

## Kaji Eksperimental Permukaan Dalam Falling Film Evaporator dengan Humidifikasi

Zulfikar 1\*, Muhammad2, Teuku Hafli1, Aulia1

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh, Reuleut, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Kimia, Universitas Malikussaleh, Reuleut, Indonesia

\*Corresponding Author: [zifikar.hamid@gmail.com](mailto:zifikar.hamid@gmail.com)

**Abstrak** – Produktivitas dan kuantitas garam produksi masih sangat rendah. Produksi garam secara tradisi di provinsi Aceh dilakukan dengan dua tahapan, yaitu : tahap produksi ie kuloh atau ie iku (larutan garam) dan tahap perebusan sehingga terbentuk kristal garam. Produktivitas produksi larutan kosentrat garam masih sangat rendah, karena proses evaporasi yang terjadi lamban. Pengembangan dan penerapan teknologi distilasi dengan evaporator terpisah dapat meningkatkan laju penguapan. Pada penelitian tahap pertama akan dikembangkan falling film evaporator dengan efek humidifikasi. Falling film evaporator dengan efek humidifikasi telah dibuat dari pipa stainless steel dengan diameter ½ inchi dan panjang 1000 mm. Air laut sebagai bahan baku dikondisikan pada 60°C dan diumpungkan ke evaporator melalui bagian atas evaporator. Udara dihembuskan dari bagian bawah evaporator dengan bantuan blower. Permukaan bagian dalam pipa evaporator divariasikan, yaitu pipa tanpa hambatan (pipa polos) dan pipa dengan hambatan bagian dalam (pipa dengan meshing pada permukaan dalam). Pengujian mengukur kehilangan massa air untuk menghitung laju penguapan dan mengukur kadar garam di dalam larutan yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan meshing pada bagian dalam falling film evaporator dengan efek humidifikasi telah meningkatkan laju penguapan secara signifikan dibandingkan dengan tanpa menggunakan meshing. Laju penguapan meningkat seiring dengan semakin tinggi kadar garam dalam larutan. Laju penguapan untuk permukaan evaporator dengan hambatan rata-rata 4,216 L/h sedangkan evaporator tanpa hambatan rata-rata 2,792 L/h. Copyright © 2016 Department of Mechanical Engineering. All rights reserved.

**Keywords:** falling film evaporator, humidifikasi, laju penguapan, kadar garam.

### 1. Pendahuluan

Garam kerap kali dikesampingkan dan dianggap tidak memiliki nilai ekonomis yang mampu berkontribusi terhadap pembangunan dan peningkatan kesejahteraan pelaku usaha garam. Sangat ironis sebagai negara maritim dengan garis pantai terpanjang di dunia, setiap tahun Indonesia harus bergantung pada garam impor dan menghabiskan devisa cukup besar untuk pemenuhan kebutuhan garam dalam negeri.

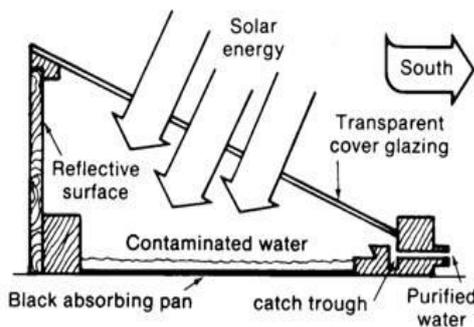
Produktivitas dan kualitas garam produksi dalam negeri masih sangat rendah karena pelaku garam masih memproduksi secara tradisional tanpa adanya sentuhan sains dan teknologi. Di provinsi Aceh, secara tradisi garam diproduksi dengan dua tahapan, yaitu : tahap produksi ie kuloh atau ie iku (konsentrat garam) dan tahap perebusan sehingga terbentuk kristal garam.

Konsentrat garam dapat diproduksi dengan menguapkan kandungan air dari air laut sehingga diperoleh larutan tinggi kadar garam. Penguapan dilakukan dengan menjemur air laut secara terbuka di dalam ladang garam memiliki produktivitas dan kualitas rendah karena pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi belum maksimal dan keruh akibat kontaminasi dengan tanah (lingkungan) serta sangat membutuhkan kerja ekstra terutama selama proses penyiapan pasir filter. Kelemahan ini dapat diatasi dengan teknik destilasi (penyulingan).

Penelitian ini mengkaji pengaruh permukaan dalam falling film evaporator dengan humidifikasi untuk penguapan air dalam kegiatan produksi konsentrat garam.

## 2. Dasar Teori

Distilasi merupakan proses pemisahan secara diffuse berdasarkan volatilitas dari komponen-komponen akibat perbedaan titik didih masing-masing komponen. Proses distilasi air laut melibatkan tiga aliran cairan, yaitu umpan berupa air laut, produk air bersalinitas rendah, dan produk konsentrat garam. Sistem distilasi dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu sistem distilasi surya langsung dan tidak langsung. Distilator surya konvensional (atau single-slope solar still) merupakan penyuling surya langsung dan paling sederhana (Gambar 1). Air dalam basin dipanaskan oleh sinar matahari sehingga terjadi evaporasi dan menghasilkan uap. Ketika uap mencapai permukaan kaca penutup bagian dalam yang memiliki temperatur lebih rendah daripada temperatur titik embun (dew point) campuran udara-uap dalam ruang (cavity) maka uap akan terkondensasi pada permukaan kaca bagian dalam. Kemiringan kaca penutup menyebabkan air distilat mengalir dan terkumpul pada saluran yang telah disediakan [1]. Produktivitas sistem distilasi langsung dapat ditingkatkan dengan penggunaan basin bertingkat [2,3,4], penerapan pendinginan kaca penutup [5,6], penggunaan wick [7].



Gambar 1 Distilator surya konvensional

Penyuling basin ganda aktif yang diintegrasikan dengan kolektor plat datar dan penyuling basin ganda pasif tanpa kolektor pelat datar. Pengujian dilakukan dengan ketinggian air dalam basin 0,03m. Hasil menunjukkan penerapan kolektor pada penyuling aktif mampu meningkatkan kinerja penyuling hingga 51% dibandingkan tanpa kolektor. Penyuling aktif menghasilkan 2,791 kg/m<sup>2</sup> sedangkan penyuling pasif menghasilkan 1,838 kg/m<sup>2</sup> [8].

Penerapan humidifier-dehumidifier pada distilator surya mampu meningkatkan laju produktivitas. Distilator terdiri dari berupa kotak persegi bertingkat pada bagian tengah membagi menjadi ruang atas dan bawah. Ruang atas merupakan ruang evaporasi tempat terjadi evaporasi karena pemanasan sinar matahari dan ruang bawah merupakan kondensor. Sirkulasi alami aliran udara memberi efek humidifikasi pada ruang evaporator dan dehumidifikasi pada ruang kondensor sehingga produktivitas mencapai 5,3 kg/m<sup>2</sup>.p. [9]. Sirkulasi aliran

udara secdan humidifikasi karena aliran yang terbentuk secara alami. Ruang bawah merupakan ruang kondensor dan dehumidifikasi akibat sirkulasi udara yang terjadi. Produktivitas distilator ini mencapai 5,3 kg/m<sup>2</sup>.d. Pemisahan kondensor dari evaporator dengan membuat pipa tembaga sebagai pipa kondensasi. ra evaporator dan kondensor. Kipas menghembuskan udara kedalam distilator sehingga uap air terdesak masuk kedalam pipa tembaga sebagai kondensor. Pipa tembaga dengan menambahkan pipa kondensor pada sebuah distilator konvensional. Telah mengembangkan metoda desalinasi dengan humidifikasi yang terdiri beberapa peralatan utama. Kolektor surya digunakan untuk memanskan udara dan peralatan humidifikasi digunakan untuk meningkatkan kandungan [10].

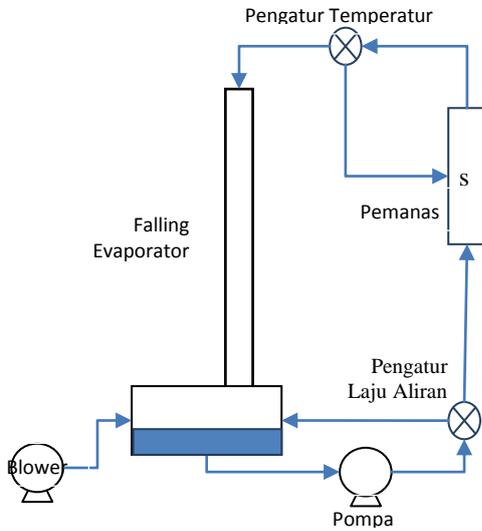
Tabel 1 Hasil pengujian sistem-sistem desalinasi surya [1]

Sistem	Lokasi	Intensitas Matahari (MJ/m <sup>2</sup> .d)	Temp. Lingk. Rata-rata (°C)	Produktivitas (kg/m <sup>2</sup> .d)
<b>Distilator langsung</b>				
Penyuling surya basin ganda dengan insulasi dinding	Bahrain	18.15	39	3.91
Penyuling surya basin tunggal dengan insulasi dinding	Bahrain	18.15	39	2.84
Penyuling surya miring dengan black-fleece wick	North Cyprus	11.98	25	2.99
Penyuling surya vertikal	Algeria	17.31	40	0.5-2.3
Penyuling surya basin tunggal plastik	Italy	27	30	1.8
Penyuling surya basin tunggal dengan KMnO <sub>4</sub>	Jordan	21.56	27	5.75
Penyuling surya basin tunggal dengan 50% arang	Jordan	21.56	27	5.2
DIFICAP with single stage	Algeria	N/A	40	2.76
DIFICAP with two stages	Algeria	N/A	40	5.19
<b>Distilator tidak langsung</b>				
Penyuling surya dengan kondensasi paksa	Bahrain	19	N/A	2.4
Solar still coupled to an outside condenser	Turkey	24.19	30	6.52
Sistem HD surya dengan pemanfaatan ulang panas (heat recovery)	China	22.28	38	8.52
Sistem HD surya dengan kolektor pemanas air	China	20.16	N/A	6.2
Sistem HD surya udara tertutup	Jordan	16.4	N/A	3.7
Basin type multiple-effect diffusion coupled solar still	Japan	20.9-22.4	24.5	14.8-18.7 kg/d per unit area of the glass cover

## 3. Metode Penelitian

Ada beberapa aspek teknis yang menjadi pertimbangan dalam penelitian ini, yaitu: Meningkatkan laju evaporasi kandungan air pada falling film evaporator dengan humidifikasi. Falling evaporator dibuat dari pipa stainless steel dengan diameter ½ inci dan panjang 1 meter. Permukaan bagian dalam pipa divariasikan, yaitu pipa tanpa hambatan (pipa polos) dan pipa dengan hambatan (pipa dengan wick). Air laut dengan temperatur 60°C diumpankan pada bagian atas

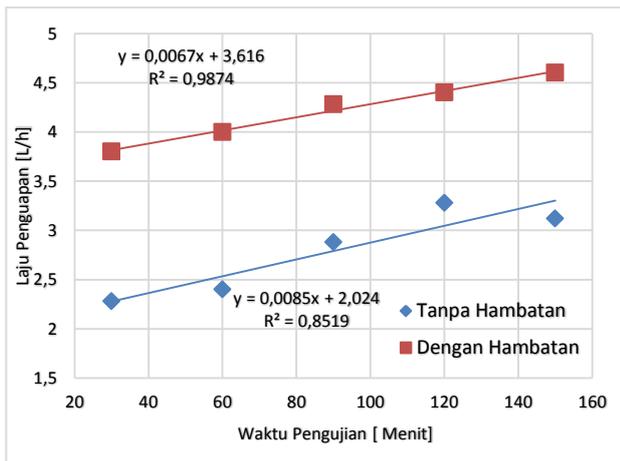
evaporator dengan menggunakan pompa dan udara dihembus oleh blower dari arah bawah seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Susunan Pengujian Falling Evaporative dan Humidifikasi

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian telah dilakukan terhadap evaporator dengan permukaan pipa dan/tanpa hambatan (meshing). Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali selama 150 menit dan pengambilan data dilakukan setiap 30 menit. Sebaran rata-rata riwayat laju penguapan meningkat untuk kedua evaporator seperti diperlihatkan pada Gambar 3.

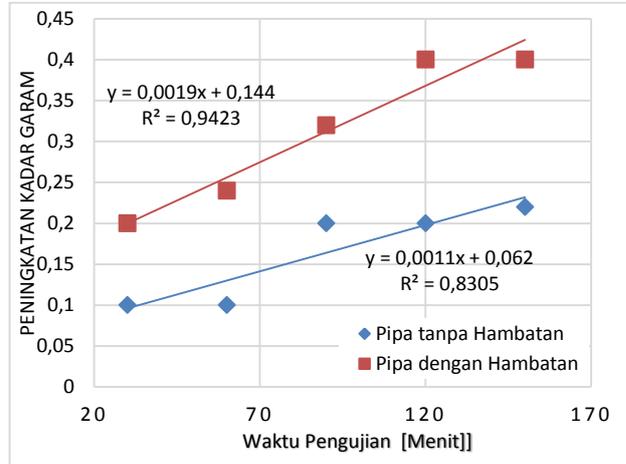


Gambar 3. Laju Penguapan terhadap waktu pengujian pada evaporator dengan/tanpa hambatan

Penggunaan meshing pada permukaan dalam falling film evaporator dengan humidifikasi telah meningkatkan laju penguapan secara signifikan dibandingkan dengan evaporator tanpa penggunaan meshing pada bagian dalam. Laju penguapan untuk permukaan evaporator dengan hambatan rata-rata 4,216 L/h sedangkan

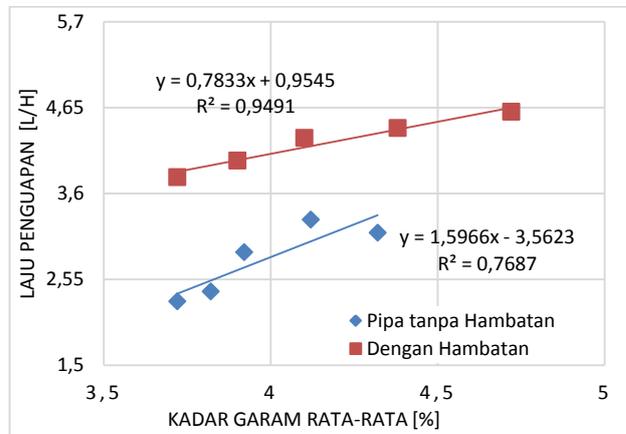
evaporator tanpa hambatan rata-rata 2,792 L/h.

Peningkatan laju penguapan signifikan menyebabkan semakin besar volume air yang diuapkan sehingga kadar garam dalam air baku meningkat secara signifikan seperti diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Peningkatan kadar garam pada evaporator dengan/tanpa hambatan

Laju penguapan juga dipengaruhi oleh kadar garam dalam larutan. Laju penguapan semakin tinggi jika kadar garam dalam larutan tinggi seperti diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Hubungan laju penguapan terhadap kadar garam larutan

#### 5. Kesimpulan

Kaji eksperimental permukaan dalam falling film evaporator dengan humidifikasi telah berhasil dilakukan dengan kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan meshing pada bagian dalam falling film evaporator dengan efek humidifikasi telah meningkatkan laju penguapan secara signifikan dibandingkan dengan tanpa menggunakan meshing.
2. Laju penguapan meningkat seiring dengan semakin tinggi kadar garam dalam larutan.

**Ucapan Terimakasih**

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini.

**References**

- [1] H.S Aybar dan H. Assefi, A review and comparison of solar distillation : direct and indirect type systems, *Desalination and Water Treatment*, 10 (2009) 321–331.
- [2] A.A. Al-Karaghoul and W.E. Alnaser, Performances of single and double basin solar stills. *Appl. Energy*, 78 (2004) 347–354
- [3] A.A. El-Sebaei, Thermal performance of a triple-basin solar still. *Desalination*, 174 (2005) 23–37.
- [4] H. Al-Hinai, M.S. Al-Nassri and B.A. Jubran, Parametric investigation of a double-effect solar still in comparison with a single-effect solar still. *Desalination*, 150 (2002) 75–83.
- [5] M. Abu-Arabi, Y. Zurigat, H. Al-Hinai and S. Al-Hiddabi, Modeling and performance analysis of a solar desalination unit with double glass cover cooling. *Desalination*, 143 (2002) 173–182
- [6] M. Dula dan L. Aba, Studi Karakteristik Kondensor pada Solar Still tipe Basin dan Aplikasinya sebagai Alat Destilasi Air Laut Menjadi Air Tawar. *Jurnal Aplikasi Fisika*, Vol. 5 No.1 Februari 2009,40-45.
- [7] H.S. Aybar, F. Egelioglu and U. Atikol, An experimental study on an inclined tilted-wick type solar still with the effect of water flowing over the glass cover. *Desalination*, 180 (2005) 285–289.
- [8] V.K. Dwivedi dan G.N. Tiwari, Experimental validation of thermal model of a double slope active solar still under natural circulation mode, *Desalination*, 250 (2010) 49-55.
- [9] H.E.S. Fath, S.M. El-Sherbiny and A. Ghazy, Transient analysis of a new humidification-dehumidification solar still. *Desalination*, 155 (2003) 187–203.
- [10] E. Chafik, A New type of seawater desalination plants using solar energy, *Desalination*, 156 (2003), 333-348.