



Koefisien Transfer Gas (K_La) Cascade Aerator Berzeolit Pada Penyisihan Besi (Fe) Dari Air Gambut Terhadap Waktu Kontak dan Ukuran Partikel Zeolit

Syarfi Daud¹, Dewi Fitria¹, Sylvia Almaika Rosna¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia
Email: syarfidaud@gmail.com

Abstract

The aim of the research was to study the gas transfer coefficient (K_La) using a cascade aerator combined with zeolite on the removal of Fe in peat water by using variations in contact time of 120 minutes, 150 minutes, 180 minutes and the particle size of zeolite 1/4" (6.30 mm), 8 mesh (2.36mm). The Fe content before the aeration process was 1.351 mg/L. The results showed that the highest gas transfer coefficient (K_La) occurred at a contact time of 120 minutes using 8 mesh size zeolite (2.36 mm) which was 0.1689/minute with an efficiency of Fe removal reaching 78.24%.

Keywords: Peat Water, Aeration, Cascade Aerator, Zeolite, Gas Transfer Coefficient (K_La)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari koefisien transfer gas (K_La) menggunakan cascade aerator yang dikombinasikan zeolit terhadap penyisihan Fe pada air gambut dengan menggunakan variasi waktu kontak 120 menit, 150 menit, 180 menit dan ukuran partikel zeolit ¼" (6,30 mm), 8 mesh (2,36 mm). Kadar Fe sebelum dilakukan proses aerasi adalah 1,351 mg/L. Hasil penelitian didapatkan penurunan kadar Fe tertinggi terjadi pada waktu kontak 120 menit menggunakan zeolit ukuran 8 mesh (2,36 mm) dengan efisiensi sebesar 78,24% dan nilai koefisien transfer gas (K_La) tertinggi terjadi pada waktu kontak 120 menit dengan menggunakan zeolit ukuran 8 mesh (2,36 mm) yaitu sebesar 0,1689/menit.

Kata kunci: Air gambut, Aerasi, Cascade Aerator, Zeolit, Koefisien Transfer Gas (K_La)

1. PENDAHULUAN

Air gambut merupakan air permukaan dari tanah bergambut yang mempunyai karakteristik berwarna coklat tua sampai kehitaman (124–850 PtCo), berkadar organik tinggi (138–1560 mg/L), kadar besi (Fe) >1 mg/L, kadar mangan (Mn) >0,8 mg/L dan bersifat asam (pH 3,7-5,3) yang kurang menguntungkan untuk penyediaan air bersih (Nainggolan dan Susilawati, 2011). Besi (Fe) merupakan jenis logam pengotor yang terdapat dalam air gambut. Adanya kandungan Fe dalam air menyebabkan warna air berubah menjadi kuning-coklat setelah beberapa saat kontak dengan udara. Akumulasi Fe dalam tubuh menyebabkan efek kronik seperti hemakromatosis (kelebihan zat besi yang terakumulasi dalam hati, ginjal, jantung dan pankreas) (Joko, 2010).

Salah satu metode pengolahan air gambut adalah dengan metode aerasi. Aerasi merupakan proses pengolahan dengan cara mengontakkan oksigen ke dalam air di dalam air sehingga oksigen terlarut semakin tinggi dan sehingga dapat membentuk reaksi ion Fe yang akan terdapat endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (Hastutiningrum dkk., 2015). Transfer gas didefinisikan sebagai proses dimana gas dipindahkan dari suatu fase ke fase lainnya, biasanya dari fase gas ke fase cair. Transfer gas melibatkan terjadinya kontak antara udara atau gas lain dengan air yang menyebabkan berpindahnya suatu senyawa dari fase gas ke fase cair atau menguapnya suatu senyawa dari fase cair (dalam bentuk terlarut) menjadi fase gas lepas ke udara. Mekanisme transfer gas terjadi secara difusi (Benefield, 1980).

Salah satu jenis aerator pada proses aerasi adalah *cascade aerator*. *Cascade aerator* digunakan pada penelitian dengan pertimbangan teknis yang cukup sederhana, membutuhkan biaya pembuatan yang rendah dan mudah dilaksanakan, yaitu dengan melewati air pada susunan penampang bertingkat secara gravitasi. Metode ini mampu menaikkan oksigen 60-80% dari jumlah oksigen tertinggi pada air (Hartini, 2012). Dalam penyisihan kadar besi (Fe) *cascade aerator* menggunakan zeolit lebih efektif dibandingkan *cascade aerator* tanpa zeolit (Nasution, 2018). Zeolit memiliki fungsi sebagai adsorben untuk menyerap kadar logam yang terdapat dalam air. Penggunaan zeolit sebagai media kontak pada proses aerasi dapat meningkatkan efisiensi *cascade aerator*.

Fungsi utama aerasi dalam pengolahan air adalah melarutkan oksigen ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air. Faktor-faktor yang mempengaruhi perpindahan oksigen dalam proses aerasi diantaranya yaitu (Benefield, 1980):

1. Suhu

Koefisien transfer gas (K_La) meningkat seiring dengan kenaikan suhu, karena suhu dalam air akan mempengaruhi tingkat difusi, tegangan permukaan dan kekentalan air. Kemampuan difusi oksigen meningkat dengan peningkatan suhu, sedang tegangan permukaan dan kekentalan menurun seiring dengan kenaikan suhu.

2. Kejenuhan Oksigen

Konsentrasi jenuh oksigen (C_s) di dalam air tergantung pada suhu dan tekanan parsial oksigen yang berkontak dengan air. Secara teoritis konsentrasi oksigen terlarut dalam air pada tekanan 760 mmHg dapat diketahui melalui Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Konsentrasi Oksigen Terlarut Jenuh pada Tekanan 760 mmHg

Suhu	DO
23	8,68
24	8,53
25	8,38
26	8,22
27	8,07
28	7,92
29	7,77
30	7,63

Sumber : Benefield L.D & Randall (1980)

4. Karakteristik Air

Dalam praktik ada perbedaan nilai K_La untuk air bersih dengan K_La air limbah yang mengandung materi tersuspensi, surfaktan (detergen) dalam larutan dan perbedaan temperatur. Faktor-faktor ini juga mempengaruhi nilai C_s .

5. Turbulensi Air

Turbulensi akan menurunkan derajat tahanan liquid – film, laju perpindahan masa oksigen karena terjadi percepatan laju pergantian permukaan bidang kontak, yang berakibat pada defisit oksigen

(*driving-force*, ΔC) tetap terjaga konstan, serta akan meningkatkan nilai koefisien perpindahan oksigen (K_La).

Bila permukaan air dipaparkan dengan udara atau gas dan belum terjadi kesetimbangan sebelumnya, maka secara serentak dan segera pada bidang kontak antar fase akan terjadi kejenuhan dengan gas dan gas ditransportasikan ke badan air dengan proses difusi molekuler (Benefield, 1980):

Hubungan antara konsentrasi dengan waktu dinyatakan dengan persamaan berikut (Metcalf dan Eddy, 2003):

$$\frac{dc}{dt} = K_La (C_s - C) \quad (1)$$

Dimana:

$\frac{dc}{dt}$ = Gradient konsentrasi

K_La = Koefisien transfer total, jam^{-1}

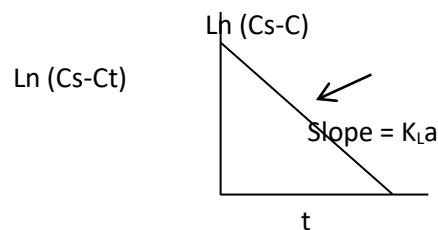
C_s = Konsentrasi gas jenuh, mg/l

C = Konsentrasi gas di cairan, mg/l

K_La merupakan koefisien transfer gas secara keseluruhan dan memiliki satuan perwaktu (time^{-1}). Nilai K_La dapat ditentukan dalam skala percobaan dengan melakukan integrasi terhadap persamaan (1) sehingga diperoleh persamaan garis lurus sebagai berikut:

$$\ln (C_s - C_t) = \ln (C_s - C_0) - K_La \cdot t \quad (2)$$

Dari data percobaan dengan konsentrasi awal oksigen C_s dan konsentrasi oksigen dalam interval waktu percobaan C , kemudian dapat di plot ke dalam grafik $\ln (C_s - C)$ Vs time (t), maka diperoleh garis lurus dengan besarnya sudut arah (*slope*) adalah K_La (Benefield, 1980). Hubungan antara $\ln (C_s - C)$ terhadap waktu untuk mendapatkan nilai koefisien transfer gas (K_La) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan $\ln (C_s - C_t)$ terhadap t

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari koefisien transfer gas (K_La) pada penyisihan Fe dari air gambut terhadap waktu kontak dan ukuran partikel zeolit.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan Penelitian

Sampel yang digunakan adalah air gambut dan zeolit.

2.2 Alat Penelitian

Alat utama yang digunakan adalah *cascade aerator* dari kaca akrilik, pompa akuarium, bak penampung 1 berkapasitas 30 liter dilengkapi kran, bak penampung 2 berkapasitas 30 liter dan selang air. Alat analisa yang digunakan yaitu *atomic absorption spectrophotometer* (AAS). Alat pendukung penelitian yaitu pipet gondok, bola hisap, DO meter, termometer dan jaring pembungkus zeolit.

2.3 Variabel Penelitian

2.3.1 Variabel Bebas

1. Waktu kontak 120 menit, 150 menit dan 180 menit

2. Ukuran partikel zeolit 1/4" (6,30 mm) dan 8 mesh (2,36 mm)

2.3.2 Variabel Tetap

1. Luas permukaan *cascade aerator* 1000 cm² yang terdiri dari 10 step dengan panjang 50 cm, lebar 20 cm, tinggi step 15 cm dan total tinggi *cascade aerator* 1,5 meter
2. Debit 90 ml/s
3. Volume umpan masing-masing 30 liter
4. Waktu pengendapan 10 menit

2.4 Pelaksanaan Penelitian

Tahapan penelitian pada *cascade aerator* adalah sebagai berikut:

1. Air gambut sebanyak 30 liter dimasukkan ke dalam bak penampung 1.
2. Zeolit yang telah dibungkus dengan jaring diletakkan pada setiap step *cascade aerator*.
3. Kran pada bak penampung 1 dibuka dan diatur debitnya 90 ml/s untuk mengalirkan air yang dihubungkan pada tiap step *cascade aerator*.
4. Waktu kontak divariasikan 120 menit, 150 menit dan 180 menit untuk dilakukan resirkulasi air yang melewati setiap step pada *cascade aerator*.
5. Diukur nilai DO selama proses aerasi berlangsung per 30 menit.
6. Air yang telah melewati setiap step tangga kemudian ditampung pada bak penampung 2, diamkan selama 10 menit, proses ini berlaku untuk variasi waktu kontak dan variasi diameter zeolit.
7. Dianalisis konsentrasi besi (Fe) dan dihitung efisiensinya.

2.5 Analisis Data

Data pengukuran suhu selama proses aerasi digunakan untuk menentukan nilai Cs. Nilai koefisien transfer gas (K_La) pada masing-masing percobaan diolah dengan menghitung nilai selisih konsentrasi DO jenuh dengan konsentrasi DO pada waktu tertentu ($C_s - C$). Fungsi $\ln(C_s - C)$ dan waktupengukuran diplotkan kedalam grafik untuk menentukan nilai K_La , seperti yang terlihat pada Gambar 1. Nilai K_La sama dengan besarnya nilai kemiringan (*slope*) garis linier yang terbentuk. Sampel air gambut setelah proses aerasi dianalisis dan dihitung efisiensinya menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi Fe(\%)} = \frac{(C_{in} - C_{out})}{(C_{in})} \times 100\% \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Sampel Air Gambut

Uji sampel dilakukan untuk mengetahui kandungan Fe air gambut.

Tabel 2 Hasil Sampel Air Gambut

Parameter	Konsentrasi Awal	Standar Baku Mutu ⁽³⁾	Satuan
Besi (Fe)	1,351 ⁽¹⁾	1	mg/L
DO	3,2 ⁽²⁾	≥4	mg/L
pH	4,0 ⁽²⁾	6,5-8,5	-
Suhu	27 ⁽²⁾		°C

Sumber: ⁽¹⁾ Hasil Uji Laboratorium Kesehatan dan Lingkungan

⁽²⁾ Hasil Analisa, 2022

⁽³⁾ Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan sampel air gambut untuk parameter besi (Fe), DO dan pH pada air gambut melebihi baku mutu.

Koefisien Transfer Gas (K_La)

Koefisien transfer gas (K_La) merupakan koefisien transfer gas secara keseluruhan yang memiliki satuan per waktu (time). Pada perhitungan nilai K_La diperlukan data primer konsentrasi DO (mg/L), suhu air ($^{\circ}C$), dan tekanan udara (mmHg). Data konsentrasi DO selama percobaan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Konsentrasi DO saat Proses Aerasi

Perlakuan	Waktu (Menit)	Konsentrasi DO (mg/L)	
		Zeolit $\frac{1}{4}$ " (6,30 mm)	Zeolit 8 mesh (2,36 mm)
Waktu kontak 120 menit	0	3,4	4,2
	30	3,5	5,5
	60	3,6	5,6
	90	3,8	5,8
	120	4,0	6,3
Waktu kontak 150 menit	0	3,5	5,8
	30	4,3	6,0
	60	4,4	6,2
	90	4,7	6,3
	120	4,8	6,4
Waktu kontak 180 menit	150	5,1	6,6
	0	4,1	4,7
	30	5,3	5,9
	60	5,4	6,3
	90	5,5	6,4
	120	5,6	6,4
	150	5,8	6,5
	180	6,0	6,7

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa konsentrasi DO setiap percobaan relatif naik. Konsentrasi DO dihitung per 30 menit dengan variasi waktu yang telah ditetapkan. Tujuannya untuk mengetahui nilai DO pada setiap percobaan diharapkan mendapatkan nilai yang baik. Pada percobaan menggunakan zeolit ukuran $\frac{1}{4}$ " (6,30 mm) didapatkan konsentrasi DO tertinggi adalah 6,0 mg/L pada waktu kontak 180 menit, sedangkan pada percobaan menggunakan zeolit ukuran 8 mesh (2,36 mm) konsentrasi DO tertinggi yaitu 6,7 mg/L pada waktu kontak 180 menit.

Pada penelitian dilakukan pengukuran nilai suhu untuk mendapatkan nilai C_s , dimana nilai C_s digunakan untuk menghitung nilai koefisien transfer gas (K_La). Nilai suhu pada air gambut padamasing-masing percobaan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Suhu penelitian

Waktu Kontak	Suhu ($^{\circ}C$)	
	Zeolit $\frac{1}{4}$ " (6,30 mm)	Zeolit 8 mesh (2,36 mm)
120 menit	27	27
150 menit	28	27
180 menit	28	29

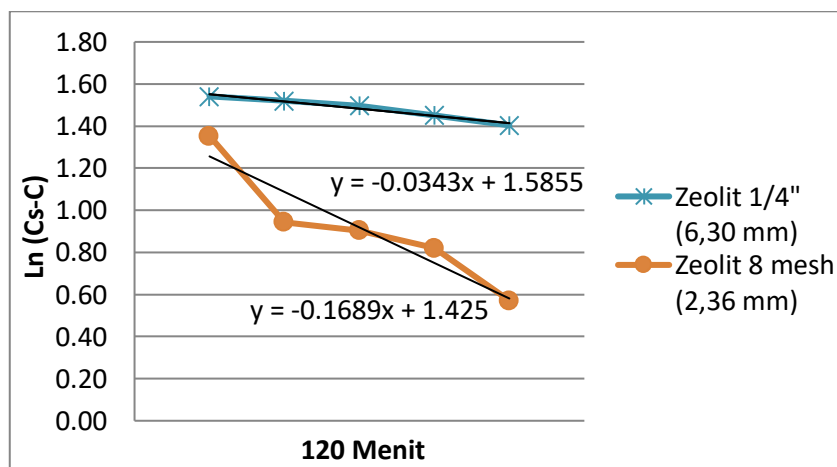
Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan nilai suhu yang didapatkan diatas maka dapat diketahui nilai Cs pada masing-masing suhu. Hasil perhitungan nilai Cs dan Ln (Cs-C) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Perhitungan Nilai Ln (Cs-C)

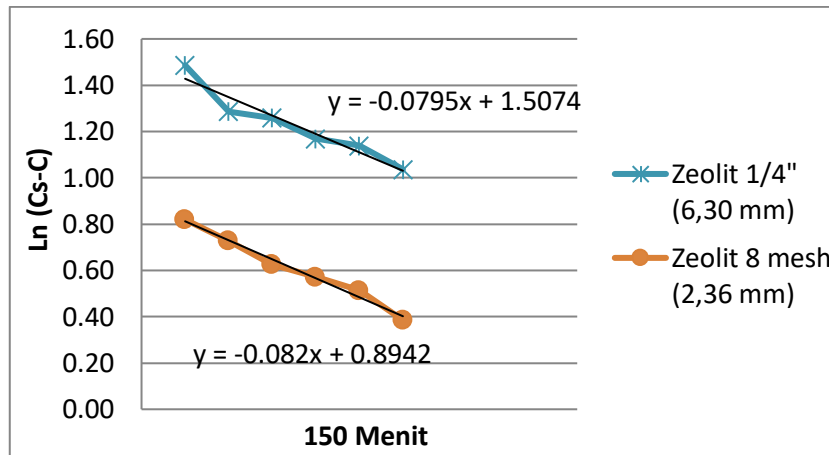
Waktu Kontak	Waktu (Menit)	Konsentrasi DO (mg/L)		Ln (Cs-C)	
		Zeolit ¼" (6,30 mm)	Zeolit 8 mesh (2,36 mm)	Zeolit ¼" (6,30 mm)	Zeolit 8 mesh (2,36 mm)
120 menit	0	3,4	4,2	1,54	1,35
	30	3,5	5,5	1,52	0,94
	60	3,6	5,6	1,50	0,90
	90	3,8	5,8	1,45	0,82
	120	4,0	6,3	1,40	0,57
150 menit	0	3,5	5,8	1,49	0,82
	30	4,3	6,0	1,29	0,73
	60	4,4	6,2	1,26	0,63
	90	4,7	6,3	1,17	0,57
	120	4,8	6,4	1,14	0,51
180 menit	150	5,1	6,6	1,04	0,39
	0	4,1	4,7	1,34	1,12
	30	5,3	5,9	0,96	0,63
	60	5,4	6,3	0,92	0,39
	90	5,5	6,4	0,88	0,31
	120	5,6	6,4	0,84	0,31
	150	5,8	6,5	0,75	0,24
	180	6,0	6,7	0,65	0,07

Berdasarkan Tabel 5 didapatkan nilai Ln (Cs-C) pada setiap percobaan terjadi penurunan. Hal ini dikarenakan konsentrasi DO relatif meningkat terhadap waktu saataerasi. Kondisi ini menandakan terjadinya proses transfer gas selama proses aerasi, sesuai dengan pernyataan Benefield (1980) bahwa difusi terjadi antara udara dan air saat butiran air jatuh dari setiap step. Kemudian nilai Ln (Cs-C) diplotkan kedalam grafik untuk mendapatkan nilai $K_L a$. Grafik $K_L a$ dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4.



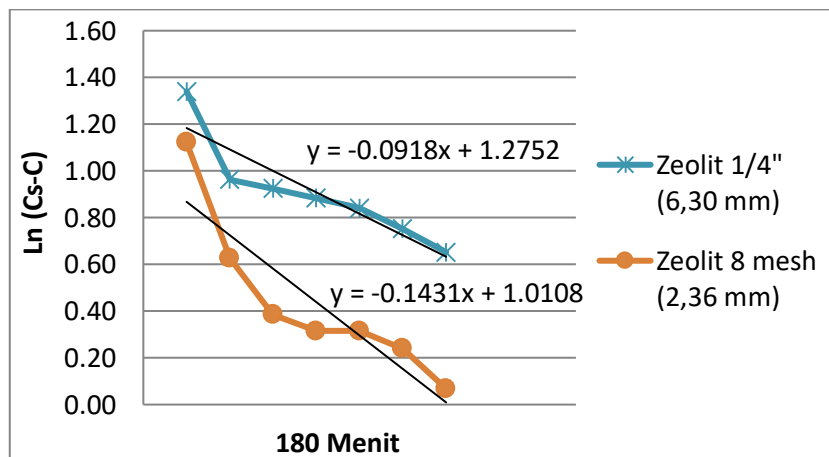
Gambar 2 Grafik $K_L a$ pada waktu kontak 120 menit

Pada Gambar 2 terlihat penurunan nilai $\ln (C_s-C)$ menggunakan zeolit $\frac{1}{4}$ " dari 1,54 mg/L ke 1,40 mg/L dengan nilai K_{La} sebesar 0,0353 menit dan zeolit 8 mesh dari 1,35 mg/L ke 0,57 mg/L dengan nilai K_{La} sebesar 0,1689 menit.



Gambar 3 Grafik K_{La} pada waktu kontak 150 menit

Pada Gambar 3 terlihat penurunan nilai $\ln (C_s-C)$ menggunakan zeolit $\frac{1}{4}$ " dari 1,49 mg/L ke 1,04 mg/L dengan nilai K_{La} sebesar 0,0795 menit dan zeolit 8 mesh dari 0,82 mg/L ke 0,39 mg/L dengan nilai K_{La} sebesar 0,082 menit.



Gambar 4 Grafik K_{La} pada waktu kontak 180 menit

Pada Gambar 4 terlihat penurunan nilai $\ln (C_s-C)$ menggunakan zeolit $\frac{1}{4}$ " dari 1,34 mg/L ke 0,65 mg/L dengan nilai K_{La} sebesar 0,0918 menit dan zeolit 8 mesh dari 1,12 mg/L ke 0,07 mg/L dengan nilai K_{La} sebesar 0,1431 menit. Nilai K_{La} untuk masing-masing percobaan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Nilai K_{La}

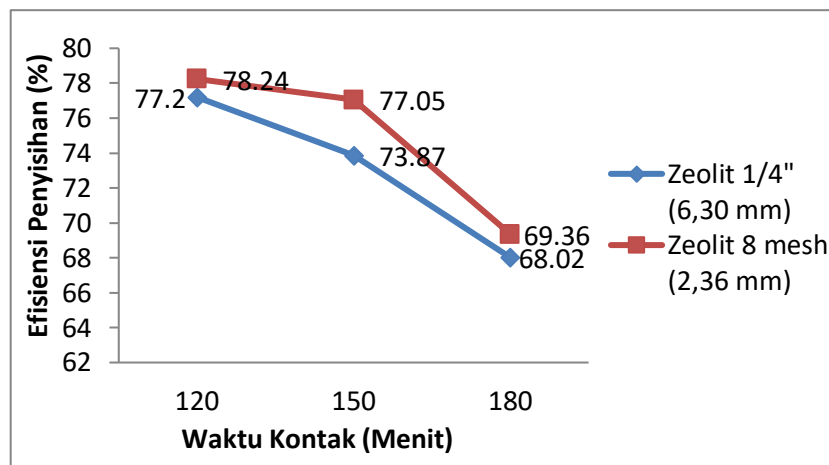
Percobaan	Nilai K_{La} (Menit)	
	Zeolit $\frac{1}{4}$ " (6,30 mm)	Zeolit 8 mesh(2,36 mm)
120 menit	0,0343	0,1689
150 menit	0,0795	0,082
180 menit	0,0918	0,1431

Berdasarkan Tabel 6 didapatkan bahwa nilai K_{La} tertinggi terjadi pada percobaan waktu kontak 120 menit dengan menggunakan zeolit ukuran 8 mesh (2,36 mm) yaitu sebesar 0,1689/menit. Sedangkan nilai K_{La} terendah terjadi pada waktu kontak 120 menit dengan menggunakan zeolit ukuran $\frac{1}{4}$ " (6,30 mm).

Nilai (K_La) yang didapatkan pada penelitian mengalami fluktuasi. Hal tersebut dipengaruhi oleh nilai $\ln(C_s - C)$, yang mana C_s adalah konsentrasi jenuh oksigen pada tekanan standar dan C adalah banyaknya konsentrasi oksigen saat proses aerasi. Perpindahan oksigen pada *cascade aerator* dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya yaitu waktu kontak. Pada proses aerasi telah meningkatkan oksigen terlarut, maka selisih yang dihasilkan ($C_s - C$) akan semakin kecil sehingga membuat grafik K_La menurun seiring dengan bertambahnya waktu. Selain itu, grafik K_La yang semakin menurun menyatakan bahwa kondisi oksigen dalam air semakin lama akan mendekati kondisi jenuh atau dengan kata lain konsentrasi DO relatif meningkat terhadap waktu saat aerasi.

Pengaruh Waktu Kontak dan Ukuran Zeolit Terhadap Efisiensi Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Gambut

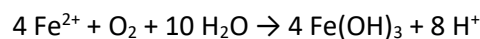
Penyisihan besi (Fe) terhadap waktu kontak dan ukuran partikel zeolit setelah proses aerasi menggunakan *cascade aerator* 10 step dengan luas 1000 cm², debit 90 ml/s, waktu pengendapan selama 10 menit dengan menggunakan volume umpan masing-masing 30 liter dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik Hubungan Waktu Kontak dan Ukuran Partikel Zeolit Terhadap Efisiensi Besi (Fe)

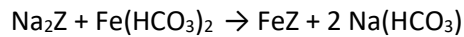
Pada Gambar 5 dapat dilihat semakin lama waktu kontak maka semakin rendah efisiensi Fe yang didapatkan dan semakin kecil ukuran partikel zeolit yang digunakan maka semakin tinggi efisiensi penyisihan Fe pada air gambut. Hal ini dapat disebabkan semakin bertambahnya waktu, maka konsentrasi oksigen pada *cascade aerator* sudah mencapai titik jenuh. Efisiensi penyisihan kadar besi menggunakan zeolit ukuran 1/4" terjadi pada rentang 77,2%-68,02% dan zeolit ukuran 8 mesh terjadi pada rentang 78,24%-69,36%. Efisiensi Fe tertinggi terjadi pada waktu kontak 120 menit menggunakan zeolit 8 mesh (2,36 mm) dari konsentrasi Fe awal 1,351 mg/L menjadi 0,294 mg/L dengan efisiensi mencapai 78,24%.

Proses aerasi menggunakan *cascade aerator* dapat meningkatkan waktu kontak dan perbandingan antara volume dan area yang diperoleh dengan membiarkan air mengalir ke bawah diatas suatu rangkaian antara dinding-dinding. *Cascade aerator* dapat membantu memberikan supply udara sehingga terjadi ikatan ion Fe dengan oksigen yang akan membentuk partikulat-partikulat. Hidroksida besi (valensi 2) mempunyai kelarutan yang cukup besar, sehingga jika terus dilakukan oksidasi dengan udara atau aerasi akan terjadi reaksi (ion) sebagai berikut:



Sesuai reaksi tersebut, maka untuk mengoksidasi setiap 1 mg/l zat besi dibutuhkan 0,14 mg/l oksigen

Selain proses aerasi yang berkontak langsung dengan udara, air gambut juga berkontak langsung dengan zeolit. Bila zeolit digunakan dalam pengolahan air yang mengandung besi (Fe), maka akan terjadi reaksi pertukaran ion sebagai berikut:



Prinsipnya semakin lama air berkontak dengan zeolit maka efisiensi penyisihan Fe akan semakin besar. Sejalan dengan penelitian Sari dan Karnaningroem (2016) yang melakukan penyisihan logam besi (Fe) menggunakan *cascade aerator* dan rapid sand filter pada air sumur gali menyatakan bahwa mangan zeolit mempunyai 3 fungsi yaitu sebagai adsorben, oksidan dan penukar ion. Penyisihan logam besi (Fe) pada air gambut dalam proses adsorpsi, lamanya waktu kontak dapat mempengaruhi turunnya konsentrasi ion logam yang terdapat dalam air. Dimana waktu kontak merupakan lamanya kontak antara adsorben (zeolit) dengan adsorbat (logam Fe). Namun, semakin lama berkontak dengan zeolit dapat menurunkan efisiensi, hal ini dikarenakan jenuhnya adsorben sehingga tidak bisa menyerap ion lebih banyak lagi.

Tingkat efisiensi penyisihan Fe menggunakan zeolit 8 mesh (2,36 mm) lebih tinggi dibandingkan menggunakan zeolit ukuran ¼" (6,30 mm). Hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran butir zeolit, maka semakin luas permukaannya, sehingga bidang kontak antara zeolit dengan logam besi dalam air juga semakin besar. Luasnya bidang kontak ini akan berdampak pada banyaknya logam besi yang terserap pada permukaan zeolit. Zeolit yang berdiameter lebih kecil memiliki pori penyerap yang lebih banyak. Pori-pori ini yang nantinya akan menyerap sejumlah logam besi sehingga semakin banyaknya pori-pori yang ada didalam bahan adsorben, maka semakin besar efisiensi penyerapan Fe air gambut. Kondisi ini membuktikan bahwa daya adsorpsi zeolit salah satunya dipengaruhi oleh ukuran butiran zeolit yang digunakan. Hal ini sejalan dengan penelitian Khimayah (2015) yang memvariasikan diameter zeolit 0,1-0,5 mm, 0,5-1 mm, 1,1-2,8 mm dan 2,8-4,75 mm untuk menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur gali. Efisiensi penyisihan Fe tertinggi sebesar 86,73% dengan diameter zeolit 0,1-0,5 mm.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien transfer gas ($K_L a$) tertinggi terjadi pada waktu kontak 120 menit dengan menggunakan zeolit ukuran 8 mesh (2,36 mm) yaitu sebesar 0,1689/menit dengan efisiensi penyisihan Fe mencapai 78,24%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bennefield, L.D., & Randall, C. W. (1980). *Biological Process Design for Wastewater Treatment*. Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, NJ 07632.
- Hartini, E. (2012). *Cascade Aerator* dan *Bubble Aerator* dalam Menurunkan Kadar Mangan Air Sumur Gali. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 8 (1), 42-50.
- Hastutiningrum, S., Purnawan., & Nurmaitawati, E. (2015). Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air Tanah dengan Metode Aerasi Conventional Cascade dan Aerasi Vertical Buffle Channel Cascade. *Jurnal IST AKPRINDYogyakarta*, 1-6, ISSN 1693-4393.
- Joko, T. (2010). *Unit Produksi Dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Khimayah. (2015). Variasi Diameter Zeolit Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali (Studi Kasus Pada Sumur Gali Desa Ladoyong Kecamatan Ambarawa Kabupaten Semarang), *Jurnal Lesehatan Masyarakat*, 3(1), 523-532.
- Metcalf & Eddy Inc. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse* (4th ed.). McGraw-Hill Published Companies.
- Nainggolan, H & Susilawati. (2011). *Pengolahan Limbah Cair Industri Perkebunan dan Air Gambut Menjadi Air Bersih*. Medan : USU Press.

- Nasution, M. F. (2018). Pengaruh Cascade Aerator dengan Kombinasi Saringan Pasir, Karbon Aktif dan Zeolit dalam Menurunkan Kadar Fe dan Mn di Kelurahan Dwikora Kecamatan Medan Helvetia Kota Medan. *Skripsi*, USU, Medan.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang *Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum*. Jakarta: Kementrian Kesehatan Republik Indonesia.
- Sari, W.K., & Karnaningroem, N. (2016). Studi Penurunan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Dengan Menggunakan Cascade Aerator dan Rapid Sand Filter Pada Air Sumur Gali. Institut Teknologi Surabaya