pada air tawar hasil destilasi selama 5 hari berturut-turut sebesar 97 ppm, 93 ppm, 0,015 ppm, 0,034 ppm dan 0,048 ppm. Faktor yang menentukan nilai total zat terlarut adalah kandungan garam pada air. Semakin banyak senyawa garam yang terkandung di dalam air, semakin tinggi nilai TDSnya. Setelah proses destilasi, total zat terlarut berkurang, karena zat terlarut berupa senyawa garam tidak menguap akibat titik didih senyawa garam lebih tinggi daripada air. Sehingga yang selanjutnya terkondensasi hanya uap air murni dengan total zat terlarut dibawah 100 ppm. Hal ini dengan sesuai ketetapan dari World Health Organization (WHO) yang menetapkan standar air minum sehat yang layak dikonsumsi harus memiliki kadar TDS dibawah 100 ppm.

d. Kesetimbangan massa destilasi

Untuk menghitung kesetimbangan massa destilasi digunakan hukum kesetimbangan massa, dimana massa yang memasuki sistem harus sama dengan massa yang keluar melewati sistem dan kehilangan yang terjadi akibat proses dalam sistem diasumsikan sebagai losses atau kehilangan massa. Rata-rata setelah

destilasi, total destilat terbentuk sebesar 350 ml dari total air laut yang diuji sebesar 5000 ml. Berdasarkan kesetimbangan massa, total air laut yang menguap (tidak terkondensasi) sebesar 1,645 liter dan garam yang dihasilkan sebesar 25 gram (Gambar 5) yang terhitung sebagai penyusutan air laut.



Gambar 5. Garam yang dihasilkan setelah proses destilasi

e. Kesetimbangan Energi dan Efisiensi

Tabel 3 memperlihatkan nilai kesetimbangan energi pada proses destilasi dalam penelitian ini. Dari tabel terlihat bahwa selama 5 lima hari, hampir seluruh energi yang masuk digunakan untuk proses destilasi. Untuk energi yang hilang selama proses destilasi diperkirakan terjadi akibat adanya proses konduksi dan konveksi panas, baik pada dinding evaporator atau plat penyerap. Selain itu, energi yang masuk pada plat penyerap energi tidak semuanya digunakan melainkan ada sebagian kecil energi yang dipantulkan kembali, sehingga diasumsikan sebagai energi yang hilang.

Tabel 3 memperlihatkan bahwa efisiensi alat destilasi memiliki hubungan yang linier dengan jumlah energi yang masuk dalam evaporator. Adapun nilai efisiensi yang dihitung adalah nilai efisiensi perhari dari kemampuan alat destilator untuk menghasilkan air tawar. Berdasarkan pengujian dan pengamatan alat destilasi selama lima hari, didapatkan nilai efisiensi terbesar pada hari kedua dengan nilai 97,52% sedangkan efisiensi terendah pada hari keempat dengan nilai 69,81%.

Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai efisiensi antara lain kondisi iklim dan cuaca (intensitas matahari, lama penyinaran, suhu lingkungan, hambatan angin, laju perpindahan panas dan lain sebagainya) yang berpengaruh terhadap kalor atau suhu, baik pada sistem

destilasi maupun padalingkungan. Faktor lain yang juga dianggap berpengaruh dalam proses

destilasi adalah dimensi alat destilasi serta volume air yang didestilasi.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Alat destilasi yang diamati pada penelitian ini mampu bekerja cukup baik dengan nilai produktivitas air tawar rata-rata tertinggi per hari sebesar 695 ml dan terendah sebesar 440 ml. Kualitas air tawar yang dihasilkan telah sesuai standar KEMENKES RI tahun 2014. Total kehilangan masa terjadi pada sistem adalah sebesar 1,6455 liter, baik yang menjadi losses dan hasil endap an garam yang dihasilkan. Pada proses ini, jumlah energi masuk tertinggi sebesar 2.123.435,1 Joule, energi terpakai tertinggi sebesar 1.962.350 Joule, dan energi yang hilang dari plat penyerap terendah sebesar 56.844,4 Joule. Efisiensi kinerja alat tertinggi didapatkan sebesar 97,52% dan efisiensi terendah sebesar 69,81%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa performansi alat destilasi tenaga surya yang digunakan sudah cukup baik. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan kaca absorber miring berbentuk segitiga atau prisma, sehingga dapat diketahui bentuk mana yang lebih efisien dalam menghasilkan destilat.

E. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Darpito H. dkk. Kualitas dan Penanganan Penyediaan Air Bersih di Desa-desi Pantai di Indonesia. *Prosiding "Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Air di Indonesia 1996"*. ITB. Bandung. 1996.
- [2] Astawa, K., Sucipta, M., Negara, I.P.G. "Analisa Performansi Destilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Peyerap Radiasi Tipe Bergelombang Berbahan Dasar Beton". *Keseimbangan Energi*. h. 8–10, April 2011.
- [3] Mulyanef, Yanthi, D.V., dan Masfan, Studi Eksperimental Destilasi Surya Tripel Basin Menggunakan Kolektor Plat Datar. *Prosiding Seminar Nasional RESATEK I*, FTI Universitas Bung Hatta (2010).
- [4] Sari, M.B., Yulkifli, dan Kamus, Z. "Sistem Pengukuran Intensitas dan Durasi Penyinaran Mata hari". *J. Oto. Ktrl. Inst (J. Auto. Ctrl. Inst)*, Vol 7, No 1, h. 37–52, 2015.
- [5] Yani, R. P., dan Said, L.M., dan Ihsan "Studi Penentuan Nilai Kalori pada Buah Durian (*Durio Zibethinus*)". *Teknosains*, Vol 8, No 2, h. 161-174, Juli 2104.