

## Penurunan Kadar Besi Dengan Variasi Luas Trap *Cascade Aerator* Dan Debit Pada Air Gambut

Muhammad Irwan Syahputra<sup>1)</sup>, Syarfi Daud<sup>2)</sup>, Dewi Fitria<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, <sup>2)</sup>Dosen Teknik Lingkungan  
Laboratorium Pengendalian dan Pencegahan Pencemaran Lingkungan  
Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5. Simpang Baru, Panam  
Pekanbaru, 28291

Email : [m.irwansyah0211@gmail.com](mailto:m.irwansyah0211@gmail.com)

### ABSTRACT

*Fe content is a metal that is quite high in peat water. One technology that can be applied to remove Fe content is aeration. Aeration is the process of adding oxygen to water so that it can cause Fe oxidation reaction which will then cause Fe(OH)<sub>3</sub> deposition. This study aims to determine the ability of the cascade aerator to remove Fe content in peat water with discharge variations of 4, 4,5, and 5 l/min with a variation of the trap area of 1,8 m<sup>2</sup> and 2 m<sup>2</sup>. Also calculated is the value of the gas transfer coefficient (KLa) in the aeration process using a cascade aerator. Fe content before aeration was 1,22 mg/l. The results showed that the highest efficiency of removal of Fe content occurred at a discharge of 5 l/minute at a trap area of 2 m<sup>2</sup> with an efficiency of 81,16%. The highest gas transfer coefficient value was obtained at a discharge of 5 l/minute on a 2 m<sup>2</sup> trap area of 0,111/minute. The research results obtained have met the clean water quality standards PERMENKES RI No. 32 years 2017.*

**Keywords:** *Cascade Aerator, Iron (Fe), Discharge, Trap Area, The Coefficient Of Gas Transfer (KLa).*

### I. PENDAHULUAN

Air gambut di Indonesia merupakan salah satu sumber daya air yang masih banyak. Pusat Sumber Daya Geologi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral melaporkan bahwa sumber daya lahan gambut di Indonesia mencakup luas 26 juta ha yang salah satunya tersebar di Pulau Sumatra (Tjahjono, 2007). Air gambut secara kuantitatif sangat potensial untuk dikelola sebagai sumber daya air yang dapat diolah menjadi air bersih.

Namun secara kualitatif, penggunaan air gambut masih banyak mengalami kendala. Beberapa kendala penggunaannya sebagai air bersih adalah warna, tingkat kekeruhan, dan zat organik yang tinggi sehingga sangat tidak layak untuk digunakan sebagai air bersih (Erlani, 2011).

Air gambut merupakan air permukaan yang banyak mengandung logam seperti Fe. Logam Fe merupakan salah satu jenis logam berat esensial dimana dalam jumlah tertentu dibutuhkan

oleh makhluk hidup. Namun kadar Fe jika melebihi baku mutu dapat berdampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat (Rachmawati dkk, 2016). Kadar logam Fe pada air gambut tidak memenuhi persyaratan kualitas air bersih yang distandarkan oleh Departemen Kesehatan RI melalui Permenkes No. 32 tahun 2017, sehingga perlu pengolahan khusus sebelum digunakan (Al-Hafizd, 2020).

Salah satu cara pengolahan air dengan kadar Fe yang tinggi adalah proses aerasi. Aerasi merupakan proses pengolahan air dengan melarutkan oksigen kedalam air sehingga oksigen terlarut didalam air semakin tinggi. Beberapa jenis metode aerasi yang sering digunakan yaitu *Spray Aerator* yaitu menyemprotkan air ke udara dengan menggunakan pipa yang dilengkapi dengan *nossel*. Ujung pipa dengan diameter antara 25–45 mm, pipa-pipa ditempatkan diatas kolam yang cukup luas untuk menampung semburan air. *Tray aerator*, terdiri dari penampang yang susunannya sangat sederhana dan tidak mahal serta memerlukan ruang yang kecil. Dasar penampang dilubangi dengan diameter 5–12 mm pada jarak 30 menembus deretan penampang yang berlubang-lubang, dari sini percikan-percikan turun kebawah dengan kecepatan 0,02 m<sup>3</sup>/detik. *Tray* biasanya dibangun bersusun ke atas antara 4–6 susun tray dengan ketinggian 1,2–3 meter. *Cascade aerator* pada dasarnya terdiri atas 4–6 step/tangga, setiap step kira-kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira 0,01 m<sup>3</sup>/detik. Untuk menghilangkan gerakan putaran (*turbulence*) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering ditepi peralatan pada setiap step (Hartini, 2012).

*Cascade aerator* merupakan salah satu dari tipe gravity aerator yaitu jenis aerasi yang cara kerjanya berdasarkan daya gravitasi. Air yang akan diaerasi akan mengalir secara gravitasi karena beda ketinggian dari step satu ke step yang lain dalam *cascade aerator*. Pada aerator ini air dijatuhkan ke permukaan serial undakan untuk menghasilkan turbulensi dan menimbulkan percikan butiran air. Proses aerasinya akan makin bagus jika ukuran butir airnya semakin kecil (Erlani, 2011).

Pada penelitian ini dipilih teknik aerasi bentuk *cascade aerator* dengan pertimbangan bahwa teknik ini cukup sederhana, biaya pembuatannya tidak terlalu mahal, mudah dilaksanakan dan mampu menaikkan oksigen 60-80% dari jumlah oksigen yang tertinggi pada air (Erlani,2011). Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka dalam penelitian ini akan dilihat pengaruh penurunan kadar Fe dengan variasi luas trap *cascade aerator* dan debit pada air gambut yang diharapkan akan meningkatkan penyisihan kadar Fe sesuai baku mutu berdasarkan PERMENKES RI Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air gambut yang diambil dari Jalan Raya Pekanbaru-Bangkinang, Rimbo Panjang, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar.

### 2. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini berupa, kran, desain *Cascade Aerator* dari kaca akrilik, pompa akuarium, bak penampung 1 berkapasitas

30 liter, bak penampung 2 berkapasitas 30 liter, jerigen, *Atomic Absorption Spectrophotometer*, pipet gondok, DO meter dan bola hisap.

### 3. Variabel Penelitian

#### Variabel tetap

Jumlah step *cascade aerator* sebanyak 10 step dan waktu kontak selama 120 menit.

#### Variabel bebas

- 1) Variabel bebasnya adalah luas trap *cascade aerator* dengan ukuran:
  - 1,8 m<sup>2</sup> terdiri dari 10 step dengan panjang 60 cm, lebar 13 cm, tinggi step 17 cm.
  - 2 m<sup>2</sup> terdiri dari 10 step dengan panjang 50 cm, lebar 20 cm, tinggi step 20 cm.
- 2) Debit dengan variasi :
  - 4,0 l/menit.
  - 4,5 l/menit.
  - 5,0 l/menit.

### 4. Prosedur Penelitian

Penelitian utama dilakukan dengan variasi luas trap *cascade aerator* dan debit. Tahapan kerja *cascade aerator* :

- 1) Air gambut dimasukkan kedalam bak penampungan 1.
- 2) Kran pada bak penampung 1 dibuka untuk mengalirkan air yang dihubungkan pada tiap step *cascade aerator*.
- 3) Dilakukan resirkulasi selama 120 menit, dan setelah selesai diamkan selama 10 menit dalam bak penampungan akhir
- 4) Tentukan kadar Fe, hitung besar efisiensinya.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Kadar Fe Awal Air Gambut

Hasil uji analisa laboratorium yang telah dilakukan terhadap sampel air

gambut sebelum dilakukan pengolahan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Kadar Fe Pada Air Gambut

Parameter	Konsentrasi Awal	Standar Baku Mutu <sup>(2)</sup>	Satuan
Besi (Fe)	1,22 <sup>(1)</sup>	1	Mg/l

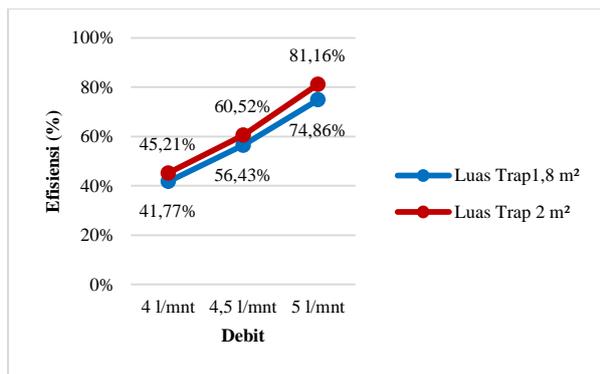
Sumber : <sup>(1)</sup> Hasil Uji Laboratorium Pengujian dan Analisis Kimia, 2021

<sup>(2)</sup> Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017

Tabel 1. menunjukkan konsentrasi kadar besi (Fe) pada air gambut melebihi standar baku mutu untuk keperluan *higiene sanitasi* sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017, oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut agar air gambut yang akan digunakan sebagai sumber air bersih memenuhi standar baku mutu.

### Pengaruh Debit dan Luas Trap Terhadap Efisiensi Penurunan Kadar Fe

*Cascade aerator* merupakan salah satu alat proses aerasi yang mampu menurunkan kadar logam dalam air seperti Fe dengan menggunakan variasi debit dan luas trap. Semakin besar debit yang digunakan dan semakin luas permukaan maka semakin bagus hasil yang diperoleh dikarenakan terjadi turbulensi dan luas kontak terhadap air dan oksigen. Prinsip kerja *cascade aerator* adalah melewatkan air pada plat atau lempengan yang disusun berbentuk anak tangga. Penurunan Fe terhadap luas dan debit setelah dilakukan sirkulasi selama 120 menit dengan *cascade aerator* 10 step dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Hubungan Debit dan Luas Trap Dengan Efisiensi Kadar Fe

Gambar 1. menunjukkan pengaruh debit dan luas trap terhadap efisiensi kadar Fe. Berdasarkan gambar tersebut diketahui bahwa efisiensi penurunan kadar Fe pada luas 1,8 m<sup>2</sup> terjadi pada debit 5 l/menit mencapai 74,86%, sedangkan efisiensi pada *cascade aerator* luas 2 m<sup>2</sup> terjadi pada debit 5 l/menit mencapai 81,16%.

Pada penelitian ini diketahui bahwa penurunan kadar Fe pada debit 4 l/menit lebih rendah jika dibandingkan dengan debit 5 l/menit karena semakin besar debit yang digunakan maka semakin besar efisiensi penurunan kadar Fe dalam air. Hal ini disebabkan adanya terjunan antar setiap step yang menyebabkan turbulensi yang terjadi terhadap air sehingga mampu mengikat oksigen lebih besar. Penelitian Hastutiningrum (2013) yang melakukan penelitian penurunan kadar besi dalam air tanah dengan metode *conventional cascade* dan aerasi *vertical baffle channel cascade* menunjukkan bahwa semakin besar debit yang digunakan maka akan semakin besar efisiensi penurunan kadar Fe dalam air. Menurut Benefield (1980) turbulensi akan meningkatkan laju perpindahan masa oksigen karena terjadi percepatan laju pergantian permukaan bidang kontak sehingga akan meningkatkan perpindahan oksigen. Jika hasil penelitian dibandingkan dengan

penelitian terdahulu oleh penelitian Mardiah (2019) diperoleh efisiensi penurunan kadar logam Fe lebih tinggi yaitu 94,71%. Hal ini disebabkan karena perbedaan sampel air yang digunakan pada saat proses aerasi.

Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan bahwa penurunan kadar Fe pada luas trap 1,8 m<sup>2</sup> lebih rendah dibandingkan luas trap 2 m<sup>2</sup> karena luas trap yang semakin besar pada *cascade aerator* dapat meningkatkan efisiensi penurunan kadar logam Fe. Hal ini disebabkan karena luas kontak antara air dengan udara semakin besar sehingga perpindahan gas yang dihasilkan semakin tinggi, dengan membiarkan air mengalir ke bawah diatas suatu rangkaian antara dinding-dinding. Hal ini dibuktikan oleh penelitian Sutrisno (2014) bahwa semakin luas permukaan air kontak dengan udara maka penetrasi oksigen semakin besar. Penelitian yang dilakukan oleh Sutrisno (2014) diperoleh efisiensi lebih rendah dengan hasil optimal menggunakan luas trap 1,8 m<sup>2</sup> dengan rata-rata penurunan sebesar 72,52%. Dengan adanya *cascade* yang membantu memberi *supply* udara, maka terjadi reaksi Fe dengan oksigen yang nantinya akan membentuk partikulat-partikulat (Sari dkk, 2016).

### Koefisien Transfer Gas (KLa)

Koefisien transfer gas (KLa) merupakan koefisien transfer gas secara keseluruhan yang memiliki satuan per waktu (*time*-1). Nilai KLa dapat ditentukan dalam skala percobaan dengan menggunakan rumus berikut :

$$\ln (C_s - C_t) = \ln (C_s - C_0) - KLa.t \dots \quad (1)$$

Dimana :

KLa = koefisien transfer total, jam<sup>-1</sup>

Cs = konsentrasi gas jenuh, mg/l

C = konsentrasi gas di cairan, mg/l

Pada perhitungan nilai KLa diperlukan data primer konsentrasi DO (mg/L), suhu air ( $^{\circ}$ C), dan tekanan udara (mmHg). Data konsentrasi DO selama percobaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsentrasi DO saat Proses

Percobaan	Waktu (menit)	Konsentrasi DO (mg/l)		DO Awal (mg/l)
		Aerasi		
		Luas 1,8 m <sup>2</sup>	Luas 2 m <sup>2</sup>	
Debit 4 l/menit	1	5,3	6,0	3,3
	2	5,4	6,1	
	3	5,7	6,2	
	4	5,9	6,3	
	5	6,1	6,3	
Debit 4,5 l/menit	1	5,5	6,0	3,3
	2	5,6	6,1	
	3	5,8	6,3	
	4	6,0	6,4	
	5	6,2	6,6	
Debit 5 l/menit	1	5,6	6,4	3,3
	2	6,3	6,5	
	3	6,5	6,7	
	4	6,6	6,8	
	5	6,8	7,0	

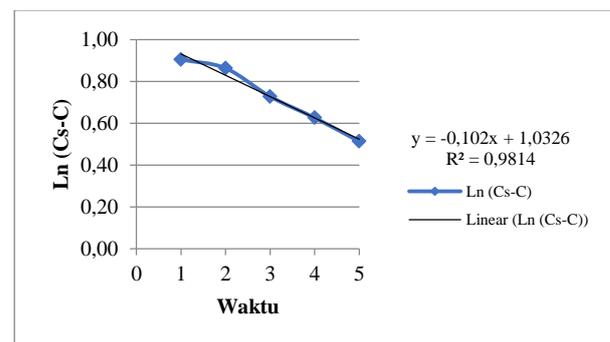
Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa konsentrasi DO yang terukur dari tiap percobaan relatif naik. Konsentrasi DO pada luas 1,8 m<sup>2</sup> yang terendah adalah 5,3 mg/L pada menit awal saat percobaan debit 4 l/menit, sedangkan konsentrasi DO tertinggi sebesar 6,8 mg/L saat menit terakhir pada percobaan debit 5 l/menit. Konsentrasi DO pada luas 2 m<sup>2</sup> yang terendah adalah 6,0 mg/L pada menit awal saat percobaan debit 4 l/menit dan 4,5 l/menit, sedangkan konsentrasi DO tertinggi sebesar 7,0 mg/L saat menit terakhir pada percobaan debit 5 l/menit.

Konsentrasi oksigen jenuh (Cs) saat percobaan dipengaruhi oleh tekanan udara barometrik. Hasil perhitungan nilai Cs dan Ln (Cs-C) dapat dilihat pada Tabel 3.

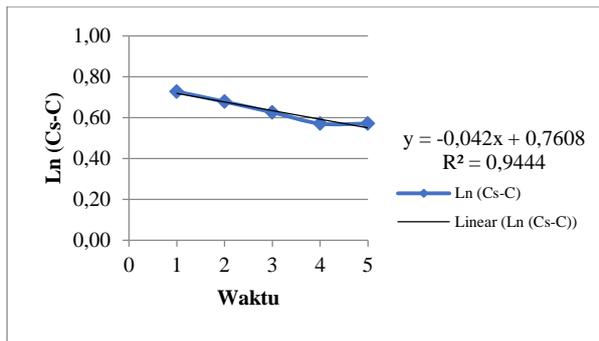
Tabel 3. Perhitungan Nilai Ln (Cs-C)

Percobaan	Waktu (menit)	Konsentrasi DO (mg/l)		Ln (Cs-C)	
		1,8 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	1,8 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>
Debit 4 l/menit	1	5,3	6,0	0,90	0,73
	2	5,4	6,1	0,86	0,68
	3	5,7	6,2	0,73	0,63
	4	5,9	6,3	0,63	0,57
	5	6,1	6,3	0,51	0,57
Debit 4,5 l/menit	1	5,5	6,0	0,82	0,65
	2	5,6	6,1	0,77	0,60
	3	5,8	6,3	0,68	0,48
	4	6,0	6,4	0,57	0,42
	5	6,2	6,6	0,45	0,28
Debit 5 l/menit	1	5,6	6,4	0,90	0,51
	2	6,3	6,5	0,57	0,45
	3	6,5	6,7	0,45	0,31
	4	6,6	6,8	0,39	0,24
	5	6,8	7,0	0,24	0,07

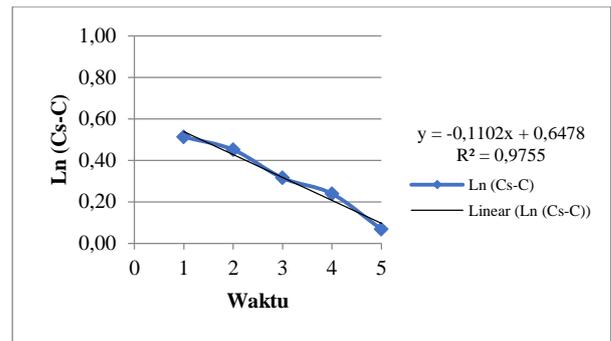
Berdasarkan Tabel 3 didapatkan nilai Ln (Cs-C) terjadi penurunan pada setiap percobaan. Kondisi ini menandakan terjadi proses transfer gas selama aerasi, sesuai dengan pernyataan Benfield (1980) bahwa terjadi difusi antara udara dan air saat butiran air jatuh dari setiap step. Kemudian nilai Ln (Cs-C) diplot kedalam grafik untuk mendapatkan nilai KLa. Untuk lebih jelasnya, penurunan nilai Ln(Cs-C) dan Grafik nilai KLa untuk tiap percobaan dapat dilihat pada gambar berikut :



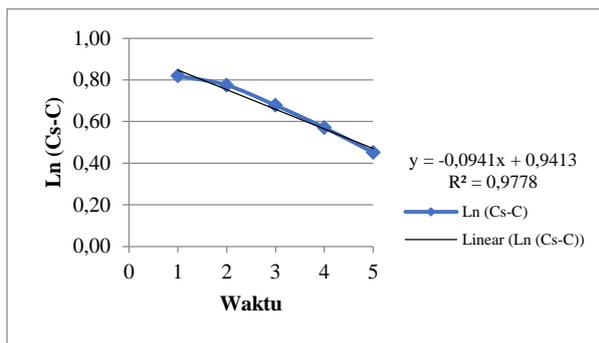
Gambar 2. Grafik KLa pada debit 4 l/menit pada luas cascade 1,8 m<sup>2</sup>



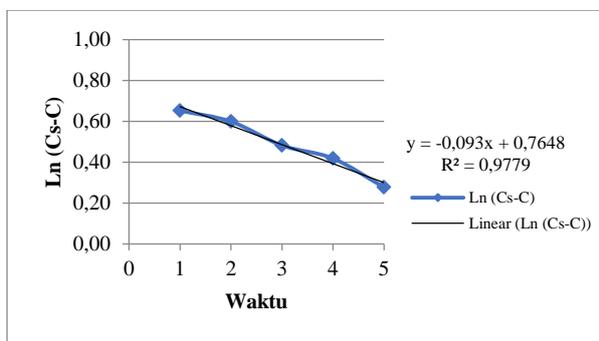
Gambar 3. Grafik KLa pada debit 4 l/menit pada luas *cascade* 2 m<sup>2</sup>



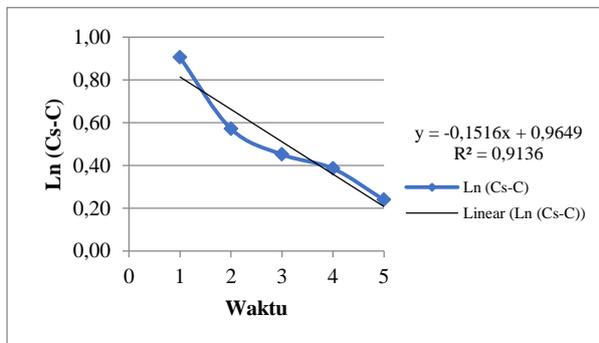
Gambar 7. Grafik KLa pada debit 5 l/menit pada luas *cascade* 2 m<sup>2</sup>



Gambar 4. Grafik KLa pada debit 4,5 l/menit pada luas *cascade* 1,8 m<sup>2</sup>



Gambar 5. Grafik KLa pada debit 4,5 l/menit pada luas *cascade* 2 m<sup>2</sup>



Gambar 6. Grafik KLa pada debit 5 l/menit pada luas *cascade* 1,8 m<sup>2</sup>

Contoh perhitungan KLa :

Rumus :

$$\ln(Cs-Ct) = \ln(Cs-Co) - KLa.t$$

Perhitungan KLa pada luas trap 1,8 m<sup>2</sup>

$$\ln(7,77 \text{ mg/l} - 5,3 \text{ mg/l}) = \ln(Cs-Co) - KLa.t$$

$$\ln(2,47) = \ln(Cs-Co) - KLa.t$$

$$0,90 = \ln(Cs-Co) - KLa.t$$

Pada Gambar 2 terlihat lebih jelas penurunan nilai Ln (Cs-C) dari 0,90 mg/l sampai 0,51 mg/l terhadap waktu percobaan. Nilai KLa pada percobaan pertama adalah 0,102/menit.

Pada Gambar 3 juga terlihat penurunan nilai Ln (Cs-C) dari 0,73 mg/l sampai 0,57 mg/l terhadap waktu percobaan. Nilai KLa pada percobaan 4 l/menit adalah 0,042/menit.

Pada Gambar 4 juga terlihat penurunan nilai Ln (Cs-C) dari 0,82 mg/l sampai 0,45 mg/l terhadap waktu percobaan. Nilai KLa pada percobaan 4,5 l/menit adalah 0,094/menit.

Pada Gambar 5 juga terlihat penurunan nilai Ln (Cs-C) dari 0,65 mg/l sampai 0,28 mg/l terhadap waktu percobaan. Nilai KLa pada percobaan 4,5 l/menit adalah 0,093/menit.

Pada Gambar 6 juga terlihat penurunan nilai Ln (Cs-C) dari 0,90 mg/l sampai 0,24 mg/l terhadap waktu percobaan. Nilai KLa pada percobaan 5 l/menit adalah 0,1516/menit.

Pada Gambar 7 juga terlihat terjadi penurunan nilai Ln (Cs-C) dari 0,51 mg/l sampai 0,07 mg/l terhadap waktu percobaan. Nilai KLa pada percobaan 5 l/menit adalah 0,1102/menit.

Tabel 4. Nilai KLa

Percobaan	Nilai KLa (Menit)	
	1,8 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>
4 l/menit	0,102	0,042
4,5 l/menit	0,094	0,093
5 l/menit	0,152	0,110

Berdasarkan Tabel 4 diketahui nilai KLa tertinggi pada penelitian ini terjadi pada percobaan 5 l/menit dengan luas 1,8 m<sup>2</sup> yaitu sebesar 0,152/menit. Sedangkan pada debit 4,5 l/menit cenderung menurun pada luas trap 1,8 m<sup>2</sup>. Hal ini disebabkan karena nilai Cs dari tiap percobaan mengalami peningkatan relatif sehingga nilai KLa menurun. Kondisi ini menandakan bahwa semakin besar debit yang digunakan maka nilai KLa akan semakin besar. Hal ini didukung oleh pernyataan Benefield (1980) bahwa turbulensi akan meningkatkan laju perpindahan masa oksigen karena terjadi percepatan laju pergantian permukaan bidang kontak sehingga akan meningkatkan nilai koefisien perpindahan oksigen (KLa). Hal ini disebabkan oleh pengaruh dari faktor yang mempengaruhi kelarutan gas dalam air seperti suhu pada saat penelitian terlalu tinggi, karakteristik air yang sangat terkontaminasi, serta turbulensi yang tidak mencukupi.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Efisiensi penyisihan logam Fe mencapai 81,16% terjadi pada luas 2 m<sup>2</sup> dengan debit 5 l/menit dengan

konsentrasi awal 1,22 mg/l turun menjadi 0,230 mg/l.

2. Hasil penyisihan logam Fe dengan memvarisikan luas trap dan debit pada proses aerasi sudah memenuhi standar baku mutu air bersih menurut PerMenKes RI Nomor 32 tahun 2017.
3. Nilai KLa tertinggi pada penelitian ini terjadi pada percobaan debit 5 l/menit yaitu sebesar 0,152/menit.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abuzar, S.S., Yogi, D.P., dan Reza, E.E., 2012. Koefisien Transfer Gas (KLa) Pada Proses Aerasi Menggunakan Tray Aerator Bertingkat 5 (Lima). *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*. 9 (2) : 15 155 –163 (Juli 2012).
- Al-Hafizd. 2020. Karakteristik Air gambut Di Rimbo Panjang Kab. Kampar Sebagai Bahan Baku Air Minum. *JOM FTEKNIK*. Vol 7 (1). Hal. 1-3
- Edwardo, A., Darmayanti, L dan Rinaldi. 2014. Pengolahan Air Gambut dengan Media Filter Batu Apung. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 1(1): 1-12.
- Erlani. 2011. Variasi Luas Wilayah Cascade Terhadap Penurunan Kadar Besi. *Jurusan kesehatan Lingkungan Poltekes Makassar*.
- Hermanto, A. 2018. Efektivitas Metode Cascade Aerasi Dan Kombinasi Filtrasi Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali. *Jurnal Sulolipu : Media Komunikasi Sivitas Akademik dan Masyarakat*. Vol. 18. No. I.
- Mahmud dan S. Notodarmodjo. 2006. Pengolahan Air gambut Menjadi Air Minum Menggunakan Proses Hibrid Prekoagulasi-Ultrafiltrasi

- dengan Sistem Aliran Dead-End. *Jurnal Teknik Lingkungan*. ITB. Hal. 91-102.
- Ma'ruf, M. A dan F. E. Yulianto. 2016. Tanah Gambut Berserat: Solusi dan Permasalahannya dalam Pembangunan Insfastruktur yang Berwawasan Lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional Geoteknik*, Banjarmasin, 1 Oktober, 2016: 279-292.
- Mardiah. 2019. *Aplikasi Cascade Aerator untuk Pennghilangan Fe dan Mn dalam Air Sumur Gali : Pengaruh Variasi Debit, Tinggi dan Jumlah Bidang Kontak Cascade*. Universitas Sumatra Utara.
- Metcalf & Eddy Inc. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. 4nd Edition. McGraw-Hill Published Companies.
- Ni Ketut Warniati, Tony K. Timpua, dan Dismo Katiandagho. 2015. Efektifitas cascade aerator dalam menurunkan kadar fe (besi) dalam air tanah. *Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Manado*.
- Novani dan Erni. 2018. *Analisis Kadar Fe dan Mn pada Air Gambut Serta Keluhan Kesehatan di Desa Partungko Naginjang Kecamatan Harian Boho Kabupaten Samosir Tahun 2017*. Universitas Sumatra Utara.
- Nurdin, S. 2011. Analisis Perubahan Kadar Air dan Kuat Geser Tanah Gambut Lalumbi Akibat Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan. *Jurnal SMARTek*, 9(2): 88-108.
- Nurhasni, Firdiyono, F dan Q. Sya'ban. 2012. *Penyerapan Ion Aluminium dan Besi dalam Larutan Sodium Silikat Menggunakan Karbon Aktif*. Valensi, 2(4): 516-525.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia  
No.416/MENKES/PER/IX/1990  
Persyaratan Kualitas Air Bersih.
- Permenkes RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010  
Tentang Syarat-Syarat Standar Kualitas Air Minum. Jakarta.
- Rachmawati, Joko dan Astorina. 2016. Perbedaan Variasi Penambahan Media Adsorpsi Kontak Aerasi Sistem Nampan Bersusun (*Tray Aerator*) Terhadap Kadar Besi (Fe) Air Sumur Gali Di Desa Jatihadi Kecamatan Sumber Kabupaten Rembang. *Jurnal Undip*. Semarang.
- Radjaguguk, B. 2010. Perubahan Sifat-sifat Fisik dan Kimia Tanah Gambut Akibat Reklamasi Lahan Gambut untuk Pertanian. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, (2): 1-15.
- Rahmawati, N. 2010. *Teknologi Pengolahan Air yang Mengandung Besi, Mangan, Amonia dan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) dengan Proses Oksidasi Lanjut dan Filtrasi Membran Keramik*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Pribadi, R. 2018. Penurunan Kadar Besi (Fe) pada Air Tanah dengan menggunakan Cascade Aerator. *Jom FTEKNIK*. Volume 5.
- Purba, MFD, Hartini, E. 2013. *Penurunan kandungan Zar Besi (Fe) Dalam sumur Gali Dengan Metode Aerasi*. Program Studi Kesehatan Masyarakat Universitas Dian Nuswantoro Semarang. No. 5-11.
- Said, N.I. 2005. Metode Penghilangan Zat Besi dan Mangan di dalam

- Penyediaan Air Minum Domestik. *Jurnal Air Indonesia (JAI)*, 1(5) 239-250.
- Said, N.I. 2008. *Teknologi pengolahan Air Minum "Teori dan Pengalaman Praktis"*. Badan Pengkaji dan Penerapan Teknologi, 2008.
- SNI 6989.4:2009 Air dan air limbah–Bagian 4 : Cara uji kadar besi (Fe) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala.
- Susilawati. 2011. Pengolahan Limbah Cair Industri Perkebunan dan Air Gambut menjadi Air Bersih. *Tesis*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara. USU Press Medan.
- Sutrisno, J., dkk. 2014. Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Pada Air Sumur Gali Dengan Menggunakan Metode Aerasi Dan Filtrasi Di Sukodono Sidoarjo. *Jurnal Teknik*. Volume 12 Nomor 02-ISSN : 1412-1867.
- Syarfi, H. S. 2007. Rejeksi Zat Organik Air Gambut dengan Membran Ultrafiltrasi. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 6(1): 1-4.
- Tjahjono. 2007. *Kajian Potensi endapan Gambut Indonesia Berdasarkan Aspek lingkungan , Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM)*. Jakarta, hal 6-14.
- Wong, J., M.. 1984. Chlorination filtration for iron and manganaseremoval, Report. *Journal American water Works Association*. USA.