

Optimization of the South Coast Seawater Purification Process by Using a Circulating Adsorption Column

Optimasi Proses Pemurnian Air Laut Pantai Selatan dengan Menggunakan Kolom Adsorpsi Tersirkulasi

Amallia Ferhat¹, Mohammad Prasanto Bimantio²

¹ Ekonomi Pertanian

Institut Pertanian STIPER Yogyakarta, Jl. Nangka II, Maguwoharjo, Depok, Sleman

² Teknologi Hasil Pertanian

Institut Pertanian STIPER Yogyakarta, Jl. Nangka II, Maguwoharjo, Depok, Sleman

email : amallia@instiperjogja.ac.id

doi: <https://doi.org/10.31315/opsi.v15i1.5548>

Received: 8th October 2021; Revised: 24th January 2022; Accepted: 25th January 2022;

Available online: 18th June 2022; Published regularly: June 2022

ABSTRACT

Seawater which contains salt, metal components and mycobacteria is part of Indonesia's natural resources. Behind its abundance, not many benefits can be used, such as clean water to drinking water. Therefore, various technologies are needed to reduce the salt content and other components. In this study, a portable seawater purifier based on the adsorption function was used. The purification apparatus is in the form of a column, and has a series of plates that are placed as a support for the filling material in order to increase residence time and complete the purification process. Materials used as adsorbents in this study include ceramic biological balls, ammonite, volcanic rock, activated carbon and zeolite. Each material is organized in a filter bag for easy installation and cleaning. The equipment construction is arranged where in addition to the column there is also a circulation flow system for seawater to ensure the purification process can run optimally. The circulation process uses a buffer tank and a booster pump back to the column input line. The variable in this study, namely the location of the water sample at Ngobaran Beach, Gunungkidul. Another variable is the filtration rate. Based on the pH value of the TDS analysis and the adsorption results of seawater samples, it can be seen that the 2-stage adsorption process is the most optimal process configuration compared to other levels. This is because the 2-stage adsorption process obtained the smallest TDS value and the most suitable pH value for clean water. The results of this study can be an alternative for an easy and portable seawater purification method. This research can continue to be developed with innovations from the type of filling material and the configuration of the adsorption column used.

Keywords: adsorption, seawater, column, purification

ABSTRAK

Air laut yang di dalamnya mengandung garam, komponen logam dan mikobakteri merupakan bagian dari sumber daya alam di Indonesia. Dibalik keabundannya, belum banyak kebermanfaatannya dapat digunakan, seperti air bersih hingga air minum. Oleh karena itu diperlukan teknologi yang beragam untuk menurunkan kandungan garam dan komponen lainnya. Pada penelitian ini digunakan alat penjernih air laut portabel berbasis fungsi adsorpsi. Alat pemurnian berupa kolom, dan memiliki serangkaian plat yang ditempatkan sebagai penyangga bahan isian dalam hal meningkatkan waktu tinggal dan menyempurnakan proses pemurnian. Bahan yang digunakan sebagai adsorben dalam penelitian ini antara lain bola biologis keramik, amonit, batuan vulkanik, karbon aktif dan zeolit. Setiap bahan diatur dalam kantong filter untuk kemudahan pemasangan dan pembersihan. Konstruksi alat disusun dimana selain kolom terdapat pula sistem aliran sirkulasi untuk air laut untuk memastikan proses pemurnian dapat berjalan dengan optimal. Proses sirkulasi menggunakan buffer tank dan pompa pendorong kembali ke jalur masukan kolom. Variabel dalam penelitian ini, yaitu lokasi sampel air di Pantai Ngobaran Gunungkidul. Variabel lain adalah tingkat filtrasi. Berdasarkan nilai pH hasil analisis TDS dan hasil adsorpsi sampel air laut dapat diketahui bahwa proses adsorpsi 2 tahap merupakan konfigurasi proses yang paling optimal dibandingkan dengan level lainnya. Hal ini dikarenakan pada proses adsorpsi 2 tahap didapatkan nilai TDS terkecil dan nilai pH yang paling sesuai untuk air bersih. Hasil penelitian ini dapat menjadi alternatif

bagi metode pemurnian air laut yang mudah dan portabel. Penelitian ini dapat terus dikembangkan dengan inovasi dari jenis bahan isian dan konfigurasi kolom adsorpsi yang digunakan.

Kata Kunci: adsorpsi, air laut, kolom, pemurnian

1. PENDAHULUAN

Air laut ini ialah sebagai air yang campurannya terdiri atas 96,5% air murni dan sisanya yakni 3,5% ialah zat yang lainnya, dalam hal ini ialah partikel tidak larut, zat organik, gas terlarut dan juga garam. Garam ini memiliki kandungan zat laut yang tidak sama. Air laut ini di dalamnya memiliki kandungan garam, hal ini dikarenakan bahwa bumi ini dipenuhi dengan garam mineral yang ada dalam tanah dan juga batuan (Prastuti, 2017).

Air laut ini didefinisikan sebagai satu dari sumber daya alam yang paling besar yang ada di Negara Indonesia ini, yang didalamnya memiliki partikel logam, garam, dan mikobakteri. Meski jumlahnya banyak, namun penggunaannya masih belum meluas, seperti produksi air bersih hingga air minum. Diperlukan teknologi alternatif untuk mengurangi garam, partikel logam dan mikobakteri dalam air laut untuk menjadikannya air bersih. Air bersih ini didefinisikan sebagai air yang tidak memiliki berbagai kandungan yang sifatnya negatif, dalam hal ini mencakup dengan bakteri berbahaya, kotoran dan juga berbagai zat yang berbahaya lainnya untuk kesehatan dan juga keberlangsungan manusia. Salinitas yang tinggi atau total padatan terlarut (TDS) memerlukan proses pengolahan secara lanjut sebelum ini memungkinkan untuk digunakan untuk keperluan air bersih dan juga nantinya dipergunakan untuk keperluan air minum.

Proses adsorpsi ini didefinisikan sebagai satu dari berbagai cara guna meminimalkan kandungan kadar garam yang ada pada air dengan cara memanfaatkan fungsi dari adsorben yang berguna sebagai media untuk menurunkan kadar garam antara lain karbon aktif, lempung, *fly ash* dan zeolit (Wibowo, Rokhmat, Sutisna, Khairurrijal, & Abdullah, 2017). Saat ini, penelitian telah membuat kemajuan, mengubah air laut ini untuk nantinya dijadikan sebagai air tawar, dari rumah kaca surya yang murah dan juga sederhana dan murah hingga teknologi *reverse osmosis* yang mahal. (Abdelgaied, 2017; Iswadi, 2016; Krisdiarto, Ferhat, & Bimantio,

2020; Rosari, Hadi, & Masduqi, 2014). Masyarakat perlu mendapatkan edukasi dan model alat yang tepat untuk membantu mereka menyediakan air bersih. Adsorpsi ini didefinisikan sebagai satu dari berbagai bentuk dari proses adsorpsi. Terdapat dua unsur mendasar dan penting di dalam adsorpsi ini, di antaranya ialah fase adsorben dan fase gerak. Mekanisme dari proses adsorpsi ini umumnya ialah proses adsorpsi yang berlangsung dalam permukaan yang padat. Proses dari perpindahan massa yang ada ini dilandasi dengan permukaan aktif (Bimantio, 2017).

Safitri dkk. (2019) melakukan penelitian yang berkenaan dengan pemanfaatan dari abu sekam padi yang digunakan sebagai proses adsorben terhadap zat warna dan juga air laut, namun hasil penurunan kadar garam hanya sebesar 0,2%. Metode adsorpsi lainnya adalah menggunakan tempurung kelapa sesuai penelitian yang dilakukan oleh Pratama dkk. (2021).

Dibandingkan penelitian sebelumnya, penelitian ini mempergunakan suatu metode yang lebih mudah dan juga sederhana, tidak bergantung pada energi panas (matahari) dan tekanan tinggi seperti reverse osmosis. Sehingga langkah penelitian ini lebih dapat digunakan untuk seluruh lapisan masyarakat.

Penelitian ini ditunjukkan agar mampu memenuhi kebutuhan pemurnian air laut dengan fungsi adsorpsi dengan metode dan alat yang dapat dikustomisasi, murah, dan sederhana. Metode pada penelitian ini dapat pula diduplikasi sebagai media filtrasi berbasis adsorpsi untuk jenis fluida lainnya.

Tujuan penelitian ini ialah agar dapat menetapkan titik optimal di dalam adsorben yang dipergunakan, dengan demikian ini dapat dipahami bahwa titik waktu dari pemurnian yang tercepat serta kurun waktu untuk proses penggantian bahan isiannya.

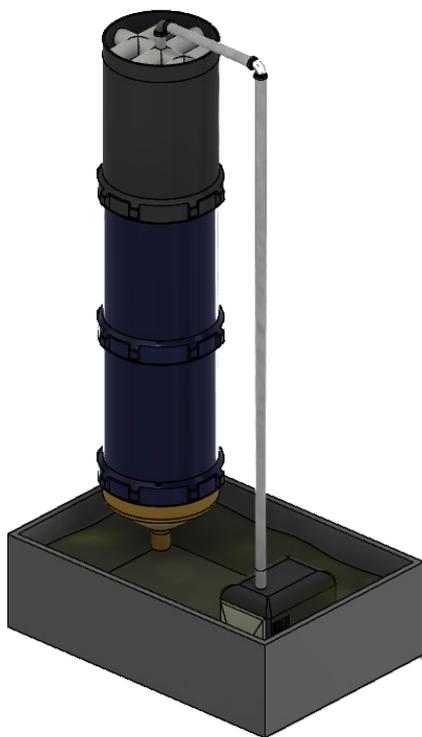
2. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Kolom adsorpsi portabel tersirkulasi yang digunakan sesuai dengan paten milik Bimantio (Patent No. IDD0000059215, 2021), terdiri

atas unsur, di antaranya ialah bottom collector, packing bed, dan juga top distributor, dimana tiga bagian ini dapat dihubungkan menggunakan sistem ulir untuk memudahkan proses pembersihan, menjamin portabilitas, dan menyesuaikan tingkat pemurnian. Segala kelebihan ini adalah untuk mengatasi permasalahan yang ada dari desain kolom adsorpsi terdahulu (Bimantio, Oktaviany, & Widyasaputra, 2020).

Bahan isian kolom adsorber antara lain: karbon aktif, *zeolite*, *Ceramic Biological Beads*, *Ammonite*, dan *Volcanic rock*.



Gambar 1. Kolom Adsorpsi Portabel Tersirkulasi

2.2 Langkah Penelitian

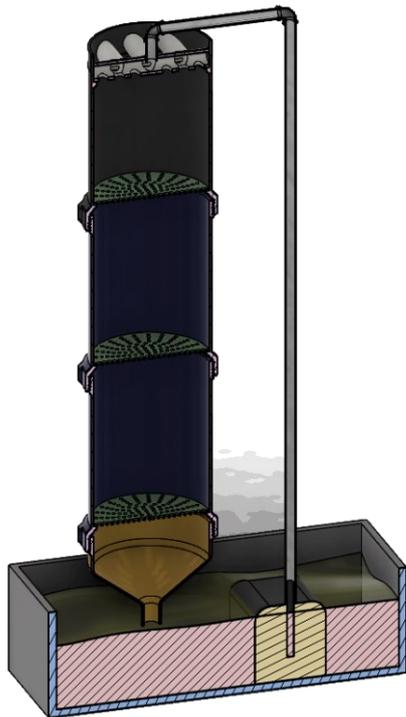
Konstruksi alat ini disusun sebagai bentuk representatif kolom adsorpsi yang *portable*, yang mana bahwa selain kolom yang ini, ada sistem dari sirkulasi air laut guna menjamin proses filtrasi yang berlangsung ini dapat beroperasi dengan optimal. Sistem sirkulasi ini mempergunakan bak penampung yang berguna sebagai *buffer* dan juga pompa sirkulasi yang berguna untuk mendorong dari bak menuju pada input kolom.

Tahapan penelitian yang dilakukan ini ialah sebagaimana di bawah ini:

1. Melakukan pencucian dan pengeringan bahan isian (*Ceramic Biological Beads*, *Ammonite*, *Volcanic rock*, karbon aktif, dan Zeolit)
2. Melakukan perakitan dan penyusunan kolom adsorpsi portabel bersirkulasi berdasarkan variabel tingkat adsorpsi (1, 2, dan 3 tingkat)
3. Memasukkan bahan isian ke dalam kolom adsorpsi portabel bersirkulasi
4. Bak air diisi dengan air laut lalu diukur nilai TDS dan pH saat $t = 0$ menit
5. Pompa sirkulasi dinyalakan dan proses sirkulasi berjalan
6. Tiap 5 menit selama 60 menit, sampel air laut diambil dan diukur nilai TDS dan pH nya sebanyak 3 kali untuk tiap sampel waktu
7. Hasil ukur TDS dan pH ditabulasi dan dibentuk menjadi grafik *time series*
8. Grafik yang terbentuk dicari persamaan garisnya dengan metode *fitting*
9. Dilakukan optimasi waktu yang menghasilkan nilai minimum dengan menggunakan metode matematis limit diferensial
10. Hasil filtrasi dianalisis pula secara statistik menggunakan uji-t dan anova untuk melihat perbandingan kualitas air yang difiltrasi

Variabel tetap dalam penelitian adalah sampel air laut yang merepresentasikan kualitas air laut Pantai Selatan di Pantai Ngobaran Gunungkidul. Variabel lain ialah tingkatan stage filtrasi, yang mana bahwa portabel untuk kolom adsorpsi yang tersirkulasikan ini nantinya akan dapat melaksanakan proses filtrasi sampai tiga tingkatan. Dengan jumlah dari pengulangan yang dilaksanakan tiga kali untuk tiap variabelnya, dengan demikian nantinya akan didapatkan sejumlah 18 satuan eksperimental. Sementara itu, untuk parameter yang dilaksanakan peninjauan di dalam berlangsungnya penelitian ini ialah konduktivitas, pH, dan juga total dissolve solid (TDS), yang mana bahwa sampel penelitiannya diambil selang atau jeda lima menit sesudah sistem sirkulasi ini beroperasi, data penelitian yang didapatkan ini secara parallel diplot ke dalam berbentuk grafik *time series*.

Grafik *time series* yang dihasilkan ini dapat merepresentasikan waktu optimum hingga air



Gambar 2. Skema Penampang Kolom Adsorpsi Portabel Tersirkulasi

laut hasil filtrasi ini sudah sesuai dengan standar parameter yang dilaksanakan pengujian. Grafik time series di sisi lain juga dapat berguna agar dapat mengidentifikasi titik jenuh untuk adsorben bahan isian, dengan ini dapat diketahui penggantian adsorben dan juga waktu regenerasi.

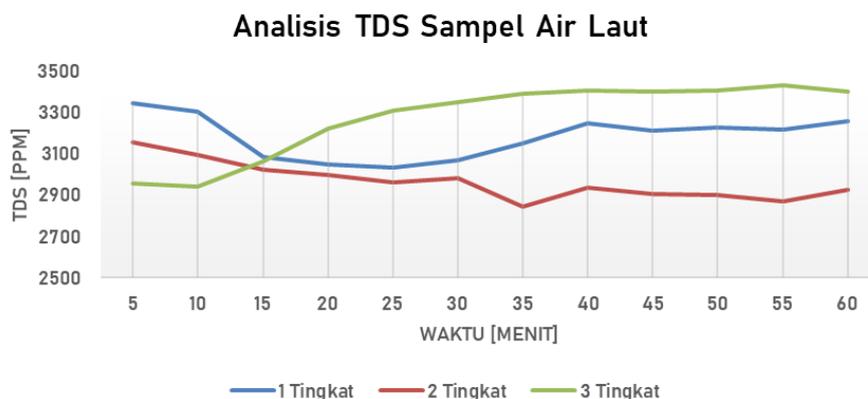
Tiap parameter yang ada ini akan dilaksanakan penganalisisan statistiknya guna

meninjau komparasi untuk kualitas dari air tersebut antara sebelum dengan sesudah dilaksanakan filtrasi dengan mempergunakan uji-t. Perbandingan variabel ini nantinya akan dilaksanakan dengan memanfaatkan pengujian two-way anova guna meninjau terdapat atau tidaknya pengaruh yang dihasilkan tiap variabel tersebut pada hasil filtrasi air laut yang dilaksanakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis TDS sampel air laut ini menunjukkan bahwa alat kolom adsorpsi sirkulasi dapat meminimalkan kandungan TDS dalam air laut, hal ini sesuai dengan hasil uji-t dengan bantuan SPSS, menunjukkan adanya hasil adsorpsi yang signifikan perbedaannya dengan nilai TDS awal sampel (nilai signifikansi < 0,05).

Mengacu pada gambar 3, proses dari adsorpsi 1 dan 2 tingkat ini terbukti dapat meminimalkan tingkatan nilai dari TDS yang ada pada air laut hingga di titik tertentu sebelum adsorber tersebut jenuh. Proses dari adsorpsi 3 tingkat juga dapat meminimalkan nilai TDS yang terdapat dalam air laut, akan tetapi kejenuhan adsorber ini akan terjadi secara cepat hingga nilai TDS ini nantinya akan naik kembali. Selain disebabkan kejenuhan adsorber, hal ini dapat dikarenakan oleh kecepatan aliran yang lambat serta tekanan alirannya yang rendah, dengan demikian ini mengakibatkan berlangsungnya *flooding* dalam bahan isian, dengan demikian air laut yang seharusnya



Gambar 3. Grafik *time-series* TDS pada Air Laut sepanjang Proses Adsorpsi

Tabel 1. Optimasi Hasil Adsorpsi TDS Sampel Air Laut

Tingkat	Persamaan	R ²	t (menit)	TDS (ppm)
1	$y = 6.5439x^2 - 82.074x + 3358.7$	0.4898	6.271	3101.4
2	$y = 3.5516x^2 - 67.416x + 3208.9$	0.8901	9.491	2889
3	$y = -6.968x^2 + 135.52x + 2765.4$	0.9597	9.725	3424.4

Tabel 2. ANOVA Variabel TDS Sampel Air Laut

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1780105.167	2	890052.583	49.610	6.795E-16
Within Groups	1883789.833	105	17940.856		
Total	3663895.000	107			

Tabel 3. Uji Duncan Variabel Tds Sampel Air Laut

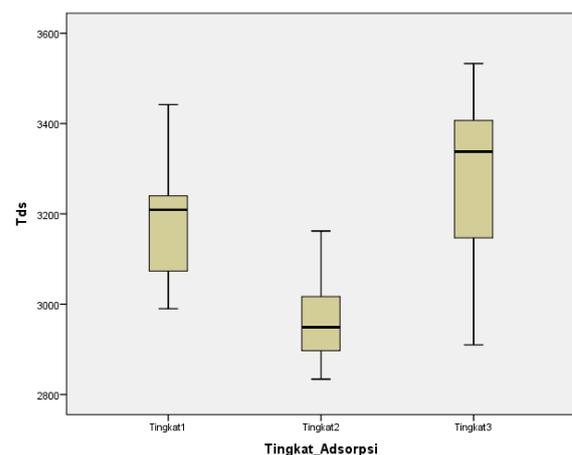
Tingkat Adsorpsi	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Tingkat2	36	2963.06		
Tingkat1	36		3179.64	
Tingkat3	36			3268.81
Sig.		1.000	1.000	1.000

mengalir justru terhambat di pelat *packing material* sehingga menyebabkan adsorber cepat menjadi jenuh.

Seperti terlihat pada Tabel 1, titik optimum proses adsorpsi air laut terjadi pada proses adsorpsi 2 tahap, dan waktu kejenuhan adsorber mencapai nilai TDS minimum hasil adsorpsi pada filtrasi 3 tahap. Hal ini disebabkan karena cairan tidak meluap dalam *packing bed*, yang juga disesuaikan dengan tekanan dan laju aliran optimal untuk adsorpsi. Pada laju aliran dan tekanan yang sama, semakin banyak tahapan, semakin besar kemungkinan penyumbatan pada *packing bed*, menyebabkan cairan terkumpul di 1 titik, sehingga mempercepat proses kejenuhan adsorber.

Hasil tabel ANOVA (Tabel 2) untuk variabel TDS pada sampel air laut menunjukkan nilai signifikansi $< 0,05$, sehingga jumlah kadar filtrasi yang dilakukan selama proses adsorpsi memiliki perbedaan nilai TDS hasil adsorpsi yang signifikan. Uji lanjut Duncan dilakukan seperti pada tabel 3 yang memberikan hasil bahwa tiap tingkatan memberikan beda nyata terhadap tingkatan lainnya. Dapat disimpulkan

bahwa jumlah level adsorpsi dapat memberikan perbedaan hasil TDS hasil adsorpsi, dengan jumlah titik optimal untuk 2 level adsorpsi ditunjukkan pada Gambar 4.

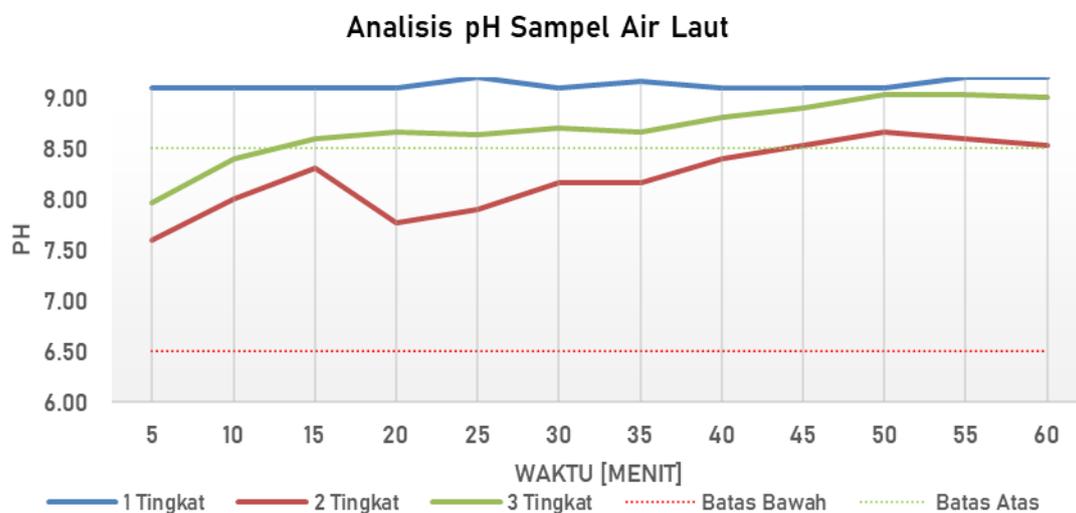
**Gambar 4. Boxplot TDS Hasil Adsorpsi pada Sampel Air Laut**

Hasil analisis nilai pH sampel air laut menunjukkan bahwa metode adsorpsi menggunakan kolom adsorpsi bersirkulasi dapat menurunkan nilai pH air laut hingga mencapai standar yang ditentukan (6,5-8,5). Seperti

terlihat pada Gambar 5, proses adsorpsi tingkat 2 dan 3 pada awalnya mampu menurunkan pH sampel air laut dari awal 9 untuk masuk dalam standar keamanan air bersih, namun lama kelamaan adsorben jenuh, dan pH naik lagi di atas batas atas pH aman. Nilai pH proses adsorpsi 3 tahap melebihi batas atas pada menit ke-12 dan terus meningkat, sedangkan pH proses adsorpsi 2 tahap meningkat hingga batas atas terlampaui pada menit ke-44. Di sisi lain, proses adsorpsi satu tingkat tidak dapat secara signifikan menurunkan pH air laut karena kurangnya adsorben, sehingga dengan cepat

menjenuhkannya. Sesuai dengan hasil uji-t statistik pada SPSS menunjukkan bahwa hasil adsorpsi berbeda nyata dengan nilai pH awal air sampel (nilai signifikan < 0,05).

Tabel ANOVA (Tabel 4) hasil variabel pH pada sampel air laut menunjukkan nilai signifikansi < 0,05, sehingga jumlah tahapan filtrasi yang dilakukan selama proses adsorpsi memiliki perbedaan yang signifikan pada nilai pH hasil adsorpsi. Pengujian Duncan lebih lanjut dilakukan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5, dan hasilnya menunjukkan bahwa setiap level berbeda secara signifikan dari yang lain. Dapat



Gambar 5. Grafik Perubahan pH pada Air Laut sepanjang Waktu Proses Adsorpsi

Tabel 4. ANOVA Variabel pH Sampel Air Laut

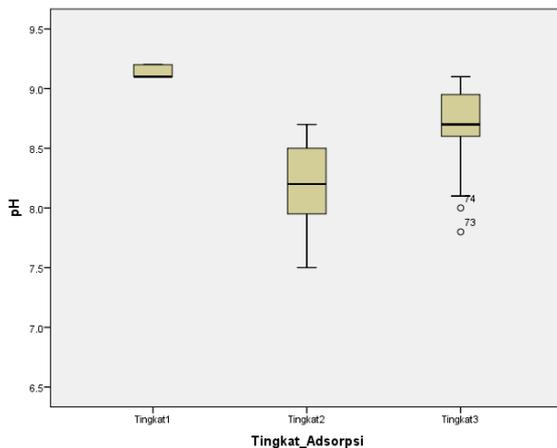
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14.957	2	7.479	105.647	7.204E-26
Within Groups	7.433	105	.071		
Total	22.390	107			

Tabel 5. Uji Duncan Variabel pH Sampel Air Laut

Tingkat Adsorpsi	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Tingkat2	36	8.219		
Tingkat3	36		8.700	
Tingkat1	36			9.131
Sig.		1.000	1.000	1.000

disimpulkan bahwa banyaknya kadar adsorpsi dapat memberikan perbedaan pH hasil adsorpsi.

Berdasarkan *boxplot* pada gambar 6, proses adsorpsi 2 tingkat mampu memberikan nilai pH dengan rata-rata dan sebaran data yang paling banyak berada di dalam batas aman nilai pH untuk air bersih. Sehingga adsorpsi 2 tingkat ini menjadi titik optimum untuk proses adsorpsi pada penelitian ini.



Gambar 6. *Boxplot* pH Hasil Adsorpsi pada Sampel Air Laut

Berdasarkan analisis nilai TDS dan pH hasil adsorpsi sampel air laut, disimpulkan bahwa proses adsorpsi 2 tahap merupakan pilihan terbaik untuk konfigurasi proses dibandingkan dengan tahapan lainnya. Hal ini dikarenakan pada proses adsorpsi 2 tahap didapatkan nilai TDS terkecil dan nilai pH yang paling sesuai untuk air bersih.

Proses adsorpsi 1 tingkat tidak memberikan hasil yang maksimal karena kurangnya jumlah adsorben dan singkatnya waktu tinggal fluida di adsorben. Sedangkan pada proses adsorpsi 3 tingkat, jumlah adsorben yang banyak tidak dibarengi dengan tekanan dan laju alir fluida yang maksimal, sehingga menyebabkan sumbatan dan tertahannya aliran pada tumpukan adsorben yang membuat cepat terjadinya kejenuhan.

Berdasarkan hasil penelitian ini, metode adsorpsi dapat menjadi alternatif untuk melakukan proses pemurnian air laut. Proses ini dapat dijalankan dengan mudah dan portabel, namun perlu diatur lebih lanjut untuk jenis adsorben dan konfigurasi kolom adsorpsi yang digunakan.

Berdasarkan hasil optimasi, dapat diketahui bahwa konfigurasi terbaik yang dapat

digunakan untuk proses filtrasi kedepannya adalah proses 2 tingkat. Sehingga untuk penggunaan di masyarakat dan proses duplikasi alat dapat menggunakan rancangan tersebut sehingga lebih ekonomis dan efisien.

Penelitian ini dapat terus dikembangkan dengan inovasi dari jenis bahan isian dan konfigurasi kolom adsorpsi yang digunakan. Optimasi terhadap jenis bahan isian, jumlah bahan isian, konfigurasi kolom, debit aliran, dan jenis fluida dapat menjadi peluang untuk penelitian selanjutnya guna menyempurnakan penelitian ini.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan nilai pH dan TDS hasil adsorpsi sampel air laut dapat diketahui bahwa proses adsorpsi 2 tahap merupakan konfigurasi proses yang paling optimal dibandingkan dengan level lainnya. Hal ini dikarenakan pada proses adsorpsi 2 tahap didapatkan nilai TDS terkecil dan nilai pH yang paling sesuai untuk air bersih.

Fluida yang digunakan dalam penelitian ini masih terbatas pada air laut pantai selatan dan konfigurasi tingkat adsorpsi masih terbatas pada adsorpsi 3 tingkat. Sehingga kedepannya perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan jenis fluida lain atau modifikasi konfigurasi alat, jenis dan jumlah bahan isian, serta debit dan pola aliran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada LPPM Instiper Yogyakarta sebagai sumber pendanaan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelgaied, M. (2017). PERFORMANCE OF A PYRAMID SOLAR STILL WITH V-CORRUGATED ABSORBERS PLATE: EXPERIMENTAL STUDY. *Twentieth International Water Technology Conference-IWTC20*.
- Bimantio, M. P. (2017). Effect of Grain Size and Activation Time of Zeolite to Adsorption and Desorption of NH_4OH and KCl As Model of Fertilizer-Zeolite Mix. *Jurnal Konversi*, 6(2), 20–27.
- Bimantio, M. P. (2021). *Patent No. IDD0000059215*. Indonesia: Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia.



- Bimantio, M. P., Oktavianty, H., & Widyasaputra, R. (2020). Perancangan Desain Portable Fixed-Bed Composite Adsorber Column sebagai Media Pemurnian Biodiesel dengan Sistem Packing Bed. *TEKNIK*, 41(3), 253–260. <https://doi.org/10.14710/teknik.v41n3.32661>
- Iswadi, I. (2016). Rancang bangun alat pemurni air laut menjadi air minum menggunakan sistem piramida air (green house effect) bagi masyarakat pulau dan pesisir di kota Makassar. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 12(3), 300–310.
- Krisdiarto, A. W., Ferhat, A., & Bimantio, M. P. (2020). Penyediaan Air Bagi Masyarakat Pesisir Terdampak Kekeringan dengan Teknologi Desalinasi Air Laut Sederhana. *DIKEMAS (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 4(2), 25–31. <https://doi.org/10.32486/jd.v4i2.532>
- Prastuti, O. P. (2017). Pengaruh Komposisi Air Laut dan Pasir Laut Sebagai Sumber Energi Listrik. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 1(1), 35–41.
- Pratama, A., Rahmadianto, J. P. M. F., Pohan, G. A., & Susanto, E. E. (2021). Analisa Perancangan Desalinasi Air Laut Dengan Variasi Filter Tempurung Kelapa Dan Variasi Temperatur Pemanasan. *Jurnal Flywheel*, 12(1), 1–5.
- Rosari, T., Hadi, W., & Masduqi, A. (2014). Desalinasi Air Payau Menggunakan Energi Solar Dengan Parabolic Trough. *Jurnal Purifikasi*, 14(1), 55–64.
- Safitri, D. I. (2019). PEMANFAATAN SEKAM PADI SEBAGAI ADSORBEN PADA AIR LAUT DAN ZAT WARNA. *Pharmacoscript*, 2(1), 45–54.
- Wibowo, E., Rokhmat, M., Sutisna, Khairurrijal, & Abdullah, M. (2017). Reduction of seawater salinity by natural zeolite (Clinoptilolite): Adsorption isotherms, thermodynamics and kinetics. *Desalination*, 409, 146–156. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.01.026>