

STUDI EKSPERIMENTAL DISTILASI AIR LAUT TENAGA SURYA KEMIRINGAN GANDA SISTEM AKTIF DAN PASIF

Kevin V Simbolon^{1*}, Himsar Ambarita²

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

Jalan Dr. T. Mansyur No. 9, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20222, Indonesia

*Email: himsar@usu.ac.id

ABSTRAK

Air bersih sangat berpengaruh didalam kehidupan. Kebutuhan akan air bersih selalu bertambah karena penggunaannya di berbagai bidang, seperti bidang pertanian, industri, dan populasi. Untuk mencegah terjadinya kekurangan air, sangat penting untuk memenuhi kebutuhan dari setiap sektor yang ada. Tenaga surya/energi matahari (sumber energi terbarukan) dalam bentuk penyulingan adalah salah satu teknologi yang paling menjanjikan, sederhana, dan ekonomis untuk pemurnian garam dan air payau. Dalam penelitian skripsi ini, akan mengkaji dan membandingkan teknologi penyulingan air laut/desalinasi sistem pasif kemiringan ganda dengan penambahan solar kolektor dengan air yang dialiri oleh pompa DC bertenaga surya dari photovoltaic.

Kata Kunci: Distilasi, Energi Surya, Efisiensi, Evaporator, Kolektor Surya

ABSTRACT

Clean water is very influential in life. The need for clean water is always increasing because of its use in various fields, such as agriculture, industry, and population. To prevent water shortages, it is very important to meet the needs of each sector. Solar power/solar energy (renewable energy source) in the form of distillation is one of the most promising, simple, and economical technologies for the purification of salt and brackish water. with the addition of a solar collector with water powered by a solar-powered DC pump from photovoltaic.

Keyword: Distillation, Efficiency, Evaporator, Solar Collector, Solar energy

PENDAHULUAN

Manusia sangat membutuhkan air bersih untuk memenuhi kebutuhan hidup di berbagai bidang. Namun, kelangkaan air bersih terjadi di beberapa daerah. Kebutuhan air sangat tinggi jika dibandingkan dengan laju produksi air bersih dikarenakan menurut laporan WHO dan UNICEF bahwa Di seluruh dunia, hampir 900 juta orang tidak memiliki akses air bersih di pusat-pusat kesehatan lokal atau mereka harus menggunakan air dari tanah yang kotor. Banyak sumber mata air yang sudah terkontaminasi dengan zat-zat kimia dari industri dan polusi kendaraan sehingga tidak dapat dikonsumsi karena berbahaya buat manusia.

Salah satu solusi dari masalah tersebut adalah dengan pemanfaatan air laut dikarenakan Indonesia memiliki garis pantai sepanjang 95.181 km dan merupakan garis pantai terpanjang kedua di dunia, dengan luas perairan laut mencapai 5,8 juta kilometer persegi, yang merupakan 71% dari keseluruhan wilayah Indonesia. Namun air laut tidak dapat dikonsumsi karena memiliki kandungan garam rata-rata 3,5%. Oleh karena itu diperlukan proses untuk mengubah air laut menjadi air tawar, proses ini disebut dengan desalinasi.

Desalinasi pada dasarnya merupakan menghilangkan kadar garam dari air laut sehingga menghasilkan air tawar. Selain menghasilkan air tawar proses ini juga dapat menghasilkan garam. Desalinasi secara umum berarti menghilangkan garam dari air laut atau air asin. Air laut dipanaskan hingga menguap dan kemudian uap yang dihasilkan dikondensasikan kembali dan ditampung di sebuah wadah. Air kondensat tersebut adalah air bersih (Astuti, 2006).

Proses desalinasi tenaga surya sistem pasif merupakan proses yang sangat sederhana. Desalinasi pasif tenaga surya tidak memerlukan tenaga ahli dalam perawatannya dan memerlukan biaya operasi dan

pemeliharaan yang murah. Desalinasi pasif tenaga surya cocok digunakan di daerah Indonesia dimana sinar matahari berlimpah. Alat desalinasi pasif tenaga surya dibuat pada sudut kemiringan 15° menghadap arah timur dan barat hal ini dibuat dengan tujuan untuk menyerap jumlah yang lebih tinggi dari radiasi matahari dibandingkan dengan satu sudut yang dibuat mengarah ke selatan atau utara (Panther, 2019). Pada proses desalinasi ini dapat dilakukan dengan beberapa cara tambahan dengan tujuan menghasilkan air bersih lebih cepat dan lebih efisien, salah satu caranya adalah dengan menyemprotkan air laut dengan nozzle pengabut dengan tujuan agar air laut yang disemprotkan dalam bentuk yang lebih kecil sehingga dapat mempercepat proses evaporasi.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Mengetahui laju penguapan air bersih yang dihasilkan pada penyulingan air laut tanpa perlakuan, dengan penambahan kolektor surya, dan dengan penambahan nozzle pengabut. (2) Membandingkan produktivitas air bersih dari ketiga alat. (3) Menghitung besar efisiensi dari ketiga alat

TEORI

Koefisien perpindahan panas radiasi antara air ke kaca diberikan sebagai berikut (El-Sebaey, 2013):

$$h_{rwgE} = \varepsilon_{eff} \sigma [(T_w + 273)^2 + (T_{giE} + 273)^2] (T_w + T_{giE} + 564) \dots\dots\dots(1)$$

$$h_{rwgW} = \varepsilon_{eff} \sigma [(T_w + 273)^2 + (T_{giW} + 273)^2] (T_w + T_{giW} + 564) \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

h_{rwgE} = Koefisien perpindahan panas evaporasi dari air ke sisi kaca timur ($\text{W/m}^2\text{C}$)

h_{rwgW} = Koefisien perpindahan panas evaporasi dari air ke sisi kaca barat ($\text{W/m}^2\text{C}$)

σ = Konstanta Stefan-Boltzman yaitu ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)

T_w = Suhu air dalam basin ($^\circ\text{C}$)

T_{giE} = Suhu kaca dalam sisi timur ($^\circ\text{C}$)

T_{giW} = Suhu kaca dalam sisi barat ($^\circ\text{C}$)

Dimana daya pancar efektif antara air ke kaca penutup adalah

$$\frac{1}{\varepsilon_{eff}} = \frac{1}{\varepsilon_w} + \frac{1}{\varepsilon_g} - 1 \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

ε_{eff} = Emisivitas efektif

ε_w = Emisivitas air

ε_g = Emisifitas kaca

Sementara nilai perpindahan panas konvektif sebagai berikut:

$$P_w = \exp \left(25,317 - \frac{5144}{273 + T_w} \right) \dots\dots\dots(4)$$

$$P_{giE} = \exp \left(25,317 - \frac{5144}{273 + T_{giE}} \right) \dots\dots\dots(5)$$

$$P_{giW} = \exp \left(25,317 - \frac{5144}{273 + T_{giW}} \right) \dots\dots\dots(6)$$

$$h_{cwgE} = 0,884 \left[(T_w - T_{giE}) + \frac{(P_w - P_{giE})(T_w - 273)}{2,689 \times 10^5 - P_w} \right]^{1/3} \dots\dots\dots(7)$$

$$h_{cw gW} = 0,884 \left[(T_w - T_{giW}) + \frac{(P_w - P_{giW})(T_w - 273)}{2,689 \times 10^5 - P_w} \right]^{1/3} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

$h_{cw gE}$ = Koefisien perpindahan panas konveksi dari air ke kaca sisi timur ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

$h_{cw gW}$ = Koefisien perpindahan panas konveksi air dari ke kaca sisi barat ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

P_w = Tekanan jenuh parsial air (N/m^2)

P_{giE} = Tekanan parsial jenuh kaca sisi timur (N/m^2)

P_{giW} = Tekanan parsial jenuh kaca sisi barat (N/m^2)

Dan Koefisien perpindahan panas evaporatif dan laju perpindahan panas evaporatif sebagai berikut

$$h_{ew gE} = 0,016273 h_{cw gE} \left(\frac{P_w - P_{giE}}{T_w - T_{giE}} \right) \dots\dots\dots(9)$$

$$h_{ew gW} = 0,016273 h_{cw gW} \left(\frac{P_w - P_{giW}}{T_w - T_{giW}} \right) \dots\dots\dots(10)$$

$$q_{ew gE} = h_{ew gE} (T_w - T_{giE}) \dots\dots\dots(11)$$

$$q_{ew gW} = h_{ew gW} (T_w - T_{giW}) \dots\dots\dots(12)$$

dimana:

$h_{ew gE}$ = Koefisien perpindahan panas evaporasi air ke kaca sisi timur ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

$h_{ew gW}$ = Koefisien perpindahan panas evaporasi air ke kaca sisi barat ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

$q_{ew gE}$ = Laju perpindahan panas evaporasi air ke kaca sisi timur (W/m^2)

$q_{ew gW}$ = Laju perpindahan panas evaporasi air ke kaca sisi barat (W/m^2)

Untuk laju penguapan massa air distilasi dapat dicari dengan persamaan:

$$q_{ew} = q_{ew gE} + q_{ew gW} \dots\dots\dots(13)$$

$$h_{fg} = 3044205,5 - 1679,1109 T_w - 1,14258 T_w^2 \dots\dots\dots(14)$$

$$M_{ew} = \frac{q_{ew}}{h_{fg}} \dots\dots\dots(15)$$

dimana:

M_{ew} = Laju penguapan ($Kg \text{ } m^2/s$)

q_{ew} = Total laju perpindahan panas evaporasi dari air ke kaca (W/m^2)

h_{fg} = Panas Laten penguapan (J/Kg)

METODOLOGI PENELITIAN

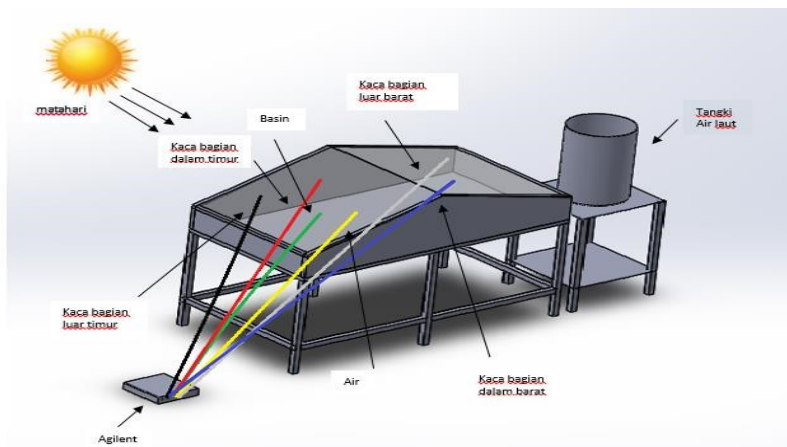
Objek dari penelitian ini adalah air hasil dari penguapan dari di dalam alat. Air dari basin menguap lalu menempel di kaca lalu mengalir kesaluran di pinggir basin. Air dari saluran lalu ditampung di tempat penampungan lalu diukur volumenya. Air yang keluar lalu bersifat payau.

Metode Studi Pustaka merupakan metode pengumpulan data dan keterangan yang didapat dari buku literatur di perpustakaan maupun buku teks elektronik, jurnal-jurnal penelitian sebelumnya. Kelebihan dari instrumen ini peneliti memperoleh banyak data dan keterangan tanpa perlu banyak biaya, tenaga dan waktu.

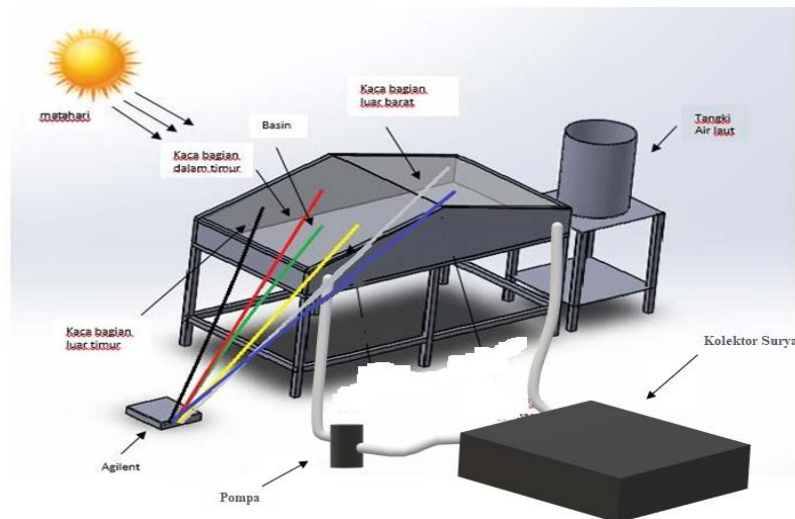
Metode eksperimental merupakan pengumpulan data dari pengujian penyulingan air tenaga surya sistem *double slope*. Dalam hal ini pengambilan data yang diambil adalah temperatur air, lingkungan, temperatur pada titik-titik pemasangan sensor suhu didalam pipa dan juga pengambilan data radiasi matahari pada hari pengujian.

Data pengujian yang didapat terdiri dari temperatur lingkungan, temperatur tanah, temperatur pada 5 titik di dalam alat. Dari data pengujian yang didapat kemudian dioleh menjadi grafik yang akan dibandingkan dengan data-data hasil pengujian pada setiap titik sensor yang diperoleh.

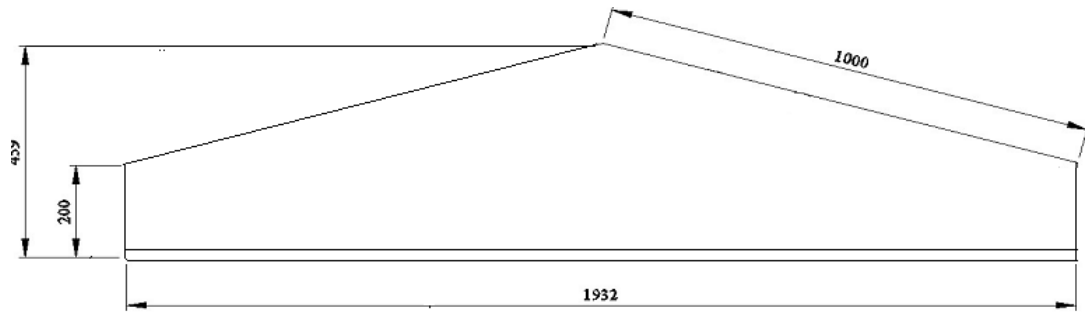
Alat distilasi yang digunakan terbuat dari panel komposit aluminium. Panjang evaporator adalah 1932 mm dan lebar 1000 mm. Air dari dalam basin disirkulasikan dengan menggunakan pompa yang sudah dipasangkan sehingga air yang mengalir berkecepatan konstan.. Sensor dipasang pada alat di 7 titik pengukuran, suhu lingkungan juga diukur menggunakan sensor. Sensor yang terpasang disambungkan dengan agilent. Agilent kemudian merangkup semua data sensor dan disajikan dalam bentuk Microsoft Excel. Intensitas radiasi matahari di ukur menggunakan HOBO Microstation Data Logger.



Gambar 1. Set-up dari evaporator alat 1



Gambar 2. Set-up dari evaporator alat 2

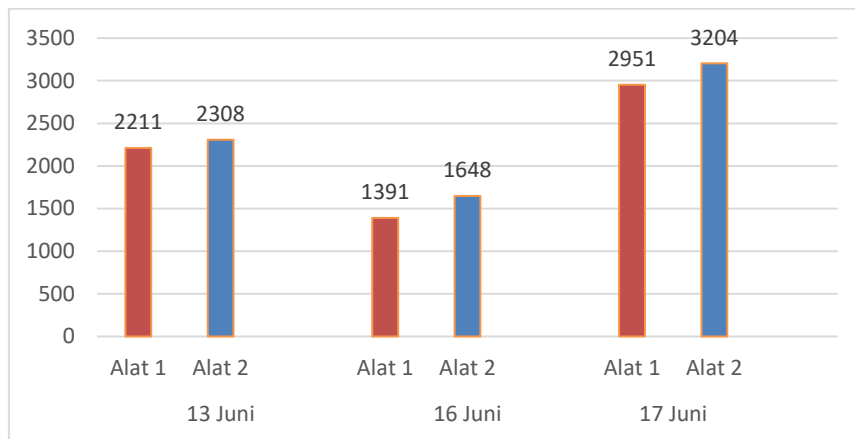


Gambar 3. Spesifikasi Evaporator

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Hasil Air Distilasi dari Kedua Alat

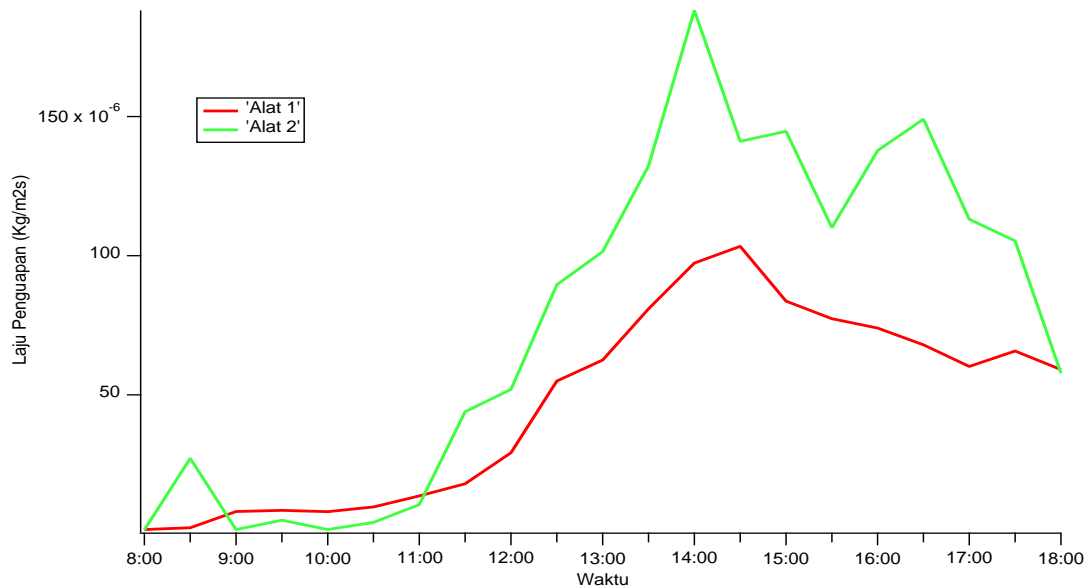
Berikut adalah hasil air distilasi dari 3 hari pengujian yang dilakukan. Data terbaik yang digunakan adalah dari hari ke 3 pada tanggal 17 Juni 2021.



Grafik 1. Hasil Distilasi Pada 3 Hari Pengujian

Laju Penguapan

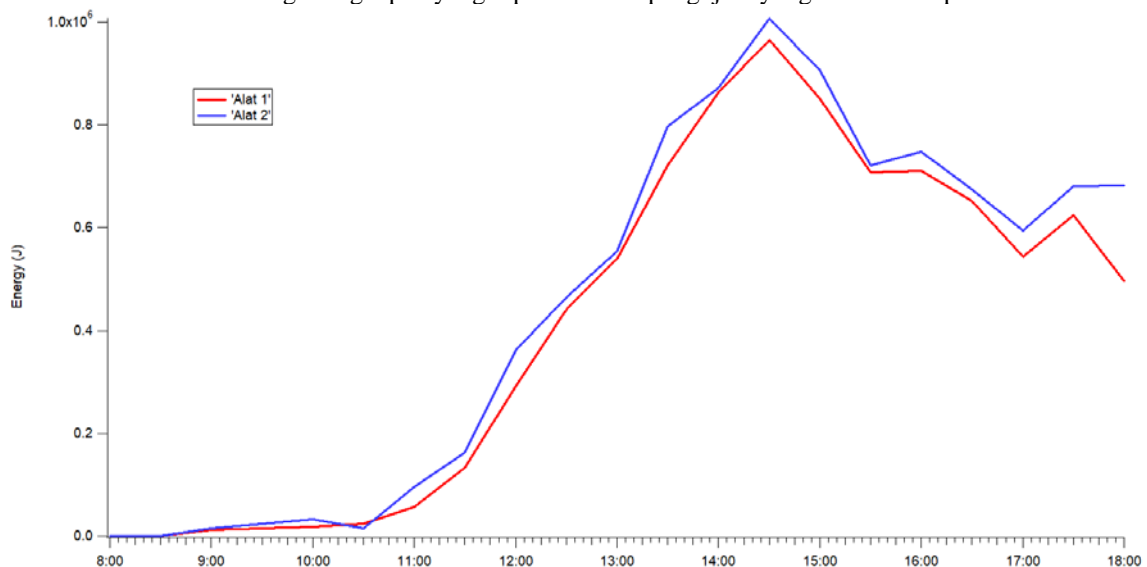
Berikut adalah tabel Energi Penguapan yang diperoleh dari pengujian yang diukur setiap 30 menit



Grafik 2. Grafik Laju Penguapan

Energi Penguapan

Berikut adalah tabel Energi Penguapan yang diperoleh dari pengujian yang diukur setiap 30 menit



Grafik 3. Energi Penguapan

Pada tabel diatas diketahui bahwa energi penguapan tertinggi pada alat 1 adalah pada pukul 14.30 sebesar 990778.9 Joule. Energi penguapan tertinggi pada alat 2 adalah pada pukul 14.30 sebesar 1007635.1 Joule

Efisiensi

Pada grafik dibawah ini tersaji perbandingan efisiensi pada setiap alat evaporator.

Tabel 2. Perbandingan Efisiensi Evaporator

Nilai	η_{aktual} (%)
Alat 1	38.48
Alat 2	41.78

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari eksperimental yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Total volume destilasi secara eksperimental pada alat 1 yang dihasilkan adalah 2,951 liter

sedangkan total volume destilasi secara eksperimental alat 2 yang dihasilkan adalah 3.204 liter..

2. Laju penguapan tertinggi pada proses alat 1 adalah 0,0001 kg / m² pada pukul 14.30 WIB. Laju penguapan tertinggi pada proses alat 2 adalah 0,000188 kg / m² pada pukul 14.00 Sedangkan.
3. Efisiensi pada alat 1 diperoleh sebesar 39,48% Efisiensi pada proses alat 2 diperoleh sebesar 41,78%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Departemen Teknik Mesin yang telah menyediakan lahan untuk melakukan penelitian dan juga penulis berterima kasih kepada Bapak Prof.Dr. Eng. Himsar Ambarita, S.T., M.T.. yang telah membimbing dalam proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cengel, Y. A, 2003. *Heat transfer a practical approach second edition*. Mc Graw-Hill.
- [2] Douglas C. Giancoli; alih bahasa, Yuhliza Hanum Ed.5. (2001). "*Fisika*". Erlangga.
- [3] Dwivedi ,V.K., Tiwari, G.N. 2010 "*Experimental Validation of Thermal Model of a Double Slope Active Solar Still Under Natural Circulation Mode*". Desalination 250
- [4] Duffie, John A, and William Beckman, 1991. *Solar engineering of thermal processes*. John Willey & Son, Inc. New Jersey
- [5] Duffie, John A and A William Beckman . 2013 . "*Solar Engineering Of Thermal Processes*". 4th. New Jersey: John Willey & Sons, Inc
- [6] Kabeel AE, Omara ZM, Essa FA. 2014 Enhancement of modified solar still integrated with external condenser using nanofluids: An experimental approach. *Energy Convers Manage*
- [7] P.I. Cooper, 1969 The absorption of solar energy radiation in solar stills, *Solar Energy*
- [8] Incropera, F. P., and Dewitt. D. 2011 "*Fundamentals of Heat and Mass Transfer*". Fourth Edition. [1] John Wiley & Sons. New York.
- [9] Qiblawey HM, Banat F. 2008 "*Solar Thermal Desalination Technologies*". Desalination
- [10] Rahul Dev, H.N. Singh, G.N. Tiwari. 2011 . "*Characteristic Equation of Double Slope Passive Solar Still*". Desalination 267
- [11] M.S. El-Sebaey, Sh. Shams El-Din, M. Habib and A. El-Hanafy, 2011 "*An Experimental Study on a New Design of Double Slope Solar Still with External Flatted and Internal*