



## SIMULASI *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS* (CFD) PENYEBARAN PANAS *HOT TANK* PADA SISTEM DESALINASI AIR LAUT

Aleiza Fadriana<sup>1</sup>, Joko Setiyono<sup>2</sup>, Sunny Ineza Putri<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Pamulang, <sup>3</sup>Universitas Riau

E-mail : <sup>1</sup>fadrialeiza25@gmail.com, <sup>2</sup>dosen00889@unpam.ac.id, <sup>3</sup>sunnyinezaap@gmail.com

Masuk : 15 Agustus 2024

Direvisi : 17 September 2024 Disetujui : 8 Oktober 2024

**Abstrak:** Desalinasi adalah proses penting untuk menghasilkan air tawar dari air asin. Mekanisme alat yang akan mengubah air asin menjadi air minum dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari. Dengan menggunakan panci berukuran 20 cm sebagai tangki penampung air laut kompor listrik *rice cooker* sebagai pemanasnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan distribusi suhu hasil simulasi dengan hasil eksperimen pada perpindahan panas volume air *hot tank*, dengan menggunakan metode simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) perangkat lunak *Ansys Fluent* digunakan untuk mensimulasikan distribusi panas *hot tank* dan metode eksperimen untuk memvalidasi hasil simulasi pada suhu air laut di dalam *hot tank*, yang merupakan komponen utama sistem desalinasi. Pada metode simulasi menunjukkan bahwa distribusi panas pada *hot tank* berkisar 356,15 Kelvin dalam waktu 1000 detik. Sedangkan untuk distribusi suhu pada air laut dengan volume 0,5 liter mencapai titik didih dalam waktu 760 detik, dan volume 0,75 liter membutuhkan waktu 950 detik. Hasil simulasi ini sejalan dengan hasil eksperimen, yang menunjukkan distribusi suhu pada air laut membutuhkan waktu titik didih sebesar 744 detik untuk volume 0,5 liter dan 978 detik untuk volume 0,75 liter. Dengan demikian, metode CFD *Ansys* terbukti efektif dalam memprediksi temperatur dan waktu yang diperlukan untuk mendidihkan air laut serta dalam merancang sistem pemanasan yang lebih efisien.

**Kata kunci:** Desalinasi air laut, Distribusi panas, *Hot tank*, *Computational Fluid Dynamics*, *Ansys Fluent*

**Abstract:** Desalination is an important process to produce fresh water from salt water. The mechanism of the device that will convert salt water into drinking water can be utilized for daily needs. By using a 20 cm pan as a seawater holding tank with a rice cooker electric stove as the heater. The purpose of this study is to determine the comparison of *Computational Fluid Dynamics* (CFD) simulation method *Ansys Fluent* software is used to simulate the heat distribution of hot tanks and experimental method to validate the simulation result on the temperature of seawater in the hot tank, which is the main component of the desalination system. The simulation method show that the heat distribution in the hot tank is around 356.15 Kelvin within 1000 seconds. Meanwhile, the temperature distribution in seawater with a volume of 0.5 liters reaches the boiling point in 760 seconds, and a volume of 0.75 liters takes 950 seconds. These simulation results are in line with the experimental results, which show that the temperature distribution in seawater requires a boiling point time of 744 seconds for a volume of 0.5 liters and 978 seconds for a volume of 0.75 liters. Thus, the CFD *Ansys* method proved to be effective in predicting the temperature and time required to boil seawater and in designing a more efficient heating system.

**Keywords:** Seawater desalination, Heat distribution, *Hot tank*, *Computational Fluid Dynamics*, *Ansys Fluent*

---

## PENDAHULUAN

Kebutuhan dasar yang paling krusial untuk mempertahankan eksistensi manusia adalah akses terhadap air bersih untuk diminum. Wilayah perairan mencakup sebagian besar permukaan bumi, namun kemampuan menyediakan air bersih yang cukup bagi umat manusia masih dianggap cukup rendah [1]. Namun hal ini tidak menjamin akses terhadap air bersih karena masih banyak masyarakat pesisir yang kesulitan mendapatkan sumber air bersih untuk kebutuhan sehari-hari, apalagi di wilayah pesisir yang sulit terkena panas matahari [2].

Tidak dapat dipungkiri bahwa wilayah pesisir merupakan lokasi yang kaya akan perairan dan terletak di antara daratan dan lautan. Salah satu wilayah yang kekurangan air bersih adalah di sepanjang bibir pantai. Karena air laut yang masuk berinteraksi dengan kolom air tanah, maka air semacam ini disebut air payau. Buruknya kualitas air di lokasi pesisir disebabkan oleh rembesan air laut sehingga menyebabkan terjadinya salinitas (naiknya garam air) pada air tanah [3]. Oleh karena itu diperlukan teknologi untuk mengubah air laut menjadi air tawar yang layak untuk dikonsumsi manusia.

Pembuatan air tawar dari air asin dilakukan melalui prosedur yang disebut desalinasi. Untuk menciptakan udara yang dapat dihirup makhluk hidup, teknik ini digunakan. Dengan menghilangkan partikel dan ion terlarut, desalinasi menghasilkan air segar sekaligus menghasilkan air bersih. Garam adalah salah satu produk sampingan dari teknik ini. Air laut yang mendidih menyebabkan garam larut dan terlepas, yang menyebabkan air menguap [4]. Mekanisme alat yang akan mengubah air asin menjadi air minum dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari. Dengan menggunakan panci berukuran 20 cm sebagai tangki penampung air laut dan kompor listrik *rice cooker* sebagai pemanasnya, air laut ini selanjutnya akan diuapkan melalui pipa tembaga AC dalam panci berukuran 22 cm, hingga menghasilkan uap air [5].

Berkat kemajuan pesat dalam teknologi, kini terdapat berbagai macam perangkat lunak yang tersedia untuk tujuan menghitung dan mensimulasikan hambatan yang terjadi, salah satu perangkat lunak yakni *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Teknik ini mencakup penggunaan peralatan penghasil pusaran dan modifikasi geometri tabung, yang merupakan perubahan relatif mudah untuk meningkatkan transmisi panas dengan meningkatkan turbulensi fluida dan area kontak. Untuk mengoptimalkan parameter geometri, studi numerik sering dilakukan sebelum perubahan dilakukan. Penelitian ini dapat dilakukan dengan menggunakan simulasi CFD [6].

Peningkatan kinerja penyimpanan panas sangat dipengaruhi oleh hukum distribusi suhu dalam tangki. Untuk menguji fitur pergerakan konveksi alami garam cair, perangkat lunak *Ansys* digunakan untuk mensimulasikan dan mengevaluasi distribusi suhu di dalam tangki penyimpanan selama proses eksotermik. Selain itu, dampak dari berbagai wilayah perpindahan panas, konfigurasi penukar panas, dan tata letak terhadap distribusi suhu juga diperiksa [7].

Berdasarkan literatur yang telah disebutkan sebelumnya, penelitian ini mengakui perlunya menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk meneliti distribusi panas di dalam tangki air panas pada sistem desalinasi air laut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif tentang distribusi suhu di dalam tangki air panas. Untuk mencapai hal ini, penelitian ini akan memanfaatkan perangkat lunak *Ansys Fluent 2024 R1*.

## METODOLOGI

### 2.1 Alat dan Bahan

Pada penelitian simulasi ini perlu adanya perangkat pendukung untuk memastikan kelancaran dan keberhasilan dalam pelaksanaan. Berikut alat yang diperlukan untuk menunjang proses penelitian:

Laptop Lenovo Ideapad Gaming 3 151MH05, Processor Intel® Core™ i5-10300H CPU 2.5Ghz (8 CPUs), RAM 16 GB, SSD NVMe 256 GB, Graphics : Nvidia Geforce GTX 1650 Ti Memory 4 GB digunakan untuk desain 3D modeling *hot tank*. Sementara bahan yang digunakan dalam proses simulasi adalah panci aluminium dengan

volume 2 liter. Adapun tahap pengerjaan yang dilakukan penelitian ini secara simulasi dan eksperimen, dapat dilihat tahapan simulasi sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan
2. Mengukur bahan yang akan di simulasikan
3. Membuat desain 3D *hot tank*
4. Menyiapkan software Solidworks untuk desain 3D dan software Ansys untuk proses simulasi
5. Membuat geometri, memberi *name selection*, serta *meshing* geometri
6. Melakukan setup dan mengatur model yang akan digunakan
7. Memilih jenis material yang akan digunakan
8. Mengatur *boundary condition* (kondisi batas), objek yang ditentukan yakni, *heater*, *fluid*, *wall*, dan *vapor*
9. Mengatur solusi *initialization* dengan asumsi temperatur awal 298,15 Kelvin atau 25°C
10. Menjalankan simulasi dengan nilai *time step* 1000 hingga mencapai data *convergence*
11. Melakukan analisis data simulasi dan melakukan perbandingan dengan data eksperimen

Untuk tahapan penelitian secara eksperimen dapat dilihat sebagai berikut:

1. Menyiapkan kalibrasi alat termokopel
2. Menjalankan proses pengukuran eksperimen
3. Menganalisis data pengukuran eksperimen
4. Membandingkan hasil pengukuran secara eksperimen dengan pengukuran simulasi
5. Kesimpulan

## 2.2 Desain Bahan dan Spesifikasi



Gambar 1. Panci 2 liter (*hot tank*)

Tabel 1. Spesifikasi bahan

Spesifikasi bahan	
Diameter	220 mm
Tinggi	123,5 mm
Volume	2 liter
Tebal	1 mm
Bahan	Alumunium

**2.3 Properti Material Simulasi**

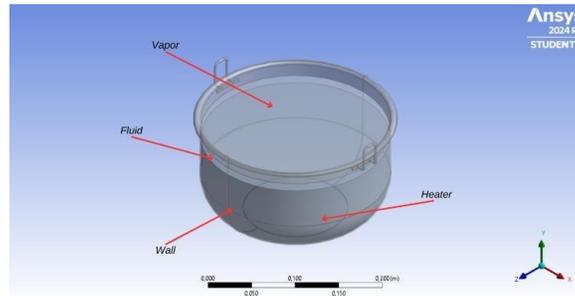
Material yang digunakan untuk proses simulasi pada *hot tank* dan volume air laut terdiri 3 jenis yaitu *density*, *specific heat*, dan *thermal conductivity*. Berikut detail properti material dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Properti material

Properti material	
<i>Density sea water</i>	1025 kg/m <sup>3</sup>
<i>Specific heat sea water</i>	3850 J/kg.k
<i>Thermal conductivity aluminum</i>	237 W/m.k
<i>Specific heat aluminum</i>	900 J/kg.K

**2.4 Pengaturan *Boundary Conditions***

Deskripsi komprehensif tentang masalah perpindahan panas dalam suatu media memerlukan penjelasan lengkap tentang kondisi termal pada permukaan pembatas media. Ekspresi matematis yang mewakili kondisi termal pada batas-batas ini disebut sebagai kondisi batas [8]. Pada pengujian simulasi ini, kondisi batas yang di tentukan memiliki 4 objek yakni *heater*, *wall*, *fluid*, dan *vapor*. Geometri model pemilihan kondisi batas dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Pemilihan kondisi batas

*Boundary conditions* yang umum ditemui dalam praktiknya meliputi suhu tertentu dan fluks panas tertentu. Pada pengujian simulasi ini kondisi batas dapat kita asumsikan untuk suhu *vapor*, *fluid* dan *wall*, dapat dilihat pada tabel 3. Sementara untuk fluks panas pada *heater* perlu adanya perhitungan, berikut rumus perhitungan fluks panas yang digunakan.

$$\dot{q} = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Sehingga diketahui :

$\dot{q}$  = Fluks panas

$Q$  = Laju perpindahan panas

$A$  = Luas penampang perpindahan panas

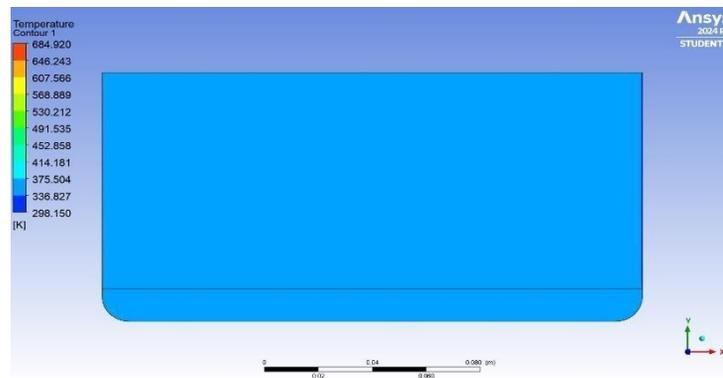
Tabel 3. Properti material

Kondisi Batas	Nilai	Satuan
<i>Heater / Heat flux</i>	12.500	W/m <sup>2</sup>
<i>Fluid</i>	25	°C
<i>Vapor</i>	100	°C
<i>Wall</i>	27	°C

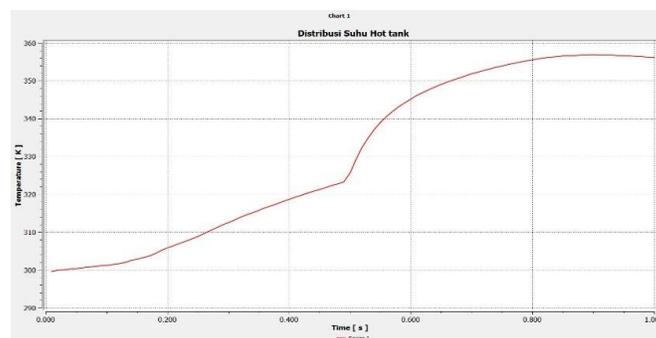
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Simulasi

Dalam penelitian ini, hasil simulasi dilakukan pada geometri 2D untuk mengamati distribusi panas di dalam *hot tank* dan volume air laut. Energi panas yang dihasilkan oleh *heater* diasumsikan telah sepenuhnya diserap oleh *hot tank*, sehingga memungkinkan analisis lebih lanjut terhadap penyebaran panas secara efektif pada sistem tersebut.

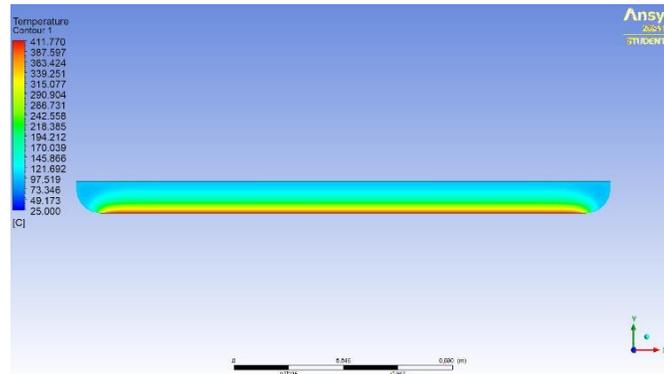


Gambar 3. Hasil simulasi distribusi suhu *hot tank*

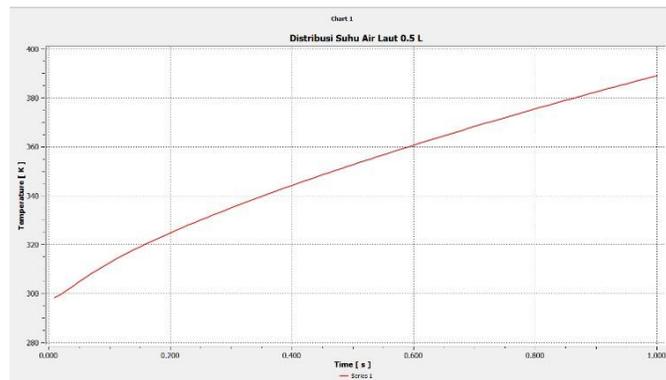


Gambar 4. Grafik distribusi suhu *hot tank* Ansys

Pada hasil simulasi distribusi panas di dalam *hot tank*, suhu maksimal tercatat mencapai sekitar 356,15 Kelvin setelah 16,6 menit (atau 1000 detik) pemanasan yang ditunjuk pada gambar 3 dan 4. Simulasi ini memperlihatkan bahwa panas dari sumber *heater* telah berhasil menyebar secara merata ke dalam volume air laut yang ada di dalam *hot tank*. Suhu tertinggi tampak berada di sumber *heater* dengan suhu berkisar 684,920 Kelvin di sekitar bagian bawah *hot tank*, suhu dari *heater* ini secara bertahap akan menyebar dan bergerak ke atas dinding *hot tank*

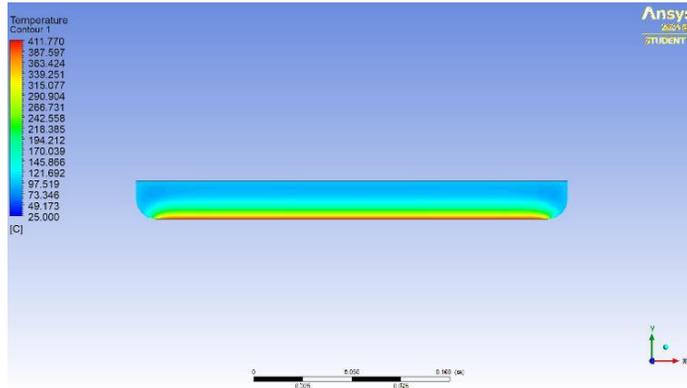


Gambar 5. Hasil simulasi distribusi suhu volume air laut 0,5 liter

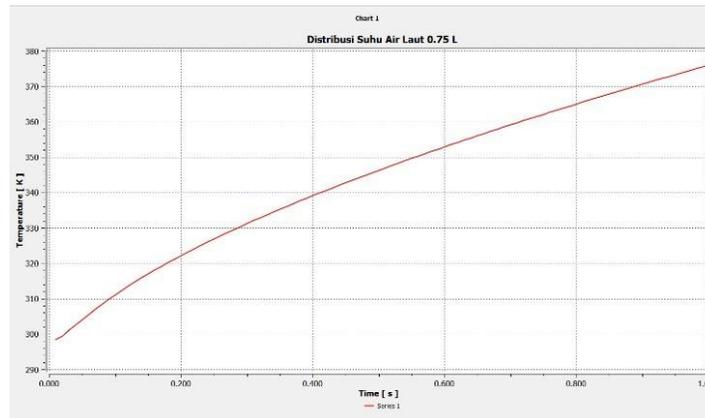


Gambar 6. Grafik distribusi suhu volume air laut 0,5 liter Ansys

Dari hasil simulasi distribusi suhu air laut 0,5 liter yang ditunjuk pada gambar 5, suhu tertinggi terlihat di area sekitar *heater* kontur yang berwarna hijau hingga merah dengan nilai suhu berkisar 195 – 411,770°C . Ini menandakan bahwa *heater* berfungsi sebagai sumber panas utama yang memberikan energi termal ke air di dalam *hot tank*. Sedangkan kontur berwarna biru muda menunjukkan suhu air laut berkisar suhu 373,15 Kelvin. Dari hasil grafik simulasi distribusi yang ditunjuk gambar 6 suhu titik didih 373,15 Kelvin pada volume 0,5 liter menghabiskan waktu berkisar 760 detik (12,6 menit), hingga mencapai suhu maksimal 390 Kelvin dalam waktu 1000 detik (16,6 menit).



Gambar 7. Hasil simulasi distribusi suhu volume air laut 0,75 liter Ansys



Gambar 8. Grafik distribusi suhu volume air laut 0,75 liter Ansys

Dari hasil simulasi distribusi suhu air laut volume 0,75 liter yang ditunjuk pada gambar 7, suhu tertinggi terlihat di area sekitar *heater* kontur yang bewarna hijau hingga merah dengan nilai suhu berkisar 195 – 411,770°C. Ini menandakan bahwa *heater* berfungsi sebagai sumber panas utama yang memberikan energi termal ke air didalam *hot tank*. Sedangkan kontur bewarna biru muda menunjukkan suhu air laut berkisar suhu 100°C. Dari hasil grafik simulasi distribusi yang ditunjuk gambar 8 suhu titik didih pada volume 0,5 liter menghabiskan waktu berkisar 950 detik (15,8 menit), hingga mencapai suhu maksimal 376 Kelvin dalam waktu 1000 detik (16,6 menit).

### 3.2 Hasil Eksperimen

Setelah melakukan pengujian simulasi, penulis akan melanjutkan dengan proses validasi terhadap hasil pengujian eksperimen. Validasi ini bertujuan untuk mengavaluasi tingkat akurasi dari hasil simulasi dengan membandingkannya secara langsung dengan data eksperimen yang telah diperoleh. Dalam proses ini, penulis akan membandingkan parameter kunci, seperti distribusi suhu dan waktu pencapaian titik didih, antara hasil simulasi dan hasil eksperimen. Dari perbandingan tersebut, penulis dapat menentukan seberapa dekat hasil simulasi dengan kondisi nyata yang tercermin dalam eksperimen, sehingga dapat disimpulkan tingkat keandalan simulasi dalam merepresentasikan fenomena yang terjadi pada proses pemanasan dalam *hot tank*. Berikut hasil pengujian eksperimen dapat dilihat pada gambar 9.

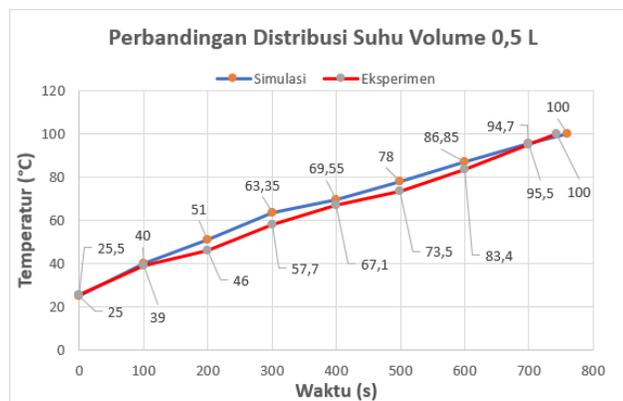


Gambar 9. Hasil pengujian eksperimen

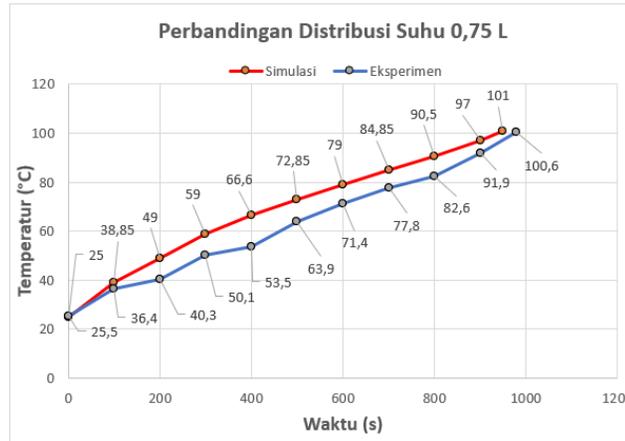
Tabel 4. Hasil pengujian eksperimen distribusi suhu terhadap waktu

Distribusi Temperatur Volume Air Laut 0.5 L (eksperimen)		Distribusi Temperatur Volume Air Laut 0.75 L (eksperimen)	
Waktu (s)	Suhu (°C)	Waktu (s)	Suhu (°C)
0	25,5	0	25,5
100	39	100	36,4
200	46	200	40,3
300	57,7	300	50,1
400	67,1	400	53,5
500	73,5	500	63,9
600	83,4	600	71,4
700	94,7	700	77,8
744	100	800	82,6
		900	91,9
		978	100,6

### 3.3 Perbandingan Hasil Simulasi dan Hasil Eksperimen



Grafik 1. Perbandingan distribusi suhu volume 0,5 liter



Grafik 2. Perbandingan distribusi suhu volume 0,75 liter

Hasil perbandingan pada grafik 1 dapat dilihat grafik perbandingan distribusi suhu volume 0,5 liter antara simulasi dan eksperimen menunjukkan tren kenaikan suhu yang konsisten baik. Hasil simulasi cenderung memberikan nilai suhu yang sedikit lebih tinggi dibandingkan hasil eksperimen pada setiap waktu. Hal ini terlihat pada berbagai titik waktu seperti 100 detik, dimana simulasi mencapai 40°C, sementara eksperimen mencapai 39°C. Perbedaan serupa terjadi pada titik-titik waktu lainnya. Secara keseluruhan, tren suhu antara simulasi dan eksperimen sangat sejalan, yang menunjukkan keandalan model simulasi ini untuk tujuan prediksi distribusi suhu air laut.

Sementara dari hasil perbandingan pada grafik 2 secara umum, terlihat bahwa pola kenaikan suhu pada kedua data ini hampir serupa. Pada awal pemanasan, terlihat perbedaan yang cukup besar, dimana suhu eksperimen 40,3°C sementara simulasi mencapai 49°C hingga mencapai suhu mendekati titik akhir dengan perbedaan kecil.

Pada grafik sebelumnya untuk volume 0,5 liter, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik didih lebih singkat dibandingkan dengan grafik untuk volume 0,75 liter. Hal ini disebabkan volume air yang lebih kecil lebih cepat panas. Secara keseluruhan, dari kedua grafik di atas menunjukkan bahwa hasil simulasi mendekati hasil eksperimen dengan perbedaan yang masih dalam batas wajar. Mengindikasikan bahwa model simulasi mampu merepresentasikan pemanasan air laut dengan cukup akurat.

Tabel 5. Perbedaan waktu didih volume 0,5 liter

Perbedaan waktu didih volume 0,5 liter			
Eksperimen	Simulasi	Beda	Error %
744 s	760 s	16 s	2,15

Tabel 6. Perbedaan waktu didih volume 0,75 liter

Perbedaan waktu didih volume 0,75 L			
Eksperimen	Simulasi	Beda	Error %
978 s	950 s	28 s	2,86

Secara keseluruhan, kedua tabel menunjukkan bahwa hasil simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) yang dilakukan memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi dalam merepresentasikan hasil eksperimen. Hal ini terlihat dari persentase error yang sangat rendah, yaitu di bawah 3% untuk kedua volume air laut yang diuji, yakni 0,5 liter dan 0,75 liter. Persentase error yang rendah ini menandakan bahwa metode simulasi CFD dapat memberikan hasil yang konsisten dan mendekati kondisi nyata. Dengan demikian, simulasi ini mampu memberikan gambaran yang cukup akurat tentang distribusi suhu dan waktu yang diperlukan untuk mencapai titik didih dalam pengujian desalinasi air laut. Temuan ini menunjukkan bahwa perangkat lunak *Ansys Fluent* sebagai alat simulasi dapat diandalkan dalam mendukung perancangan sistem pemanasan desalinasi, serta dapat digunakan sebagai metode prediksi yang efektif dalam skenario nyata untuk meningkatkan efisiensi sistem desalinasi air laut di masa mendatang.

## KESIMPULAN

Metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menggunakan perangkat lunak *Ansys* dapat digunakan secara efektif untuk mensimulasikan penyebaran panas *hot tank* dan distribusi suhu air laut. Sementara hasil simulasi menunjukkan bahwa distribusi panas pada *hot tank* berkisar 356,15 Kelvin dalam waktu 1000 detik (16,6 menit). Untuk hasil distribusi suhu air laut untuk mendapatkan hasil waktu titik didih menunjukkan volume air laut 0,5 liter membutuhkan waktu 760 detik (12,6 menit) sementara volume 0,75 liter membutuhkan waktu 950 detik (15,8 menit). Hasil ini tentunya tidak terlalu jauh beda dengan hasil eksperimen yang membutuhkan waktu 12,4 menit untuk volume 0,5 liter dan untuk volume 0,75 liter membutuhkan waktu 16,3 menit dengan nilai error 2,15% untuk 0,5 liter dan 2,86% nilai error pada 0,75 liter. Dengan demikian, metode simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) *Ansys* terbukti efektif dalam memperkirakan waktu yang diperlukan untuk mendidihkan air laut, serta membantu dalam perancangan sistem pemanasan yang lebih efisien.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pramartaningthyas, E. K., Lostari, A., & Ma'shumah, S. (2022). Pembuatan Sistem Desalinasi Solar Menggunakan Konsentrator Sinar Lensa Fresnel Dalam Meningkatkan Pengurangan Kadar Garam Pada Air Laut. *Prosiding Seminar Nasional*, 9, 279–286.
- [2] Rahmalina, D., Pane, E. A., Herdyana, R. C., Pratama, D., Putra, D., & Abdu, R. (2022). Rancang Bangun Alat Desalinasi Air Laut. *Otopro*, 17(2), 48–56.
- [3] Gani, F. R. A., Putri, N. A., Habibi, S. S., Nasution, D. A. B., & Putri, D. A. (2022). Desalinasi Dengan Metode Evaporasi Sebagai Penyedia Air. *Jurnal Pasopati*, 4(4), 226–230.
- [4] Sulaiman, N. F. P. S., Purwadana, A., Wahyudi, B., & Fithriyah, N. H. (2022). Limbah Kulit Nanas Sebagai Bahan Baku Pembuatan Membran Untuk Desalinasi. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi, November 2022*, 1–8.
- [5] Setiadi, D. H., Bakhar, M., & Khakim, L. (2021). Rancang Bangun Alat Desalinasi Air Laut Sebagai Sumber Air Minum Berbasis Wemos D1. <http://eprints.poltektegal.ac.id/409/>.
- [6] Cabello, R., Plesu Popescu, A. E., Bonet-Ruiz, J., Curc3 Cantarell, D., & Llorens, J. (2022). Heat transfer in pipes with twisted tapes: CFD simulations and validation. *Computers and Chemical Engineering*, 166(March).

- [7] Zhang, H., Cai, L., Zhang, X., & Li, G. (2021). Research on Temperature Distribution of Single Tank Using Molten Salt for Thermal Storage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 680(1).
  
- [8] Puspawan, A., Mirza, A., Pangestu, A., Suandi, A., & Sofwan, F. A. (2020). the Heat Transfer Flow Analysis of Standard Plate Stell of Jis G3106 Grade Sm20B on Pre-Heating Joint Web Plate I-Girder Process Case Study in Pt. Bukaka Teknik Utama, Bogor Regency, West Java Province. *Jurnal Rekayasa Mekanik*, 4(1), 1–8.