



PERANCANGAN DAN ANALISIS UNJUK KERJA PADA SISTEM SIMULASI TOWER EVAPORASI

Nailul 'Atifah¹, Sulanjari², Ersam Mahendrawan³

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : dosen00410@unpam.ac.id¹, dosen01182@unpam.ac.id², dosen01329@unpam.ac.id³

Masuk : 02 Oktober 2019

Direvisi : 10 Oktober 2019

Disetujui : 20 Oktober 2019

Abstract: This research aimed to design the evaporation tower simulation system to produce fresh water from sea water. This research was the development of the other researches by thermal system that used cistern. The development has been done by expand the contact area between water and hot air. This research has been done by empirical testing in order to determine the effect of hot air flow rate to the performance of evaporation that consists of increasing of absolute humidity, rate of evaporation and heat energy per mass of water vapour. The variation of hot air flow rate consists of two value i.e. 4,4 m/s (low speed) and 6 m/s (high speed). The values of increasing absolute humidity in low speed and high speed condition were 23,36 % and 39,01% respectively. In this system, there was no significant increasing in evaporation rate if it was compared with the other thermal system. Rate of evaporation was in interval 87,131 mg/s-198,457 mg/s or equaled 1,255 liter/day - 2,858 liter/day by using hot air corridor that obtained heat from hot sand from solar radiation. Heat energy per mass of water vapour in low speed and high speed condition were 3438 kJ/kg and 3687 kJ/kg respectively. This amount of energy was 26,72%-43,37% higher than conventional system i.e by boiling system.

Keywords: evaporation tower, air flow, absolute humidity increasing value, evaporation rate, heat energy.

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem simulasi tower evaporasi air laut sebagai bagian dari sistem pengolahan air laut menjadi air bersih. Pengembangan yang dilakukan adalah dengan mempebesar luas kontak area evaporasi yakni dengan menyempatkan air laut melalui kontak dengan aliran udara panas. Dalam penelitian ini diadakan pengujian empiris untuk mengetahui pengaruh laju aliran udara panas terhadap unjuk kerja penguapan pada sistem tower evaporasi yang meliputi beberapa parameter yakni peningkatan kelembaban absolut, laju penguapan dan energi panas per satuan massa uap air yang digunakan untuk evaporasi. Variasi kecepatan aliran udara panas yang dikontakkan dengan aliran air dari atas tangki adalah sebesar 4,4 m/s (low speed) dan 6 m/s (high speed). Diperoleh nilai peningkatan kelembaban absolut sebesar 23,36 % pada kondisi low speed dan 39,01% pada kondisi high speed. Tidak terdapat peningkatan laju penguapan yang signifikan pada sistem tower ini jika dibandingkan sistem termal yang menggunakan bak. Laju penguapan berada pada rentang 87,131 mg/s-198,457 mg/s atau setara dengan 1,255 liter/hari - 2,858 liter/hari jika menggunakan pemanasan dengan lorong udara panas pasir pantai yang terkena radiasi matahari. Energi panas per satuan massa uap air yang digunakan untuk evaporasi adalah sebesar 3438 kJ/kg pada kondisi low speed dan 3687 kJ/kg pada kondisi high speed. Energi ini 26,72%-43,37% lebih besar dari pada dengan sistem konvensional dengan dipanaskan sampai mendidih.

Kata kunci: Tower evaporasi, aliran udara, peningkatan kelembaban absolut, laju penguapan, energi panas.

PENDAHULUAN

Permasalahan krisis air dewasa ini perlu mendapatkan perhatian serius. Seiring dengan pesatnya pembangunan infrastruktur, daerah resapan air hujan semakin berkurang. Hal ini menyebabkan jumlah persediaan air tanah menjadi berkurang. Program penghijauan dan pembangunan sumur resapan memang bisa menjadi solusi yang tepat. Akan tetapi dua sistem ini sampai saat ini belum mampu mengejar ketertinggalan terhadap

pembangunan infrastruktur yang lain yang menyebabkan pengurangan daerah resapan tanah seperti jalan raya dan bangunan. Dengan demikian perlu solusi lain seperti pengelolaan air pada sektor hilir yaitu pada air laut. Di sisi lain penggunaan energi terbarukan seperti energi surya terutama pada musim kemarau dimana difusi dari awan relatif tidak signifikan patut dipertimbangkan.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan konsep memperluas luas permukaan air laut pada penguapan sistem destilasi. Sehingga diharapkan akan mendapatkan jumlah air bersih yang maksimal dari air laut (mengoptimalkan sistem destilasi air laut). Sebagai langkah awal, penelitian ini bertujuan menghasilkan sistem evaporator air laut yang paling efektif yang berikutnya akan bias digunakan sebagai bagian dari sistem destilasi air laut yang bisa dimanfaatkan oleh masyarakat di pesisir pantai. Dari sistem destilasi air laut akan menghasilkan hasil samping yang berupa garam yang dapat meningkatkan perekonomian masyarakat di pesisir pantai.

Penelitian yang dilakukan oleh Yuvita, dkk (2012) tentang distilasi air laut memanfaatkan tenaga surya menyimpulkan bahwa tipe dua permukaan kaca miring menghasilkan kondensat terbanyak yaitu 2,47 liter/h dengan intensitas surya tertinggi 1025 w/m². Efisiensi teoritis akan meningkat seiring dengan meningkatnya laju evaporasi berbanding dengan intensitas radiasi matahari dari data terlihat efisiensi teoritis maksimum [3].

K. B. A. Walangare, dkk (2013) dalam penelitiannya mengenai rancang bangun alat konversi air laut menjadi air minum dengan proses destilasi sederhana menggunakan pemanas elektrik menyimpulkan bahwa dengan menggunakan alat yang telah dirancang, dihasilkan air minum atau air bersih yang layak digunakan dan dikonsumsi oleh masyarakat [2].

Mulyanef, dkk (2014) dalam penelitiannya mengenai pengolahan air laut menjadi air bersih dan garam dengan destilasi tenaga surya menyimpulkan bahwa dengan luas kolektor 1,6 m², volume air laut dalam basin 10.000 ml dan intensitas surya rata-rata 542 W/m² diperoleh air bersih rata-rata 1360 ml/hari serta garam sebanyak 642 gram pada hari ketujuh [1].

Penelitian yang dilakukan oleh Mulyanef, dkk (2015) tentang kajian eksperimental alat pengolahan air laut menggunakan energi surya untuk memproduksi garam dan air tawar menyimpulkan bahwa dari 28 liter air laut yang diproses di dalam kolektor plat datar seluas (1,20 x 2,00) m² dapat menghasilkan garam sebanyak 2.600 gram dan air tawar sebanyak 2.012 mili liter per hari [5].

TINJAUAN PUSTAKA

Kelembaban absolut ω dapat ditentukan dengan melakukan pengukuran DBT (Dry Bulb Temperature) dan WBT (Wet Bulb Temperatur). Sehingga nilai ω dapat dihitung dengan persamaan berikut [7]:

$$\omega = \frac{C_{pa}(WBT - DBT) + \omega_{WBT} h_{fgWBT}}{h_{gDBT} - h_{fWBT}} \quad (2.1)$$

Dengan :

- C_{pa} : panas spesifik udara (kJ/kg.K)
- WBT : *Wet Bulb Temperatur* (K)
- DBT : *Dry Bulb Temperature* (K)
- ω_{WBT} : kelembaban spesifik pada WBT
- h_{fgWBT} : enthalpi penguapan pada WBT (kJ/kg)
- h_{gDBT} : enthalpi uap jenuh pada DBT (kJ/kg)
- h_{fWBT} : enthalpi cair jenuh pada WBT (kJ/kg)

Peningkatan kelembaban absolut dari udara yang masuk sistem ke udara yang keluar dari tower dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$PKA = \frac{\omega_{in} - \omega_o}{\omega_{in}} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dengan :

- PKA* : Peningkatan Kelembaban Absolut (%)
 ω_{in} : Kelembaban absolut udara panas yang masuk sistem tower evaporasi (kg_w/kg_a)
 ω_o : Kelembaban absolut udara yang keluar dari tower evaporasi (kg_w/kg_a)

Laju penguapan dapat dinyatakan dalam paramater massa per satuan waktu. Dalam hal ini laju penguapan dapat dihitung dengan persamaan berikut [9]:

$$\Delta \dot{m}_w = (\omega_o - \omega_{in}) \cdot \dot{m}_{ain} \quad (2.3)$$

dengan:

- $\Delta \dot{m}_w$: laju penguapan (kg/s)
 ω_o : kelembaban absolut keluaran tower (kg_w/kg_a)
 ω_{in} : kelembaban absolut yang masuk ke tower (kg_w/kg_a)
 \dot{m}_{ain} : laju aliran massa udara yang mengalir di dalam tower (kg/s)

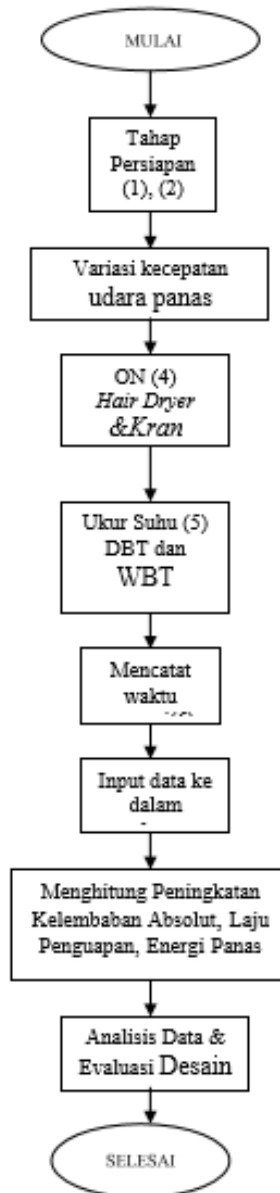
Energi panas per massa uap air yang digunakan untuk mengevaporasikan air yang dialirkan dari tangki dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$q = \frac{Q_o - Q_{in}}{\Delta \dot{m}_w} \quad (2.4)$$

dengan:

- q* : energi panas per massa uap air (kJ/kg)
 Q_o : daya keluaran tower evaporasi (kJ/s)
 Q_{in} : daya input tower evaporasi (kJ/s)
 $\Delta \dot{m}_w$: laju penguapan pada kondisi (kg/s)

METODOLOGI



Gambar3.1 Skema Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengukuran Laju Aliran Air Yang Masuk Dari Tangki Atas

Pengukuran laju aliran air yang masuk dari tangki atas Pengukuran debit air yang masuk dari tangki atas dilakukan dengan menggunakan gelas ukur dan stopwatch. Pengukuran debit dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali dengan data seperti yang tertera pada :

Tabel 1. Pengukuran Debit Air yang Masuk dari Tangki Atas Volume air dalam tangki = 10 L

Pengukuran ke	Waktu (sekon)	Debit (L/s)
1	210	0,04762
2	199	0,05025
3	201	0,04975
Debit air rata-rata (L/s)		0,04894

Laju aliran massa air dari tangki dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\dot{m}_{w_{iu}} = \rho_w \cdot \dot{V}_{w_{iu}}$$

$$\dot{m}_{w_{iu}} = 0,04849 \text{ kg/s}$$

2. Pengukuran dan Perhitungan Properties Udara yang Masuk ke Hair Dryer

Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan pipa berdiameter 6,95 cm, anemometer, dan 2 unit termometer. 2 unit termometer ini digunakan untuk mengukur suhu Dry Bulb Temperature (DBT) dan Wet Bulb Temperature (WBT). Pada pengukuran DBT dilakukan hanya dengan termometer saja. Sedangkan pengukuran WBT dilakukan dengan memberikan kapas basah pada ujung termometer.

Laju aliran udara hair dryer dilakukan dengan 2 variasi yakni high speed dan low speed. Hasil pengukuran suhu udara yang masuk hair dryer

Tabel 2. Hasil Pengukuran Suhu Udara yang Masuk Hair Dryer pada Kondisi High Speed

<i>Dry Bulb Temperature Input (DBT_{in})</i>	30,5 ⁰ C
<i>Wet Bulb Temperature Input (WBT_{in})</i>	26 ⁰ C
<i>Kecepatan udara kondisi Low Speed (v_{aini})</i>	4,4 m/s
<i>Kecepatan udara kondisi High Speed (v_{ainh})</i>	6 m/s

Perhitungan Relative Humidity (RH), kelembaban spesifik (ω), enthalpi (h) untuk udara yang masuk hair dryer diperoleh dengan bantuan Software Airlite. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini:

Psychrometric Calculator		
Dry Bulb Temp	30.5	°C
Wet Bulb Temp	26.0	°C
Relative Humidity	70.30891	%
Dew Point Temp	24.47919	°C
Barometric Pressure	100.49886	kPa
Atmospheric Pressure	100498.856	Pa
Humidity Ratio	0.01961	kg _w /kg _{da}
<input type="checkbox"/> grams		
Specific Volume	0.89462	m ³ /kg
Enthalpy	80.84374	kJ/kg
Density	1.13971	kg/m ³

Gambar 1. Hasil Perhitungan Program *Air Lite* untuk Udara Masuk ke Hair Dryer

Laju aliran massa udara yang masuk hair dryer pada kondisi low speed dapat diperoleh dengan uraian perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \dot{m}_{ainl} &= \rho_a \cdot \dot{V}_{ainl} \\ \dot{m}_{ainl} &= \rho_a \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_{pipe}^2 \cdot v_{ainl} \\ \dot{m}_{ainl} &= 0,01902 kg/s \end{aligned}$$

Laju energi yang masuk ke hair dryer pada kondisi low speed dapat diperoleh dengan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} Q_{inl} &= \dot{m}_{ainl} \cdot h_{ainl} \\ Q_{inl} &= 1,5380 kJ/s \end{aligned}$$

Laju aliran massa udara yang masuk hair dryer pada kondisi high speed dapat diperoleh dengan uraian perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \dot{m}_{ainh} &= \rho_a \cdot \dot{V}_{ainh} \\ \dot{m}_{ainh} &= \rho_a \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_{pipe}^2 \cdot v_{ainh} \\ \dot{m}_{ainh} &= 0,02594 kg/s \end{aligned}$$

Laju energi yang masuk ke hair dryer pada kondisi high speed dapat diperoleh dengan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} Q_{inh} &= \dot{m}_{ainh} \cdot h_{ainh} \\ Q_{inh} &= 2,0973 kJ/s \end{aligned}$$

3. Perhitungan Daya Termal Efektif pada Sistem Tower Evaporasi Tanpa Aliran Air dari Tangki

Pengukuran suhu keluaran tower tanpa aliran air dari tangki yang dilakukan dengan kondisi high speed dan low speed menunjukkan suhu Dry Bulb Temperature (DBT) dan Wet Bulb Temperatur (WBT) yang tidak berbeda jauh sama yaitu 420C-430C dan 280C-290C. Pengukuran suhu keluaran tower tanpa aliran air dari tangki dilaksanakan sebanyak 3 kali dengan data yang disajikan pada Tabel IV.3 berikut:

Tabel 3. Pengukuran Suhu Keluaran Tower tanpa Aliran Air dari Tangki

Pengukuran ke	DBT _{adryo}	WBT _{adryo}
1	42 ⁰ C	29 ⁰ C
2	43 ⁰ C	28,5 ⁰ C
3	43 ⁰ C	29 ⁰ C
Rata-rata	42,67 ⁰ C	28,83 ⁰ C

Perhitungan *properties* udara keluaran tower tanpa aliran air dari dengan simulasi program Air Late dapat dilihat pada gambar berikut:

Psychrometric Calculator		
Dry Bulb Temp	42.67	°C
Wet Bulb Temp	28.83	°C
Relative Humidity	36.19568	%
Dew Point Temp	24.50643	°C
Barometric Pressure	100.49886	kPa
Atmospheric Pressure	100498.856	Pa
Humidity Ratio	0.01964	kg _w /kg _{da}
<input type="checkbox"/> grams		
Specific Volume	0.93053	m ³ /kg
Enthalpy	93.61614	kJ/kg
Density	1.09577	kg/m ³
Vapor Pressure	3.07713	cbar

Gambar 2. Hasil Perhitungan Program AirLite untuk Udara Keluaran Tower tanpa Aliran Air

Perhitungan daya keluaran tower evaporasi tanpa aliran air dari tangki dengan kondisi *high speed* dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$Q_{adryoh} = \dot{m}_{ah} \cdot h_{adryoh}$$

$$Q_{adryoh} = 2,4286 \text{ kJ/s}$$

Dengan demikian daya termal efektif pada sistem tower evaporasi tanpa aliran air dari tangki pada kondisi *high speed* dapat diperoleh dari perhitungan berikut :

$$Q_{effdry1} = Q_{adryoh} - Q_{in1}$$

$$Q_{effdry1} = 0,33134 \text{ kJ/s}$$

Perhitungan daya keluaran tower evaporasi tanpa aliran air dari tangki dengan kondisi *low speed* dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$Q_{adryo2} = \dot{m}_{a2} \cdot h_{adryo2}$$

$$Q_{adryo2} = 1,7810 \text{ kJ/s}$$

Dengan demikian daya termal efektif pada sistem tower evaporasi tanpa aliran air dari tangki pada kondisi *low speed* dapat diperoleh dengan perhitungan berikut :

$$Q_{effdry2} = Q_{adryo2} - Q_{in2}$$

$$Q_{effdry2} = 0,2430 \text{ kJ/s}$$

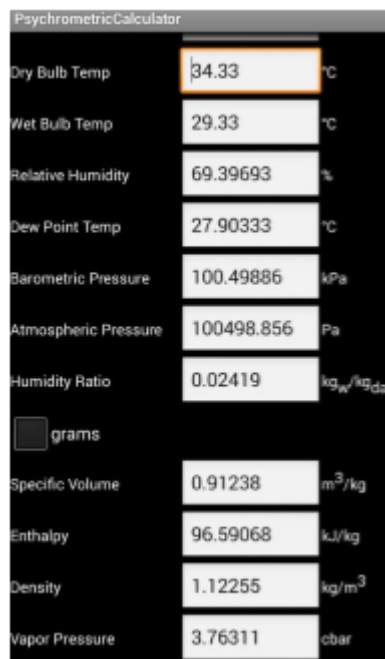
4. Perhitungan Unjuk Kerja Penguapan Pada Sistem Tower Evaporasi Dengan Aliran Air Dari Tangki

4.1 Pengaruh Kecepatan Udara Panas Terhadap Peningkatan Kelembaban Absolut

Pengukuran suhu keluaran tower dengan aliran air dari tangki pada kondisi low speed dilaksanakan sebanyak 3 kali dengan data yang disajikan pada Tabel IV.4 berikut:

Tabel 4. Pengukuran Suhu Keluaran Tower dengan Aliran Air dari Tangki pada Kondisi low speed

Pengukuran ke	DBT _{ol}	WBT _{ol}
1	34 ⁰ C	29.5 ⁰ C
2	35 ⁰ C	29.5 ⁰ C
3	34 ⁰ C	29 ⁰ C
Rata-rata	34,33 ⁰ C	29.33 ⁰ C



Gambar 3. Properties Udara Keluaran Tower Evaporasi dengan Program *Airlite* pada Kondisi *Low Speed*

Hasil simulasi dengan program *Airlite* menunjukkan bahwa kelembaban relatif dari udara lembab yang keluar dari tower evaporasi pada kondisi laju aliran. udara panas low speed berada pada nilai 69,397 %. Sedangkan kelembaban absolut berada pada nilai 0,02419 kgv/kg. Peningkatan kelembaban absolut dari udara yang masuk sistem ke udara yang keluar dari tower dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$PKA_i = \frac{\omega_{inl} - \omega_{oi}}{\omega_{inl}} \times 100\%$$

$$PKA_i = 23,36\%$$

Pengukuran suhu keluaran tower dengan aliran air dari tangki dengan kondisi high speed dilaksanakan sebanyak 3 kali dengan data yang disajikan pada

Tabel 5. Pengukuran Suhu Keluaran Tower dengan Aliran Air dari Tangki pada kondisi High Speed

Pengukuran ke	DBT _{oh}	WBT _{oh}
1	38 ⁰ C	31 ⁰ C
2	39 ⁰ C	32 ⁰ C
3	39 ⁰ C	31 ⁰ C
Rata-rata	38,67 ⁰ C	30,67 ⁰ C

Dari hasil pengukuran Dry Bulb Temperature(DBT) dan WBT (Wet Bulb Temperature) tersebut dilakukan simulasi perhitungan untuk memperoleh properties udara lembab yang keluar dari tower evaporasi. Hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 4. Berikut :

Property	Value	Unit
Dry Bulb Temp	38.67	°C
Wet Bulb Temp	31.67	°C
Relative Humidity	61.38517	%
Dew Point Temp	29.88059	°C
Barometric Pressure	100.49886	kPa
Atmospheric Pressure	100498.856	Pa
Humidity Ratio	0.02726	kg _w /kg _{da}
grams		
Specific Volume	0.92965	m ³ /kg
Enthalpy	109.05213	kJ/kg
Density	1.105	kg/m ³
Vapor Pressure	4.22063	cbar

Gambar 4. Properties Udara Keluaran Tower Evaporasi dengan Program *Air lite* pada Kondisi *High Speed*

Hasil simulasi dengan program Airlite menunjukkan bahwa kelembaban relatif dari udara lembab yang keluar dari tower evaporasi pada kondisi laju aliran udara panas high speed berada pada nilai 61,385 %. Sedangkan kelembaban absolut berada pada nilai 0,02726 kgv/kg. Peningkatan kelembaban absolut dari udara yang masuk sistem ke udara yang keluar dari tower dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$PKA_h = \frac{\omega_{inh} - \omega_{oh}}{\omega_{inh}} \times 100\%$$

$$PKA_h = 39,01\%$$

Gambar 5. berikut menunjukkan pengaruh kecepatan udara panas terhadap peningkatan kelembaban absolut :



Gambar 5. Pengaruh Kecepatan Udara Panas terhadap Peningkatan Kelembaban Absolut

4.2 Pengaruh Kecepatan Udara Panas Terhadap Laju Penguapan

Laju penguapan dapat dinyatakan dalam paramater massa per satuan waktu. Dalam hal ini laju penguapan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta \dot{m}_w = (\omega_o - \omega_{in}). \dot{m}_{air}$$

Laju penguapan pada kondisi *low speed* dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$\Delta \dot{m}_{wl} = (\omega_{oi} - \omega_{inl}). \dot{m}_{ai}$$

$$\Delta \dot{m}_{wl} = 87,131 \text{ mg/s}$$

Laju penguapan pada kondisi *high speed* dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$\Delta \dot{m}_{wh} = (\omega_{oh} - \omega_{in h}). \dot{m}_{ah}$$

$$\Delta \dot{m}_{wh} = 198,457 \text{ mg/s}$$

Gambar 6. berikut menunjukkan pengaruh kecepatan udara panas terhadap laju penguapan



Gambar 6. Pengaruh Kecepatan Udara Panas terhadap Laju Penguapan

Laju penguapan pada desain penelitian ini tidak menunjukkan adanya perbaikan yang berarti dari pada system sebelumnya. Pada aplikasinya di pantai, udara panas ini direncanakan akan dihasilkan dari lorong pasir yang

menerima panas dari radiasi matahari. Jika diasumsikan radiasi matahari efektif pada siang hari adalah sekitar 4 jam dalam kondisi cerah, maka laju penguapan berkisar antara 1,255 liter/hari - 2,858 liter/hari.

4.3 Pengaruh Kecepatan Udara Panas Terhadap Energi Panas Yang Digunakan Untuk Evaporasi

Daya keluaran tower evaporasi pada kondisi aliran udara panas low speed dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$Q_{oi} = \dot{m}_{ai} \cdot h_{oi}$$

$$Q_{oi} = 0,01902 \frac{kg}{s} \cdot 96,5907 \frac{kJ}{kg}$$

$$Q_{oi} = 1,8376 kJ/s$$

Daya input tower evaporasi pada kondisi aliran udara panas low speed dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$Q_{inl} = \dot{m}_{ai} \cdot h_{inl}$$

$$Q_{inl} = 1,5380 \frac{kJ}{s}$$

Energi panas per massa uap air yang digunakan untuk mengevaporasikan air yang dialirkan dari tangki pada kondisi aliran udara panas low speed dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$q_i = \frac{Q_{oi} - Q_{inl}}{\dot{\Delta m}_{wi}}$$

$$q_i = 3438,1965 \frac{kJ}{kg_w}$$

Daya keluaran tower evaporasi pada kondisi aliran udara panas *high speed* dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$Q_{oh} = \dot{m}_{ah} \cdot h_{oh}$$

$$Q_{oh} = 2,8290 \frac{kJ}{s}$$

Daya input tower evaporasi pada kondisi aliran udara panas high speed dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$Q_{inh} = \dot{m}_{ah} \cdot h_{inh}$$

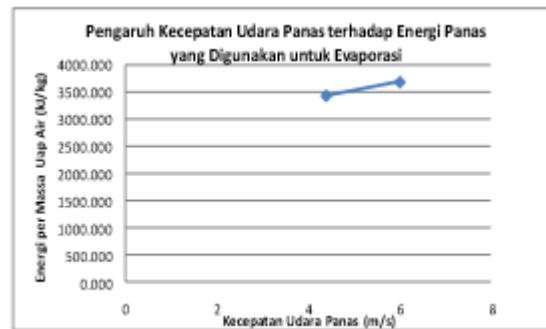
$$Q_{inh} = 2,0973 \frac{kJ}{s}$$

Energy panas per massa uap air yang digunakan untuk mengevaporasikan air yang di alirkan dari tangki pada kondisi aliran udara panas high speed dapat ditentukan dengan perhitungan berikut :

$$q_h = \frac{Q_{o_h} - Q_{in_h}}{\Delta m_{w_h}}$$

$$q_i = 3687,371 \text{ kJ/kg}_w$$

Pengaruh kecepatan udara panas terhadap energy panas yang digunakan untuk evaporasi dapat digambarkan pada grafik berikut ini :



Gambar 7. Pengaruh Kecepatan Udara Panas terhadap Energi Panas per Massa Uap Air yang Digunakan untuk Evaporasi

Dari grafik pada Gambar 4.8 di atas terlihat bahwa semakin besar kecepatan aliran udara panas yang masuk ke sistem tower evaporasi, energi panas per massa uap air yang digunakan juga semakin besar. Faktor mass flow rate selain memberi efek pada aliran energi pada input maupun keluaran sistem berupa entalpi, juga memberi pengaruh pada heat loss dari tower ke lingkungan sekitar. Bahwa semakin besar mass flow rate maka konstanta perpindahan konveksi dalam cerobong tower juga semakin besar. Jika unjuk kerja ini dikomparasikan dengan memanaskan air dengan massa 1 kg dari suhu kamar yang diasumsikan memiliki suhu awal sekitar 25°C hingga mendidih menjadi fase uap jenuh pada tekanan atmosfer 1 atm (101,325kPa), maka diperlukan energi dengan perhitungan sebagai berikut :

$$Q_{boil} = m.c_p.\Delta T + m.h_{fg}$$

$$Q_{boil} = 2572 \text{ kJ}$$

Dari hasil uji coba sistem tower evaporasi baik dengan laju aliran udara pada kondisi low speed maupun high speed terhadap hasil perhitungan teoritis di atas untuk energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air menjadi seluruhnya berada pada fase uap jenuh, dapat dilihat bahwa penggunaan energi dengan menggunakan sistem tower evaporasi dengan aliran udara panas lebih besar dari pada penggunaan energi panas konvensional (pendidihan). Jumlah energi yang digunakan dengan sistem tower evaporasi 26,72% - 43,37% lebih besar dari pada dengan sistem konvensional yakni di didihkan. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kinerja system tower ini tidak memenuhi ekspektasi di awal. Hal ini disebabkan karena kurang efektifnya kontak udara panas dengan aliran air disebabkan kontruksi yang kurang maksimal.

Perbaikan ke depan dengan pengujian spray air yang lebih merata dan kontak dengan udara yang lebih lama dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya. Meskipun penggunaan energi ini tergolong besar dan kurang efektif, namun jika penggunaan sumber energinya tidak menggunakan pemanas buatan, melainkan dengan lorong udara panas yang bersumber dari radiasi matahari dapat dipertimbangkan.

KESIMPULAN

1. Tower evaporasi yang dirancang dalam penelitian ini menggunakan aliran udara panas yang dikontakkan dengan aliran air dari atas tangki dengan variasi kecepatan udara 4,4 m/s (low speed) dan 6 m/s (high speed).
2. Diperoleh nilai peningkatan kelembaban absolut sebesar 23,36 % pada kondisi low speed dan 39,01% pada kondisi high speed.
3. Tidak terdapat peningkatan laju penguapan yang signifikan pada sistem tower ini terhadap sistem yang lain. Laju penguapan berada pada rentang 87,131 mg/s-198,457 mg/s atau setara dengan 1,255 liter/hari - 2,858 liter/hari jika menggunakan pemanasan dengan lorong udara panas pasir pantai yang terkena radiasi matahari.
4. Energi panas per satuan massa uap air yang digunakan untuk evaporasi adalah sebesar 3438 kJ/kg pada kondisi low speed dan 3687 kJ/kg pada kondisi high speed. Energi ini 26,72%-43,37% lebih besar dari pada dengan sistem konvensional yakni dididihkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulyanef, dkk. 2014. "Pengolahan Air Laut Menjadi Air Bersih dan Garam dengan Destilasi Tenaga Surya". Jurnal Teknik Mesin, 4(1): 25-29. Padang: Universitas Bung Hatta. ASM volume 11, Failure analysis and prevention.
- [2] K. B. A. Walangare, dkk. 2013. "Rancang Bangun Alat Konversi Air Laut Menjadi Air Minum dengan Proses Destilasi Sederhana Menggunakan Pemanas Elektrik". e-Journal Teknik Elektro dan Komputer. Manado: UNSRAT.
- [3] Yuvita Satriani Djuli, dkk. 2012. "Distilasi Air Laut Memanfaatkan Tenaga Surya". Artikel. Makasar: Universitas Hasanuddin..
- [4] Ketut Astawa, dkk. 2011. "Analisa Performansi Destilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Penyerap Radiasi Surya Tipe Bergelombang Berbahan Dasar Beton". Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram, 5(1): 7-13. Bali: Universitas Udayana.
- [5] Mulyanef, dkk. 2015. "Kaji Eksperimental Alat Pengolahan Air Laut Menggunakan Energi Surya Untuk Memproduksi Garam dan Air Tawar". Proceeding SNTTM XIV. Padang: Universitas Bung Hatta. [
- [6] Bambang Panji Asmara dan Hasanudin. 2012. "Pelatihan Pembuatan Desalinasi Air Laut Menjadi Air Tawar Menggunakan Metode Sarang Laba-laba untuk Masyarakat di Pesisir Pantai Desa Olele Kecamatan Kabila Bone Kabupaten Bone Bolango". Jurnal SIBERMAS, 6(2): 82-86. Gorontalo: Universitas Gorontalo. Yuvita Satriani Djuli, dkk. 2012. "Distilasi Air Laut Memanfaatkan Tenaga Surya". Artikel. Makasar: Universitas Hasanuddin.
- [7] Arora, C.P., 1998, Thermodynamics, Mc Graw-Hill Publishing Company, New York .
- [8] Howel, John R & Buckius, O Richard, 1987, Fundamentals of Engineering Thermodynamics, Mc Graw-Hill Publishing Company, New York.
- [9] Holman, J.P., 1986, Heat Transfer, 6th Edition, Mc Graw-Hill Publishing Company, New York.
- [10] Incropera, Frank.P, 1985, Fundamentals of Heat Transfer and Mass Transfer, Second Edition, John Willey & Sons, New York. Holman, J.P., 1986, Heat Transfer, 6th Edition, Mc Graw-Hill Publishing Company, New York.