

Distilasi Air Tenaga Matahari Dengan Konsentrator Lensa Fresnel

Asrori ¹⁾Eko Yudiyanto ²⁾,
^{1,2)}Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang
Jl. Sukarno Hatta No 09 Malang
Email : asrori@polinema.ac.id

Abstrak. Air adalah kebutuhan utama kehidupan. Banyak usaha dilakukan dalam mendapatkan suplai air bersih, salah satunya adalah proses distilasi. Dalam penelitian ini mengkaji desain distilasi dengan energi matahari dengan lensa fresnel sebagai konsentrator dan model receiver berbentuk kerucut cone. Lensa fresnel yang digunakan dalam penelitian adalah tipe circular. Diameter lingkaran fresnel adalah 900 mm, ketebalan 3mm dan Groove pitch 0,5mm sehingga diperoleh effective surface 0.785m². Konsentrasi jarak fokus lensa fresnel adalah 880 mm dengan solar radiation concentration sebesar 2025 kali. Untuk melakukan penangkapan panas digunakan receiver cone dengan material tembaga dengan diameter 112mm, tinggi 108mm dan kapasitas air 200mL. Dari hasil desain dan pengujian prototipe dapat dijelaskan bahwa dengan fresnel, sinar matahari dapat difokuskan dan menghasilkan temperatur yang sangat tinggi yaitu rata-rata 520,4°C. Energi panas tersebut selanjutnya digunakan untuk memanaskan air yang ada di dalam receiver cone. Air di dalam receiver akan mendidih dan menghasilkan uap. Uap yang dihasilkan selanjutnya diembunkan di dalam kondensor. Laju air kondensasi yang dihasilkan berkisar 150 mili liter/jam

Kata kunci: Lensa Fresnel, Distilasi, Energi Matahari.

1. Pendahuluan

Air adalah kebutuhan pokok kehidupan. Tanpa adanya air akan musnah kehidupan di muka bumi. Untuk menyangga kehidupan di muka bumi, alam telah menyediakan air dengan melimpah di lautan. Luas permukaan bumi diselimuti oleh air lebih dari 70 %. Air yang ada di lautan dalam bentuk air garam merupakan penyangga kehidupan flora dan fauna laut. Kondisi air tersebut mengandung garam terlalu pekat untuk kehidupan flora dan fauna darat. Manusia dan makhluk hidup darat tidak dapat langsung mengonsumsi air yang melimpah tersebut. Untuk itu perlu diolah menjadi air minum siap saji. Air minum siap saji harus memiliki PH netral dengan sifat tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau, tidak mengandung mikro organisme berbahaya, dan tidak mengandung logam berat. Untuk mendapatkan air minum yang sehat perlu dilakukan pengolahan. Kebutuhan air esih untuk minum sangat besar. Kebutuhan air untuk konsumsi di dunia adalah 4500 milyar kubik air per tahun. Kebutuhan itu antara lain untuk pertanian dan industri pertanian 92%, industri lainnya 2% dan kegiatan rumah tangga sebesar 6% [2]. Tahun 2016 tercatat lebih dari 884 juta jiwa manusia belum bisa menikmati air bersih, sehingga harus mengonsumsi air tercemar [3]. Sumber air banyak yang tercemar akibat berbagai pembuangan limbah.

Teknologi pengolahan air bersih terus dikembangkan mulai metode fisik dan mekanik seperti filtrasi, purifikasi, dan osmosis. Pengolahan dengan cara kimia dilakukan dengan pencampuran zat koagula yang dapat mengendapkan cemaran air. Teknik bioteknologi dilakukan dengan pemanfaatan mikro organisme dalam teaksi penetralan air dan pengurangan cemaran air.

Penelitian tentang pengolahan air secara fisika salah satu diantaranya adalah proses distilasi. Pengembangan alat distilasi air salah satunya adalah dengan memanfaatkan tenaga matahari atau *solar distillation*. Coffrin et al merancang alat asymmetrical solar still yang diterapkan di Somalia [4]. Prototipe yang dihasilkan dalam kondisi pengujian di musim panas di Boston USA, dengan rata-rata energi yang tersedia 1800 Watt-jam/m² per hari diperoleh 8–16 liter per hari. Stonebraker et al tahun 2010 merancang alat distilasi air menggunakan model parabolik memanjang yang dikenal dengan *parabolic solar water distillation* [5]. Prinsip kerja sistem parabolik kanal adalah dengan mengalirkan air pada pipa memanjang yang ditempatkan pada fokus parabola cermin. Ketika air mengalir melalui pipa pemanas air akan mengalami perubahan fase menjadi uap air, selanjutnya dialirkan ke dalam kondensor dan berubah menjadi air murni. Alat tersebut mampu menghasilkan air sebanyak minimum 4 liter per hari. Proses penyulingan air dengan matahari dikembangkan Iswadi dan Aisyah dengan bahan baku air laut sebagai bahan destilasi [6].

Proses pengolahan air minum selama ini masih memerlukan biaya yang mahal. Sampai saat ini penelitian tentang pengolahan air minum masih berlanjut untuk menghasilkan pengolahan air minum yang murah. Salah satu gagasan untuk mengembangkan proses purifikasi air minum adalah dengan cara

destilasi dengan memfokuskan energi cahaya matahari pada suatu media untuk memanaskan air sampai terjadi penguapan dan selanjutnya dilakukan pendinginan untuk mendapatkan air bersih. Dalam penelitian ini proses pemanasan dilakukan dengan memanfaatkan teknologi lensa fresnel.

Dengan penelitian ini diharapkan akan menghasilkan suatu desain alat destilasi air tenaga matahari dengan konsentrator lensa Fresnel. Manfaat yang lebih luas dari penelitian adalah mengembangkan peralatan pengolahan air yang ramah lingkungan dengan energi baru dan terbarukan.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode *true experimental research* untuk mengumpulkan data-data penelitian perancangan dan pembuatan alat. Selanjutnya dilakukan pengambilan data data untuk memeriksa bagaimana pengaruh pengaruh yang terjadi dalam sistem yang dibangun. Lensa fresnel yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Type	: Circular Fresnel Lens Aperture
Material	: PMMA (Polymethyl Methacrylate)
Diameter / Surface	: 900 mm/0.785m ²
Thickness / Groove pitch	: 3mm / 0.5mm
Focal distance	: 880 mm
Circular focus diameter	: 20 mm
Solar radiation concentration	: 2025 times

Untuk menghasilkan pengukuran yang akurat, ada beberapa faktor yang menjadi perhatian selama proses destilasi antara lain:

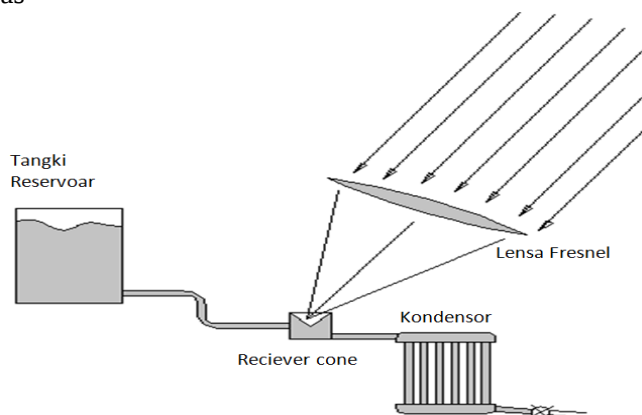
- **Radiasi surya** : besarnya energi surya yang tersedia yang ditangkap oleh lensa fresnel merupakan radiasi langsung (direct radiation) atau juga dikenal dengan istilah *Direct Normal Irradiance* (DNI) sehingga diukur dengan Pyrheliometer yang di kopel dengan solar tracker. Dimana satuan DNI adalah Watt/m². Variasi pembacaan DNI selama interval 10 menit tidak melebihi 100 W/m². Rentang pembacaan DNI antara 450 – 1100 W/m². Pada penelitian ini digunakan solar power meter untuk mengukur besarnya radiasi matahari (W/m²). Pemasangan solar power meter ini dikopel langsung pada kerangka konsentrator fresnel untuk mendapatkan radiasi matahari langsung (DNI). Berikut

- **Tracking** : Posisi gerakan solar tracker untuk memposisikan fokus cahaya matahari.

- **Alat ukur**

Solar power meter adalah sebuah alat untuk menguji/mengukur energi matahari dalam bentuk intensitas radiasi sinar matahari, dengan satuan Watt/m². Energi matahari merupakan energi photon dan energi termal yang dapat dikonversikan menjadi energi bentuk lain.

Thermocouple merupakan salah satu jenis sensor suhu yang digunakan dalam penelitian. Kelebihan termokopel adalah responnya yang cepat terhadap perubahan suhu dan rentang suhu operasionalnya yang luas



Gambar 1. Skema Distilasi Air Tenaga Surya Dengan Lensa Fresnel

Gambar 1. menjelaskan skema alat purifikasi air tenaga surya dengan menggunakan teknologi destilasi model kolektor lensa fresnel.

Untuk menangkap cahaya matahari yang di fokuskan digunakan *Cone Reciever* yang dirancang dengan bentuk seperti tampak pada Gambar 2. Material *reciever* adalah plat tembaga

dengan $k = 385 \text{ W/m}^2\text{C}$, masa jenis plat 8954 kg/m^3 dengan tebal 2 mm. Dimensi luar receiver (D_r) 112 mm dengan tinggi (l) 108 mm. Luas volume air yang dapat diisikan ke dalam receiver adalah 200 mili liter.



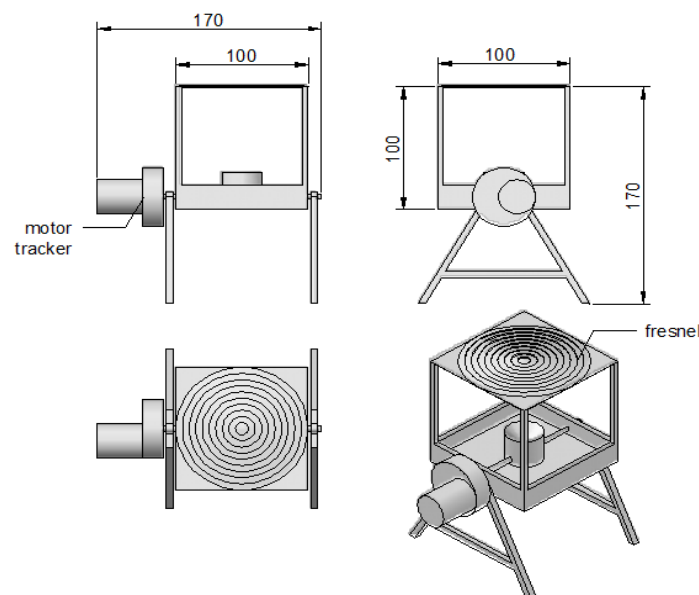
Gambar 2 Receiver solar cone

Untuk memperoleh desain yang tepat, ada beberapa variabel yang akan diukur antara lain Radiasi matahari normal (I_b), temperatur konsentrasi yang dihasilkan oleh lensa fresnel (T_f), temperatur dinding receiver (T_d), dan laju aliran volume air suling yang dihasilkan (Q).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Perancangan Alat Distilasi

Hasil desain alat destilasi air tenaga surya yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 3. Bagian utama dari peralatan ini adalah lensa fresnel, receiver dan kondensor Berdasarkan perhitungan dan pradesain yang telah dibuat maka dilakukan proses desain sebagaimana Gambar 3. Selanjutnya dari proses desain dilakukan proses pembuatan proto tipe peralatan. Hasil prototype dari peralatan yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 4. Dalam prototipe yang dibuat, fluida yang digunakan adalah air garam. Tujuan pemakaian air garam adalah mengacu pada fungsi alai ini yang direncanaakan untuk distilasi air laut.



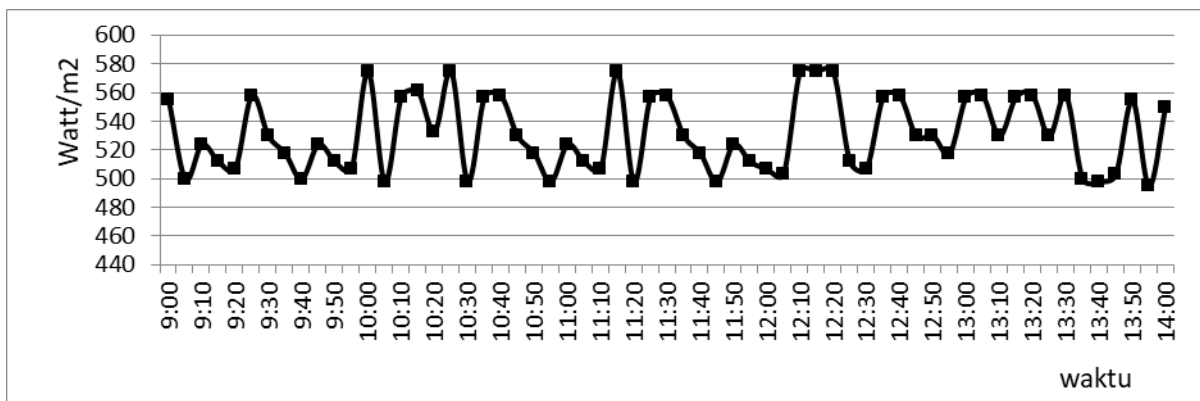
Gambar 3. Desain Distilasi Air Tenaga Surya Dengan Lensa Fresnel



Gambar 4. Pengujian alat purifikasi air tenaga surya

3.2 Pengukuran Radiasi matahari Langsung

Untuk mengetahui berapa besar nilai energi matahari yang dapat dimanfaatkan, dilakukan pengukuran radiasi matahari secara langsung. Hasil pengukuran energi matahari secara langsung dikenal dengan Direct Normal Irradiation value (DNI) [7]. DNI menunjukkan energi matahari yang dapat dimanfaatkan secara langsung. Energi yang ditimbulkan biasanya dalam bentuk energi panas. Untuk melakukan pengamatan berapa besar nilai DNI pengamatan harus dilakukan pada saat kondisi cerah. Pengukuran DNI dilakukan dengan *solar power meter* diperoleh hasil yang ditampilkan dalam grafik pada gambar 5. Dari gambar tersebut menunjukkan bahwa pengukuran DNI dimulai pada pukul 9.00. Pada waktu tersebut sinar matahari sudah cukup terik, sehingga pada hasil pengukuran langsung diperoleh nilai DNI yang cukup besar. Nilai DNI antara pukul 09.00 sampai dengan pukul 14.00 memiliki rata-rata 537,37 Watt/m². Selanjutnya daya tersebut akan digunakan untuk proses distilasi.



Gambar 5. Grafik radiasi matahari dengan pengukuran langsung dengan solar power meter

3.3 Energi Refraksi Lensa Fresnel

Asumsi rata-rata radiasi langsung yang masuk ke fresnel ($A = 0.785 \text{ m}^2$) pada kondisi *steady state* adalah yang diambil dari pengukuran DNI adalah 537,37 Watt/m². Energi yang dapat dimanfaatkan oleh lensa fresnel Q_f , dihitung dengan persamaan [8]

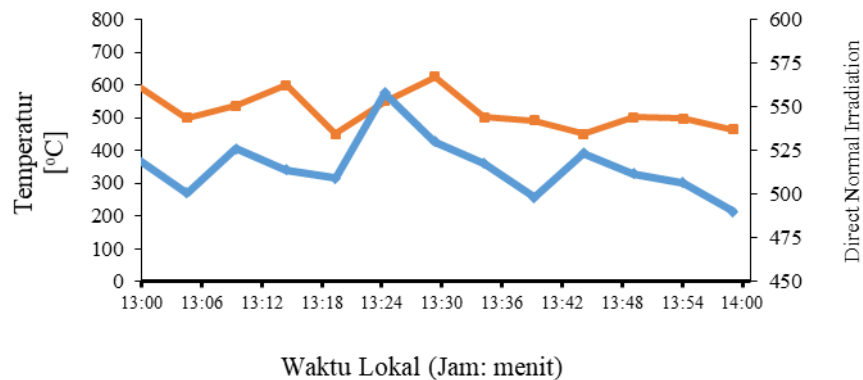
$$\dot{Q}_f = \eta_o \cdot A_f \cdot I_{bn}$$

dimana I_{bn} adalah radiasi langsung (Watt/m²), A_f adalah aperture area lensa fresnel (m²) dan η_o adalah efisiensi optik. Maka dengan efisiensi optical 83% diperoleh perkiraan daya persatuan luas yang diperoleh adalah 350,12 Watt.

3.4 Pengukuran Temperatur dan Tekanan pada Cone Receiver

Temperatur yang diukur dalam penelitian ini terdiri dari Temperatur titik fokus (T_f) dan Temperatur dinding *receiver* (T_d). Sedangkan pemasangan Pressure gauge pada *receiver* digunakan untuk

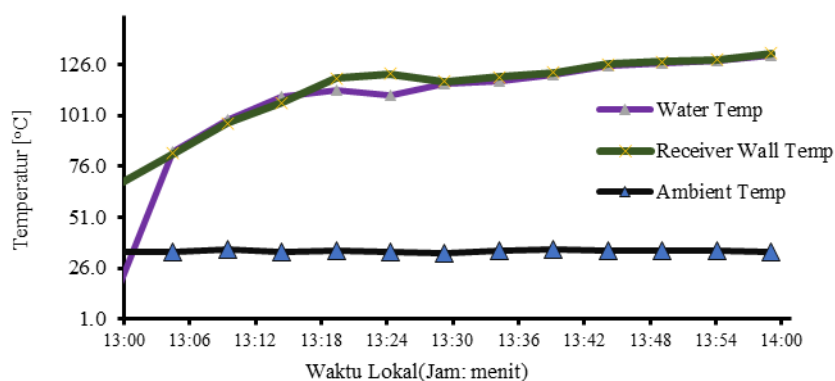
mengukur Tekanan (P) akibat panas terkonsentrasi pada permukaan *receiver* tersebut. Untuk mengatur besarnya tekanan yang terjadi akibat pemanasan, maka saluran keluar uap yang dihasilkan oleh *reciever* diberi alat pengatur tekanan *relief valve*.



Gambar 6. Grafik temperatur titik fokus dibandingkan dengan energi matahari yang dapat diukur dengan *solar power meter*

Dari proses pengukuan diperoleh data dan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 6. Grafik tersebut menunjukkan temperatur titik fokus lensa fresnel yang jatuh pada *reciever*. Sedangkan grafik ke dua adalah nilai pengukuran radiasi sinar matahari secara langsung. Jika diperhatikan, dari dua grafik tersebut memiliki korelasi yang menarik. Ada korelasi antara daya yang ditangkap oleh fresnel dengan kemampuan lensa fresnel memanaskan dinding *reciever*, ketika nilai DNI naik karena terik sinar matahari, maka temperatur yang dihasilkan oleh fokus lensa fresnel akan juga meningkat. Ketika nilai DNI turun, maka temperatur yang dihasilkan akan juga turun. Kenaikan radiasi langsung (DNI) dari sinar matahari terhadap perubahan temperatur pada titik fokus pada *receiver*. Temperatur rata rata titik fokus yang diperoleh dari hasil pengukuran adalah 520,4°C

Pengukuran temperatur dinding dilakukan untuk menentukan berapa besar panas yang dapat ditangkap oleh dinding. Panas yang ada pada dinding selanjutnya digunakan untuk memanaskan air didalam *reciever*. Dari hasil pengukuran dapat di peroleh grafik yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Kenaikan temperatur air dalam *reciever* dibandingkan dengan temperatur dinding *reciever*

Pengukuan dilakukan dengan cara mengukur temperatur dinding *reciever* dan uap air yang dihasilkan. Dari hasil pengukuran dapat diamati bahwa dalam pengukuan selama 60 menit kemampuan alat untuk menaikkan temperatur akan bergerak dengan cepat seiring besarnya panas yang diterima oleh dinding *reciever* dari hasil fokus. Ketika temperatur air dalam *reciever* sudah mencapai titik

dididih, air akan berubah menjadi uap selanjutnya tekanan uap diatur dengan *relief valve* agar dapat mengalir melalui kondensor. Di dalam kondensor, air diembunkan dan ditampung kedalam tangki penampung air bersih. Dari proses kerja yang dikur dapat dilihat bahwa temperatur kerja dinding reciever yang dihasilkan 126 C. Temperatur kerja tersebut dipengaruhi temperatur fokus lensa fresnel dan temperatur air yang mengalir. Temperatur air yang mengalir didalam reciever hampir sama dengan dinding *reciever* karena bahan tembaga yang cukup baik menghantarkan panas. Temperatur air yang mengalir dirancang tidak terlalu tinggi. Dengan temperatur yang tidak terlalu tinggi, maka diharapkan proses penguapan dan pengembunan air akan berlangsung dengan cepat sehingga proses pemisahan dapat berlangsung dengan cepat pula. Dari pengukuran jumlah laju masa aliran air bersih yang diperoleh adalah 2,5 mili liter tiap menitnya.

4. Kesimpulan

Usaha yang dilakukan untuk mendapatkan suplai air bersih salah satunya dengan proses distilasi. Distilasi dengan energi matahari merupakan bahan kajian yang menarik karena menyajikan peralatan ramah lingkungan. Dari hasil kajian ini diperoleh suatu desain prototipe peralatan destilasi dengan lensa fresnel dan model *reciever cone*. Lensa fresnel yang digunakan dalam penelitian adalah tipe *circular fresnel lens aperture* dengan material PMMA (*Polymethyl Methacrylate*). Diameter lingkaran fresnel adalah 900 mm, ketebalan 3mm dan *Groove pitch* 0,5mm sehingga diperoleh *effective surface* 0.785m². Konsentrasi jarak fokus lensa fresnel adalah 880 mm dengan *solar radiation concentration* sebesar 2025 kali. Untuk melakukan penangkapan panas digunakan *reciever cone* dengan material tembaga dengan diameter 112mm, tinggi 108mm dan kapasitas air 200mL. Dari hasil desain dan pengujian prototipe dapat di jelaskan bahwa dengan fresnel, sinar matahari dapat difokuskan dan menghasilkan temperatur yang sangat tinggi yaitu rata rata 520,4°C. Energi panas tersebut selanjutnya digunakan untuk memanaskan air yang ada di dalam *reciever cone*. Air di dalam *reciever* akan mendidih dan menghasilkan uap. uap yang dihasilkan selanjutnya diembunkan di dalam kondensor. Laju air kondensasi yang hasilkan berkisar 150mL/jam

5. Saran

Untuk mendapatkan hasil pengujian yang lebih baik ada beberapa hal yang perlu dilakukan:

- a. Untuk menghasilkan nilai perpindahan panas yang optimal perlu diperhitungkan detail adanya proses konveksi yang terjadi dengan udara bebas pada *reciever*.
- b. Perubahan fasa yang terjadi di kondensor perlu mendapat kajian yang lebih lanjut karena air yang keluar dari kondensor masih belum masih tercampur dengan udara basah. Udara basah tersebut mengandung uap. Ketika keluar dari kondensor semua uap seharusnya semuanya menjadi air

Daftar Pustaka

- [1] Vousvouras, C.A. dan Urs Heierli., 2014, *Safe Water at the Base of the Pyramid How to involve private initiatives in safe water solutions*, www.300in6.org.2010. Update 20 Maret 2014
- [2] Jain, R. K., Hari Singh , Amar Varshney, Sagar Bajpai, Deepak Sharma, 2015, *Study of Water Distillation by Solar Energy in India*, IJMEIT Vol. 3 Issue 2 February Page No: 1004-1009 ISSN-2348-196x
- [3] Said L, Muh. Dan Iswadi, 2016, *Rancang Bangun Alat Pemurni Air Laut Menjadi Air Minum Menggunakan Sistem Piramida Air (Green House Effect) Bagi Masyarakat Pulau dan Pesisir di Kota Makassar*, Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika. Jilid 12, No 3, Desember 2016, Hal. 300 – 310
- [4] Coffrin, S., E. Frisch, M. Santorella and M. Yanagisawa, 2008, *Solar Powered Water Distillation Device*. "Capstone Design Course", "Technical Design Report". Dept. of Mech., Ind. & Man. Eng., College of Eng. Northeastern University, Boston, USA., Pp. 1 –39., January, 2008
- [5] Stonebraker, A., J. Newmeyer, M. Branner, 2010, *Parabolic Solar Water Distillation Senior Design Project Interim report*, Department of Mechanical Engineering, SDSU College of Engineering
- [6] Iswadi dan Aisyah, 2013, *Sistem Pengolahan Air Laut Menjadi Air Minum Menggunakan Tenaga Matahari*, Jurnal Al Kimia, Vol1, No 2, 2013

- [7] Lee, Hyun-Jin, Shin-Young Kim and Chang-Yeol Yun, 2017, *Comparison of Solar Radiation Models to Estimate Direct Normal Irradiance for Korea*, *Energies*, vol10, 594; doi:10.3390/en10050594 www.mdpi.com/journal/energies
- [8] Valmiki, M. M., Li, P., Heyer, J., Morgan, M., Albinali, A., Alhamidi, K., & Wagoner, J., 2011, A novel application of a Fresnel lens for a solar stove and solar heating. *Renewable Energy*, 36(5), 1614-1620.