

PEMANFAATAN KOLEKTOR SURYA SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF DESALINASI AIR LAUT UNTUK MENGATASI KRISIS AIR BERSIH

Dedet Hermawan S¹, Muhrom Khudhori²

^{1,2}Teknik Mesin

Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto
Jalan Janti Blok R Lanud Adisutjipto, Yogyakarta
¹dedet_hermawan@yahoo.com

Abstract

This research examined the effect of air velocity and the efficiency of double-pass flat plate solar air heater with two glass covers on the performance of solar desalination unit based on heat pump with using humidification and dehumidification processes. This unit consists of a heat pump, humidifier, dehumidifier, and double-pass flat plate solar air heater with two glass covers. The research was conducted in an indoor experiment. Solar energy generated from solar simulator using halogen lamps. In this research the air flow rate was varied at 3 metres per second, 4 metres per second, 5 metres per second, and 6 metres per second, while the intensity of solar radiation at 828 Watts per meter squared. At each variation in air velocity, sea water temperature was conditioned at a constant temperature of 45 degrees celcius, the compressor was operated at a constant rotation of 900 rpm, volumetric flow rate of sea water inlet 300 liters per hour into humidifier and sea water in this system was re-circulated.

The research result showed that the volume of fresh water production increases with increasing air velocity inlet into humidifier. This solar desalination unit could produce fresh water maximum 2470 milliliters per hour in air velocity 6 metres per second.

Keywords: air velocity, solar desalination, double-pass flat plate air heater with two glass covers

Abstrak

Penelitian ini menguji pengaruh kecepatan udara dan efisiensi kolektor surya plat datar dua laluan dengan 2 penutup kaca terhadap unjuk kerja unit desalinasi surya berbasis pompa kalor dengan menggunakan proses humidifikasi dan dehumidifikasi. Unit ini terdiri dari sistem pompa kalor, *humidifier*, *dehumidifier* dan pemanas udara surya plat datar dua laluan dengan dua penutup kaca. Penelitian dilakukan secara *indoor experiment*. Energi surya dihasilkan dari simulator surya dengan menggunakan lampu halogen. Pada penelitian ini kecepatan udara divariasikan sebesar 3 meter per *second*, 4 meter per *second*, 5 meter per *second*, dan 6 meter per *second*, sedangkan intensitas radiasi matahari sebesar 828 Watt per meter kuadrat. Pada setiap variasi kecepatan udara, temperatur air laut dikondisikan pada temperatur konstan sebesar 45 derajat celcius, kompresor dioperasikan pada putaran konstan sebesar 900 rpm, laju aliran volumetrik air laut sebesar 300 liter per jam dan air laut dalam sistem ini disirkulasi ulang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *volume* produksi air tawar meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan udara masuk *humidifier*. Unit desalinasi surya ini dapat memproduksi air tawar maksimum sebesar 2470 mililiter per jam pada kecepatan udara 6 meter per *second*.

Kata kunci: kecepatan udara, desalinasi surya, kolektor surya plat datar dua laluan dengan penutup kaca.

1. Pendahuluan

Sumber air tawar yang ada di dunia dapat dikatakan hampir mendekati konstan sejak dimulainya kehidupan di bumi. Namun dalam kurun waktu kurang dari 200 tahun, jumlah penduduk di dunia terus meningkat dengan cepat dan diikuti dengan adanya peningkatan konsumsi air di dunia, yang meningkat dua kali lipat setiap 20 tahun melampaui dua kali laju pertumbuhan penduduk (Sinha, 2010). Konsumsi total air di dunia yaitu sekitar 70% digunakan untuk pertanian, 20% digunakan untuk industri, dan hanya 10 % dikonsumsi untuk kebutuhan rumah tangga (Kalogirou, 2005).

Sumber air yang hampir tidak akan habis adalah lautan. Kekurangan utamanya adalah kadar garamnya yang tinggi. Air laut, air payau, dan air tawar memiliki tingkat salinitas yang berbeda, yang sering dinyatakan dengan konsentrasi total padatan terlarut. Menurut WHO, batas kadar garam yang diijinkan dalam air adalah 500 *parts per million* (ppm), dan untuk kasus khusus mencapai 1.000 ppm. Salah cara untuk mengurangi kadar garam adalah dengan proses desalinasi. Desalinasi, secara umum bertujuan untuk menghilangkan garam dari air yang mengandung larutan garam. Tujuan dari sistem desalinasi adalah untuk membersihkan dan memurnikan air laut atau air payau serta mendapatkan air dengan total padatan terlarut dalam batas yang diijinkan yaitu 500 ppm atau kurang.

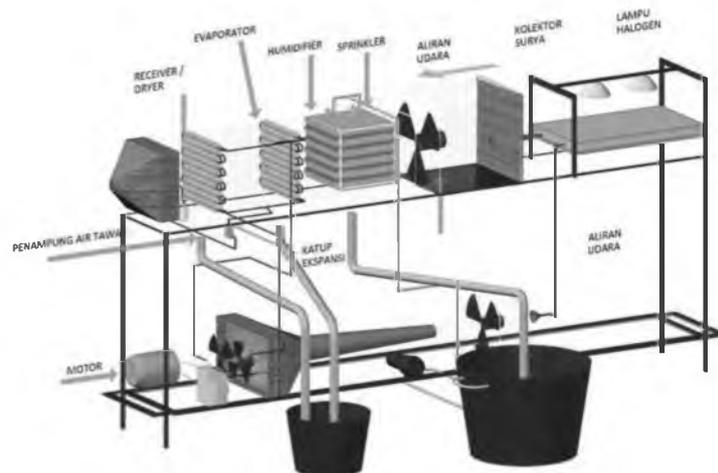
Perkembangan terakhir yang paling menjanjikan dalam desalinasi surya (*solar desalination*) adalah penggunaan proses humidifikasi-dehumidifikasi (HD). Prinsip dari proses ini berdasarkan pada fakta bahwa udara dapat dicampur dengan uap air. Kandungan uap air yang dibawa udara akan meningkat bersamaan dengan meningkatnya temperatur. Satu kilogram udara kering dapat membawa 0,5 kg uap air atau sekitar 670 kkal ketika temperatur meningkat dari 30°C - 80°C.

Dai Y.J dan Zhang H.F (2000) dalam penelitiannya tentang desalinasi surya dengan sirkulasi udara secara paksa oleh sebuah *fan*. Kecepatan putaran *fan* merupakan indikasi dari laju aliran massa udara, semakin besar putaran *fan* maka laju aliran massa udara semakin besar pula. Jika temperatur air laut yang memasuki *humidifier* semakin rendah, maka kecepatan optimal putaran *fan* akan semakin besar, begitu juga sebaliknya. Air tawar yang dihasilkan akan meningkat seiring dengan kenaikan kecepatan putaran *fan* sampai mencapai kecepatan optimal. Jika kecepatan putaran *fan* dinaikkan terus sampai melebihi kecepatan optimal maka produksi air tawar akan menurun. Dai Y.J (2001) melakukan penelitian tentang sebuah unit desalinasi surya dengan sistem humidifikasi dan dehumidifikasi dengan mensirkulasikan ulang air laut yang memiliki kandungan garam yang lebih tinggi setelah proses penguapan, pemanfaatan panas kondensor, dan aliran udara paksa dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas air tawar. Dalam penelitian ini dihasilkan nilai optimum laju aliran massa udara menunjukkan puncak dari produktivitas air tawar. Nilai optimum dari laju aliran massa udara adalah nilai tertentu dari kecepatan putaran *fan* bukan nilai maksimal dari kecepatan *fan*.

Fath H.E.S dan Ghazy A (2002), melakukan studi secara numeris untuk mengetahui unjuk kerja desalinasi surya dengan sistem humidifikasi-dehumidifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi pemanas udara tenaga surya (sumber energi) sangat berpengaruh terhadap daya produksi sistem. Peningkatan laju aliran udara sampai 0,6 kg/detik meningkatkan produktivitas sistem, dan setelah itu tidak memberikan efek yang signifikan lagi. Yanniotis S dan Xerodemas K (2003) melakukan penelitian tentang 2 jenis *humidifier* udara, yaitu *tubular spray humidifier* dan *pad humidifier* untuk proses desalinasi surya banyak tingkat (*multi-stage solar desalination*). Pada awal proses, udara dipanaskan menggunakan energi surya. Kemudian udara ditingkatkan kelembabannya di *humidifier* dengan berkontak langsung dengan air laut. Dari penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa laju penguapan pada *spray humidifier* dan *pad humidifier* meningkat seiring dengan peningkatan laju aliran massa udara yang masuk ke *humidifier*. Air tawar yang dihasilkan terus meningkat seiring dengan kenaikan kecepatan putaran *fan* sampai pada kecepatan optimal. Jika kecepatan putaran *fan* dinaikkan melebihi kecepatan optimal, produksi air tawar akan menurun.

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan dalam ruangan (*indoor experiment*) dengan menggunakan simulator surya. Radiasi surya disimulasikan dengan cahaya lampu halogen. Pada pengujian ini tingkat radiasi simulator surya diatur pada nilai minimum 800 W/m^2 (254 Btu/h.ft) berdasarkan standar ANSI/ASHRAE 93-1986 (RA 91). Penelitian pengaruh kecepatan udara terhadap unjuk kerja unit desalinasi surya ini akan diuji unjuk kerja unit desalinasi dengan kolektor surya yang divariasi intensitas radiasi suryanya dengan simulator surya. Kecepatan udara divariasi sebesar 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s dan 6 m/s. Pada pengujian unjuk kerja unit desalinasi dengan kolektor surya, nilai intensitas radiasi surya dari simulator surya pada 828 W/m^2 . Alat penelitian desalinasi surya ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat penelitian desalinasi surya

Penelitian ini menggunakan sistem desalinasi surya berbasis pompa kalor dengan proses humidifikasi dan dehumidifikasi terdiri atas: kompresor torak 2 silinder merek Nippon Denso tipe, kondensor AC mobil yang berjumlah 2 buah dengan dimensi panjang 58 cm, lebar 36 cm dan tebal 1,5 cm tiap kondensor, evaporator tipe *window* 2 PK berjumlah 2 buah yang dipasang secara paralel, *Humidifier* yang digunakan terbuat dari aluminium dengan

dimensi panjang 30 cm, lebar 37 cm, tinggi 35 cm yang disusun secara sejajar sebanyak 72 buah dengan jarak antar plat 5 mm dan sudut elevasi 45° tiap gelombangnya. *Sprinkler* ini digunakan untuk menyemprotkan air laut agar berbentuk kabut di atas *humidifier* sehingga luas permukaan kontak antara air laut dan udara panas menjadi lebih besar. *Sprinkler* pada penelitian ini berjumlah 5 buah yang dipasang di atas *humidifier*, disusun membentuk persegi dengan jarak antar *sprinkler* 16,5 cm. *Fan* yang digunakan untuk mengalirkan udara yang bisa diatur kecepatannya. Pompa sentrifugal Moswell Model 125C digunakan untuk memompa air laut dari bak penampung air laut menuju ke *sprinkler*, Termokopel yang digunakan tipe T dengan diameter 0,1 mm, *Flowmeter* yang digunakan adalah *Variable Area Glass Flowmeter* Dwyer tipe VA20440, kolektor surya plat datar dua laluan dengan 2 penutup kaca dengan dimensi 200cmx100cmx10cm

Persamaan-persamaan yang digunakan dinyatakan dalam Persamaan 1 sampai dengan Persamaan 4.

Laju aliran massa udara dalam saluran:

$$\dot{m}_a = \rho_a \cdot V_a \cdot A \quad (1)$$

Penambahan Total massa uap air sebelum masuk *humidifier* dapat dicari dari persamaan:

$$\Delta W_1 = \dot{m}_{a1} (w_2 - w_1) \quad (2)$$

Penambahan Total massa uap air sesudah masuk *dehumidifier* dapat dicari dari persamaan:

$$\Delta W_2 = \dot{m}_{a2} (w_2 - w_3) \quad (3)$$

Massa air tawar hasil produksi selama proses secara teoritis:

$$m_w = \int_0^T \dot{m}_a (w_i - w_o) dt \quad (4)$$

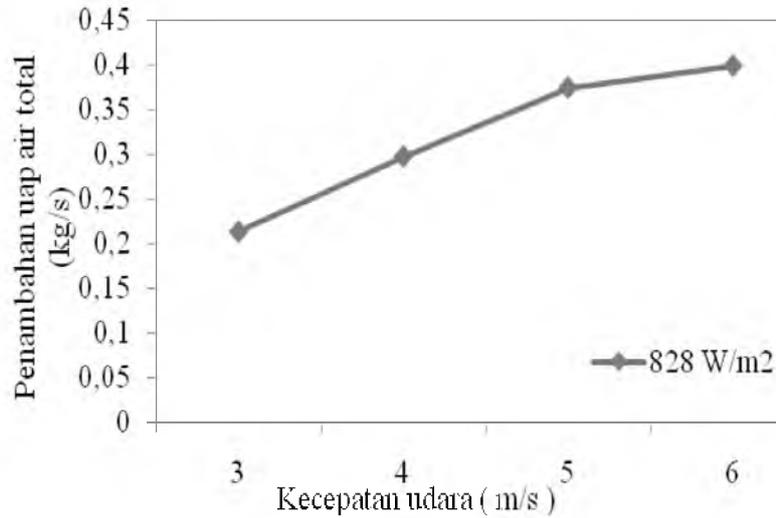
3. Hasil Dan Pembahasan

Pada Gambar 2, terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan udara masuk *humidifier* maka penambahan massa uap air total dalam udara setelah melewati *humidifier* juga semakin tinggi. Hal ini dikarenakan semakin besar kecepatan udara masuk ke dalam *humidifier*, maka kesempatan udara kering untuk kontak langsung dengan air laut yang sebelumnya dipanaskan juga semakin besar sehingga uap air yang terbawa oleh udara kering setelah melewati *humidifier* akan semakin banyak.

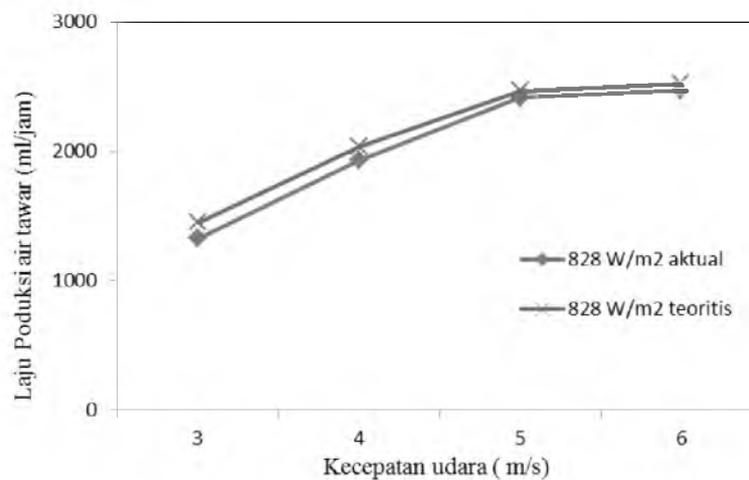
Dalam grafik perbandingan laju produksi air tawar teoritis dan aktual pada masing-masing variasi kecepatan udara masuk *humidifier* terlihat pada gambar 3 Pada gambar 3 terlihat bahwa produksi air tawar teoritis lebih banyak dibandingkan produksi air tawar aktual, hal ini dikarenakan pada kondisi aktual tidak semua air tawar yang dihasilkan dari proses pengembunan pada evaporator jatuh ke dalam bak penampung air tawar, sehingga mengurangi hasil produksi air tawar aktual yang dihasilkan.

Dari Gambar 3 juga terlihat bahwa dengan semakin tinggi intensitas radiasi rata-rata pada kecepatan udara masuk *humidifier* yang konstan, maka produksi air tawar juga meningkat. Hal ini disebabkan karena dengan semakin tinggi intensitas radiasi rata-rata, maka temperatur udara memasuki *humidifier* juga semakin tinggi, di mana pada intensitas radiasi rata-rata 828 W/m^2 dihasilkan temperatur udara rata-rata memasuki *humidifier* sebesar

59,6°C. Semakin tinggi temperatur udara masuk *humidifier*, maka kemampuan untuk menyerap uap air juga semakin tinggi. Semakin tinggi temperatur udara masuk *humidifier* maka penambahan massa air total dalam udara setelah melewati *humidifier* juga semakin tinggi. Penambahan massa uap air total dalam udara yang semakin tinggi ini dikarenakan udara pada temperatur yang lebih tinggi mempunyai kelembaban relatif yang lebih kecil daripada udara pada temperatur rendah, sehingga kemampuan untuk menyerap uap air menjadi semakin tinggi.



Gambar 2. Grafik penambahan massa uap air total terhadap variasi kecepatan udara masuk *humidifier*



Gambar 3. Grafik perbandingan laju produksi air tawar teoritis dan aktual dengan variasi kecepatan udara masuk *humidifier*

4. Kesimpulan.

Laju produksi air tawar optimum pada penelitian ini didapat pada kecepatan udara masuk *humidifier* sebesar 6 m/s. Laju produksi air tawar maksimum sebesar 2470 ml/jam

Daftar Pustaka

- Ben-Ammara M, Houdicine I, Guizani A, Maalej M, 2005, *Efficiency Investigation of a New-Design Air Solar Plate Collector Used in a Humidification-Dehumidification Desalination Process*, Renewable Energy Vol. 30 pp. 1309-1327.
- Cipollina, A, Micale, G, Rizzuti, L., 2009, *Seawater Desalination-Conventional And Renewable Energy Processes*, Springer Heidelberg Dordrecht London. New York.
- Day Y.J, Zhang H.F, 2000, *Experimental Investigation of a Solar Desalination Unit with Humidification and Dehumidification*, Desalination Vol. 130 pp. 169-175.
- Day Y.J., Wang R.Z, Zhang H.F, 2002, *Parametric Analysis To Improve The Performance of a Solar Desalination Unit with Humidification and Dehumidification*, Desalination Vol. 142 pp.107-118.
- Fath, HES, dan Ghazy, A., 2002, *Solar Desalination Using Humidification-Dehumidification Technology*, Desalination, Vol.142, pp.119-113.
- Fath, H.E.S, El-Shall,F.M, Vogt,G., Seibert,U.,2005, *A Stand Alone Complex for the Production of Water, Food, Electrical Power and Salts for the Sustainable Development of Small Communities in Remote Areas*, Desalination, Vol. 183, pp. 13-22
- Gao P, Zhang L, Zhang H, 2008, *Performance Analysis of a New Type Desalination Unit of Heat Pump With Humidification and Dehumidification*, Desalination Vol. 220, pp. 531-537.
- Holland F.A, Siqueiros J.,Santoyo S., Heard C.L., Santoyo E.R, 2005, *Water Purification Using Heat Pump*, E & FN Spon, Kanada.
- Kalogirou Soteris A.,2005, *Solar Thermal Collectors and Applications*, Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 30, pp. 231-295.
- Kalogirou S, 2009, *Solar Energy Engineering: Process and Systems*, Academic Press is an imprint of Elsevier. California USA.
- Kharagpur.,2008, *Refrigeration and Air Conditioning*.EE IIT,India.
- Sinha R.K., 2010, *Desalination & Water Purification Technologies*, Government of India, Mumbai.