

SIMULASI CFD DISTRIBUSI TEMPERATUR MENGGUNAKAN ANSYS 14.5 PADA DESTILATOR TENAGA SURYA

Helen Riupassa¹⁾ Abdul Rahim²⁾

¹⁾Staff Pengajar Program Studi Teknik Mesin

²⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri dan Kebumihan, Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

Abstrak

Kelangkaan dan kesulitan mendapatkan air bersih dan layak pakai menjadi permasalahan yang mulai muncul di banyak tempat yang salah satunya menimpa masyarakat yang tinggal di daerah pesisir pantai. Laju pertumbuhan penduduk menyebabkan kebutuhan akan air bersih semakin meningkat, dan posisi Indonesia sebagai negara maritim yang 70% luas wilayahnya adalah perairan khususnya seperti daerah Papua. Teknologi desalinasi air laut sangat diharapkan untuk menghasilkan air tawar dengan produksi tinggi dan energi murah oleh karena itu di buatlah alat desalinasi air laut menggunakan tenaga surya dengan energi matahari sebagai sumber panas utama untuk penguapan. Distribusi temperatur pada destilator air laut tenaga surya dengan menggunakan plat aluminium, stainless steel, tembaga dan bentuk tipe plat tersebut yaitu tipe plat bergelombang dan tipe plat basin (datar).

Metode yang digunakan adalah dengan mendeskripsikan hubungan antara intensitas radiasi matahari, suhu, energi kalor dan laju penguapan berdasarkan data pengamatan dan perhitungan. Dengan mengetahui nilai suhu dan intensitas matahari dapat di ketahui nilai laju penguapan untuk penggunaan alat desalinasi tenaga surya, sehingga dapat disimulasi distribusi temperature pada destilator air laut, dengan menghasilkan perbedaan temperatur pada plat penyerapan bervariasi dan bentuk bahan plat penyerapan analisa menggunakan cfd ansys 14.5.

Dari hasil solution dan result, distribusi temperature untuk plat bentuk datar adalah tembaga 44,5°C, aluminium 43,91°C dan stainless steel 42,01 °C. Untuk bentuk gelombang tembaga 42,8°C, aluminium 42,08°C, dan stainless steel 41,45°C. Rata-rata fluks kalor 581 W/m². Besar konveksi yang terjadi pada plat datar tembaga 121,108 Watt, aluminium 118,517 Watt, dan stainless steel 105,05 Watt; sedangkan pada bentuk gelombang tembaga 118,185W, aluminium 113,375 W, dan stainless steel 101,45 Watt. Energi radiasi untuk plat datar tembaga 16,14 W, aluminium 13,49 W dan stainless steel 29,93 W sedangkan untuk bentuk gelombang tembaga 17,48 W, aluminium 6,02 W dan stainless steel 30,54 Watt.

Kata kunci : Computational Fluid Dynamic (CFD), ansys, simulasi, distribusi temperatur, destilator.

1. PENDAHULUAN

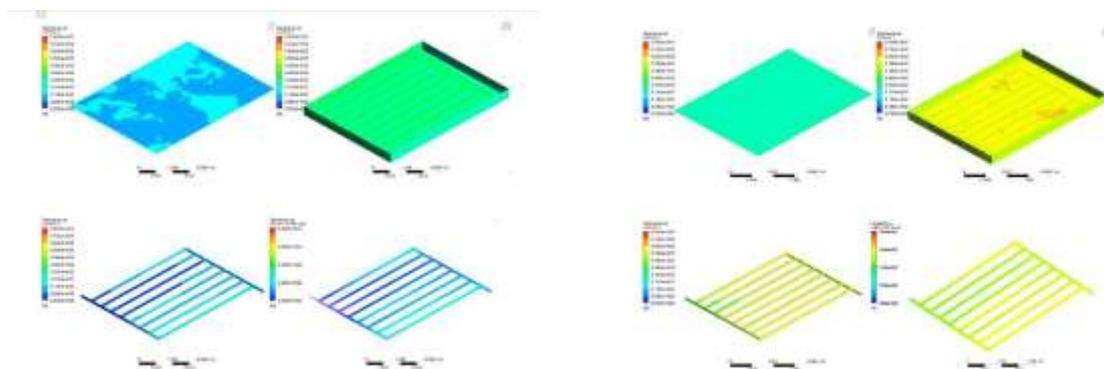
Air merupakan sumber kebutuhan yang paling penting dalam kehidupan manusia terutama air tawar yang bersih dan sehat. Kelangkaan dan kesulitan mendapatkan air bersih dan layak pakai menjadi permasalahan yang mulai muncul di banyak tempat yang salah satunya menimpa masyarakat yang tinggal di daerah pesisir pantai, dan Indonesia sebagai negara maritim yang 70% luas wilayahnya adalah perairan seperti daerah Papua. Teknologi desalinasi air laut sangat diharapkan untuk menghasilkan air tawar dengan produksi tinggi dan energi murah oleh karena itu di buatlah alat desalinasi air laut menggunakan tenaga surya dengan energi matahari sebagai sumber panas utama untuk penguapan.

Kondisi geografis Indonesia sebagai daerah khatulistiwa mempunyai potensi energi surya yang melimpah, namun belum dimanfaatkan secara optimal. Destilasi merupakan istilah lain dari penyulingan, yakni proses pemanasan suatu bahan pada berbagai temperatur, tanpa kontak dengan udara luar untuk memperoleh hasil tertentu. Penyulingan adalah perubahan

Corresponding Author: Helen Riupassa, Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura Jln. Raya Sentani Padang
Bulan Jayapura – Papua, Email: helen_riu@yahoo.com

bahan dari bentuk cair ke bentuk gas melalui proses pemanasan cairan tersebut, dan kemudian mendinginkan gas hasil pemanasan, untuk selanjutnya mengumpulkan tetesan cairan yang mengembun.

Prinsip destilasi merupakan cara untuk mendapatkan air bersih melalui proses penyulingan air laut, dimana terdapat proses perpindahan panas, penguapan, dan pengembunan. Pada sistem destilasi air laut tenaga surya, plat penyerap sangat berperan penting karena berfungsi sebagai penyerap intensitas radiasi matahari dan mengkonversikannya menjadi energi panas. Selanjutnya dilakukan simulasi distribusi temperature pada destilator air laut, untuk mengetahui perbedaan temperatur yang diterima oleh destilator dengan variasi bahan dan bentuk secara simulasi menggunakan cfd ansys 14.5. Nadia Handayani, dkk (2014) melakukan penelitian untuk menganalisa kinerja termal solar apparatus panel pada alat destilasi air payau dengan system evaporasi uap tenaga matahari menggunakan CFD. Dari hasil pemodelan dan analisa diketahui bahwa distribusi temperatur terbesar terdapat pada pipa. Energi maksimum yang dapat diterima oleh air adalah 369.591 W/m^2 pada pukul 10.00 dengan kecepatan 0.04 m/s . Nilai heat losses yang terjadi pada masing-masing kecepatan berbanding terbalik dengan nilai efisiensi yang menurun setiap jam, rata-rata efisiensi terjadi pada sore hari mulai dari pukul 11.00 – 13.00. Nilai efisiensi rata-rata pada kecepatan 0.01 m/s yaitu 27.6%. Pada kecepatan 0.02 yaitu 30.2%. Pada kecepatan 0.03 yaitu 31.6% sedangkan pada kecepatan 0.04 yaitu 33.4%.



Gambar 1. Kontur distribusi temperatur $v = 0.02 \text{ m/s}$ pada pukul 08.00

(a) Kaca (b) Panel (c) Pipa (d) Air dalam pipa

Destilasi merupakan proses pemisahan yang berdasarkan perbedaan titik didih dari komponen-komponen yang akan dipisahkan. Proses distilasi didahului dengan penguapan senyawa cair dengan pemanasan, dilanjutkan dengan pengembunan uap yang terbentuk dan ditampung dalam wadah yang terpisah untuk mendapatkan distilat. Residu merupakan bahan sisa destilasi air laut yaitu seperti garam, air laut sisa dan partikel lainnya. Akan tetapi yang paling menonjol pada pendestilasian yaitu residu garam.

Perpindahan panas yang terjadi adalah konveksi, konduksi dan radiasi, namun untuk konduksi dalam penelitian ini diabaikan sehingga hanya menghitung konveksi dan radiasi dalam simulasi. perpindahan panas konveksi dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$q = h \cdot A \cdot (T_w - t_c) \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

- h = Koefisien konveksi ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)
- A = Luas permukaan (m^2)
- T_w = Temperatur air ($^\circ\text{C}$)
- T_c = Temperatur kaca ($^\circ\text{C}$)

Radiasi adalah kalor berpindah tanpa melalui perantara atau pada ruang hampa. Mekanisme disini adalah sinaran atau radiasi elektromagnetik. Menurut manual book perpindahan panas (J. P. Holman), Pertukaran panas netto secara radiasi antara dua badan ideal atau benda hitam adalah :



$$q = \sigma \cdot A \cdot (T_w^4 - T_c^4) \dots\dots\dots (2)$$

Dengan:

- σ = konstanta Stefan – Boltzmann ($5,67 \times 10^8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)
 A = Luas bidang (m^2)
 T_w = Temperatur air (K)
 T_c = Temperatur kaca (K).

Energi total yang di pancarkan sebanding dengan pangkat empat suhu absolute, sehingga :

$$E_b = \sigma T^4 \dots\dots\dots (3)$$

Hukum Stefan-Boltzmann, E_b ialah energi yang diradiasikan per satuan waktu dan per satuan luas radiator ideal, dan σ ialah konstanta Stefan-Boltzmann, yang nilainya

$$\sigma = 5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4 [0,1714 \times 10^{-8} \text{ Btu/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{°R}^4]$$

Densitas energi di hubungkan dengan radiasi energi dari permukaan per satuan waktu per satuan luas. Jadi permukaan bagian dalam yang dipanaskan dari suatu ruang tertutup menghasilkan densitas – energy radiasi – termal tertentu dalam ruang itu. Persamaan rumus suhu absolute diatas menandakan di sini radiasi dari benda hitam (*black body*), disebut radiasi benda hitam karena bahan yang mematuhi hokum ini tampaknya hitam di mata, benda itu tampak hitam karena tidak memantulkan sesuatu radiasi. Jadi, benda hitam ialah juga benda yang menyerap seluruh radiasi yang menimpahnya. E_b disebut daya emisi (*emisive power*) benda hitam.

Isolator panas adalah metode atau proses yang digunakan untuk mengurangi perpindahan panas, dan bahan yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas itu disebut isolator. Energi panas (kalor) dapat ditransfer secara keduksi, konveksi dan radiasi. Panas dapat lolos meskipun ada upaya untuk menutupinya, tapi isolator mengurangi panas yang lolos tersebut. Isolasi termal dapat menjaga wilayah tertutup seperti alat destilasi air laut tenaga surya agar plat penyerap terasa lebih lama dan panas tersebut tidak tersebar. Isolator digunakan untuk memperkecil perpindahan energi panas. Rockwool adalah produk mineral fiber ringan yang dirancang untuk isolasi ekonomis dan efektif pada perlindungan termal, akustik dan api dari bangunan, industri - industri dan proses destilasi air laut dengan menggunakan tenaga surya. Rockwool terdiri dari serat halus pital dari batuan alam cair terikat dengan resin thermosetting.

Kelebihan isolator rockwool yaitu rendah konduktivitas termal ($0.034 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$), dapat dioperasikan pada suhu (100°C ke 820°C), dan tidak mudah terbakar.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pengujian simulasi perpindahan panas konduksi, konveksi dan radiasi, pada tiga bahan plat yaitu plat aluminium, stainless steel dan tembaga, dimana untuk membandingkan ketiga plat tersebut dibuat dua macam tipe plat yaitu tipe basin (datar) dan tipe gelombang, selanjutnya, simulasi dilakukan menggunakan software ANSYS 14.5. Prosedur penelitian sebagai berikut :

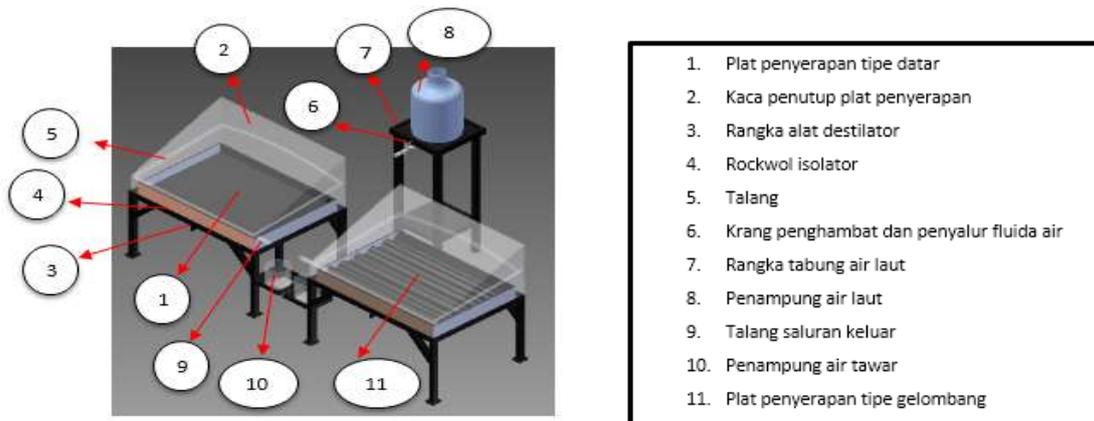
- a) Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.
- b) Mengukur dan mencatat kadar garam pada air laut menggunakan alat refractometer.
- c) Mengukur dan mencatat dimensi plat penyerapan pada destilator tenaga surya
- d) Alat destilator dijemur dari jam 09.00 – 16.00 WIT dan pengambilan data dilakukan tiap jam.
- e) Temperatur yang di ambil pada alat destilator yaitu : temperatur lingkungan, temperatur kaca, temperatur plat, temperatur uap air dalam destilator dan temperatur air dalam destilator.
- f) Volume yang di ambil pada alat destilator yaitu : volume air masuk, volume air hasil dan volume air sisa.
- g) Intensitas matahari sesuai jam yang telah di tentukan yaitu dari jam 09.00 – 16.00 WIT.
- h) Selanjutnya data tersebut diolah sesuai kebutuhan data untuk simulasi.



i) Mensimulasikan distribusi temperatur pada destilator air laut tenaga surya menggunakan software ansys 14.5.

Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini adalah solar power meter, refractometer, termokopel dan laptop untuk menganalisis data.

Isolator yang digunakan adalah rockwool yang merupakan produk mineral fiber ringan yang dirancang untuk isolasi ekonomis dan efektif pada perlindungan termal, akustik dan api dari bangunan, industri - industri dan proses destilasi air laut dengan menggunakan tenaga surya dengan konduktivitas termal ($0,034 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$), dapat digunakan pada suhu (100°C ke 820°C), serta tidak mudah terbakar.



Gambar 2. Desain destilator air laut energi surya



Gambar 3. Proses pengambilan data

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data plat tembaga tipe datar

No	Jam	Temperatur (C)					Volume air (Liter)			Intensitas Matahari (W/m^2)
		Lingkungan (Tl)	Plat (Tp)	Kaca (Tk)	Uap Air (Tfg)	Air destilat (Tw)	Masuk	Hasil	Sisa	
1	09.00	33.60	39.90	38.00	44.68	42.64	19.00	1.46	17.25	534.60
2	10.00	35.00	45.40	41.60	52.50	54.02				638.00
3	11.00	35.40	45.88	43.20	57.20	58.06				635.40
4	12.00	35.40	45.54	42.60	59.92	63.38				683.00
5	13.00	35.20	45.54	41.80	60.78	64.04				678.60
6	14.00	33.20	42.34	40.80	54.86	61.46				409.20
7	15.00	33.40	40.44	39.40	53.12	57.42				444.20
8	16.00	32.20	37.64	37.00	48.12	52.06				187.20
HARIAN		34.18	42.84	40.55	53.90	56.64	19.0	1.46	17.25	526.28

Tabel 2. Data plat tembaga tipe gelombang

No	Jam	Temperatur (C)					Volume air (Liter)			Intensitas Matahari (W/m ²)
		Lingkungan (Tl)	Plat (Tp)	Kaca (Tk)	Uap Air (Tfg)	Air destilat (Tw)	Masuk	Hasil	Sisa	
1	09.00	33.60	40.18	37.60	45.28	42.26	19.00	1.25	17.48	534.60
2	10.00	35.00	45.02	41.00	54.30	54.48				638.00
3	11.00	35.40	46.64	43.40	58.54	60.60				635.40
4	12.00	35.40	45.22	42.80	58.66	61.52				683.00
5	13.00	35.20	44.58	41.80	58.64	61.74				678.60
6	14.00	33.20	42.36	40.80	55.64	60.26				409.20
7	15.00	33.40	40.44	39.00	51.32	56.24				444.20
8	16.00	32.20	38.56	36.80	47.08	51.28				187.20
HARIAN		34.18	42.88	40.40	53.68	56.05	19.00	1.25	17.48	526.28

Tabel 3. Data plat aluminium tipe datar

No	Jam	Temperatur (C)					Volume air (Liter)			Intensitas Matahari (W/m ²)
		Lingkungan (Tl)	Plat (Tp)	Kaca (Tk)	Uap Air (Tfg)	Air destilat (Tw)	Masuk	Hasil	Sisa	
1	09.00	34.80	40.56	37.40	45.82	41.74	19.00	1.48	17.15	679.80
2	10.00	34.80	44.28	40.00	51.20	51.48				685.20
3	11.00	35.80	46.06	44.40	57.84	58.86				864.00
4	12.00	35.40	46.06	45.00	60.52	62.32				725.00
5	13.00	34.40	42.70	41.40	58.50	61.86				507.80
6	14.00	34.80	42.84	41.40	58.32	61.76				715.80
7	15.00	33.80	40.40	38.60	54.14	58.46				709.40
8	16.00	32.60	37.00	36.40	48.58	52.84				362.80
HARIAN		34.55	42.49	40.58	54.37	56.17	19.00	1.48	17.15	656.23

Tabel 4. Data plat aluminium tipe gelombang

No	Jam	Temperatur (C)					Volume air (Liter)			Intensitas Matahari (W/m ²)
		Lingkungan (Tl)	Plat (Tp)	Kaca (Tk)	Uap Air (Tfg)	Air destilat (Tw)	Masuk	Hasil	Sisa	
1	09.00	34.80	40.06	38.20	45.96	44.02	19.00	1.19	17.47	679.80
2	10.00	34.80	43.12	41.20	51.36	52.78				685.20
3	11.00	36.00	45.94	45.00	58.26	59.40				864.00
4	12.00	34.80	43.94	45.20	57.94	62.23				725.00
5	13.00	34.40	43.06	41.40	56.50	61.52				507.80
6	14.00	34.80	42.54	42.40	56.26	60.36				715.80
7	15.00	33.80	40.86	39.40	52.66	57.74				709.40
8	16.00	32.60	37.10	37.00	50.78	52.26				362.80
HARIAN		34.50	42.08	41.23	53.72	56.29	19.00	1.19	17.47	656.23

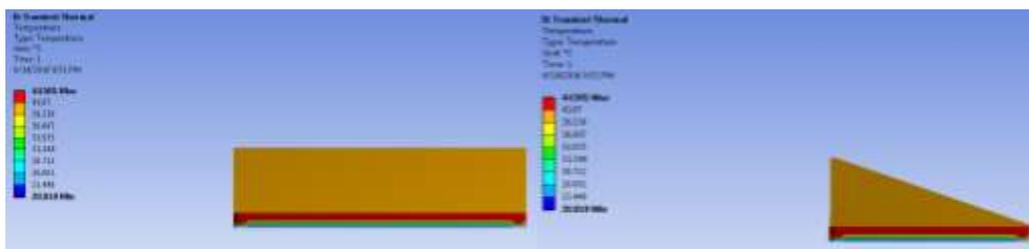
Tabel 5. Data plat stainless steel tipe datar

No	Jam	Temperatur (C)					Volume air (Liter)			Intensitas Matahari (W/m ²)
		Lingkungan (Tl)	Plat (Tp)	Kaca (Tk)	Uap Air (Tfg)	Air destilat (Tw)	Masuk	Hasil	Sisa	
1	09.00	32.80	37.88	33.60	42.24	39.20	19.00	1.19	17.54	587.80
2	10.00	34.40	40.50	36.00	47.00	46.10				703.00
3	11.00	35.80	44.92	39.40	53.76	54.86				691.80
4	12.00	34.20	42.06	39.00	54.12	55.40				587.60
5	13.00	35.20	43.32	38.00	54.44	55.82				501.80
6	14.00	34.60	43.46	39.00	52.90	55.68				563.80
7	15.00	32.60	39.58	36.40	50.60	51.30				574.20
8	16.00	31.00	36.88	32.40	42.04	44.94				290.60
HARIAN		33.83	41.08	36.73	49.64	50.41	19.00	1.19	17.54	562.58

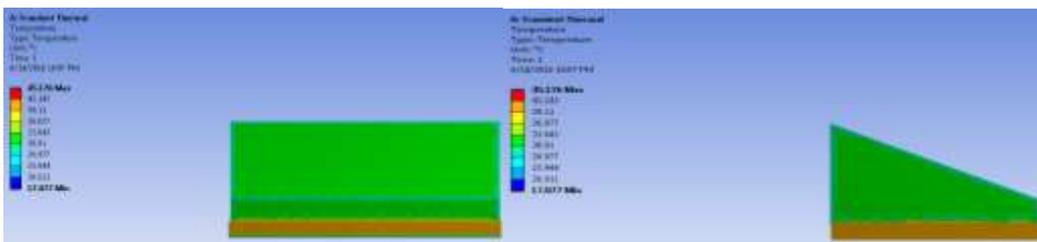
Tabel 6. Data plat stainless steel tipe gelombang

No	Jam	Temperatur (C)					Volume air (Liter)			Intensitas Matahari (W/m ²)
		Lingkungan (Tl)	Plat (Tp)	Kaca (Tk)	Uap Air (Tfg)	Air destilat (Tw)	Masuk	Hasil	Sisa	
1	09.00	32.80	37.62	33.60	42.40	40.68	19.00	1.04	17.70	560.20
2	10.00	34.40	40.88	36.40	48.90	47.50				703.00
3	11.00	35.80	45.04	39.60	55.80	53.64				691.80
4	12.00	34.20	42.06	38.80	55.80	56.44				595.20
5	13.00	35.20	45.14	38.40	53.48	55.84				501.80
6	14.00	34.60	43.50	40.00	55.70	53.34				563.80
7	15.00	32.80	38.50	36.80	50.18	49.82				574.00
8	16.00	30.80	38.86	32.60	43.02	42.74				290.60
HARIAN		33.83	41.45	37.03	50.66	50.00	19.00	1.04	17.70	560.05

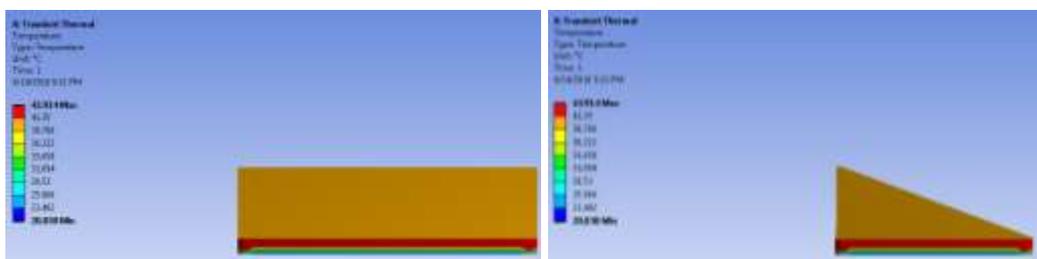
Hasil simulasi untuk masing-masing tipe dan material



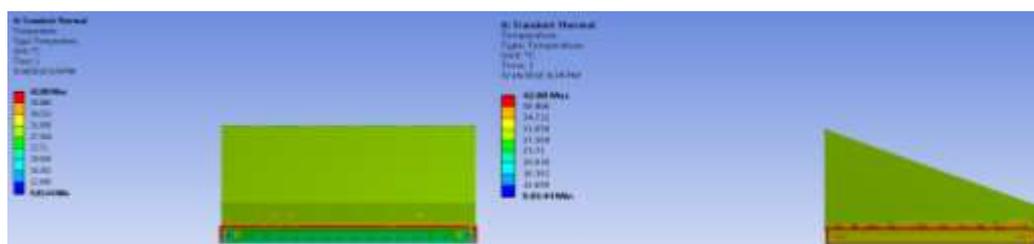
Gambar 4. Simulasi temperature plat tembaga tipe datar



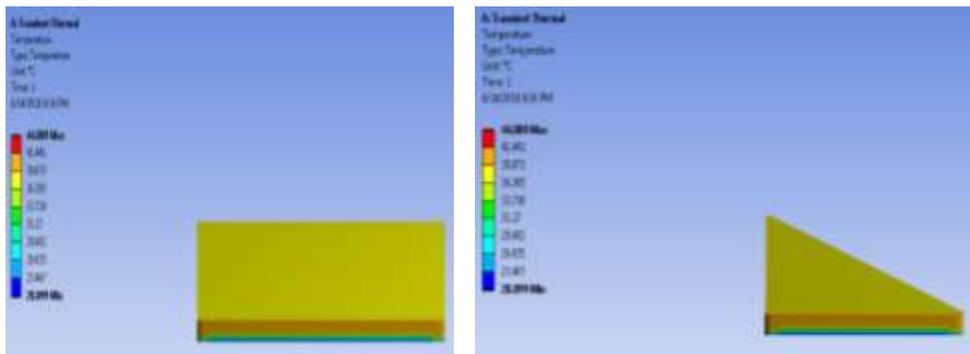
Gambar 5. Simulasi temperature plat tembaga tipe gelombang



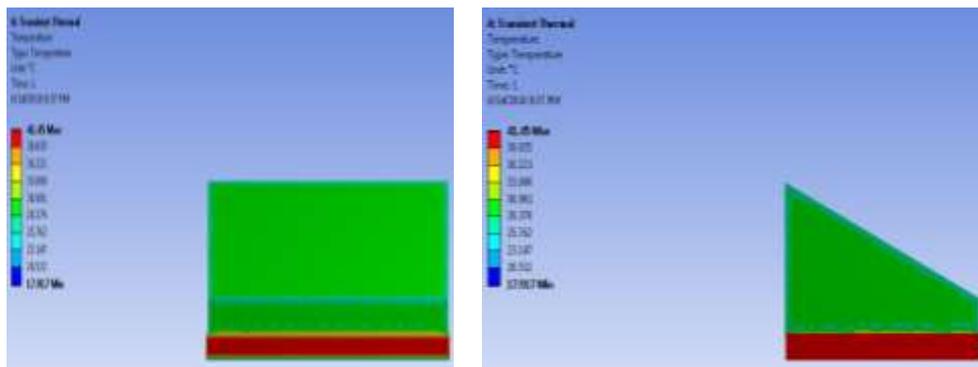
Gambar 6. Simulasi temperature plat aluminium tipe datar



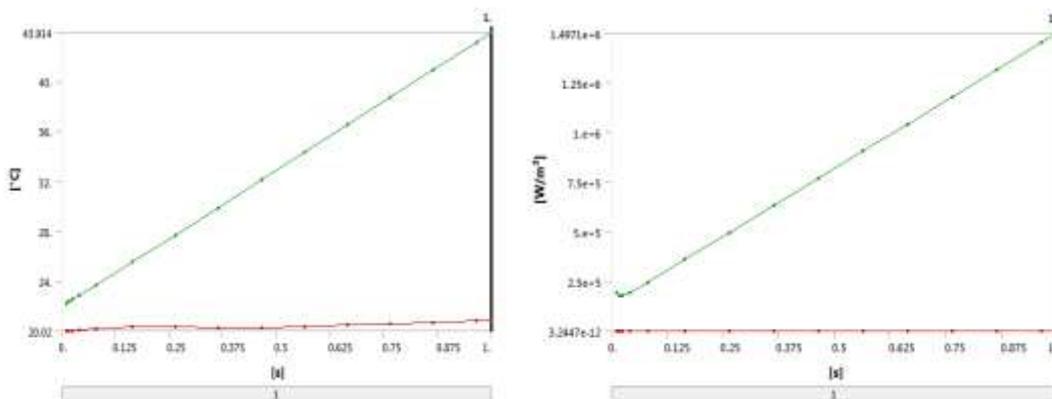
Gambar 7. Simulasi temperature plat aluminium tipe gelombang



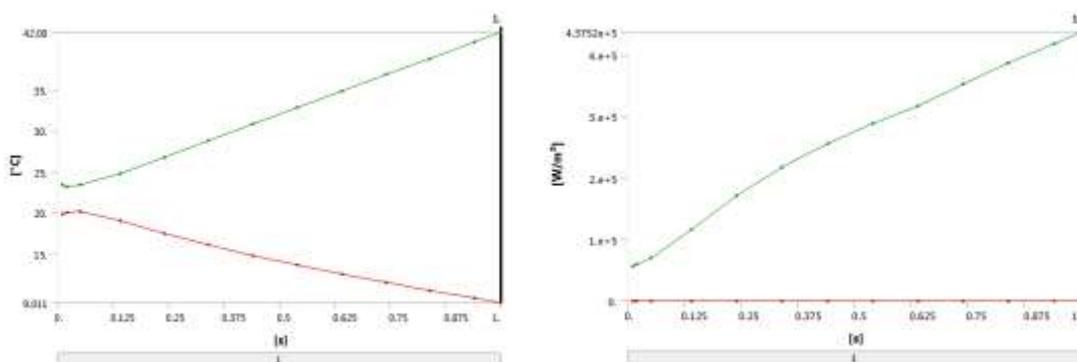
Gambar 8. Simulasi temperatur plat stainless steel tipe datar



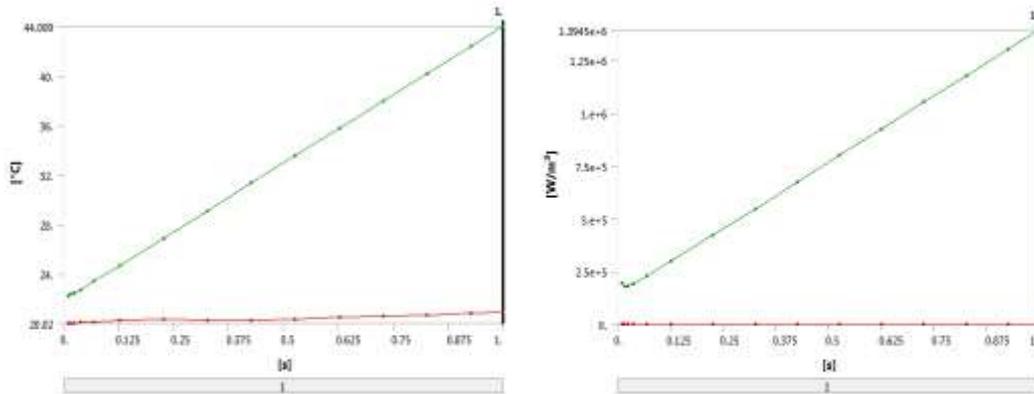
Gambar 9. Simulasi temperatur plat stainless steel tipe gelombang



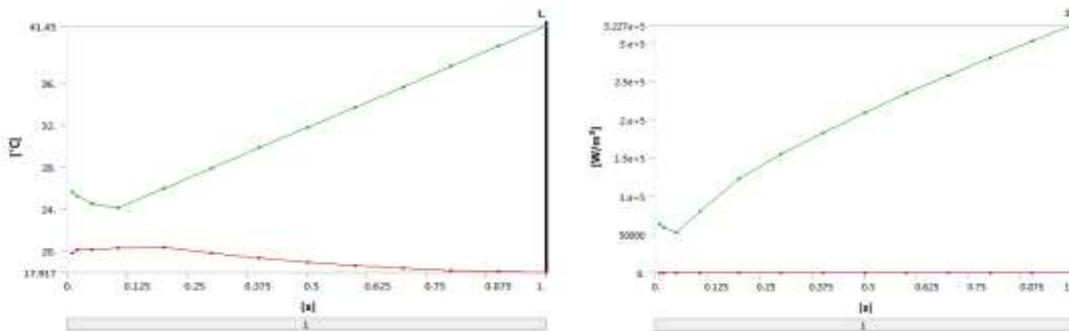
Grafik 10 Results temperature vs waktu dan fluks kalor vs waktu untuk aluminium datar



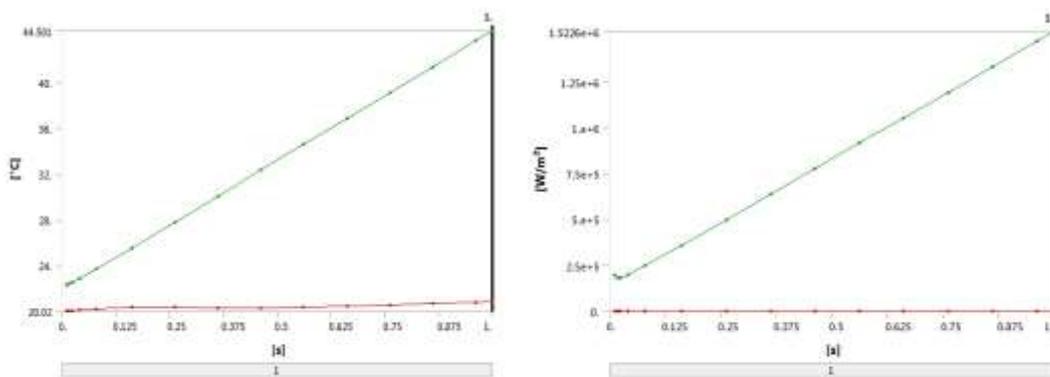
Grafik 11. Results temperatur vs waktu dan fluks kalor vs waktu untuk aluminium gelombang



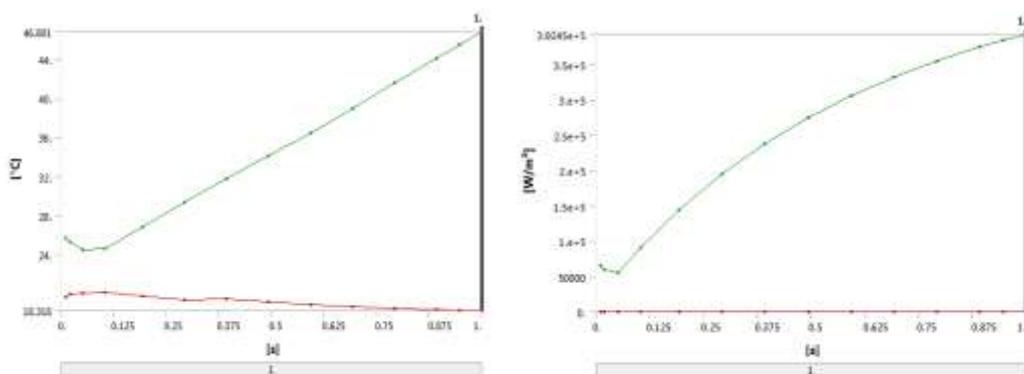
Grafik 12. Results temperatur vs waktu dan fluks kalor vs waktu untuk stainless steel datar



Grafik 13. Results temperatur vs waktu dan fluks kalor vs waktu untuk stainless steel gelombang



Grafik 14. Results temperatur vs waktu dan fluks kalor vs waktu untuk tembaga datar



Grafik 15. Results temperatur vs waktu dan fluks kalor vs waktu untuk tembaga gelombang

4. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Konveksi yang terjadi pada plat datar tembaga 121,108 Watt, aluminium 118,517 Watt dan stainless steel 105,05 Watt; sedangkan untuk tipe gelombang tembaga 118,185 Watt, aluminium 113,375 Watt dan stainless steel 101,549 Watt.
2. Radiasi yang terjadi pada plat datar tembaga 16,147 Watt, aluminium 13,495 Watt dan stainless steel 29,931 Watt; sedangkan untuk tipe gelombang tembaga 17,482 Watt, aluminium 6,02 Watt dan stainless steel 30,54 Watt.
3. Fluks kalor untuk tembaga $526,28 \text{ W/m}^2$, aluminium $656,23 \text{ W/m}^2$ dan stainless steel $562,58 \text{ W/m}^2$.
4. Dari solution dan result, distribusi temperature untuk plat bentuk datar adalah tembaga $44,5^\circ\text{C}$, aluminium $43,91^\circ\text{C}$ dan stainless steel $42,01^\circ\text{C}$. Untuk bentuk gelombang tembaga $42,8^\circ\text{C}$, aluminium $42,08^\circ\text{C}$, dan stainless steel $41,45^\circ\text{C}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Provinsi Papua (Statistics of Papua Province), <http://papua.bps.go.id/jayapura>, papua dalam angka. Diakses, 12 Oktober 2015
- Firman Tuakia. 2008. Manual Book, Dasar-Dasar CFD Menggunakan Fluent Penerbit Informatika. Bandung.
- Fanrico Sanjaya Tambunan, Muhammad Edisar, Juandi M (2015). Destilasi Air Laut Menggunakan Pemanas Matahari Dengan Reflektor Cermin Cekung. Universitas Riau, Pekanbaru, Riau, Indonesia.
- Ichwanul M. Karo Karo, Sri Suryani (2013). Simulasi Proses Desalinasi Air Laut Menggunakan Energi Listrik Menjadi Air. Telkom University, Bandung.
- J. P. Holman. alih bahasa oleh Ir. E. Jasjfi M.Sc, 1994, Manual Book, Perpindahan Kalor, Erlangga, Jakarta.
- Ketut Astawa, Made Sucipta, I Putu Gede Artha Negara, (2011). Analisa Performansi Destilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Penyerap Radiasi Surya Tipe Bergelombang Berbahan Dasar Beton. Universitas Udayana, Denpasar Bali.
- M. Syafwansyah Effendi, M. Khafiz Arifin, Muhammad Hasbi (2012). Pengaruh Penggunaan Preheater Pada Basin Type Solar Still Dengan Tipe Kaca Penutup Miring Terhadap Efisiensi. Politeknik Negeri Banjarmasin.
- Nadia Handayani, Taufik Fajar Nugroho, Dan Sutopo Purwono Fitri (2014). Analisa Kinerja Termal Solar Apparatus Panel Pada Alat Destilasi Air Payau Dengan Sistem Evaporasi Uap Tenaga Matahari Menggunakan CFD. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya, Indonesia.
- <http://sistempemerintahan-indonesia.blogspot.co.id/2013/12/letak-astronomis-indonesia-posisi.html>, Diakses 5 oktober 2015
- <http://klikisma.com/2015/02/pengertian-air-laut-air-minum-dan-jenis-jenis-air.html>, Diakses, 14 Oktober 2015

