

Analisis Pipa Collector Menggunakan Simulasi CFD Teknologi Sistem Desalinasi Berbasis Solar Concentrator

Callvin Bayu Rayendra^{1)*}, Ridwan²⁾, Tri Mulyanto³⁾

¹⁾Program Studi Magister Teknik Mesin Program Pascasarjana Universitas Gunadarma
Kampus B Salemba 53, Jakarta Pusat 10430

Email: callvinbayur@gmail.com

^{2,3)}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Gunadarma

Jl. Akses UI, Kelapa Dua, Cimanggis, Depok Jawa Barat 16451

Email: ridwanug@gmail.com, ug.trim@yahoo.com

doi: <https://doi.org/10.24843/METTEK.2020.v06.i02.p02>

Abstrak

Air bersih merupakan sebuah kebutuhan utama bagi masyarakat, terutama bagi masyarakat di pinggir pantai. Salah satu teknologi sebagai desalinasi air laut yang berbasis energi matahari dapat mengubah air laut menjadi air yang bersih. Solar concentrator merupakan alat pengumpul panas sinar matahari dengan cara memantulkan ke satu titik focal, di titik focal tersebut dipasang sebuah pipa collector atau absorber yang berfungsi sebagai penampung air laut, temperatur permukaan pipa collector akan meningkat dan terjadi proses heat transfer ke arah fluida di dalam pipa yang kemudian terjadi penguapan, uap inilah yang akan di kondensasikan untuk kemudian menjadi air tawar. Analisa persebaran panas permukaan pipa collector dapat dilihat dengan simulasi CFD ANSYS FLUENT 17.2. Dimana model dilakukan proses mesh sizing, lalu model di boundary condition yang berguna untuk mengetahui sudah terisi fluida kerja, lalu di dapatkan analisa temperatur, kecepatan dan volume fraction. Variasi temperatur terjadi bila intensitas radiasi tidak stabil. Dan simulasi CFD pada pipa collector menghasilkan temperatur tertinggi yaitu 440 K yang menandakan temperatur diatas titik didih air. Dan untuk hasil efisiensi 44.5%. Secara teoritis produksi air tawar adalah 0.115 L/jam dan intensitas radiasi konstan 1000 W/m².

Kata kunci: Perancangan; desalinasi; solar concentrator; simulasi CFD

Abstract

Clean water is a major need for the community, especially for people on the beach side. One of the technologies as seawater desalination which is based on solar energy can turn seawater into clean water. Solar concentrator is a solar hot collector tool by reflecting to a focal point, at the focal point installed a pipe collector or absorber that serves as a water container sea, the surface temperature of the pipe collector will increase and the heat transfer process occurs in the direction of the fluid in the pipe that then occurs evaporation, this steam is to be condensed to later become fresh water. The analysis of the surface heat of the pipe collector can be seen with an ANSYS CFD simulation FLUENT 17.2. Where the model is done mesh sizing process, the model in the boundary condition that is useful to know already filled working fluid, then get temperature analysis, velocity, and volume fraction. Temperature variations occur when the radiation intensity is unstable. And the simulation of CFD on the pipe collector produce the highest temperature of 440 K which indicates the temperature above the boiling point of water. And for efficiency is 44.5%. Theoretically fresh water production os 0.115 L/h and the constant radiation intensity is 1000 W/m².

Keywords: Design; Solar Desalination; Solar Concentrator; Simulasi CFD

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan utama bagi setiap makhluk hidup di bumi, bagi manusia air merupakan faktor yang tak dapat dipisahkan karena banyak di gunakan dalam setiap aktivitas kehidupan antara lain digunakan untuk keperluan minum, memasak, mencuci. Seiring berjalannya waktu dan bertambahnya penduduk dunia pasokan air bersih menjadi semakin berkurang. Kelangkaan air sungguh ironis dengan predikat bumi sebagai “planet air” sebab 70% permukaan bumi tertutup air. Namun, sebagian besar bumi merupakan air asin sehingga tidak dapat digunakan untuk air minum dan hanya 2,5% berupa air tawar. Salah satu alternatif pengadaan air bersih yang layak minum dari air laut adalah dengan teknologi desalinasi air laut. Teknologi desalinasi memanfaatkan pemisahan komponen suatu bahan berdasarkan perbedaan titik didihnya dengan memanfaatkan energi panas. Untuk itu diperlukan suatu alat dengan teknologi desalinasi yang dapat memanfaatkan energi radiasi matahari. Produk yang dibuat adalah produk sistem desalinasi yang memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi, adapun alat-alatnya adalah berupa solar concentrator, pipa collector, tabung air, dan lain-lain [1].

2. METODE

2.1. Prosedur Penelitian dan Persamaan

Adapun prosedur dan metode yang digunakan adalah sebagai berikut dimana solar concentrator merupakan sebuah alat pengumpul sinar radiasi matahari dengan cara memantulkan ke satu titik fokal, pada titik fokal tersebut dipasang sebuah pipa collector berukuran 1000 mm atau absorber yang berfungsi sebagai penampung air laut, temperatur permukaan pipa collector tersebut akan meningkat dan terjadi proses heat transfer ke arah fluida di dalam pipa yang kemudian menjadi air tawar yang jernih dan dapat di konsumsi. Adapun persamaan yang tertuang merujuk untuk mengetahui pemilihan kontruksi solar concentrator berbentuk silindris, geometri pemilihan alat, serta laju desalinasi dan efisiensi alat desalinasi tersebut. Adapun persamaan pertama adalah mencari luas penampang bukaan solar concentrator silindris sebagai berikut [2] :

$$S_o = l \times w \quad (1)$$

Keterangan :

S_o : Luas penampang (mm^2)
 l : panjang (mm)
 w : lebar (mm)

Lalu yang kedua adalah persamaan mencari luas penampang dari collectornya yang berbentuk pipa memanjang lurus dengan diameter 1 inch.

$$S_r = \pi \cdot d \cdot l \quad (2)$$

Keterangan :

S_r : luas penampang collector (mm^2)
 π = 3.14
 d : diameter pipa (mm)
 l : panjang pipa collector (mm)

Parameter faktor geometri dibutuhkan untuk konsentrasi cahaya matahari yang diterima solar concentrator persamaan yang digunakan adalah :

$$A_f = \frac{\frac{2}{3}w \cdot l + f \cdot w \cdot \left(1 + \frac{w^2}{48f^2}\right)}{S_o} \quad (3)$$

Keterangan :

A_f : faktor geometri
 f : titik fokal (mm)
 S_o : luas penampang solar concentrator (mm^2)

Efisiensi optik adalah efisiensi akibat geometri pada solar concentrator dan karakteristik material optik yang digunakan dinyatakan dengan :

$$\eta_o = \rho_m \cdot \tau_c \cdot \alpha_\alpha \cdot \gamma [(1 - A_f \tan(\theta)) \cos(\theta)] \quad (4)$$

Keterangan :

- ρ_m : *reflektivitas stainless steel*
- α_α : *absorbsivitas receiver*
- τ_c : *ada atau tidaknya cover*
- γ : *intercept faktor*
- θ : *sudut incident*

Perhitungan laju desalinasi air laut berguna untuk mengetahui secara teoritis jumlah volume per satuan waktu agar dapat menghasilkan air tawar. Menggunakan sebuah persamaan dasar :

$$q_w - q_r - q_c - q_{alim} - q_v = 0 \quad (5)$$

Keterangan :

- q_w : *aliran panas yang diterima oleh massa cairan (W)*
- q_r : *kerugian akibat panas radiasi (W)*
- q_c : *kerugian akibat panas konveksi (W)*
- q_{alim} : *kerugian panas akibat cairan kerja (W)*
- q_v : *panas evaporasi (W)*

Adapun cara untuk mencari aliran panas yang diterima massa cairan (q_w) dan kerugian akibat panas serta panas evaporasi dapat dilihat pada referensi jurnal yang tertera.

Efisiensi menggunakan persamaan :

$$\eta = \frac{q_v}{I \cdot S_r} \quad (6)$$

Keterangan :

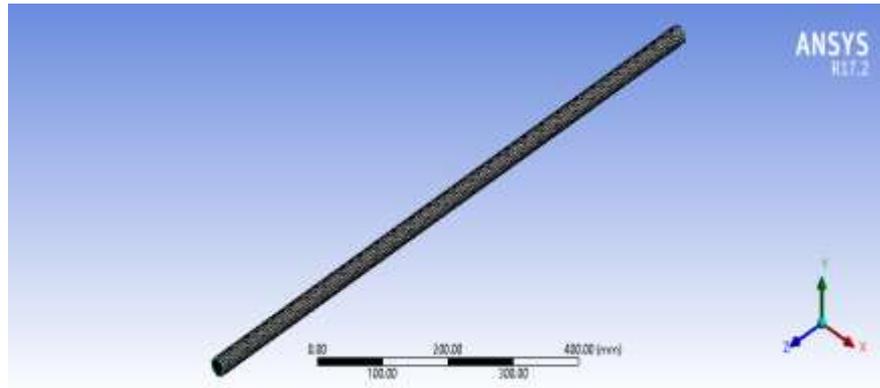
- η : *efisiensi dari sistem desalinasi (%)*
- q_v : *panas evaporasi (W)*
- I : *intensitas matahari (W/m^2)*
- S_r : *luas penampang collector (m^2)*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa Data

Faktor geometri yang di dapat dari perhitungan agar menentukan pemilihan bentuk *solar concentrator* sangat dibutuhkan dalam perhitungan dimana *solar concentrator* silindris mempunyai hasil 0.75 dan faktor geometrik *solar concentrator* bulat memiliki nilai 1.24. dan untuk laju desalinasi sendiri sesuai rumus yang sudah diberikan diatas adalah 0.115 L/jam. Dan memiliki nilai efisiensi desalinasi 44.5%. Perhitungan ini telah dilakukan secara teliti dan sesuai dengan rumus yang terdapat pada referensi.

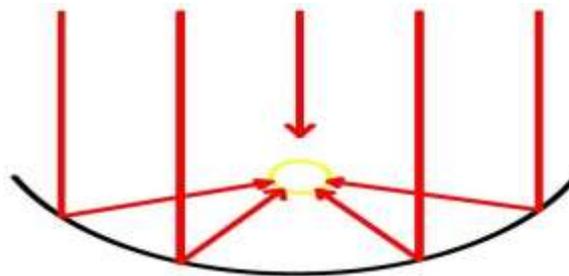
Pada bagian ini akan dilakukan analisa dengan menggunakan perangkat lunak *CFD* dan program yang digunakan adalah ANSYS FLUENT 17.2. Objek yang digunakan dalam menganalisa adalah berupa pipa collector stainless steel dengan spesifikasi panjang (l) : 1000 mm atau 1 m dan dengan diameter pipa 1 inch dengan fluida kerja berada di dalamnya yang berupa air laut.



Gambar 1. Mesh sizing

Model kemudian dilakukan proses *mesh sizing* seperti pada Gambar 2 yaitu membagi model ke dalam sel berukuran kecil di dalam simulasi ini model dibagi ke dalam 20080 potongan sel berukuran maksimal 9 mm dan terdiri dari 22428 titik. Analisa mesh sizing sangat diperlukan untuk meningkatkan akurasi dan hasil simulasi.

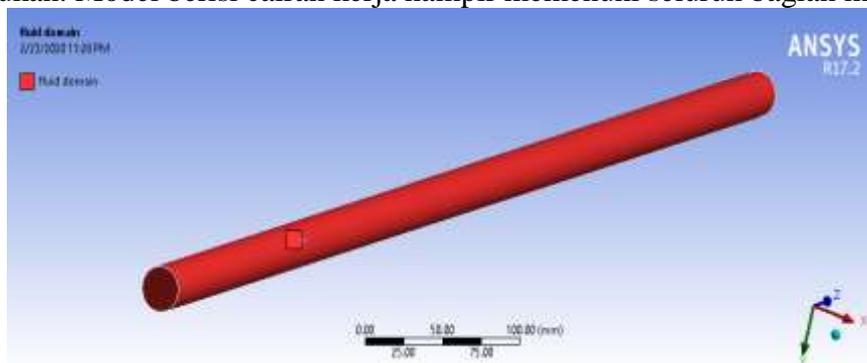
Radiation model yang digunakan dalam simulasi ini adalah surface to surface dengan parameter yang sudah ada dan disesuaikan dengan lokasi pada Indonesia terlihat seperti Gambar 3 [3].



Gambar 2. Surface to surface radiation

3.2. Boundary Condition

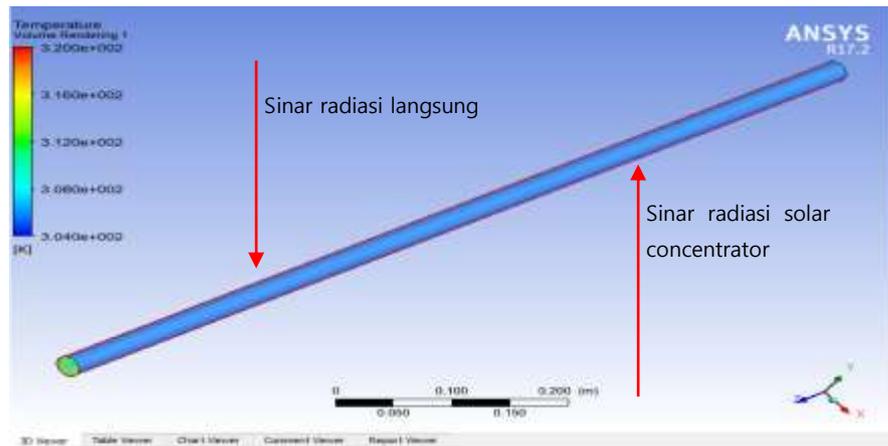
Pada bagian *boundary condition*, material, kondisi fluida dan kondisi lingkungan sekitar model ditentukan. Model berisi cairan kerja hampir memenuhi seluruh bagian model.



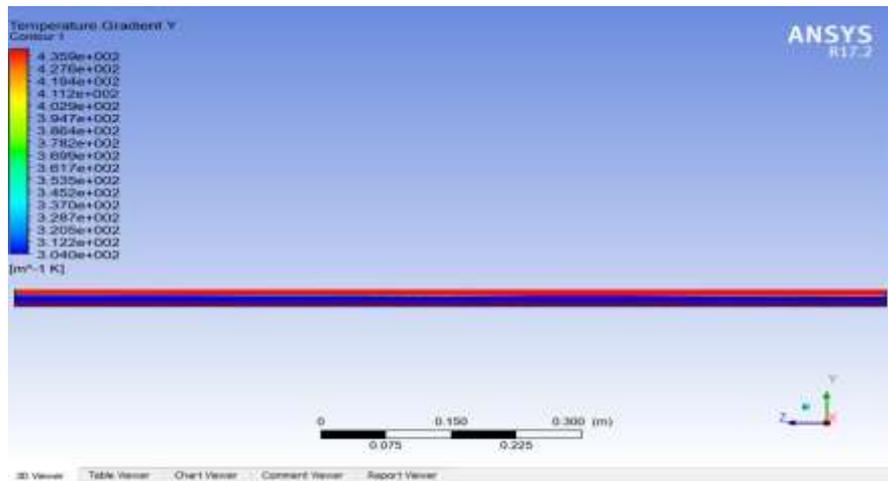
Gambar 3. Boundary condition

3.3. Hasil Simulasi

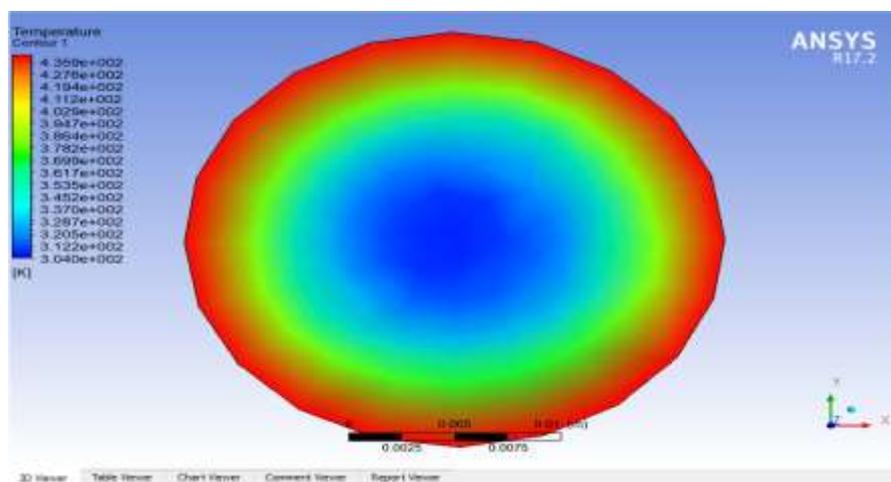
Analisa hasil simulasi dengan menggunakan program ANSYS FLUENT 17.2 menghasilkan beberapa nilai yang dapat dianalisa, seperti analisa temperatur, analisa velocity dan volume fraction.



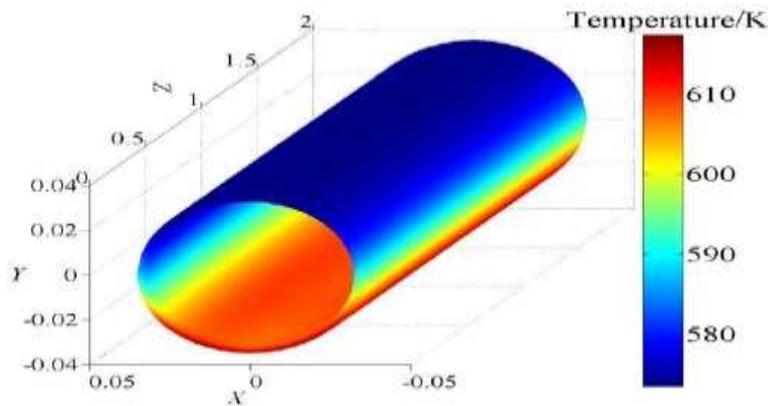
Gambar 4. Bagian pipa yang terkena sinar radiasi matahari



Gambar 5. Persebaran panas di pipa collector



Gambar 6. Persebaran panas pipa xy view

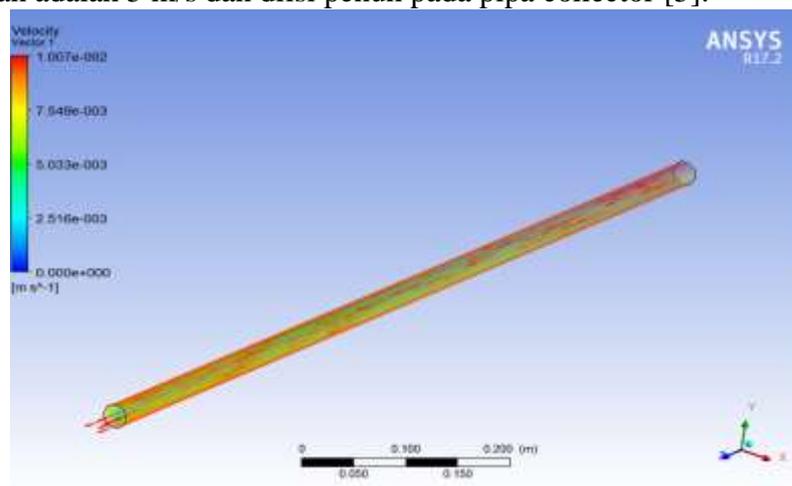


Gambar 7. Persebaran panas pipa pada jurnal referensi (wang 2016)

Pada gambar 4 sampai gambar 7 terlihat titik panas terletak pada permukaan dinding pipa collector. Berdasarkan simulasi, temperatur rata-rata pada permukaan atas pipa collector adalah 440 K sedangkan temperatur pada permukaan bawah pipa collector 304 – 400 K, yang artinya temperatur diatas titik didih air. Dan ini cukup sejalan dengan teori yang terdapat pada referensi yang menunjukkan tingkat panas tertinggi pada pipa collector berasal dari pantulan *solar concentrator* [4].

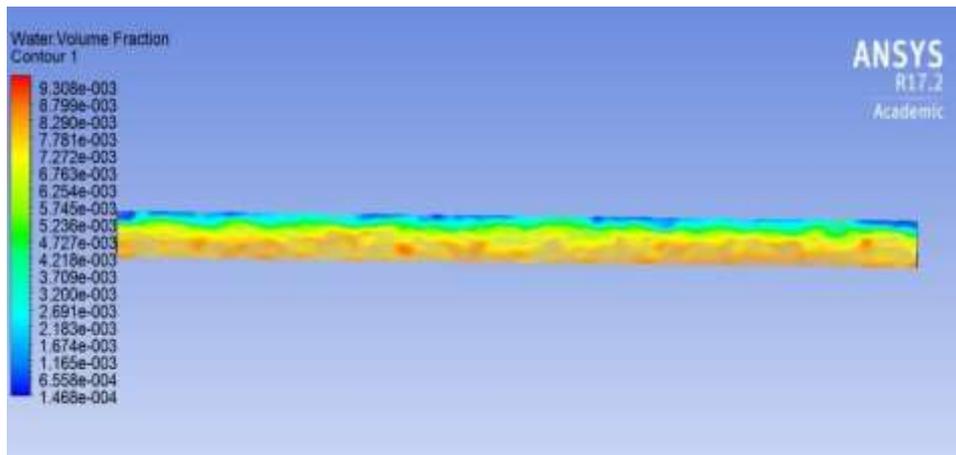
3.4. Analisa Velocity dan Volume Fraction

Velocity yang terjadi pada pipa collector bertujuan untuk mengetahui aliran debit yang melalui pipa. Untuk liquid line batasan minimum – maksimum velocity 3 ft/s – 15 ft/s (max). Dibawah minimum velocity bisa terbentuk deposit atau solid di bawah pipa sedangkan diatas maximum velocity bisa terjadi erosi, noise, water hammer. Pada simulasi kecepatan fluida yang dimasukkan adalah 5 m/s dan diisi penuh pada pipa collector [5].



Gambar 8. Velocity fluida

Volume fraction adalah jumlah atau banyaknya zat dalam satu campuran, pada simulasi ini total volume fraction adalah 1, dan jenis fluida di dalam pipa campuran tersebut ada 3 yaitu air, udara, dan uap.



Gambar 9. Volume fraction

Pada gambar 9 menunjukkan volume fraction di dominasi oleh uap, dengan nilai tertinggi 9.3×10^{-3} , yang artinya sistem desalinasi memiliki potensi menghasilkan uap yang tinggi, dimana uap tersebut nantinya dimanfaatkan sebagai air bersih.

Tabel 1. Waktu, Temperatur dan Solar Iradiasi

Waktu (Jam)	Temperatur (Kelvin)	Solar Iradiasi (W/m^2)
9	270	150
10	290	248
11	300	250
12	370	400

Tabel menunjukkan adanya ketidakstabilan nilai iradiasi sinar matahari dalam satu hari, yang berakibat menghasilkan temperatur berbeda yang dihasilkan pipa *collector*. Waktu paling optimal untuk memanfaatkan energi matahari adalah pada pukul 12 siang.

4. SIMPULAN

Perancangan menghasilkan sistem desalinasi berbasis teknologi surya dengan panjang solar concentrator 1000 mm dan lebar 500 mm, secara eksperimental alat dapat menghasilkan air hasil desalinasi 0.115 L/jam, hasil simulasi CFD dengan Ansys FLUENT 17.2 menghasilkan persebaran panas dinding pipa collector dengan temperatur tertinggi sebesar 440 K sedangkan secara teoritis keadaan temperatur permukaan luar pipa 433.37 K dan temperatur internal 433.30 K, yang menandakan bahwa temperatur diatas titik didih air. Dengan simulasi dapat menunjukkan nilai fraksi massa pada pipa collector dan laju penguapan, serta waktu paling optimal yaitu pukul 12 siang dimana nilai temperatur yang didapatkan tertinggi. Adapun saran yang dapat membangun adalah menambahkan solar concentrator agar proses kondensasi dapat lebih optimal, dan menggunakan jenis solar concentrator yang lain seperti pipih dan bulat, mengoptimalkan sistem pembuangan atau pemisahan endapan garam hasil proses desalinasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Raj. Rahul, Bajju. V, *Thermodynamic Analysis of a Solar Powered Adsorption Cooling and Desalination System*, Energy Procedia 158, 885-891, 2019.
- [2] Holman, J P., *Heat Transfer*, Tenth Edition, Southern Methodist University, Texas, 2008.
- [3] Kuang Yudi, Chaoji Chen, Shuaiming He, *A High-Performance Self-Regenerating Solar Evaporator for Continuous Water Desalination*. University of Maryland, USA, 2019.
- [4] Wan Yanjuan, Jinliang Xu, Qibin Liu, *Performance analysis of A Parabolic Trough Solar Collector using Al_2O_3 / Synthetic Oil Nanofluid*. University Beijing, China, 2016.
- [5] Lou Jincheng, Johan Vanneste, Steven C, *Computational Fluid Dynamics Simulations of Polarization Phenomena in Direct Contact Membrane Distillation*, Colorado School of Mines, USA, 2019.