



Pengembangan Alat Desalinasi Air Laut dengan Teknologi Thermal Energy Storage

Development of Seawater Desalination Equipment with Technology Thermal Energy Storage

Muhammad Abdul Munir¹, Reza Abdu Rahman¹ dan Dwi Rahmalina^{2*}

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta, Indonesia

²Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jl. Borobudur, Cikini, Jakarta, Indonesia

Informasi artikel:

Diterima:
09/01/2023
Direvisi:
19/01/2023
Disetujui:
24/01/2023

Abstract

The need for clean water in household life is very important because humans cannot live without it. The composition of seawater consists of 96.5% pure water and 3.5% other materials, namely salts, dissolved gases, and others. Indonesia is one of the countries that has the second-longest coastline in the world, so the potential for utilizing sea water is very large, one of which can be through the desalination process. Distillation itself is distillation, and its by-product is salt when seawater is heated using a heat energy source with a concentrated solar power (CSP) system. Based on research that has been done previously, the tool is a lab-scale seawater desalination device, but the process of making a lab-scale seawater desalination tool is not optimal. Then design the construction of a lab-scale seawater desalination device with the Multi Stage Flash (MSF) type, and the aim is to determine the performance and functionality of the MSF-type lab-scale seawater desalination device. The results show that the results of the coil heat exchanger development obtained an inlet temperature of 85.9°C and an outlet temperature of 67.8°C, and the room temperature in the chamber can be maintained at a temperature of 68.9°C. As for the components being developed, such as sea water pumps, hoses, tees, and sprayers, a sea water debit of 53.78 liters per hour has been obtained.

Keywords: seawater, desalination, CSP, multi stage flash, thermal energy storage.

SDGs:



Abstrak

Kebutuhan air bersih dalam kehidupan rumah tangga sangat penting karena manusia tidak bisa hidup tanpa air. Komposisi air laut terdiri dari 96,5% air murni serta 3,5% material yang lain yaitu garam-garam, gas-gas terlarut dan lainnya. Indonesia salah satu negara yang mempunyai garis pantai terpanjang kedua di dunia, sehingga potensi pemanfaatan air laut sangat besar salah satunya dapat melalui proses desalinasi. Destilasi sendiri merupakan penyulingan dan hasil sampingannya adalah garam, ketika air laut dipanaskan menggunakan sumber energi panas dengan sistem *Concentrated Solar Power* (CSP). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya masih skala laboratorium dan terdapat proses penguapan pada *chamber* belum maksimal. Kemudian merancang bangun alat desalinasi air laut skala lab dengan jenis *Multi Stage Flash* (MSF). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja dan fungsionalitas dari alat desalinasi air laut skala lab. tipe MSF. Hasil menunjukkan hasil pengembangan *coil heat exchanger* di dapat temperatur *inlet* 85,9°C dan temperatur *outlet* 67,8°C, dan suhu ruangan pada *chamber* dapat terjaga pada temperatur 68,9°C. Adapun komponen yang dikembangkan, seperti pompa air laut, selang, *tee* dan *sprayer* telah didapat debit air laut 53,78 liter/jam.

Kata Kunci: air laut, desalinasi, CSP, *multi stage flash*, *thermal energy storage*.

*Penulis Korespondensi
email : drahmalina@univpancasila.ac.id



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan air bersih dalam kehidupan rumah tangga sangat penting karena manusia tidak bisa hidup tanpa air, maka dari itu air adalah bagian terpenting yang tidak bisa dianggap remeh serta wajib terpenuhi. Sudah disadari oleh banyak masyarakat fungsi dari air adalah sebagai sumber kebutuhan hidup (Subekti, 2012). Air laut ialah gabungan dari 96,5% air murni serta 3,5% material yang lain semacam garam-garam, gas-gas terlarut dan lainnya. Perlu diketahui air laut memanglah berasa asin sebab mempunyai kandungan garam rata-rata 3,5% (Prastuti, 2017). Indonesia mempunyai garis pantai terpanjang kedua di dunia ini, mungkin dapat mengolah air laut menjadi air bersih untuk desalinasi industri dan keperluan rumah tangga melalui proses desalinasi (Winata, 2015).

Dengan tujuan akhir mengatasi masalah air bersih menggunakan air laut, desalinasi adalah siklus dimana penguapan dilakukan dengan menggunakan sinar matahari yang diperoleh dari air di dalam ruang kaca (Krisdiarto, Ferhat dan Mohammad, 2020). Sumber air yang tidak terbatas adalah air laut, padahal air laut mengandung garam dan *Totaly Dissolved Solid* (TDS) dalam jumlah yang cukup besar sehingga diperlukan pengolahan tambahan untuk digunakan sebagai air minum. Oleh karena itu, diperlukan kajian khusus dalam pengolahan air laut yang biasa disebut dengan desalinasi (Hanna, 2016). Teknologi *Multi Stage Flash* (MSF) merupakan tipe proses destilasi termal, di mana air tawar dipisahkan dari air garam lewat penguapan (Nannarone, Toro dan Enrico, 2017).

Desalinasi termal yang menggunakan panas untuk menguapkan air bersih dari air garam dengan memanfaatkan *Thermal Energy Storage* atau disingkat TES (Abdulloh, 2015). Material yang digunakan untuk penyimpanan energi panas yaitu penyimpanan panas laten atau yang biasa disebut *Phase Change Material* (PCM) (Tian dan Zhao, 2013). Keuntungan dari PCM adalah dapat menyimpan panas dalam batas yang sangat besar dengan volume material yang kecil.

Dalam sistem penyimpanan energi panas laten, proses penyerapan dan pembuangan panas terjadi pada suhu yang hampir konstan (Dailami dkk., 2012).

Desalinasi adalah langkah untuk mendapatkan air yang sempurna melalui metode pemurnian serta dapat dikonsumsi oleh makhluk hidup (Adhitya dkk., 2021). Destilasi sendiri merupakan penyulingan dan hasil sampingannya ialah garam ketika air laut dipanaskan menggunakan sumber energi panas, semacam sistem *Concentrated Solar Power* (CSP). Dalam proses penyulingannya diperlukan pemanfaatan panas untuk dapat menguapkan air laut sehingga alat desalinasi dengan CSP dapat dimanfaatkan sebagai media penghantar panas (Astawa, Sucipta dan Negara, 2011).

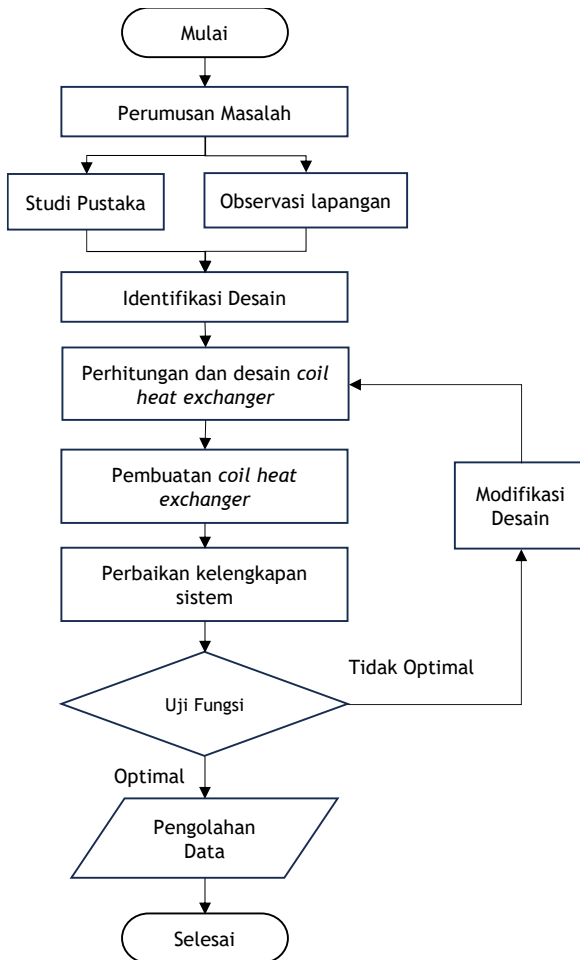
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan alat tersebut adalah alat desalinasi air laut skala lab, dimana proses pembuatan alat desalinasi air laut skala lab itu proses penguapan pada *chamber* belum maksimal. Sebelumnya penelitian yang dilakukan di lab Teknik Mesin Universitas Pancasila adalah alat desalinasi air laut skala lab dengan jenis MSF yang telah diketahui kinerja dan fungsionalitasnya.

Dengan teknologi CSP, sebuah proses yang menangkap radiasi sinar matahari (Herdyana, 2021). Oleh karena itu diperlukan suatu pengembangan agar hasil penguapan pada *chamber stage* ketiga didapat temperatur yang maksimal dari stage pertama sehingga proses desalinasi berjalan dengan baik dan menghasilkan air bersih. Dari data penelitian sebelumnya hasil pengujian temperatur masuk didapatkan rata-rata 59,75 °C dan temperatur keluar rata-rata 49,65 °C sehingga dalam waktu 60 menit mampu menghasilkan air tawar sebanyak 227 ml/jam.

Pada alat sebelumnya memiliki kekurangan yaitu pada temperatur yang belum maksimal, maka perlu pengembangan pada kelengkapan sistem serta mengoptimisasikan *coil heat exchanger* yang diharapkan bisa mendapatkan temperatur masuk 100 °C dan temperatur keluar 90 °C sehingga mendapatkan air tawar yang lebih dari alat sebelumnya.

2. METODOLOGI

Sistematika yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam diagram alir (*flow chart*) pada Gambar 1.



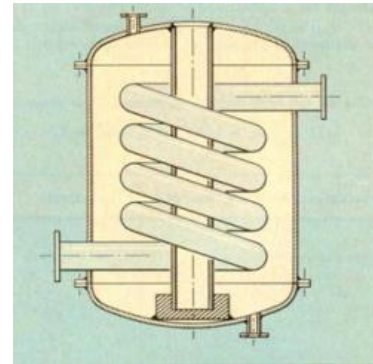
Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila pada waktu penelitian mulai Oktober 2021 sampai dengan Desember 2021.

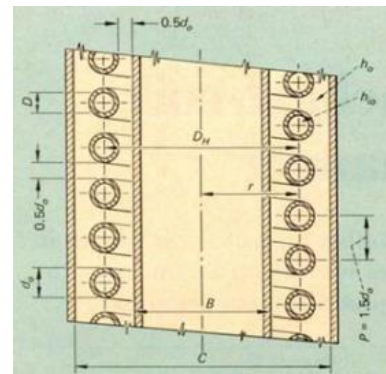
2.2. Kebutuhan Lilitan Coil

Penukar panas pipa ganda umumnya banyak digunakan buat sistem kontinu yang memerlukan panas kecil sampai dengan sedang (lihat Gambar 2). Tetapi penukar panas helical-lilitan (HCHE) bisa jadi sebagai referensi yang lebih baik dalam sebagian permasalahan (Patil, Shende dan Ghosh, 1982).



Gambar 2. Helical coil heat exchanger (Patil, Shende and Ghosh, 1982)

Fluida yang mengalir di dalam lilitan serta annulus dengan perpindahan panas yang berlangsung di dinding lilitan. Ukuran kedua silinder ditetapkan oleh kecepatan fluida dalam annulus yang dibutuhkan guna memenuhi persyaratan perpindahan panas. Gambar 3 merupakan tampilan potongan skema dari HCHE.



Gambar 3. Tampilan potongan skema HCHE (Patil, Shende dan Ghosh, 1982)

Untuk menentukan panjang coil total yang menggunakan ukuran chamber dapat menggunakan Persamaan 1 (Patil, Shende dan Ghosh, 1982):

$$H = (N \times p) + d_0 \quad (1)$$

dimana:

H = Panjang coil total (mm)

N = Jumlah lilitan

p = Pitch (jarak antar titik pusat) (mm)

d_0 = Diameter coil (mm)

Untuk menentukan panjang coil yang diperlukan (L) dapat menggunakan Persamaan 2 (Patil, Shende dan Ghosh, 1982):

$$L = N\sqrt{(2\pi r)^2 + p^2} \quad (2)$$

dimana:

N = Jumlah lilitan

r = Rata-rata jari-jari *coil helic* (mm)

p = Pitch (jarak antar titik pusat) (mm)

L = Panjang material *coil* yang dibutuhkan (mm)

Untuk mengetahui total luasan area dari *coil* yang akan dibuat dan digunakan dapat menggunakan Persamaan 3 (Patil, Shende dan Ghosh, 1982):

$$N = A / (\pi d_o (L/N)) \quad (3)$$

dimana:

N = Jumlah lilitan

A = Luas total permukaan *coil* (mm²)

L = Panjang material *coil* yang dibutuhkan (mm)

d_o = Diameter *coil* (mm)

2.3. Alat dan Bahan

Alat yang dipakai dalam penelitian ini adalah *Concentrated Solar Power* (CSP), meteran, mistar siku, spidol, mall pipa bening, ragum, termokopel, dan PH meter. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah selang 6 x 4 mm, *dynamo pump*, *tee*, *sprayer hidroponik*, *tube copper*, *sealant kaca*, dan *elbow copper* ¼.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Rancangan Pengembangan Alat Desalinasi Air Laut

Perancangan dengan menggunakan perangkat lunak Solidwork 2021 berlisensi *Education*, yaitu dengan merubah posisi *coil heat exchanger* menjadi horizontal yang memiliki 24 lilitan dan jarak *pitch* yang rapat, *sprayer*, setelah itu sistem pemipaan untuk laju aliran air laut dan pada pompa yang untuk memompa air laut. Dapat dilihat pada Tabel 1 adalah spesifikasi komponen yang dikembangkan dari alat sebelumnya.

Pada proses perencanaan pengembangan *coil heat exchanger* alat desalinasi air laut ini didasari pada perhitungan *coil heat exchanger*. Dimana sebelum pengembangan hasil dari proses

kondensasi ini masih kurang maksimal, dikarenakan temperatur yang dihasilkan dari *coil* belum sesuai target yang diharapkan. Selanjutnya juga dilakukan pengembangan pada komponen yang lainnya seperti pompa untuk memompa air laut, *sprayer* untuk menyemprotkan air laut ke *coil* dan pemipaan untuk mengalirkan air laut.

Tabel 1. Spesifikasi komponen dikembangkan

Nama Komponen	Spesifikasi
<i>Coil Heat Exchanger</i>	Material: tembaga Outside Diameter: 6,35mm atau ¼" Ketebalan: 0.5 mm Jumlah lilitan 24 Panjang material: 5.002,46 mm/5,2 m Total luas area coil: 99744,010062 mm ²
Pompa	Dinamo Pump Voltase: 12v DC Power: 60 W Pressure: 100 psi Flow: 5 L/m
<i>Sprayer</i>	Material: Stainless steel Lebar Gawang: 15 cm
Pipa PVC	Outside Diameter: 6mm Inner Diameter: 4mm
<i>Tee</i>	PD 6mm Drat M5

3.2. Pengembangan Alat Desalinasi Air Laut

Setelah melakukan perencanaan, perhitungan *coil heat exchanger* dengan menggunakan persamaan yang tepat dan pembuatan *coil*, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perubahan atau perbaikan sistem pemipaan.

- Langkah yang pertama yaitu proses pemasangan *coil* pada *chamber*. *Coil* yang telah dibuat berdasarkan perhitungan yang dilakukan pada tabel 1 dengan poin 1, 2, dan 3 pemasangan pada *chamber*. Posisi pemasangan *coil* yaitu pada tengah *chamber* secara horizontal.
- Instalasi pemipaan
Instalasi sebelum perbaikan adalah instalasi pipa pada rancangan yang sebelumnya yang menggunakan pipa PVC dan *sprayer*, kemudian instalasi telah dilakukan perbaikan instalasi pemipaan menggunakan selang PVC

dan pada posisi sprayer menjadi ditengah chamber. *Sprayer* pada alat sebelumnya dengan material plastik dan dilakukan pengembangan dengan mengganti *sprayer* menggunakan material *stainless steel*. Kemudian pompa air laut pada alat sebelumnya dengan *power* maksimal 28 W dan dilakukan pengembangan dengan mengganti pompa air laut yang memiliki *power* maksimal 60 W.

3.3. Pengujian Fungsi dan Kinerja Alat

Pada pengujian fungsi alat ini mengalami peningkatan dari penelitian sebelumnya dapat dibuktikan dari hasil pompa air laut dengan merek Yamano wp-180 menghasilkan debit air laut sebesar 14,7 liter/jam sedangkan dengan menggunakan pompa *misting* peningkatan debit air laut menjadi 53,78 liter/jam. Hasil pengujian debit air laut, dilakukan 5 kali pengambilan data dengan gelas ukur 500 ml menggunakan *stopwatch*.

Tabel 2. Data hasil pengujian waktu untuk mencapai volume air laut

Jumlah Pengujian	Waktu (detik)
Percobaan 1	33,37
Percobaan 2	33,86
Percobaan 3	33,01
Percobaan 4	33,40
Percobaan 5	33,66
Rata-rata	33,46

Dalam menentukan debit air laut yang dipompa, pada pengujian ini Persamaan 4 yang digunakan yaitu sebagai berikut:

$$D = \frac{v}{t} \quad (4)$$

Jika diketahui volume air laut 500 ml serta waktu rata-rata yang dibutuhkan adalah 33,46 detik, maka Debit (D):

$$\begin{aligned} D &= \frac{500 \text{ ml}}{33,46 \text{ detik}} \\ &= 14,94 \text{ ml/detik} \\ &= 53,78 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan uji coba selama 2 jam menggunakan fluida panas dan telah diketahui rata-rata temperatur *inlet* yang menuju *chamber* 1 yaitu 85,9°C lalu rata-rata temperatur *outlet*

mencapai 67,8°C. Pengambilan data dilakukan setiap 20 menit sekali dimana hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data hasil pengujian temperatur

No	Temperatur inlet (°C)	Temperatur outlet (°C)
1	85.8	67.5
2	86.5	67.6
3	86.3	68.2
4	85.8	67.8
5	85.4	67.9
6	85.6	67.8
Rata-rata	85.9	67.8

Dari Tabel 3 dapat diketahui selisih temperatur *inlet* dan *outlet fluida* dari rancangan *coil* baru dengan menggunakan Persamaan 5:

$$\Delta T = T_{in} - T_{out} \quad (5)$$

$$\Delta = 85,9^{\circ}\text{C} - 67,8^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta = 18,1^{\circ}\text{C}$$

3.4. Simulasi Coil Heat Exchanger

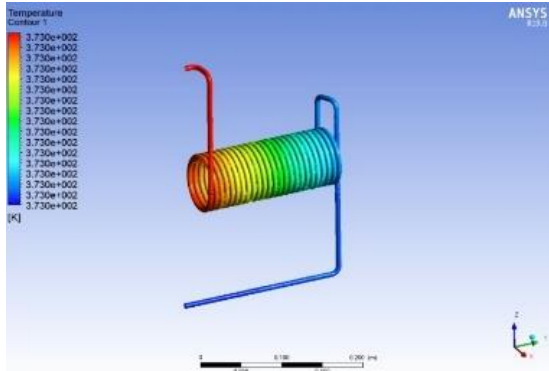
Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara pengujian di lapangan dengan simulasi menggunakan *software* Ansys R19.0. Adapun dalam simulasi ini parameter yang digunakan disajikan pada Tabel 4. Dimana suhu fluida pada inlet bernilai 85,9°C kemudian pada outlet bernilai 67,8°C. Suhu *inlet* ditransfer menuju *outlet* dengan nilai laju aliran fluida 0,011 kg/s.

Tabel 4. Parameter simulasi

Parameter	Nilai
Inlet (°C)	85,9
Outlet (°C)	67,8
Laju Aliran Fluida (kg/s)	0.011

Gambar 4 memperlihatkan hasil simulasi yang menggunakan *software* ansys R19.0 didapatkan hasil nilai temperatur pada coil sebesar 99,85°C dengan temperatur fluida pada *tube inlet* sebesar 85,9°C. Tujuan dari pembuatan *coil* dengan lilitan sebanyak 24 lilitan untuk menjaga temperatur *fluida* pada *coil* agar stabil. Pada simulasi ini hasil yang didapatkan dari *coil* yang telah dibuat, tidak hanya menstabilkan

temperatur *coil* dalam *chamber* tetapi dapat meningkatkan temperatur *fluida* masuk sebesar 16,24%.



Gambar 4. Simulasi *coil heat exchanger*

Pada Tabel 5, hasil pengujian dilapangan diperoleh temperatur sebesar 80°C dengan menggunakan alat ukur termokopel, sedangkan pada simulasi menggunakan *software* Ansys didapatkan nilai temperatur 99,85°C.

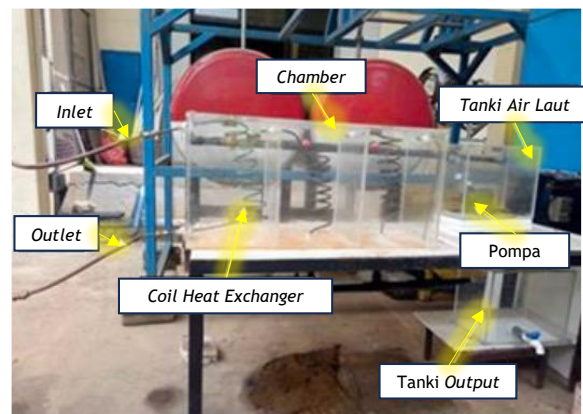
Tabel 5. Perbandingan temperature pengujian *coil* menggunakan *software* dan lapangan

Temperatur (°C)	Jenis Pengujian
80	Lapangan
99,85	Simulasi

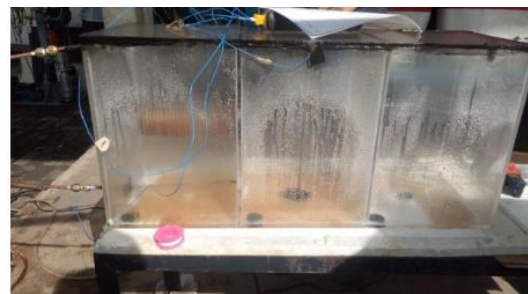
Dari hasil dua pengujian pada Tabel 5 didapatkan selisi temperatur pada *coil* 19,85°C dimana pada hasil simulasi menghasilkan nilai yang lebih tinggi. Adapun faktor yang mempengaruhi selisi temperatur yang dihasilkan pada dua pengujian ini yaitu, pada pengujian lapangan hasil temperatur yang didapatkan terpengaruh oleh adanya *sprayer* yang menyemprotkan air laut dengan suhu 27°C pada *coil heat exchanger*. Sehingga adanya fenomena penurunan temperatur yang terjadi saat pengujian lapangan menyebabkan temperatur menurun sampai 80°C dari yang sebelumnya 85,9°C pada temperatur *inlet*. Sedangkan pada simulasi tidak ada faktor penurunan temperatur yang disebabkan oleh *sprayer* sehingga temperatur pada *coil* cenderung meningkat karena jumlah lilitan 24 yang dapat menjaga kestabilan temperatur pada *coil heat exchanger*.

3.5. Hasil Pengembangan Coil Heat Exchanger dan Pompa Air laut

Gambar 5, merupakan alat desalinasi air laut skala laboratorium termasuk komponen *coil heat exchanger* sebelum pengembangan. Berdasarkan dari hasil pengujian alat desalinasi air laut ini pengujian untuk debit air laut yaitu 14,79 liter/jam. Selama 60 menit proses penguapan yang dilakukan didapat temperatur masuk 59,75 °C serta temperatur keluar 49,65 °C (Rahmalina dkk., 2022).



Gambar 5. *Coil heat exchanger* alat desalinasi air laut skala laboratorium sebelum pengembangan



Gambar 6. *Coil heat exchanger* pengembangan

Berdasarkan hasil pengujian dari pengembangan *coil heat exchanger* (Gambar 6) dan pompa air laut menunjukkan debit air laut yaitu 53,78 liter/jam. Selama 60 menit proses penguapan yang dilakukan didapat temperatur masuk 85,9 °C serta temperatur keluar 67,8 °C. Peningkatan terjadi karena perubahan dari *coil heat exchanger* dengan penambahan jumlah lilitan dan perubahan posisi menjadi horizontal. Kemudian untuk pompa air terjadi peningkatan *power maximal* dari 28 W menjadi 60 W.

4. SIMPULAN

Hasil pengembangan *Coil Heat Exchanger* yang baru maka didapat temperatur inlet $85,9^{\circ}\text{C}$ dan temperatur outlet $67,8^{\circ}\text{C}$, sehingga suhu ruangan pada *chamber* dapat terjaga pada temperatur $68,9^{\circ}\text{C}$ tetapi dengan temperatur tersebut *output* air tawar belum didapat, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Ketika dilakukan uji fungsi dari komponen yang dikembangkan, seperti pompa air laut, selang, *tee* dan *sprayer* telah didapat debit air laut 53,78 liter/jam. Berdasarkan penelitian sebelumnya menunjukkan hasil dari *coil heat exchanger* dengan temperatur *inlet* sebesar $59,75^{\circ}\text{C}$ dan *outlet* $49,65^{\circ}\text{C}$. Kemudian untuk pompa air laut dengan debit air laut hasilnya sebesar 14,79 liter/jam. Sehingga dari hasil pengembangan ini mengalami peningkatan *coil heat exchanger inlet* sebesar 43,76% dan *outlet* 36,55%. Kemudian terdapat peningkatan pompa air laut sebesar 263,62%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulloh, S.H. (2015) *Desalinasi Air dengan Memanfaatkan Energi Terbarukan*. Thesis. Institut Teknologi Bandung.
- Adhitya, D.C. dkk. (2021) 'Thermal Enhancement for Paraffinic Thermal Energy Storage by Adding Volcanic Ash', *VANOS: Journal of Mechanical Engineering Education*, 6(1), hal. 77-88.
- Astawa, K., Sucipta, M. dan Negara, I.P.G.A. (2011) 'Analisa Performansi Destilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Penyerap Radiasi Surya Tipe Bergelombang Berbahan Dasar Beton', *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 5(1), hal. 7-13.
- Dailami, D. dkk. (2012) 'Karakteristik Perpindahan Panas Peleburan Parafin- Al_2O_3 Sebagai Material Penyimpan Panas', in *Prosiding Seminar Nasional Energi Terbarukan Dan Produksi Bersih 2012. Prosiding Seminar Nasional Energi Terbarukan Dan Produksi Bersih 2012*, Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Hanna, N.L. (2016) 'Kelayakan Teknologi Desalinasi Sebagai Alternatif Penyediaan Air Minum Kota Surabaya (Studi Kasus: 50 Liter per detik)', *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), hal. D47-D52.
- Herdyana, R.C. (2021) *Proses Manufaktur Alat Desalinasi Air Laut Skala Lab Tipe Multi Stage Flash Menggunakan Phase Change Material Berbasis Concentrated Solar Panel*. Skripsi. Universitas Pancasila [Cetak].
- Krisdiarto, A.W., Ferhat, A. dan Mohammad (2020) 'Penyediaan Air Bagi Masyarakat Pesisir Terdampak Kekeringan dengan Teknologi Desalinasi Air Laut Sederhana', *DIKEMAS (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 4(2), hal. 25-31.
- Nannarone, A., Toro, C. dan Enrico, S. (2017) 'Multi-Stage Flash Desalination Process: Modeling and Simulation', in *Proceedings of ECOS 2017. 30th International Conference Efficiency Cost, Optimization Simulation Environmental Impact Energy System*, San Diego California, hal. 1-12.
- Patil, R.K., Shende, B.W. dan Ghosh, P.K. (1982) 'Designing a Helical-Coil Heat Exchanger', *Chemical Engineering*, 13, hal. 85-88.
- Prastuti, O.P. (2017) 'Pengaruh Komposisi Air Laut dan Pasir Laut Sebagai Sumber Energi Listrik', *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 1(1), hal. 35-41.
- Rahmalina, D. dkk. (2022) 'Rancang Bangun Alat Desalinasi Air Laut Skala Lab Tipe Multi Stage Flash', *Otopro: Journal of Mechanical Engineering and Applications*, 17(2), hal. 48-56.
- Subekti, S. (2012) 'Studi Identifikasi Kebutuhan Dan Potensi Air Baku Air Minum Kabupaten Pasuruan', *Majalah Ilmiah Momentum*, 8(2), hal. 43-51.
- Tian, Y. dan Zhao, C.Y. (2013) 'A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications', *Applied Energy*, 104, hal. 538-553.
- Winata, N.A. (2015) 'Teknologi Membran untuk Purifikasi Air', *Jurnal Membran*, 1(3), hal. 1-9.

