

PENURUNAN KADAR SALINITAS, COD, MINYAK DAN LEMAK PADA AIR LIMBAH DENGAN KOMBINASI FILTRASI-ADSORPSI (STUDI KASUS: AIR LIMBAH RETENTION POND PEMBANGKIT LISTRIK)

DECREASING SALINITY, COD, OIL AND GREASE WASTEWATER CONTENTS WITH A COMBINATION OF FILTRATION-ADSORPTION (CASE STUDY: WASTEWATER RETENTION POND IN POWER PLANT)

Naufalin Akbar Fauzia¹, Titi Tiara Anasstasia^{1*}, Uslah Hidayati²

¹ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

² PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Rembang

E-mail: tiara.anasstasia@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Retention pond pada industri pembangkit listrik tempat menampung air hujan, air saluran drainase dari seluruh area pada lingkup perusahaan, serta hasil penyaringan pada unit Circulating Water Pump (CWP). Upaya pengolahan air retention pond mempertimbangkan parameter kualitas air yaitu salinitas, Chemical Oxygen Demand (COD), minyak dan lemak berdasarkan sumber air yang memasuki retention pond. Upaya pengolahan air retention pond dalam pemanfaatan air sebagai air baku. Metode yang dipilih yaitu menggunakan filtrasi dengan adsorben karbon aktif dan zeolit aktif. Variasi waktu dalam mengetahui waktu tinggal paling optimal media filter dalam mengadsorp, yaitu 0 jam; 1 jam; 2 jam; 3 jam; 4 jam; 5 jam; dan 6 jam. Efektivitas penurunan salinitas sebesar 53,846% dengan kadar akhir 6‰ di variasi 6 jam; COD sebesar 91,008% dengan kadar akhir 70,5 mg/L di variasi 5 jam; dan minyak lemak sebesar 52,275% dengan kadar akhir 0,9545 mg/L di variasi 4 jam. Model kapasitas adsorpsi Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich menunjukkan besar ion dan senyawa yang teradsorp terbesar dengan rentang nilai 0,0010-0,714 mg/g pada waktu tinggal 5 jam. Oleh karena itu, waktu optimal pengolahannya pada waktu tinggal 5 jam.

Kata kunci: filtrasi, adsorpsi, salinitas, COD, minyak dan lemak

ABSTRACT

The retention pond at a power plant industry is a place to collect rainwater, drainage water from all areas within the company, water from the Sewage Treatment Plant (STP) unit, and filtering results from the Circulating Water Pump (CWP) unit. To attempt retention pond water treatment considering water quality parameters, there are salinity, Chemical Oxygen Demand (COD), oil, and grease based on the sources of the water entering to retention pond. Processing water treatment of Retention Pond to utilize water as raw water. The method chosen was using filtration with activated carbon adsorbent and activated zeolite. Time variations in determining the optimal residence time for filter media to adsorb, around 0 hours; 1 hour; 2 hours; 3 hours; 4 hours; 5 hours; and 6 hours. The effectiveness of reducing salinity was 53.846% with a final level of 6‰ in a 6-hour variation; COD was 91.008% with a final level of 70.5 mg/L in a 5-hour variation; and oil grease on 52.275% with final levels on 0.9545 mg/L in 4-hour variation. The Langmuir Isotherm and Freundlich Isotherm adsorption capacity models show the largest amount of adsorbed ions and compounds with a range of 0.0010-0.714 mg/g at a residence time of 5 hours. Therefore, the optimal water treatment time is 5 hours.

Keywords: filtration, adsorption, salinity, COD, oil and grease.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan primer dari peranannya sebagai sumber kehidupan bagi seluruh lapisan masyarakat. Sumber ketersediaan air sebagian besar terdapat di laut (air asin) dan pada lapisan – lapisan es pada daerah kutub, dan juga pada awan, hujan, sungai, muka air tawar, danau, serta uap air. Selaras dengan salah satu poin tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDG's*) pada sektor lingkungan hidup poin ke-6 yakni memastikan masyarakat mencapai akses air bersih dan sanitasi. Target yang menjadi fokus utama yaitu secara signifikan meningkatkan efisiensi penggunaan air di semua sektor, dan menjamin penggunaan dan pasokan air tawar yang berkelanjutan dalam mengatasi kelangkaan air. *Retention pond* pada industri pembangkit listrik merupakan tempat penampung air hujan, air saluran drainase dari seluruh area pada lingkup perusahaan, serta hasil penyaringan pada unit *Circulating Water Pump* (CWP). Kegiatan pendukung lainnya, terdapat aliran drainase saluran dari seluruh unit yang ada serta kegiatan kantin yang pembuangan air pencucian dialirkan ke drainase saluran menuju ke *retention pond* dan langsung mengalir ke laut. Upaya pengolahan air *retention pond* mempertimbangkan parameter kualitas air yaitu salinitas, *Chemical Oxygen Demand* (COD), minyak dan lemak berdasarkan sumber air yang memasuki *retention pond*. Sehingga, perlu dilakukan upaya pengolahan air *retention pond* dalam pemanfaatan air sebagai air baku.

Filtrasi dengan media berupa adsorben menjadi alternatif sederhana dan dapat menggunakan adsorben bahan alam dari sisa-sisa biomassa. Hosna (2021) pada penelitiannya menggunakan karbon aktif yang diaktivasi secara kimia menggunakan H_2SO_4 mampu mereduksi salinitas yaitu 67,9% selama 20 jam penggunaan, sedangkan pada zeolit dan lempung hanya mampu maksimum mereduksi salinitas sebesar 58,1% dan 63,6%. Penelitian lain oleh Purwoto dan Nugroho (2013) dalam penurunan salinitas dari kadar Cl^- menggunakan filtrasi media perbandingan karbon aktif:zeolit (50:50) dapat menurunkan Cl^- hingga 61,34%. Chandra dkk. (2019) menjelaskan bahwa dari hasil percobaannya, media filter zeolit berukuran 0,8 mm–1,4 mm mampu menurunkan konsentrasi minyak dan lemak hingga 92,59%. Pada penelitian Wadiana dkk. (2023) menunjukkan pengolahan penurunan kadar COD dengan kombinasi absorpsi dan filtrasi sebesar 94,19%; sedangkan pada penelitian Tiska (2022) menggunakan variasi ketebalan kerikil 10 cm, ijuk 10 cm, pasir silika 10 cm dan karbon aktif 25 cm mampu mendegradasi COD hingga 96,80% dengan waktu kontak 43 menit.

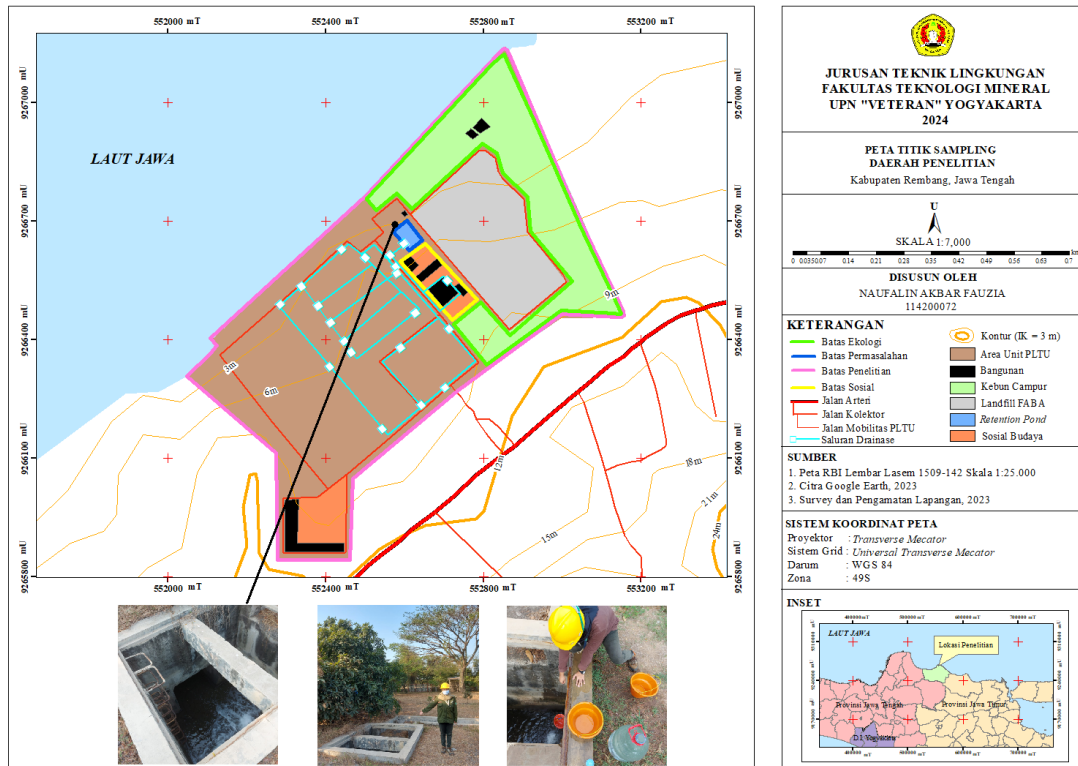
Tujuan penelitian ini dapat menganalisis kualitas air berdasarkan parameter salinitas, COD, minyak dan lemak pada outlet *retention pond*; menganalisis nilai efektivitas penurunan kadar parameter salinitas, COD, minyak dan lemak berdasarkan variasi waktu tinggal dengan metode filtrasi; serta menganalisis pendekatan kapasitas adsorben karbon aktif dan zeolit aktif dalam menurunkan kadar salinitas, COD, minyak dan lemak sehingga dapat diketahui waktu optimal pengolahan air *retention pond*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Pengambilan Sampel

Penelitian dilakukan dengan metode grab sampling dalam mengambil sampel air outlet *retention pond*, yaitu metode pengambilan sampel pada waktu tertentu yang mampu mewakili area keseluruhan dari *retention pond* di industri pembangkit listrik. Sampel yang didapatkan, selanjutnya dilakukan analisis laboratorium untuk mengetahui konsentrasi parameter salinitas, COD, minyak dan lemak

sebelum dilakukan pengolahan. Jumlah sampel yang digunakan sebanyak 60L air *retention pond* untuk dilakukan uji percobaan pada unit filtrasi skala laboratorium. Titik pengambilan sampel ditunjukkan pada Peta berikut.



Gambar-1. Peta Titik Sampling Daerah Penelitian

2.2 Metode Uji Percobaan Unit Filtrasi

Uji percobaan pengolahan air limbah dilakukan dengan metode filtrasi downflow media karbon aktif (40cm), zeolit aktif (40cm), dan kerikil (15 cm) yang ditunjukkan di Gambar 1. Uji percobaan dilakukan dengan mengalirkan sampel air ke reaktor dengan debit perhitungan 0,174 L/s dengan variasi waktu tinggal dimulai dari 0 jam; 1 jam; 2 jam; 3 jam; 4 jam; 5 jam; dan 6 jam. Setelah pengujian selesai, dilakukan uji laboratorium kembali sampel air hasil pengolahan untuk mengetahui besar penurunan yang terjadi pada parameter salinitas, COD, minyak dan lemak yang ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Reaktor Filtrasi-Adsorpsi Percobaan

Tabel-1. Uji Standar Parameter Kualitas Air dan Air Limbah

No	Parameter	Satuan	Metode
1.	Salinitas	‰	IKM/7.2.4/DLHP-TBN (Refraktometri)
2.	COD	mg/L	SNI 6989.10:2009
3.	Minyak dan Lemak	mg/L	SNI 6989.10:2011

Perhitungan efektivitas metode filtrasi adsorpsi terhadap penurunan kadar parameter salinitas, COD minyak dan lemak menggunakan persamaan Persamaan 1 berikut.

$$Ef = \frac{(K_a - K_s)}{K_a} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

Ef : Efektivitas filtrasi

K_a : Konsentrasi parameter sebelum pengolahan

K_s : Konsentrasi parameter sesudah pengolahan

2.3 Metode Analisis Kapasitas Adsorben Karbon Aktif dan Zeolit Aktif

Model Langmuir merupakan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal adsorbat. Pada penelitian ini menggunakan media yang sama yakni karbon aktif dan zeolit aktif dengan variasi ketebalan yang berbeda tiap reaktor, dengan persamaan kapasitas adsorpsi dan persamaan matematis model Isoterm Langmuir sebagai berikut:

$$Q_e = \left(\frac{C_o - C_e}{m} \right) \times V \quad (2)$$

$$\frac{x}{m} = \frac{qm \cdot kL \cdot C_e}{1 + kL \cdot C_e} \quad (3)$$

Keterangan:

Q_e = x/m = kapasitas adsorpsi (mg/g)

C_o = konsentrasi awal larutan

C_e = konsentrasi akhir larutan

V = volume larutan (liter)
 x = berat zat yang diadsorpsi
 m = berat adsorben (karbon aktif + zeolit)
 qm = kapasitas adsorpsi maksimum
 kL = konstanta Langmuir

Perolehan linierisasi persamaan, maka Persamaan sebelumnya perlu diubah dalam bentuk $1/C$ sebagai sumbu x dan $1/(x/m)$ sebagai sumbu y.

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{qm} C_e + \frac{1}{kL.qm} \quad (4)$$

Model adsorpsi Isoterm Freundlich menggambarkan adsorpsi reversible terbatas pada non ideal dan terbentuknya multilayer. Persamaan Freundlich pada proses adsorpsi antara adsorbat dengan adsorben ditunjukkan dengan y adalah berat zat terlarut per gram adsorben dan c adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan. Penentuan kapasitas adsorpsi Isoterm Freundlich ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$\frac{x}{m} = k.C^{1/n}$$

$$\text{Log } (x/m) = \text{log } K_f + 1/n . \text{log } C \quad (5)$$

Keterangan:

x = berat zat yang teradsorpsi
 m = berat adsorben (karbon aktif + zeolit)
 C = konsentrasi zat
 Kf = Penyerapan maksimum adsorpsi (mg/g)
 n = Konstanta adsorpsi Freundlich

Apabila dibuat kurva Log (x/m) terhadap Log C akan diperoleh persamaan linear dengan intersep Log Kf dan kemiringan (slope) $1/n$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Kualitas Air Outlet *Retention Pond*

Parameter yang diujikan yakni salinitas, COD, minyak dan lemak dengan pertimbangan berdasarkan sumber air yang memasuki retention pond. Hasil uji laboratorium ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel-2. Kualitas Air Outlet *Retention Pond*

Parameter	Satuan	Konsentrasi	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan
Salinitas	‰	13	<0,5*
COD	mg/L	784	100***
Minyak dan Lemak	mg/L	2	1**

(Sumber: Hasil Analisis Laboratorium UPTD Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Tuban, 2023)

Keterangan:

* : Kriteria Air Tawar, *Modifed Venice System 1958*
 ** : Air Kelas II Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021
 *** : Air Golongan I Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012

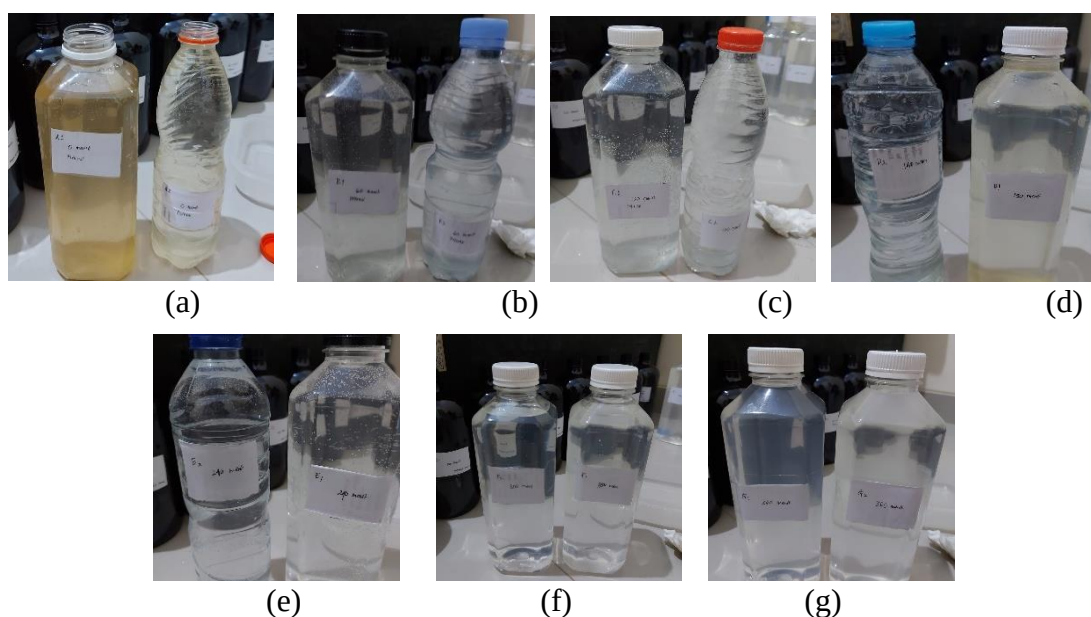
Parameter salinitas dengan konsentrasi 13‰ termasuk kategori jenis perairan payau yakni pada rentang nilai 0,5‰–30‰ menurut klasifikasi Modifed Venice System 1958. Perairan dengan kandungan salinitas yang tinggi, apabila dijadikan sumber air untuk penyiraman tanaman, pengaruh kadar garam saat kontak dengan tumbuhan menyebabkan tumbuhan menjadi layu dan tanah yang diberi air dengan salinitas tinggi mampu menghilangkan zat hara tanah. Air payau saat digunakan sebagai sumber air penyiraman tanaman akan mengakibatkan dehidrasi pada tanaman dari proses osmosis pada sel tanaman yang lebih tinggi dibandingkan tekanan osmosis pada lingkungan disekitarnya. sehingga tanaman sulit untuk menyerap air (Pramukyana dkk., 2021).

Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) menunjukkan nilai 784 mg/L, dengan kadar melebihi batas baku mutu kualitas air kelas II golongan I pada Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012. COD menjadi indikator tingkat senyawa organik pada suatu perairan serta besarnya kadar kebutuhan oksigen untuk proses oksidasi limbah organik. Nilai COD yang semakin tinggi pada suatu perairan dapat menunjukkan kandungan zat organik jumlah besar. Bahan organik tersebut dapat mengubah oksigen menjadi karbondioksida dan air, sehingga ketersediaan oksigen pada perairan akan berkurang. Apabila semakin sedikit kadar oksigen di dalam air dapat diperkirakan besar jumlah pencemar terutama zat organik di dalam perairan tersebut, melalui proses biologis dan akan berdampak negatif terhadap berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Ramayanti & Amna, 2019).

Parameter minyak dan lemak menunjukkan konsentrasi sebesar 2 mg/L yang melebihi batas baku mutu air baku kelas II Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021. Konsentrasi minyak dan lemak yang tinggi juga mempengaruhi kekeruhan yang berdampak pada kebutuhan cahaya serta oksigen pada perairan yang semakin menurun (Arlycka dkk., 2022.). Minyak dan lemak yang masuk ke air permukaan, dapat menghalangi sinar matahari untuk penetrasi, sehingga mengurangi laju proses fotosintesa pada badan air.

3.2 Efektivitas Filtrasi Adsorpsi Variasi Waktu Tinggal

Metode filtrasi dengan media karbon aktif dan zeolit aktif berperan menyerap bahan organik dan anorganik di dalam air yang dipengaruhi oleh permukaan karbon aktif yang besar sehingga memungkinkan untuk menangkap molekul-molekul secara efektif, serta proses pertukaran ion (*ion exchange*) pada rongga pada zeolit dapat masuk dan menyerap anion atau molekul berukuran lebih kecil atau sama dengan rongga. Perbedaan hasil olahan sampel limbah dengan variasi waktu tinggal terlihat pada Gambar 2, semakin lama waktu tinggal, secara fisik warna air semakin bening.



Gambar-2. Hasil Pengolahan dengan Filtrasi-Adsorpsi Percobaan

Keterangan:

(a) variasi 0 jam; (b) variasi 1 jam; (c) variasi 2 jam; (d) variasi 3 jam; (e) variasi 4 jam; (f) variasi 5 jam;
(g) variasi 6 jam

a. Efektivitas Penurunan Kadar Salinitas

Hasil uji pengolahan pada parameter salinitas menunjukkan kenaikan konsentrasi pada waktu tinggal 0 jam. Pada variasi waktu berikutnya terjadi penurunan konsentrasi yang cukup konstan mendekati batas baku mutu salinitas untuk air tawar ditunjukkan pada Tabel 3. Nilai efektivitas tertinggi terjadi saat berada di variasi waktu tinggal 6 jam dengan nilai 53,85%. Berdasarkan klasifikasi Modifed Venice System 1958, kadar salinitas tersebut masih termasuk pada jenis perairan payau pada rentang nilai 0,5–30‰.

Tabel-3. Penurunan Kadar Salinitas dengan Filtrasi-Adsorpsi Variasi Waktu Tinggal

Waktu Tinggal (jam)	Baku Mutu (‰)	Sebelum Diolah (‰)	Setelah Diolah (‰)	Efektivitas (%)
0	0,5	13	16,50	-26,92
1			12,50	3,85
2			10,50	19,23
3			8,50	34,62
4			8,00	38,46
5			7,50	42,31
6			6,00	53,85

Hamidah dan Rahmayanti (2018) dalam penelitiannya untuk mengolah air payau dilakukan variasi reaktor media arang aktif (20cm), pasir silika (15cm), zeolit (15cm) dan kerikil (10cm), kadar salinitas dapat turun pada menit ke-120 dengan efektivitas penurunan sebesar 33,33%. Penelitian oleh Kasifya dkk. (2023) dalam pengolahan air payau metode kombinasi adsorpsi-filtrasi berbasis material 30L Spirulina sp, 2kg zeolit dan 2kg karbon aktif komersial dengan waktu kontak 2 jam, nilai efektivitas penurunan salinitas hingga 76,19%.

b. Efektivitas Penurunan Kadar COD

Pengolahan pada parameter COD terjadi fluktuatif data pada tiap variasi waktu tinggal yang diujikan. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa nilai konsentrasi COD telah memenuhi batas baku mutu kualitas air kelas II golongan I pada Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 pada variasi waktu tinggal 5 jam dengan nilai sebesar 70,5 mg/L dan nilai efektivitas sebesar 91,008%. Pada variasi waktu 6 jam, terjadi kenaikan nilai konsentrasi COD yang ditunjukkan pada Tabel 4 berikut.

Tabel-4. Penurunan Kadar COD dengan Filtrasi-Adsorpsi Variasi Waktu Tinggal

Waktu Tinggal (jam)	Baku Mutu (mg/L)	Sebelum Diolah (mg/L)	Setelah Diolah (mg/L)	Efektivitas (%)
0	100	784	188	76,02
1			196	75,00

2	166,5	78,76
3	179,5	77,11
4	191	75,64
5	70,5	91,01
6	160,5	79,53

Penelitian serupa oleh Wadiana dkk. (2023) dalam pengolahan kadar COD dalam limbah cair pencucian kendaraan menunjukkan nilai penurunan sebesar 94,19% dengan media zeolit dan karbon aktif. Penelitian lain oleh Pungut dkk., (2021) dalam mengolah limbah laundry menggunakan sistem adsorpsi ketinggian karbon aktif 40 cm dapat menurunkan kadar COD dengan nilai efektivitas sebesar 72,458% dan zeolit 60 cm dengan nilai efektivitas penurunan sebesar 64,55%. Nilai efektivitas penurunan terbaik dicapai pada variasi waktu tinggal 5 jam.

c. Efektivitas Penurunan Kadar Minyak dan Lemak

Hasil pengolahan parameter minyak dan lemak terjadi fluktuatif data pada tiap variasi waktu tinggal yang diujikan. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa nilai konsentrasi minyak dan lemak telah memenuhi batas baku mutu kualitas air Kelas II Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 pada variasi waktu tinggal 3-5 jam. Nilai efektivitas penurunan tertinggi sebesar 52,28% pada variasi waktu 4 jam. Pada variasi waktu 6 jam, terjadi kenaikan nilai konsentrasi minyak dan lemak yang ditunjukkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel-5. Penurunan Kadar Minyak dan Lemak dengan Filtrasi-Adsorpsi Variasi Waktu Tinggal

Waktu Tinggal (jam)	Baku Mutu (mg/L)	Sebelum Diolah (mg/L)	Setelah Diolah (mg/L)	Efektivitas (%)
0	1	2	1,3625	31,88
1			2,6085	-30,43
2			3,009	-50,45
3			0,97	51,50
4			0,9545	52,28
5			1,006	49,70
6			1,0825	45,88

Penelitian oleh Chandra dkk. (2019) menggunakan filter zeolit sebanyak 2 kg berukuran 0,8mm–1,4mm dengan waktu kontak 45 menit dalam mengolah air terproduksi migas menunjukkan efisiensi penurunan kadar minyak dan lemak sebesar 92,59%. Penelitian lain oleh Zaharah & E Moelyani (2017) menggunakan karbon aktif 500 gram yang dimodifikasi pada unit grease trap setinggi 20 cm dapat menurunkan konsentrasi minyak dan lemak dari kadar 88,45 mg/L hingga kadar tidak terdeteksi. Nilai efektivitas penurunan terbaik dicapai pada variasi waktu tinggal 3-5 jam.

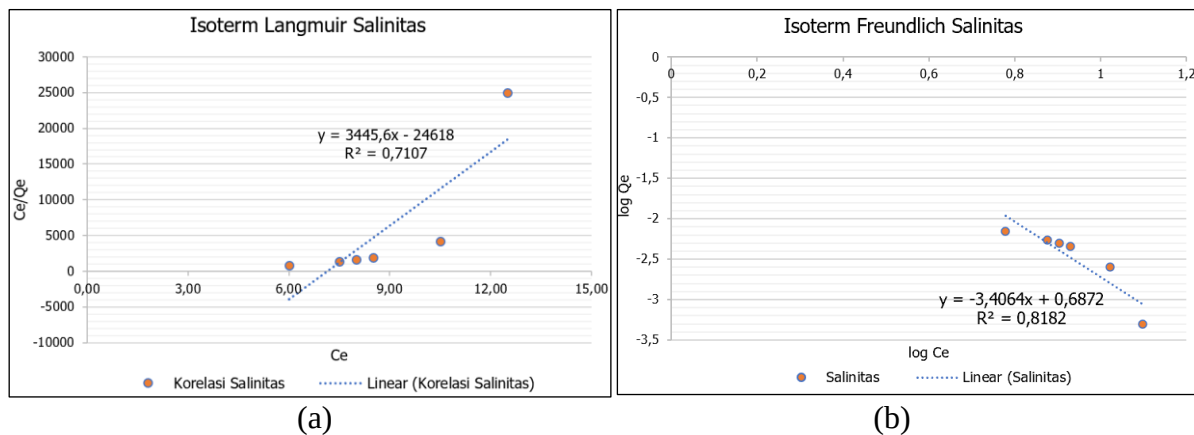
3.3 Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif-Zeolit Aktif

Pendekatan kapasitas adsorpsi berdasarkan nilai penurunan konsentrasi pada tiap parameter dari pengaruh variasi waktu tinggal. Analisis model adsorpsi dilakukan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi dan pola isoterm media dalam mengikat senyawa pada suatu pengolahan air oleh karbon aktif dan zeolit aktif. Model Isoterm Langmuir menunjukkan persamaan nilai konsentrasi adsorben pada kesetimbangan (C_e) dengan hasil perhitungan jumlah adsorbat yang terserap (C_e/Q_e). Pada model Isoterm Freundlich persamaan ditunjukkan dengan nilai y berupa berat zat yang terlarut per gram adsorben ($\log Q_e$) dan x berupa konsentrasi zat terlarut dalam larutan ($\log C_e$). Tiap model adsorpsi dianalisis berdasarkan parameter yang diuji, sehingga pada tiap parameter dapat menunjukkan pola isotermnya.

Penentuan waktu optimal pada penurunan kadar salinitas dapat diperkuat dengan pendekatan daya serap (mg/g) ion-ion garam pada karbon aktif dan zeolit aktif. Daya serap tertinggi terjadi pada variasi waktu 6 jam dengan nilai sebesar 0,007 mg/g. Besar ion-ion yang diserap tiap variasi waktu ditunjukkan pada **Tabel 6** berikut.

Tabel-6. Daya Serap (mg/g) Karbon Aktif dan Zeolit Aktif terhadap Ion-ion Salintas Pada Variasi Waktu

Waktu Tengg (jam)	Salinitas Awal (%)	Salinitas Teradsorpsi (%)	x/m (mg/g)
0	13	16,50	-0,004
1		12,50	0,001
2		10,50	0,003
3		8,50	0,005
4		8,00	0,005
5		7,50	0,006
6		6,00	0,007



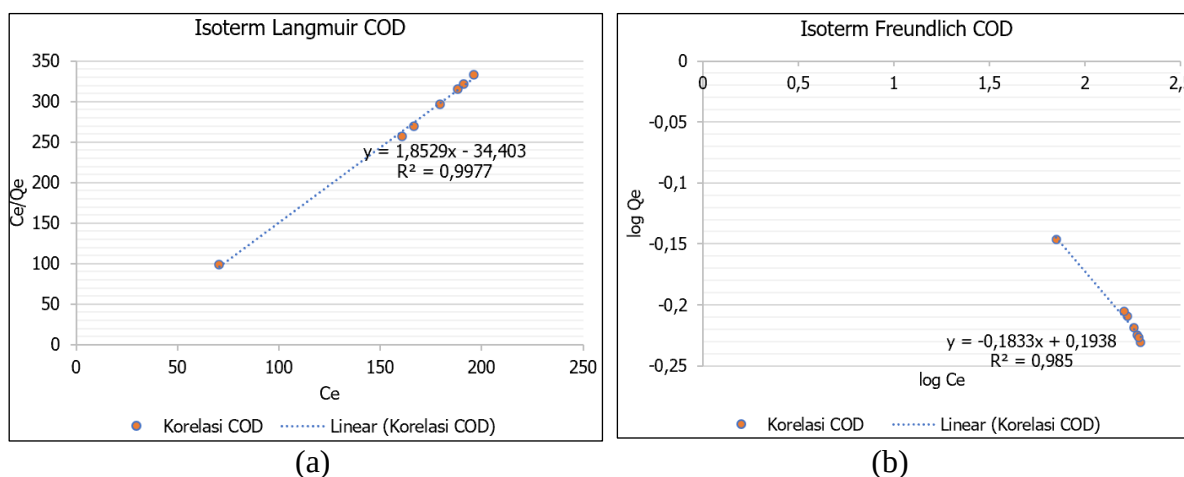
Gambar-3. Kurva Isoterm Adsorpsi Salinitas oleh Karbon Aktif dan Zeolit Aktif
(a) Isoterm Langmuir, (b) Isoterm Freundlich

Hasil linearisasi persamaan reaksi berupa koefisien determinasi (R^2) bermakna apabila mendekati angka 1 dapat dinyatakan bahwa pola isoterm adsorpsi tersebut semakin sesuai. Berdasarkan 2 pendekatan Isoterm tersebut, yang mendekati angka 1 ditunjukkan oleh kapasitas adsorpsi Isoterm Freundlich sebesar 0,8182. Pola adsorpsi Isoterm Freundlich menunjukkan mekanisme proses adsorpsi yang terjadi pada pengolahan air outlet *retention pond* terhadap kadar salinitas, berdasarkan Miri dan Narimo (2022) yakni berupa ion-ion melekat pada permukaan adsorben secara fisika (fisorpsi). Rongga-rongga pada karbon aktif dan zeolit aktif pada Isoterm Freundlich akan bersifat heterogen sehingga ion-ion pada salinitas yang teradsorpsi pada permukaan adsorben membentuk lapisan multilayer. Nilai massa yang dapat teradsorpsi (K_f) dan nilai konstanta adsorpsi (n) secara berurutan menunjukkan nilai sebesar 0,0003923 mg/g dan 1,4552. Nilai konstanta adsorpsi (n) pola Isoterm Freundlich memiliki nilai $n > 1$, sehingga Yang, dkk (2013) menjelaskan mekanisme adsorpsi yang terjadi dalam pengolahan kadar salinitas termasuk karakteristik adsorpsi yang menguntungkan bahwa adsorben karbon aktif dan zeolit aktif berlangsung baik dalam mengadsorb ion-ion salinitas. Kartika dan Amran (2021) menunjukkan bahwa nilai $1/n < 1$ menunjukkan adsorpsi yang terjadi berjalan normal, dimana dengan rentang nilai $0 < 1/n < 1$ menunjukkan heterogenitas permukaan adsorben. Sehingga dapat diidentifikasi bahwa ikatan yang terbentuk lemah, sehingga ion-ion yang terikat mudah untuk terlepas kembali (*reversible*).

Waktu optimal pada penurunan kadar salinitas dapat ditentukan dengan memperkuat dari pendekatan daya serap (mg/g) senyawa-senyawa organik COD pada karbon aktif dan zeolit aktif. Daya serap tertinggi terjadi pada variasi waktu 5 jam dengan nilai sebesar 0,714 mg/g. Besar senyawa-senyawa yang diserap tiap variasi waktu ditunjukkan pada **Tabel 6** berikut.

Tabel-7. Daya Serap (mg/g) Karbon Aktif dan Zeolit Aktif terhadap Senyawa-senyawa Organik COD Pada Variasi Waktu

Waktu Tengg (jam)	COD Awal (%)	COD Teradsorpsi (%)	x/m (mg/g)
0	13	188	0,596
1		196	0,588
2		166,5	0,618
3		179,5	0,605
4		191	0,593
5		70,5	0,714
6		160,5	0,624



Gambar-4. Kurva Isoterm Adsorpsi COD oleh Karbon Aktif dan Zeolit Aktif
(a) Isoterm Langmuir, (b) Isoterm Freundlich

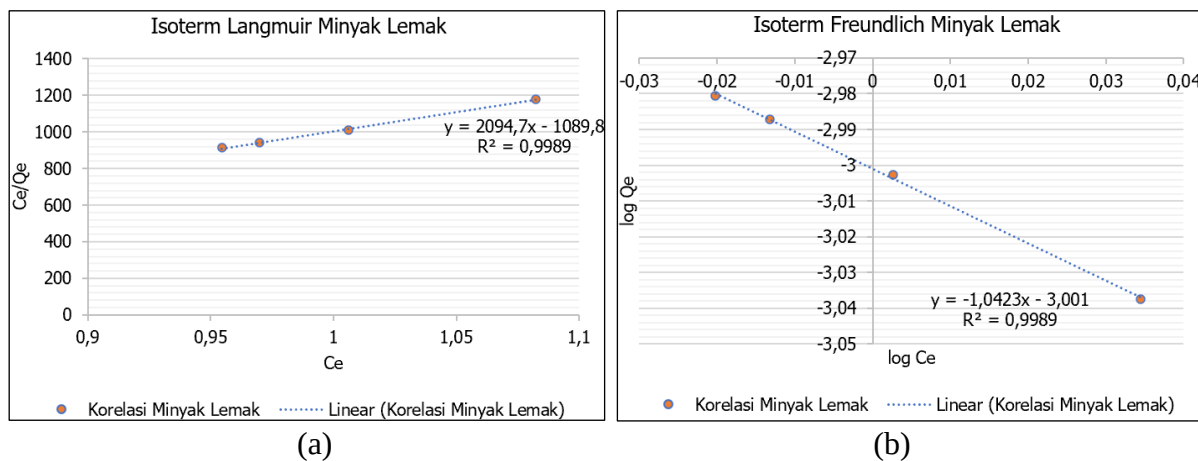
Linearisasi persamaan reaksi berupa koefisien determinasi (R^2) berdasarkan 2 pendekatan Isoterm tersebut, yang mendekati angka 1 ditunjukkan oleh kapasitas adsorpsi Isoterm Langmuir sebesar 0,9977. Pola Isoterm Langmuir menandakan satuan proses adsorpsi yang terjadi memiliki sifat kemisorpsi dan adanya lapisan tunggal yang mengadsorpsi senyawa organik pada permukaan adsorben di suhu yang konstan. Proses adsorpsi kimia terjadi dari ikatan kimia yang kuat antara adsorbat dengan permukaan adsorben, sehingga senyawa organik COD terserap pada lapisan pertama atau monolayer. Sifat heterogen lapisan adsorben dapat diasumsikan adanya perbedaan energi pengikat pada tiap-tiap sisi adsorben saat proses adsorpsi terjadi (Handayani dan Sulistiyono, 2009). Ikatan yang sangat kuat terbentuk antar molekul sehingga akan sangat sulit untuk terlepas kembali (*irreversible*). Kapasitas adsorpsi maksimum (Q_m) menunjukkan nilai 0,5397 mg/g dan koefisien langmuir sebesar 0,05386. Nilai kapasitas adsorpsi maksimum (Q_m) yang dapat dikorelasikan dengan luas permukaan dan volume pori adsorben. Harga nilai Q_m pada pola Isoterm Langmuir semakin besar, menunjukkan bahwa luas permukaan dan volume pori adsorben lebih besar pula.

Parameter minyak dan lemak dalam memperkuat penentuan waktu tinggal optimal dalam pengolahannya dilakukan pula pendekatan daya serap (mg/g) senyawa-senyawa organik minyak dan lemak pada karbon aktif dan zeolit aktif. Daya serap tertinggi terjadi pada variasi waktu 3-5 jam

dengan nilai sebesar 0,001 mg/g. Besar senyawa-senyawa yang diserap tiap variasi waktu ditunjukkan pada **Tabel 7** berikut.

Tabel-8. Daya Serap (mg/g) Karbon Aktif dan Zeolit Aktif terhadap Senyawa-senyawa Organik Minyak Lemak Pada Variasi Waktu

Waktu Tinggal (jam)	Minyak Lemak Awal (‰)	Minyak Lemak Teradsorpsi (‰)	x/m (mg/g)
0	13	1,3625	0,0006
1		2,6085	-0,0006
2		3,009	-0,0010
3		0,97	0,0010
4		0,9545	0,0010
5		1,006	0,0010
6		1,0825	0,0009



Gambar-5. Kurva Isoterm Adsorpsi Minyak Lemak oleh Karbon Aktif dan Zeolit Aktif
(a) Isoterm Langmuir, (b) Isoterm Freundlich

Hasil linearisasi persamaan reaksi berupa koefisien determinasi (R^2) berdasarkan 2 pendekatan Isoterm tersebut, keduanya menunjukkan nilai hampir yang sama dengan nilai paling mendekati yaitu Isoterm Langmuir sebesar 0,998950. Pola Isoterm Langmuir menandakan satuan proses adsorpsi yang terjadi memiliki sifat kemisorpsi dan adanya lapisan tunggal yang mengadsorpsi senyawa organik pada permukaan adsorben di suhu yang konstan. Proses adsorpsi kimia terjadi dari ikatan kimia yang kuat antara adsorbat dengan permukaan adsorben, sehingga senyawa organik minyak dan lemak terserap pada lapisan pertama atau monolayer. Ikatan yang sangat kuat terbentuk antar molekul sehingga akan sangat sulit untuk terlepas kembali (*irreversible*). Kapasitas adsorpsi maksimum (Q_m) menunjukkan nilai 0,0005 mg/g dan koefisien langmuir sebesar 1,9221. Nilai kapasitas adsorpsi maksimum (Q_m) yang dapat dikorelasikan dengan luas permukaan dan volume pori adsorben.

Pengoperasian unit kombinasi filtrasi adsorpsi memiliki beberapa poin penting seperti kapasitas adsorben, waktu regenerasi, dan waktu pengoperasian (Patel, 2019). Perhitungan model Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich dapat menggambarkan kapasitas adsorpsi maksimum yang dimiliki adsorben. Hasil pemodelan ini memberikan detail kesimpulan mengenai mekanisme proses pada adsorben. Berdasarkan kapasitas maksimal adsorben karbon aktif dan zeolit aktif dalam menurunkan kadar salinitas, COD, minyak dan lemak menunjukkan nilai maksimal pada waktu tinggal unit selama 5 jam. Sehingga, dapat ditentukan waktu pengoperasian dan waktu perawatan adsorben.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 KESIMPULAN

Waktu tinggal optimal dalam pengolahan air outlet retention pond parameter salinitas, COD, minyak dan lemak dilakukan selama 5 jam pada unit filtrasi adsorben karbon aktif dan zeolit aktif. Nilai efektivitas penurunan dengan waktu tinggal 5 jam berada pada rentang 52,275%-91,008%. Kapasitas maksimum adsorpsi ion dan senyawa yang teradsorpsi oleh karbon aktif dan zeolit aktif berdasarkan besar penurunan konsentrasinya, berada pada rentang nilai 0,001-0,714 mg/g dengan waktu tinggal 5 jam. Hasil tersebut dapat menjadi acuan dalam melakukan perawatan adsorben.

4.2 SARAN

Pengolahan konsentrasi salinitas selama variasi waktu belum memenuhi batas baku mutu air tawar, sehingga perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut dalam mereduksi kadar salinitas di *retention pond* sebelum dimanfaatkan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai mekanisme yang terjadi pada adsorben menggunakan pengujian *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) atau *Scanning Electron Microscope* (SEM).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada industri pembangkit listrik daerah penelitian, Jurusan Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Yogyakarta, pihak LPPM UPN “Veteran” Yogyakarta atas bantuan dana penelitian, serta seluruh pihak yang telah turut serta dalam pelaksanaan penelitian ini hingga tulisan ini dapat terpublikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arlycka, O., Al-Jabbar, J. L., & Nazar, K. A. (2022). Dampak Limbah Minyak Lemak di Perairan Sungai Pada Kegiatan Industri Minyak dan Gas dan Metode Penanggulangannya. *In Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (Vol. 5, pp. 402-406).
- Chandra, M., Yusuf, M., & Prabu, U. A. (2019). Penggunaan Zeolit dalam Menurunkan Konsentrasi Lemak dan Minyak pada Air Terproduksi Migas. *Jurnal Pertambangan*, 3(4), 23-27.
- Kasifya, E., Triwuri, N. A., & Fadlilah, I. (2023). Desalinasi Air Payau Dengan Metode Adsorpsi-Filtrasi Berbasis Material Spirulina Sp, Zeolit Komersial, Dan Karbon Aktif Komersial. *In Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah* (Vol. 11, Issue 3).
- Handayani, M., & Sulistiyono, E. (2009). Uji persamaan Langmuir dan Freundlich pada penyerapan limbah Chrom (Vi) oleh Zeolit. *In Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR-BATAN Bandung*, 3, 130-136.
- Hosna, I. (2021). Kemampuan Material Zeolit, Karbon Aktif, dan Lempung Untuk Menurunkan Salinitas Air Laut. (Skripsi, Universitas Jember).
- Kasifya, E., Triwuri, N. A., & Fadlilah, I. (2023). Desalinasi Air Payau Dengan Metode Adsorpsi-Filtrasi Berbasis Material Spirulina Sp, Zeolit Komersial, Dan Karbon Aktif Komersial. *In Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah* (Vol. 11, Issue 3).
- Miri, N.S.S. dan Narimo. (2022). Review : Kajian Persamaan Isoterm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (II) dengan Zeolit dan Karbon Aktif dari Biomassa. *JURNAL KIMIA DAN REKAYASA*, 2(2), 58-71.
- Patel, H. (2019). Fixed-bed column adsorption study: a comprehensive review. *Applied Water Science*, 9(3), 45.

- Pramukyana, L., Restanto, D. P., & Wijaya, K. A. (2021). Respon Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) Pada Tingkat Cekaman Salinitas Dengan Aplikasi Kalsium. *Agriprima : Journal of Applied Agricultural Sciences*, 5(2), 86–96.
- Pungut, P., Al Kholif, M., & Pratiwi, W. D. I. (2021). Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) dan Fosfat pada Limbah Laundry dengan Metode Adsorpsi. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(2), 155-165.
- Purwoto, S., & Nugroho, W. (2013). Removal klorida, TDS dan besi pada air payau melalui penukar ion dan filtrasi campuran zeolit aktif dengan karbon aktif. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 11(1), 47-59.
- Ramayanti, D., & Amna, U. (2019). Analisis Parameter COD (Chemical Oxygen Demand) dan pH (potential Hydrogen) Limbah Cair di PT. Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 1(1), 16-21.
- Schubert, H., Schories, D., Schneider, B., & Selig, U. (2017). Brackish water as an environment. *Biological Oceanography of the Baltic Sea*, 3-21. Springer Science & Business Media.
- Tiska, D. F. (2022). Pengolahan Limbah Cair Pencucian Kendaraan Menjadi Air Bersih Dengan Metode Filtrasi Multimedia Menggunakan Aliran Upflow (Skripsi, UIN Ar-Raniry).
- Wadiana, S., Afsari, A., & Iqbal, M. Pengolahan Limbah Cair Pencucian Kendaraan Dengan Menggunakan Metode Kombinasi Adsorpsi Dan Filtrasi. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(2), 493-499.
- Yang, S., Zhao, Y., Chen, R., Feng, C., Zhang, Z., Lei, Z., & Yang, Y. (2013). A novel tablet porous material developed as an adsorbent for phosphate removal and recycling. *Journal of Colloid and Interface Science*, 396, 197–204.
- Zaharah, T. A., & E Moelyani, R. R. (2017). Reduksi minyak, lemak, dan bahan organik limbah rumah makan menggunakan grease trap termodifikasi karbon aktif. *JPLB*, 1(3), 25–32.