

Desain dan Konstruksi Alat Desalinasi Air Laut dengan Menggunakan Metode Destilasi Konvektif Dipaksakan

Muhammad Irham*, Hanny Frans Sangian, Maria Daurina Bobanto

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi, Jl. Kampus Unsrat Bahu, Manado, Sulawesi Utara, 95115

*Corresponding author: tahirirham22@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan akan air bersih telah menjadi perhatian utama bagi banyak negara di seluruh dunia. Indonesia, sebagai salah satu negara yang memiliki risiko tinggi (probabilitas tinggi sekitar 40-80%) terkait kelangkaan sumber daya air tawar, menduduki peringkat ke-51 secara global. Teknologi desalinasi hadir dan memberikan solusi yang sangat efektif dalam mengatasi masalah kelangkaan air bersih. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, menghitung rasio kecepatan proses produksi, dan melakukan analisis pada air hasil desalinasi. Teknologi desalinasi air laut menggunakan metode konvektif dipaksakan berfungsi secara optimal, dimensi komponen inti: volume boiler (36.000 cm^3), volume pipa kondensor dalam ($1.353,39 \text{ cm}^3$) dan volume pipa kondensor luar ($1.594,67 \text{ cm}^3$). Dimensi komponen pelengkap: statif dengan panjang 82 cm, lebar 50 cm dan tinggi 117 cm, serta dimensi stop kran 0,5 inch dengan panjang 10 cm. Dalam penggunaan pompa udara sebagai peningkat tekanan, waktu proses mencapai 66 menit dengan rasio kecepatan proses produksi sebesar 98,48% dan debit air sebesar 36,37cc/min saat pompa udara digunakan setelah uap air berhasil terkondensasi setelah pemanasan dengan heater. Hasil analisis air desalinasi menunjukkan bahwa air laut telah berhasil bebas dari kandungan garam dengan tingkat salinitas 0 ppt pada pengujian parameter salinitas.

Kata kunci: Desain; Konstruksi; Desalinasi; Air Bersih.

Design and Construction of Sea Water Desalination Equipment Using Forced Convective Method

Abstract

The need for clean water has become a significant concern for many countries worldwide. Indonesia, one of the countries with a high risk (high probability of around 40-80%) related to scarcity of freshwater resources, is ranked 51st globally. Desalination technology has emerged and provides a highly effective solution to address the issue of clean water scarcity. This research aims to design, construct, calculate the production process speed ratio and analyze the desalinated water's quality. Seawater desalination technology uses the convective method forced to function optimally; the dimensions of the core components: boiler volume ($36,000 \text{ cm}^3$), inner condenser pipe volume ($1,353.39 \text{ cm}^3$), and outer condenser pipe volume ($1,594.67 \text{ cm}^3$). Complementary dimensions: stative with a length of 82 cm, width of 50 cm, height of 117 cm, and dimensions of stop valve 0.5 inch with a length of 10 cm. In the use of an air pump as a pressure enhancer, the processing time reaches 66 minutes with a production process speed ratio of 98.48% and debit water of 36.37 cc/min when the air pump is used after water vapor has successfully condensed after heating with the heater. The results of desalination water analysis show that seawater has been successfully free of salt content with a salinity level of 0 ppt in salinity parameter testing.

Keywords: Design; Construction; Desalination; Clean Water.

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya yang paling penting di dunia, salah satu sumber kehidupan makhluk hidup ialah air. Menurut (Semiat, 2000), sumber daya vital bagi keberadaan makhluk hidup di permukaan bumi adalah air. Riset dari (Fiorenza *et al.*, 2003) menyatakan 25% umat manusia menderita kekurangan pasokan air bersih di tiap harinya. Salah satu penyebab utama kekurangan pasokan air bersih dunia, dikarenakan peningkatan populasi manusia yang akan bertambah parah dalam beberapa tahun kedepan (*U. N. Water*, 2007).

Penggunaan air secara global untuk industri saat ini sebanyak 20% (*Leadley et al.*, 2014), dan menurut (*United Nations World Water Assessment Programmer*, 2014) tahun 2050 permintaan air untuk industri akan meningkat diseluruh dunia. Peningkatan populasi berbanding lurus dengan peningkatan penggunaan air bersih (*Burek et al.*, 2016). Kebutuhan akan air bersih telah menjadi perhatian khusus bagi negara di dunia termasuk Indonesia.

Millenium Goals Development (MGD's) menyatakan salah isu utama dunia ialah kurangnya ketersediaan air bersih di daerah tertentu. Berdasarkan data *WHO* (2000), setiap harinya diperkirakan lebih dari 2 miliar orang dari 40 negara di dunia mengalami kelangkaan air. Indonesia menempati peringkat ke-51 dengan risiko tinggi krisis (probabilitas tinggi 40-80%) sumber daya air tawar di dunia. Dari data di atas menandakan urgensi air tawar di Indonesia menjadi hal yang perlu diperhatikan.

Badan Informasi Geospasial menetapkan bahwa luas wilayah perairan Indonesia adalah sekitar 3.25 juta km² (Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang Laut, 2022). Penjelasan mengenai data wilayah laut di Indonesia di atas terkait dengan upaya mengatasi permasalahan kelangkaan air tawar. Solusi yang tepat untuk mengatasi kelangkaan air tawar adalah dengan melakukan pemurnian air laut, dan salah satu teknik pemurnian air tersebut adalah distilasi (*Kusumo et al.*, 2017).

Destilasi adalah proses pemisahan zat-zat yang berbeda dalam suatu campuran berdasarkan perbedaan titik didihnya. Dalam konteks air laut, istilah "destilasi" dapat disesuaikan menjadi "desalinasi." Proses desalinasi adalah upaya untuk menghilangkan garam dari air laut atau air asin, sehingga air tersebut dapat digunakan untuk keperluan air bersih atau keperluan lainnya.

Seiring perkembangan zaman, teknologi desalinasi air laut sudah masuk ke tahap yang lebih modern, disertai banyaknya penelitian-penelitian dahulu mengkaji penggunaan alat destilasi yang membuat alat destilasi menjadi semakin kompleks. Berbagai teknologi pemurnian air telah banyak ditemukan dan dikemukakan oleh para peneliti.

Kemajuan *Nanotechnology* "Desalinasi Air dengan *Single-Layer MoS2 Nanopore*" (*Heiranian et al.*, 2015). Teknologi Desalinasi Terbaru dengan Hibridisasi dan Integrasi dengan *Reverse Osmosis* (*Feria- Díaz et al.*, 2021). *Microbial Desalination Cell (MDC)* (*Patel, et al.*, 2021). Dari berbagai teknologi desalinasi yang telah disebutkan di atas, masing-masing memiliki penyesuaian dan modifikasi yang berbeda terkait dengan energi yang dibutuhkan, kelemahan, keterbatasan, serta persyaratan input energi (*Altmann et al.*, 2019).

Pengembangan alat desalinasi air laut dengan menambahkan komponen pompa udara sebagai metode baru, membuat alat ini lebih hemat energi dan dapat meningkatkan efisiensi pada proses desalinasi, sehingga diperoleh hasil air desalinasi yang lebih banyak dalam waktu yang singkat dibandingkan dari alat desalinasi sebelumnya.

Penerapan metode ini belum dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya yang membuat penelitian ini bisa menjadi implementasi keberlanjutan pada sektor konstruksi.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan terhitung dari bulan Juli 2022- Januari 2023. Lokasi analisis hasil dari alat desalinasi di CV. CHARITY Sea Tumpengan Sulawesi Utara dan lokasi penyelesaian skripsi berada di Lab. Instrumentasi dan Energi Baru Terbarukan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi Manado.

Alat dan Bahan

Alat

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini terdiri dari: (1) Heater, (2) Boiler, (3) Pompa udara, (4) Anemometer, (5) Stop Kran 0,5 inch, (6) Selang 2 inch, (7) Pipa 1,5 inch, (8) Pipa 3 inch, (9) Pipa 0,5 inch, (10) Selang 0,75 inch, (11) Pompa Air, (12) Tangki air 150 Liter, (13) Over Shock 1,5 x 0,75 inch, (14) Gelas Beaker 1 Liter, (15) Statif, (16) Elbow / Knie Besi Galvanis 1,5 inch, (17) Elbow / Knie Besi Galvanis 0,75 inch, (18) Elbow / Knie PVC 0,5 inch, (19) Cap Dop Besi Galvanis, (20) Laptop Lenovo Ideapad 320, (21) Salinity Refraktometer, (22) LCD K-Type Digital Thermometer Sensor, (23) Liquefied Petroleum Gas (LPG) 3kg.

Bahan

Bahan utama: air laut dengan tingkat salinitas 31 ppt (*parts per thousand*) yang di ambil dari pantai Malalayang Kota Manado. Bahan sterilisasi: H₂O (akuades). Bahan pelengkap: air PDAM.

Tahapan Penelitian

Desain dan Konstruksi Alat Desalinasi Konvektif Dipaksakan

Desain alat desalinasi dengan menggunakan metode konvektif dipaksakan ini dirancang dan diselesaikan menggunakan aplikasi editor Coreldraw Graphics Suite 2021. Dimulai dari merancang desain menyerupai alat-alat yang akan digunakan dan penambahan desain komponen penting dalam mekanisme sistem kerja dari alat desalinasi. Setelah desain telah selesai, desain tersebut akan masuk ketahap konstruksi. Proses konstruksi diawali dengan pembuatan komponen-komponen inti alat desalinasi, pembuatan komponen-komponen pelengkap, pembersihan alat desalinasi, penyatuan seluruh komponen-komponen, dan diakhiri dengan uji coba alat desalinasi yang telah dibuat. Tahap ini juga dilengkapi dengan prinsip kerja alat desalinasi konvektif dipaksakan.

Variasi Running Alat Desalinasi Konvektif Dipaksakan

Variasi alat diperlukan untuk mengetahui efisiensi yang merujuk pada proses desalinasi dengan memanfaatkan sumber daya secara optimal dalam konteks waktu. Variasi disini meliputi waktu penggunaan pompa udara sebagai booster dari penambahan metode konvektif dipaksakan.

Variasi waktu terbagi atas 3 kondisi, diantaranya: 0 menit, 15 menit dan saat air sudah terkondensasi. Dalam mengukur tingkat efisiensi digunakan perhitungan Rasio Kecepatan Proses Produksi dan perbandingan debit air untuk mengukur efektivitas alat desalinasi. Tahap ini sangat penting dalam melihat peningkatan efisiensi yang berbanding lurus dengan peningkatan efektivitas alat desalinasi.

Analisis Air Hasil Alat Desalinasi Konvektif Dipaksakan

Sampel diambil dari hasil air desalinasi sebanyak 3.600 ml yang dikemas dengan kemasan yang steril. Penggunaan kemasan steril digunakan untuk menyimpan sampel setelah proses desalinasi agar tetap steril dan tidak terkontaminasi oleh mikroorganisme lain.

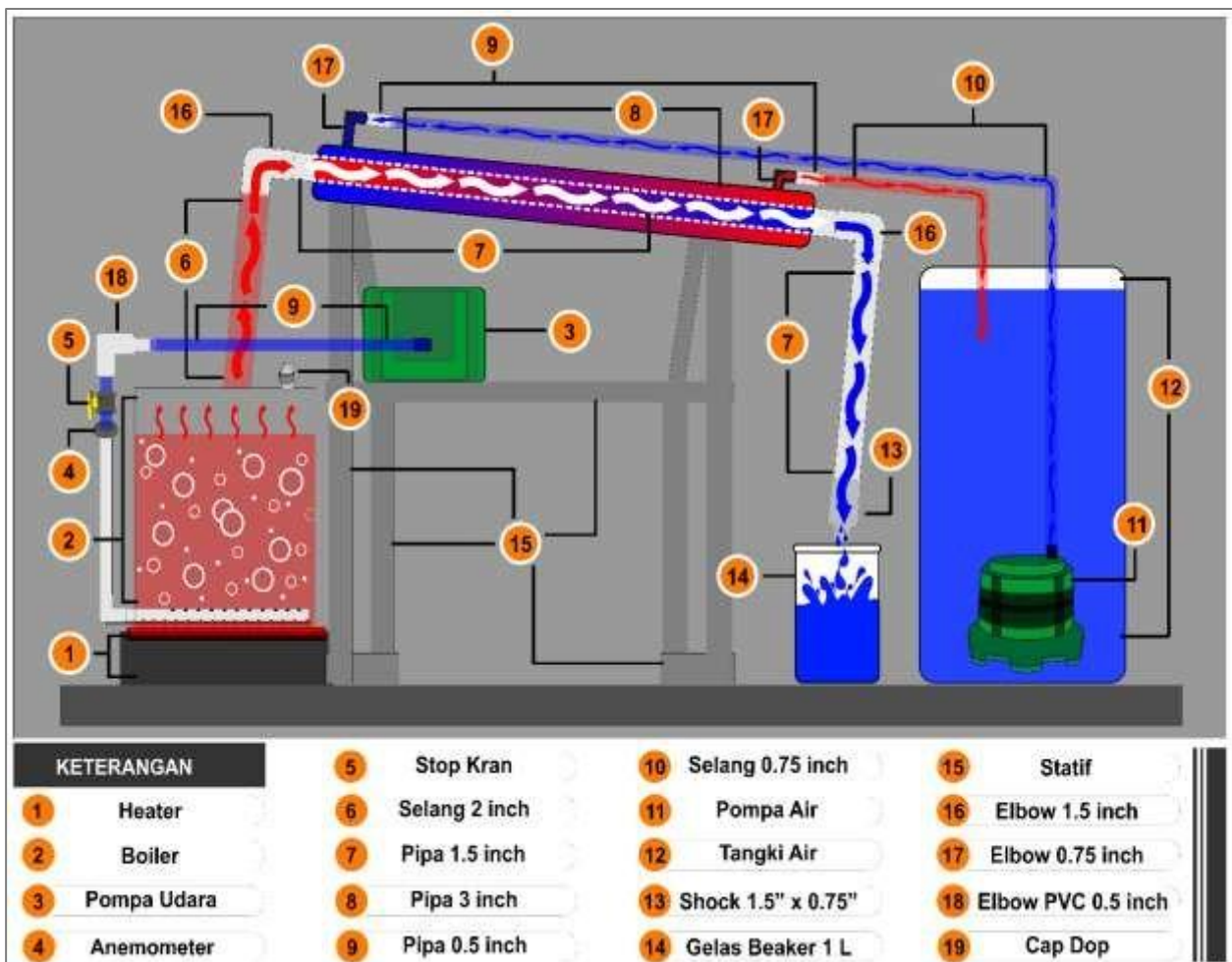
Sampel diuji dengan menggunakan parameter salinitas pada air hasil desalinasi dengan tujuan untuk mengetahui apakah alat desalinasi mampu menghasilkan air yang telah didesalinasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain dan Konstruksi Alat Desalinasi Konvektif Dipaksakan

Aplikasi yang digunakan dalam penyelesaian desain alat desalinasi dengan menggunakan metode konvektif dipaksakan adalah aplikasi editor *Coreldraw Graphics Suite 2021*. Pembuatan desain alat desalinasi dengan menggunakan metode konvektif dipaksakan berlangsung selama 1 bulan pengerjaan sebelum proses konstruksi dilakukan. Referensi alat desalinasi yang terdapat dalam penelitian (Adani & Pujiastuti, 2017), menjadi dasar bagi penelitian ini untuk mengenalkan inovasi baru, yaitu Metode Konvektif Dipaksakan.

Penggunaan komponen simbol arah, *icons*, warna, bentuk, dan transparansi menjadi hal yang penting dalam desain, dibuktikan pada Gambar 1, penggunaan komponen di dalam desain dapat memperjelas informasi dari alat desalinasi konvektif dipaksakan.



Gambar 1. Desain Alat Desalinasi Metode Konvektif Dipaksakan

Proses konstruksi diawali dengan pembuatan komponen inti yaitu *boiler*. *Boiler* berfungsi sebagai wadah sekaligus tempat terjadinya evaporasi dan proses penambahan tekanan dengan menggunakan pompa udara. Menurut (Rahmalina *et. al.*, 2022), dimensi *boiler* memiliki ukuran panjang 20 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 25. Dalam penelitian ini, dimensi *boiler* yang digunakan memiliki ukuran panjang 30 cm, lebar 30 cm dan tinggi 40 cm, dengan volume 36.000 cm³. Konstruksi *boiler* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Komponen *boiler*

Dilanjutkan dengan pembuatan komponen pipa kondensasi, dimana berfungsi sebagai tempat perubahan zat gas dari proses evaporasi sebelumnya hingga menjadi zat cair. Menurut (Sangian *et al.*, 2008), dimensi pipa kondensasi memiliki ukuran pipa kondensor luar 1,5 *inch* dan pipa kondensor dalam pipa 0,5 *inch* dengan masing-masing panjangnya 200 cm.

Dalam penelitian ini, dimensi pipa kondensor luar 3 *inch* sepanjang 110 cm dengan volume 1.594,67 cm³ dan pipa kondensor dalam 1,5 *inch* sepanjang 118 cm dengan volume 1.353,39 cm³. Kemiringan pipa kondensasi dibuat $\pm 30^\circ$ agar titik-titik embun yang terbentuk dari uap air yang melekat di dalam ruang destilasi dapat mengalir lancar ke bagian bawah dengan bantuan gaya gravitasi (Natawisastra *et al.*, 2022). Dalam desain penelitian ini, kemiringan yang digunakan adalah 30°. Konstruksi pipa kondensasi dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Komponen pipa kondensor

Proses Pembuatan Komponen

Pelengkap diawali dengan pembuatan komponen statif. Adapun Dimensi dari komponen statif dengan panjang 82 cm, lebar 50 cm dan tinggi 117 cm. Konstruksi komponen statif dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Komponen statif

Proses dilanjutkan dengan pembuatan komponen *stop* kran yang berfungsi sebagai pengatur besar kecilnya kecepatan udara dari pompa udara. *Stop* kran digunakan sebagai alat pendukung variasi kecepatan udara pada metode konvektif dipaksakan. Adapun dimensi dari komponen *stop* kran (0,5 inch) dengan panjang 10 cm. Konstruksi *stop* kran dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Komponen *stop* kran

Proses pembersihan komponen diawali dengan cara dicuci menggunakan air yang mengalir, dilanjutkan dengan pengecatan komponen menggunakan cat aluminium. Setelah proses pembersihan, dilanjutkan proses penyatuan seluruh komponen dengan menyatukan komponen inti, komponen pelengkap dan komponen-komponen tambahan dari alat desalinasi.

Setelah komponen seluruh sudah menyatu, dilanjutkan dengan proses uji coba alat desalinasi konvektif dipaksakan. Pada proses ini bahan yang digunakan ialah air laut dengan menggunakan volume 5 dan 10 Liter air pada kecepatan pompa udara 1,6 m/s.

Tabel 1. Hasil proses uji coba alat desalinasi konvektif dipaksakan

Volume	Keadaan	Waktu Mulai	Waktu Air menetes		Mulai → Menetes (t1)	Menetes → 1 Liter (t2)	Waktu Proses (t1 + t2)	Debit
			Awal	Akhir				
5 Liter	Tanpa Pompa	9:26	9:45	10:21	19 menit	36 Menit	55 menit	27,78 cc/min
5 Liter	Pompa	10:52	11:12	11:44	20 menit	32 Menit	52 menit	31,25 cc/min
10 Liter	Tanpa Pompa	9:14	9:49	10:28	35 menit	39 Menit	74 menit	25,64 cc/min
10 Liter	Pompa	8:45	9:23	9:50	38 menit	27 Menit	65 menit	37,03 cc/min

Hasil penggunaan pompa udara mampu mempercepat dan meningkatkan debit air yang diperoleh, di buktikan pada tabel 1, proses evaporasi pada penggunaan pompa udara mampu secara signifikan mempercepat proses penguapan air laut. Hasil dari uji coba alat desalinasi menggunakan 10 Liter dengan perolehan waktu 65 menit digunakan sebagai Standar Waktu Proses Desalinasi yang akan digukan pada proses berikutnya.

Prinsip kerja alat destilasi dengan menambahkan metode konvektif dipaksakan menggunakan sistem *batch*. Proses dari alat ini dimulai dari pemanasan secara konveksi pada permukaan bagian bawah *boiler*, di mana energi panas diserap. Energi panas tersebut kemudian ditransfer ke air yang berada dalam *boiler*, air dalam *boiler* akan memanans dan mengalami proses evaporasi, sehingga menghasilkan uap. Selanjutnya, uap yang dihasilkan akan bergerak ke atas menuju pipa kondensasi dalam keadaan suhu yang sangat tinggi dan akan mengalami kondensasi.

Kemiringan pipa dan sistem aliran air pada kondensor didesain optimal untuk memastikan aliran fluida yang lancar sehingga dapat meningkatkan efektivitas pendinginan dan mencegah terjadinya aliran balik (*backflow*) yang dapat menyebabkan kerusakan pada sistem.

Dalam proses desalinasi, saat air mengalir keluar dari kondensor dan menetes ke dalam wadah penampung, terdapat dua peralatan penting yang diaktifkan, yaitu pompa udara dan pompa air. Pompa air membantu mengatur sirkulasi air pendingin di dalam kondensor, menjaga suhu di dalamnya tetap optimal. Hal ini sangat penting agar proses perubahan fase dari uap menjadi air cair dapat berjalan dengan efisien dan efektif.

Sementara itu, pompa udara memiliki peran penting dalam mempercepat proses evaporasi. Dengan menciptakan kondisi yang optimal, pompa udara membantu menjalankan proses desalinasi dengan lebih efisien. Hal ini terjadi berkat peningkatan tekanan dalam boiler, yang memungkinkan proses evaporasi berlangsung lebih cepat.

Dengan demikian, penggunaan pompa air dan pompa udara dalam proses desalinasi sangat penting untuk menjaga efisiensi dan efektivitas seluruh proses tersebut.

Variasi *Running* Alat Desalinasi Konvektif Dipaksakan

Variasi *running* alat desalinasi meliputi waktu penggunaan pompa udara sebagai *booster* dari penambahan metode konvektif dipaksakan. Proses ini menggunakan air laut dengan volume 10 Liter yang mengacu pada hasil proses uji coba alat desalinasi sebelumnya.

Proses pengguaan pompa udara dihitung mulai dari *heater* dinyalakan. Variasi terbagi atas 3 kondisi waktu: Kondisi 1: Waktu pompa sama dengan waktu *heater* dinyalakan. Kondisi 2: Pompa dinyalakan 15 menit setelah *heater* dinyalakan. Kondisi 3: Pompa dinyalakan saat uap air sudah terkondensasi setelah *heater* dinyalakan.

Variasi *running* alat desalinasi diukur dengan menggunakan dua set data pengukuran pada setiap kondisi, hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data hasil pengukuran variasi waktu penggunaan pompa udara dari alat desalinasi konvektif dipaksakan

Variasi	Mulai → Menetes (t1)	Menetes → 1 Liter (t2)	Debit Air (Q)	Rata-Rata Debit Air (\bar{Q})	Waktu Variasi Proses (t1 + t2)	Rata -Rata Waktu Variasi Proses (\bar{t})
Kondisi 1	16 menit	65 menit	15,38 cc/min	15,26 cc/min	81 menit	81 menit
	17 menit	66 menit	15,15 cc/min		81 menit	
Kondisi 2	20 menit	50 menit	20,00 cc/min	21,62 cc/min	70 menit	69 menit
	19 menit	49 menit	23,25 cc/min		68 menit	
Kondisi 3	38 menit	27 menit	37,03 cc/min	36,37 cc/min	65 menit	66 menit
	39 menit	28 menit	35,71 cc/min		67 menit	

Efisiensi pada proses desalinasi merujuk pada sejauh mana proses tersebut dapat mengubah air laut menjadi air murni atau dengan memanfaatkan sumber daya secara optimal dalam konteks waktu. Salah satu metrik yang membantu kita mengukur tingkat efisiensi adalah Rasio Kecepatan Proses Produksi. Rasio Kecepatan Proses Produksi dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Rasio Kecepatan Proses Produksi} = \frac{\text{Standar waktu proses desalinasi}}{\text{waktu proses desalinasi (variasi metode)}} \times 100$$

Keterangan:

- Standar Waktu Proses Desalinasi adalah waktu yang telah ditetapkan sebagai waktu optimal untuk menyelesaikan proses desalinasi.
- Waktu Proses Desalinasi (variasi metode) adalah waktu yang diperoleh dari kondisi tertentu untuk menyelesaikan proses desalinasi
- 100% digunakan untuk mengonversi hasil rasio menjadi persentase.

Hasil dari perhitungan persentase Rasio Kecepatan Proses Produksi:

- Kondisi 1 Waktu Proses Desalinasi 81 menit. Hasil dari perhitungan persentase Rasio Kecepatan Proses Produksi pada kondisi 1 adalah 80,24%.
- Kondisi 2: Waktu Proses Desalinasi 69 menit. Hasil dari perhitungan persentase Rasio Kecepatan Proses Produksi pada kondisi 2 adalah 94,20%.
- Kondisi 3: Waktu Proses Desalinasi 66 menit. Hasil dari perhitungan persentase Rasio Kecepatan Proses Produksi pada kondisi 2 adalah 98,48%.

Dilihat dari data hasil perhitungan Rasio Kecepatan Proses Produksi dari ketiga kondisi, Kondisi 3 memiliki rasio kecepatan proses tertinggi, yaitu 98,48%. Hal ini menunjukkan bahwa Waktu Proses Produksi Desalinasi pada Kondisi 3 adalah yang paling efisien dalam hal efisiensi waktu. dibandingkan dengan Waktu Proses Produksi pada kondisi lainnya. Hasil data pengukuran ini juga berkaitan dengan Prinsip Kerja Alat Desalinasi.

Efektivitas alat mengacu pada kemampuannya dalam mencapai tujuan atau fungsi yang ditentukan dengan efisien dan efektif dalam waktu yang terbatas. Data pada table 2 menampilkan hasil debit air yang diperoleh dari ketiga kondisi.

Terlihat bahwa Kondisi 3 memiliki debit air terbesar, yaitu 36,37cc/min dibandingkan dengan kondisi lainnya. Hal ini membuktikan bahwa Kondisi 3 adalah kondisi yang paling sesuai untuk penggunaan metode konvektif dipaksakan pada alat desalinasi karena memiliki efisiensi dan efektivitas yang sangat baik.

Analisis Air Hasil Alat Desalinasi Konvektif Dipaksakan

Alat yang digunakan untuk mengukur salinitas air laut dan sampel pengujian air hasil desalinasi adalah *Salinity* Refraktometer. Tahap pertama dimulai dengan pengambilan data

parameter salinitas air laut yang belum didesalinasi. Hasil pengukuran menunjukkan tingkat salinitas pada air laut adalah 31 ppt (*parts per thousand*).

Tahap kedua, pengambilan data parameter salinitas air hasil desalinasi. Hasil pengukuran menunjukkan tingkat salinitas pada air hasil desalinasi 0 ppt (*parts per thousand*). Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data hasil pengujian parameter salinitas air pada alat desalinasi konvektif dipaksakan

Sampel Penelitian	Salinitas
Air Laut	31.1 ppt
Air Desalinasi	0.0 ppt

Tahap terakhir dimulai dengan membandingkan hasil dari tahap pertama dan tahap kedua. Data mengenai parameter salinitas menunjukkan bahwa air yang belum didesalinasi memiliki kadar garam yang tinggi, sementara air hasil desalinasi memiliki kadar garam yang rendah atau hampir tidak ada.

Hal ini menunjukkan bahwa alat desalinasi konvektif dipaksakan berhasil memproduksi air murni hasil desalinasi yang bebas dari kandungan garam. Perbandingan ini menegaskan bahwa proses desalinasi telah berhasil dan efektif dalam menghasilkan air bersih.

KESIMPULAN

Desain dan konstruksi Alat Desalinasi Air Laut dengan Menggunakan Metode Destilasi Konvektif Dipaksakan berhasil didesain. Penggunaan metode konvektif dipaksakan pada penggunaan pompa udara saat air telah terkondensasi. Kondisi 3 menunjukkan hasil terbaik dengan waktu proses 66 menit, persentase Rasio Kecepatan Proses Produksi sebesar 98,48% dan debit air 36,37cc/min. Proses desalinasi menggunakan metode konvektif dipaksakan terbukti sangat efektif dalam menghasilkan air bersih. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tingkat salinitas pada air hasil desalinasi adalah 0 ppt (*parts per thousand*), yang berarti air tersebut sepenuhnya bebas dari kandungan garam.

DAFTAR PUSTAKA

- Adani, S.I., & Pujiastuti, Y. A. 2017. Pengaruh Suhu dan Waktu Operasi pada Proses Destilasi untuk Pengolahan Aquades di Fakultas Teknik Universitas Mulawarman. Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman. <http://dx.doi.org/10.30872/cmg.v1i1.1137>.
- Adhitya Putra, R., Ahmad Pauzi, G., & Surtono, A. 2018. Rancang Bangun Alat Destilasi Air Laut dengan Metode Ketinggian Permukaan Air Selalu Sama Menggunakan Energi Matahari. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 06(01): 101–107.
- Ahmad, W., Ahmad, A., Ostrowski, K. A., Aslam, F., and Joyklad, P. 2021. A scientometric review of waste material utilization in concrete for sustainable construction. *Case Studies in Construction Materials*. 15(e00683):1-25.
- Altmann, T., Robert, J., Bouma, A., Swaminathan, J., & Lienhard, J. H. 2019. Primary energy and exergy of desalination technologies in a power-water cogeneration scheme. *Applied Energy*, 252, 113319. Doi:10.1016/j.apenergy.2019.113319.
- Alshahri, F., 2016. Radioactivity of 226 Ra, 232 Th, 40 K and 137 Cs in beach sand and sediment near to desalination plant in eastern Saudi Arabia: Assessment of radiological impacts. *J. King Saud. Univ. Sci.* 29(2):174-181.
- Burek, P. dkk. 2016. Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report). IIASA Working Paper (International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria.

- Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang Laut. 2022. *Konservasi Perairan Sebagai Upaya menjaga Potensi Kelautan dan Perikanan Indonesia*.
- Feria-Díaz, J. J., Correa-Mahecha, F., López-Méndez, M. C., Rodríguez- Miranda, J. P., & Barrera-Rojas, J. 2021. Recent Desalination Technologies by Hybridization and Integration with Reverse Osmosis: A Review. *Water*, 13(10), 1369.
- Fiorenza, G., Sharma, V.K. and Braccio, G. 2003. Techno-Economic Evaluation of a Solar-Powered Water Desalination Plant. *Energy Conversion and Management*, 44, 2217-2240.
- Franchini, G., Padovan, L. E., & Perdichizzi, A. 2015. Design and construction of a desalination prototype based on Humidification- Dehumidification process. *Energy Procedia*, 81:472-481.
- Hartomo, A. J, Widiatmoko, M.C. 1994. "Teknologi Membran Pemurnian Air". *Andi Offset Yogyakarta*.
- Heiranian, M., Farimani, A.B., Aluru, N.R. 2015. Water desalination with a single-layer MoS₂ nanopore. *Nature Communications*. Volume 6, Article number 8616.
- Kusumo, F., dan Milano, J. 2017. Optimization Of Bioethanol Production From Sorghum Grains Using Artificial Neural Networks Integrated With Ant Colony. *Industrial Crops and Products*. 97:146-155.
- Mulder, M. 1996. Basic Principles of Membrane Technology. *Kluwer Academy Pub London*. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-1766-8>.
- Natawisastro, R., Bramawanto, R., Ma'muri, M., Alfaris, L., & Suhernalis, S. 2022. Rancang Bangun Alat Destilasi Air Laut yang Dilengkapi Pemanas Air Sederhana. *Jurnal Kelautan Nasional*. 17(2): 11382.
- Patel, M., Patel, S. S., Kumar, P., Mondal, D. P., Singh, B., Khan, M. A., & Singh, S. 2021. Advancements in spontaneous microbial desalination technology for sustainable water purification and simultaneous power generation: A review. *Journal of Environmental Management*.
- Rahmalina, D., Erlanda, A.P., Herdyana, R.C., Putra, D.P.D., and Rahman, R.A. 2022. Rancang Bangun Alat Desalinasi Air Laut Skala Lab Tipe Multi Stage Flash. *Otopro* 17(2):48-56.
- Sangian, H.F, D.S.I. Sondakh. 2008. Bio Ethanol From Palm Juice. *International Indonesia Student Meeting*. Delft Holland.
- Semiat, R. 2000. Present and Future. *Water International*. 25(1): 54-65. doi:10.1080/02508060008686797.
- United Nations World Water Assessment Programme (WWAP). 2014. The United Nations World Water Development Report. *Water and Energy*. Paris, UNESCO.
- U. N. Water. 2007. Coping with Water Scarcity—Challenge of the 21st Century, Campaign Material for World Water Day. *UN-Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking Water (GLAAS)*.
- Walangare, K. B. A., Lumenta, A. S. M., Wuwung, J. O., & Sugiarto, B. A. 2013. Rancang Bangun Alat Konversi Air Laut Menjadi Air Minum Dengan Proses Destilasi Sederhana Menggunakan Pemanas Elektrik. *E-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*. 6(2): 1-11. Publisher, New South Wales.