

TEKNIK PENURUNAN KADAR BESI (Fe) DALAM AIR TANAH (*Literatur Review*)

Edy Agustian Yazid, Arina Saraswati^{2*})

*)Akademi Analisis Kesehatan Delima Husada Gresik

ABSTRACT

Iron is a chemical compound that is toxic or toxic in high levels and can cause losses ranging from damaging equipment made of zinc to causing various diseases. Therefore groundwater with high iron content requires a handling so that the water can be used as a daily necessity.

This research aims to find out the most effective technique in lowering iron levels in groundwater. This research is a review literature study using a qualitative descriptive research design with an experimental approach. The reduction techniques discussed in this study are filtration, aeration, adsorption, coagulation, electrocoagulation, and cascade aeretator techniques.

The results showed that filtration techniques can lower the average iron level by 95.19%, the aeration technique can lower the average iron level by 92.77%, Combined adsorption and filtration techniques can lower average iron levels by 99.1%, coagulation techniques can lower average iron levels by 47.8%, electrocoagulation techniques can lower average iron levels by 98.79%, and in cascade aeretator techniques can lower average iron levels by 79.50%.

The conclusion of this study is that all techniques can lower the iron levels contained in groundwater. Based on the percentage decrease in combined techniques between adsorption and filtration is the most effective declining technique.

Keywords : *Water, Iron (Fe), Adsorption and Filtration*

PENDAHULUAN

Air adalah substansi kimia dengan rumus H₂O yaitu satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik (Mifbakhuddin, 2010). Air merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan umat manusia

dan makhluk hidup lainnya dan fungsinya bagi kehidupan tidak dapat digantikan oleh senyawa lainnya (Achmad, 2004). Bagi manusia air digunakan untuk kegiatan rumah tangga, industri, pertanian, perikanan, dan lain-lainnya (Akbar, 2015). Air bersih adalah air yang memenuhi syarat kesehatan dan harus dimasak terlebih dahulu sebelum dikonsumsi. Syarat-syarat yang ditentukan yaitu kualitas air bersih secara fisika, kimia, dan biologi (Supardi, 2003). Syarat kualitas air bersih harus sesuai dengan ketentuan

yang ada dalam peraturan Menteri Kesehatan RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 (Khaira, 2013).

Perkembangan peradaban serta bertambahnya penduduk akan menambah aktivitas kehidupan. Limbah sisa dari aktivitas manusia dapat mencemari air tanah sehingga dapat mengakibatkan pencemaran terhadap sumber air tersebut, air tanah digunakan untuk air baku sebagai air minum, kualitas air merupakan salah satu faktor yang dipertimbangkan dalam evaluasi kelayakan air. Sebagai contoh pencemaran air yaitu perubahan warna, rasa, bau, bahkan tercemar oleh zat berbahaya seperti logam berat diantaranya adalah Zn (Seng), Cd (Kadmium), Pb (Plumbum), Fe (Besi) dan Mn (Mangan) yang kadarnya harus memenuhi standar kesehatan yang telah di tetapkan (Hasni, 2016).

Besi (Fe) merupakan elemen kimiawi yang mudah ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis salah satunya pada air sumur atau air tanah. Besi (Fe) dalam air dapat terlarut, tersuspensi atau tergabung dengan zat organik atau zat padat yang inorganik (Febrina, 2015). Besi ditemukan dalam bentuk kation ferro (Fe^{2+}) dan ferri (Fe^{3+}). Pada perairan alami dengan pH sekitar 7 dan kadar oksigen terlarut yang cukup (Effendi, 2003).

Zat besi memiliki sifat yang tidak dapat diproduksi oleh tubuh, sehingga kita harus mencukupi kebutuhan zat besi dari makanan. Zat besi memiliki peran penting dalam tubuh untuk membentuk hemoglobin (Hb) (Wijatmadi dan Adriani, 2012). Menurut WHO (*World Health Organization*) jumlah kebutuhan zat besi yang harus dikonsumsi sebaiknya sesuai dengan jumlah zat besi yang dikeluarkan dalam tubuh (Qomariyah, 2018). Angka kecukupan mineral besi yaitu antara 0,3 mg hingga 18 mg/hari dengan rentang usia bayi 0 bulan sampai dewasa 80 tahun yang juga dibedakan berdasarkan *gender* (Permenkes, 2019).

Keberadaan kadar zat besi atau Fe yang melebihi ambang batas dapat menyebabkan korosif pada perpipaan, warna air berubah menjadi kuning hingga coklat setelah beberapa saat kontak dengan udara, juga dapat menimbulkan bau yang kurang enak, bercak-bercak kuning pada pakaian dan dapat menimbulkan masalah atau gangguan pada kesehatan misalnya kerusakan dinding usus dan berkurangnya fungsi paru-paru (Slamet, 2004). Batas maksimum zat kimia besi (Fe) yang diperbolehkan untuk air bersih kurang dari 0,3 mg/L (Kemenkes, 2010).

Kandungan zat besi yang terdapat dalam sumber seperti dalam air tanah, dalam jumlah yang berlebih harus dikurangi untuk menghindari dampak negatif yang ditimbulkan kegunaannya (Nugroho dkk, 2014). Teknologi penurunan kandungan besi dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain yaitu Oksidasi, Ion Exchange, Sequestering Process, Lime Softening, Adsorpsi, Filtration (Febrina, 2015).

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penurunan kadar besi (Fe) pada air tanah menggunakan metode filtrasi menggunakan saringan kramik dengan variasi kedalaman sumber air tanah 25 meter, 22 meter, 20 meter, dan 19 meter (Febrina, 2015). Hastutiningrum dkk (2015), menurunkan kadar besi (Fe) menggunakan metode aerasi *convensional cascade* dan aerasi *vertikal beffle channel cascade* dengan variasi debit 21mL/s, 56mL/s, 84mL/s, 113mL/s, dan 134mL/s. Akbar dkk (2015), menggunakan biji kelor sebagai koagulan dalam penurunan kadar besi (Fe) menggunakan metode koagulasi dengan variasi konsentrasi serbuk biji kelor sebesar 100, 200, 300, 400, dan 500 ppm. Irawan (2019), menyisahkan kandungan logam dalam air tanah menggunakan metode adsorpsi dengan adsorben *manganese greensand* dan filtrasi dengan karbon filter. Rasman (2018), menurunkan kandungan besi dalam air sumur bor menggunakan metode elektrokoagulasi selama 45

menit dengan variasi beda potensial 12, 15, dan 20 volt. Atmono dkk (2019), menurunkan kadar besi (Fe) dalam air tanah menggunakan metode *cascade aeretator* dengan variasi sudut kemiringan $\angle 60^\circ$, $\angle 90^\circ$, dan $\angle 120^\circ$ dengan perbedaan waktu pengambilan sampel.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian *literatur review* dengan menganalisis beberapa teknik penurunan kadar besi pada air tanah. Penelitian ini dilakukan menggunakan rancangan penelitian deskriptif kualitatif dengan pendekatan eksperimen. Parameter yang diamati adalah kadar besi pada air tanah menggunakan teknik penurunan seperti teknik teknik filtrasi, aerasi, adsorpsi, koagulasi, elektrokoagulasi, dan *cascade aeretator*. Penelitian ini dilakukan mulai bulan februari – juli 2020.

Filtrasi

Filtrasi merupakan proses penjernihan atau penyaringan air melalui media, dimana selama air mengalir melalui media akan terjadi perbaikan kualitas. Hal ini disebabkan adanya pemisahan partikel-partikel tersuspensi dan koloid, reduksi bakteri organisme lainnya dan pertukaran kontituen kimia yang ada dalam air (Edahwati, 2009). Proses penyaringan dengan untuk menghikangkan zat padat tersuspensi serta menurunkan kadar besi melalui media berpori (Rasman, 2016). Proses ini ditujukan untuk menghilangkan bahan-bahan terlarut dan tidak terlarut dengan cara absorpsi (Febrina, 2015).

Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan

membiarakannya melalui air (Rasman, 2016). Proses ini merupakan suatu usaha penambahan konsentrasi oksigen yang terkandung dalam air, agar proses oksidasi (aerasi) biologi oleh mikroba akan dapat berjalan dengan baik (Edahwati, 2009).

Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses pengumpulan substansi terlarut dalam larutan oleh permukaan zat penyerap. Keduanya sering muncul bersamaan dengan suatu proses maka ada yang menyebutnya sorpsi. Pada adsorpsi ada yang disebut adsorben dan adsorbat. Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap (Giyatmi, 2008). Adsorpsi merupakan proses pengikatan suatu molekul dari fasa gas atau cairan ke dalam suatu adsorben dari suatu adsorbat (Arisna dkk, 2016). Adsorben yang paling potensial adalah karbon aktif. Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon (Tandy dkk, 2012).

Koagulasi

Koagulasi didefinisikan sebagai proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi termasuk bakteri dan virus dengan suatu koagulan, sehingga membentuk flok-flok, dengan pengaruh grafitasi akan tersedimentasi (Nugroho dkk, 2014). Bahan koagulan yang biasa digunakan adalah tawas ($Al_2(SO_4)_3$), ferro sulfat ($FeSO_4$), ferri sulfat ($Fe_2(SO_4)_3$), poly aluminium klorida (PAC), ferro klorida ($FeCl_2$), ferri klorida ($FeCl_3$), dan koagulan alami biji kelor (Suherman, 2013).

Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi merupakan proses koagulasi atau penggumpalan dengan tenaga listrik melalui proses elektrolisis untuk mengurangi atau menurunkan ion-ion logam dan partikel-partikel di dalam air. Prinsip dasar dari

elektrokoagulasi adalah reaksi reduksi dan oksidasi (redoks) (Wiyanto dkk, 2014). Dalam suatu sel elektrokoagulasi, peristiwa oksidasi terjadi di elektroda positif (+) yaitu anoda, sedangkan reduksi terjadi di elektroda negatif (-) yaitu katoda (Rasman, 2018).

Cascade Aeretator

Cascade aeretator merupakan suatu alat untuk aerasi dengan sistem gravitasi. Prinsip kerja *cascade aeretator/aeretator cascade* melewati

air pada plat atau lempengan yang disusun berundak seperti anak tangga. Air yang turun melewati *cascade* tersebut akan kontak dengan oksigen di udara (Hastutiningrum dkk, 2015). Metode *cascade aeretator* ini mampu menaikkan oksigen 60-80% dari jumlah oksigen yang tertinggi pada air (Hartini, 2012). Pada dasarnya *cascade aeretator* terdiri dari 4 sampai 6 step, dengan ketinggian tiap step kurang lebih 30 cm dengan kecepatan 0,01 m³/detik per m² (Said, 2005).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Data Rujukan

No	Judul	Nama Peneliti	Tujuan	Metode	Hasil
1.	Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dana Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik	Febrina, L., dan Astrid, A.	Penurunan kadar besi (Fe)	<ul style="list-style-type: none"> • Spektrofotometer UV-Vis • Dengan Teknik Filtrasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Sebelum : 2,88 mg/L • Sesudah : 0,14 mg/L
2.	Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah dengan Metode Aerasi <i>Conventional Cascade</i> dan Aerasi <i>Vertical Buffle Channel Cascade</i>	Hastutiningrum, S., dkk.	Perbandingan efektivitas teknik penurunan kadar besi (Fe)	<ul style="list-style-type: none"> • Spektrofotometer UV-Vis • Dengan Teknik <i>Aeretator Cascade konvensional</i> • Spektrofotometer UV-Vis • <i>Aeretator Cascade Buffle Channel Vertical</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Sebelum : 2,45 mg/L • Sesudah : 0,17 mg/L • Sebelum : 2,45 mg/L • Sesudah : 0,17 mg/L
3.	Efektifitas Biji Kelor (<i>Moringa Oliefera Lamk</i>) Sebagai Koagulan Besi (Fe) Dan Kalsium(Ca)	Akbar, dkk.	Mengurangi kadar logam	<ul style="list-style-type: none"> • Spektrofotometer UV-Vis • Dengan Teknik Koagulasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Sebelum : 99,80 mg/L • Sesudah : 52,01 mg/L

4.	Penyisihan Warna Dan Kandungan Logam Fe, Mn Dengan Proses Adsorpsi Dan Filtrasi	Irawan, C., dan Sunaro.	Mengetahui penyisihan kekeruhan, warna dan kandungan logam berat (Fe)	<ul style="list-style-type: none"> • Spektrofotometer UV-Vis • Dengan Teknik Adsorpsi dan Filtrasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Sebelum : 6 mg/L • Sesudah : <0,05 mg/L
5.	Kemampuan Elektrokoagulasi Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Bor	Rasman dan Muh. Firdaus.	Untuk mengetahui kemampuan elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar besi (Fe)	<ul style="list-style-type: none"> • Spektrofotometer UV-Vis • Dengan Teknik Elektrokoagulasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Sebelum : 1,29 mg/L • Sesudah : 0,02 mg/L
6.	Penurunan Kadar Besi (Fe) Menggunakan Variasi Sudut Kemiringan Dengan Metode Cascade Aeretator	Atmono, dkk.	Menurunkan kandungan besi (Fe)	<ul style="list-style-type: none"> • Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) • Dengan Teknik Cascade Aeretator 	<ul style="list-style-type: none"> • Sebelum : 4,08mg/L • Sesudah : 0,83 mg/L

Dari hasil studi literatur yang telah dilakukan penurunan kadar besi pada air tanah atau air sumur dapat dilakukan dengan beberapa media teknik penurunan seperti filtrasi, aerasi,

adsorpsi, koagulasi, elektrokoagulasi, dan *cascade aeretator* dengan hasil penurunan kadar besi dalam air tanah yang dapat di lihat pada tabel 1.

Tabel 2. Hasil Penurunan Kadar Besi (Fe) dalam Air Tanah

Teknik Penurunan	Hasil Kadar Besi (mg/L)		
	Sebelum	Sesudah	Penurunan
Filtrasi	2,88	0,14	2,74
<i>Aeretator Cascade konvensional</i>	2,45	0,17	2,28
<i>Aeretator Cascade Buffle Channel Vertical</i>	2,45	0,18	2,27
Koagulasi	99,80	52,01	47,79
Adsorpsi dan Filtrasi	6	<0,05	5,95
Elektrokoagulasi	1,29	0,02	1,27
<i>Cascade Aeretator</i>	4,08	0,83	3,25

Penurunan Kadar Besi dalam Air Tanah dengan Metode Filtrasi

Penurunan yang terjadi pada teknik filtrasi dalam penelitian ini dikarenakan terjadinya penyaringan zat organik oleh saringan keramik yang digunakan sebagai media filtrasi. Hal ini sesuai dengan pendapat Febrina, (2015) bahwa filtrasi digunakan untuk memisahkan bahan pengotor (partikulat)

yang terdapat dalam air. Hal tersebut juga sesuai dengan pendapat Yazid, (2015) bahwa penyaringan atau filtrasi merupakan metode pemisahan untuk memisahkan zat padat dari cairannya dengan menggunakan alat berpori (penyaring). Dasar pemisahan metode ini adalah berdasarkan perbedaan ukuran partikel antara pelarut dan terlarutnya. Penyaring akan menahan zat padat yang mempunyai ukuran partikel lebih besar

dari pori saringan dan meneruskan pelarut.

Penurunan Kadar Besi dalam Air Tanah dengan Teknik Aerasi

Penurunan yang terjadi pada teknik aerasi dalam penelitian ini dikarenakan adanya proses penambahan oksigen ke dalam air sehingga terjadi reaksi oksidasi yang akhirnya membentuk endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Menurut Effendi, (2003) jika air tanah mengalami kontak dengan udara dan mengalami oksigenasi, ion ferri pada ferri hidroksida $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang banyak terdapat dalam air tanah akan teroksidasi menjadi ferro dan segera mengalami presipitasi (pengendapan) serta membentuk warna kemerahan pada air. Hal ini sesuai dengan pendapat Yuniarti, (2019) penambahan oksigen dilakukan sebagai salah satu usaha pengambilan zat pencemar yang terkandung dalam di dalam air, sehingga konsentrasi zat pencemar akan hilang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali. Pada prakteknya terdapat dua cara untuk menambahkan oksigen kedalam air yaitu dengan memasukkan udara ke ke dalam air dan atau memaksa air ke atas untuk berkontak dengan oksigen.

Penurunan Kadar Besi dalam Air Tanah dengan Teknik Adsorpsi

Penurunan yang terjadi pada teknik adsorpsi karena terdapat proses penukaran ion dan pengikatan logam Fe^{2+} didalam pori-pori *manganes greensand* dan dilanjutkan dengan teknik filtrasi menggunakan karbon aktif. Menurut Yustina dan Hartini, (2011) daya serap karbon aktif terjadi karena adanya pori-pori berukuran mikro dalam jumlah banyak. Berdasarkan pendapat Yazid, (2015) adsorpsi merupakan metode pemisahan untuk membersihkan suatu bahan dari pengotornya dengan cara penarikan bahan pengadsorpsi. Penggunaan metode ini dipakai untuk memurnikan air dari kotoran renik atau mikroorganisme,

memutihkan gula yang berwarna coklat karena terdapat kotoran.

Penurunan Kadar Besi dalam Air Tanah dengan Teknik Elektrokoagulasi

Penurunan yang terjadi pada teknik elektrokoagulasi dikarenakan adanya reaksi pelepasan ion pada anoda sehingga mengalami oksidasi pelepasan kation Al^{3+} sehingga kation Al^{3+} akan berikatan dengan OH membentuk $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan menghasilkan gelembung-gelembung gas yang membawa cemaran-cemaran dalam air ke permukaan air yang nantinya akan berubah warna menjadi kuning kecoklatan. Menurut pendapat Hanum, dkk (2015) setiap sel elektrolisis mempunyai dua elektroda, katoda dan anoda. Elektroda Aluminium yang berperan sebagai sumber ion Al^{+3} di anoda dan berfungsi sebagai koagulan dalam proses koagulasi-flokulasi yang terjadi didalam sel tersebut. Sedangkan di katoda terjadi reaksi katodik dengan membentuk gelembung-gelembung gas hidrogen yang berfungsi untuk menaikkan flok-flok tersuspensi yang tidak dapat mengendap di dalam sel.

Penurunan Kadar Besi dalam Air Tanah dengan Teknik Koagulasi

Penurunan yang terjadi pada teknik koagulasi dikarenakan adanya proses tumbukan antara media koagulan biji kelor yang bermuatan negatif dengan koloid yang bermuatan positif yang nantinya akan membentuk endapan. Berdasarkan persentase penurunan pada jurnal penelitian dengan teknik koagulasi penurunan yang terjadi kurang maksimal dikarenakan dalam proses penghalusan biji kelor kurang halus dan konsentrasi biji kelor kurang besar untuk air dengan kandungan besi sebesar 99,80 ppm, akan lebih efektif jika teknik ini menggunakan koagulan sintesis seperti tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Hal tersebut sesuai dengan pendapat Akbar, (2015) bahwa terdapat beberapa faktor

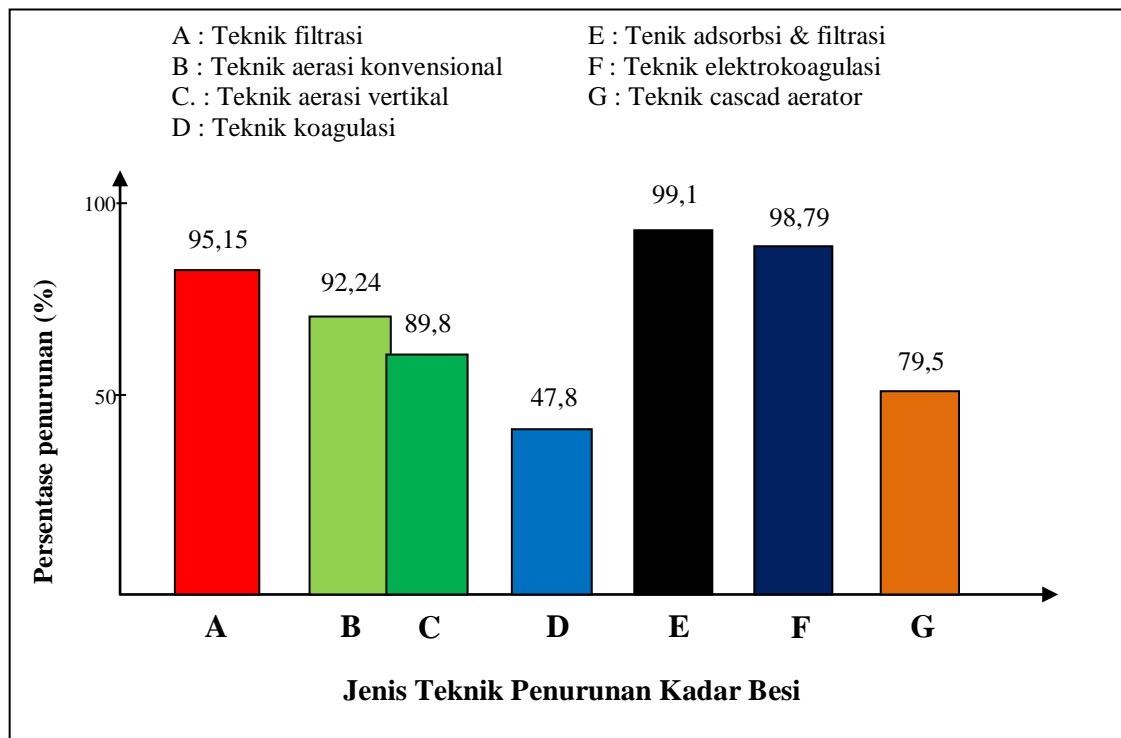
yang mempengaruhi koagulasi dan flokulasi antara lain, konsentrasi atau dosis koagulan, kecepatan pengadukan, derajat keasaman (pH), waktu pengendapan, kekeruhan, jenis koagulan dan temperatur.

Penurunan Kadar Besi dalam Air Tanah dengan Teknik *Cascade Aeretator*

Penurunan yang terjadi pada teknik *cascade aeretator* dikarenakan adanya proses oksidasi dengan cara mengontakkan air dengan udara yang nantinya akan membentuk endapan ferrihidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_3$). Berdasarkan persentase penurunan pada jurnal penelitian dengan teknik *cascade aeretator* penurunan yang kurang maksimal ini dikarenakan waktu yang digunakan terlalu cepat, sudut yang digunakan pada step *cascade* kurang besar, jumlah step yang digunakan kurang banyak, dan juga dikarenakan kurangnya pengulangan dalam proses ini. Seperti pendapat Hartini, (2012) bahwa semakin banyak step yang digunakan maka reaksi oksidasi akan berjalan dengan lebih sempurna.

Kecepatan oksidasi pada teknik ini juga dipengaruhi oleh pH air. Umumnya makin tinggi pH air kecepatan reaksi oksidasinya semakin cepat. Kadang-kadang perlu waktu sampai beberapa jam setelah proses aerasi berjalan tergantung dari karakteristik air bakunya.

Grafik penurunan dapat dilihat pada Gambar 1 Grafik Efektivitas Penurunan Kadar Besi. Dari keenam teknik penurunan kadar besi pada air tanah atau air sumur teknik adsorpsi yang dikombinasikan dengan teknik filtrasi merupakan teknik yang paling efektif. Berdasarkan persentase efektivitas penurunan kadar besi teknik adsorpsi yang dikombinasikan dengan teknik filtrasi memiliki hasil persentase rata-rata penurunan terbesar dengan persentase penurunan sebesar 99,1%. Teknik ini dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengolahan air dengan kandungan besi yang tinggi, teknik ini juga mudah diaplikasikan serta media yang digunakan juga mudah ditemui dan harganya juga terjangkau.



Gambar 1. Grafik Efektivitas Penurunan Kadar Besi (Fe) dalam Air Tanah

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian hasil studi literatur penurunan kadar besi dalam air tanah yang telah dilakukan berdasarkan persentase penurunan kadar besi dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kadar besi pada air tanah dapat diturunkan dengan beberapa teknik, yaitu teknik filtrasi, aerasi, adsorpsi, koagulasi, elektrokoagulasi, dan *cascade aeretator*.
2. Teknik yang paling efektif dalam menurunkan kadar besi yang terkandung dalam air tanah atau air sumur berdasarkan hasil *review* jurnal yaitu gabungan teknik adsorpsi dan filtrasi dengan persentase rata-rata penurunan kadar besi sebesar 99,1%.

SARAN

Bagi peneliti selanjutnya

1. Peneliti selanjutnya dapat menggabungkan teknik penurunan besi lain yang lebih baik, lebih ekonomis, dan mudah diaplikasikan dalam menurunkan kadar besi. Serta penurunan kandungan senyawa kimia berbahaya lain yang terkandung dalam air seperti seng (Zn).
2. Peneliti selanjutnya dapat menurunkan kadar besi pada sampel yang berbeda atau menggunakan teknik yang berbeda.

Bagi Masyarakat

1. Bagi masyarakat yang memiliki masalah air yang mengandung kadar besi agar dilakukan pengolahan pada air tanah atau air sumur sebelum digunakan.
2. Memberikan informasi pada masyarakat terkait teknik yang dapat digunakan dalam penurunan kadar besi serta teknik yang paling efektif dalam penurunan kadar besi dalam air tanah atau air sumur.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad. 2004. Kimia Lingkungan. Yogyakarta: Andi.
- Akbar, Said, I., & Diah, A, W, M. 2015. Efektifitas Biji Kelor (*Moringa Oliefera Lamk*) Sebagai Koagulan Besi (Fe) Dan Kalsium(Ca). *Jurnal Akademi Kimia*. 4(2): 64-70.
- Arisna, R., Zahara, T, R., Rudyansyah. 2016. Adsorpsi Besi Dan Bahan Organik Pada Air Gambut Oleh Karbon Aktif Kulit Durian. *Jurnal Kimia Katulistiwa*. 5(3): 31-39.
- Atmono, Natalina, Kumaidi, D. 2019. Penurunan Kadar Besi (Fe) Menggunakan variasi sudut kemiringan dengan metode *cascade aeretator*. *Jurnal Rekayasa, Teknologi, dan Sains*. 3(2): 88-92.
- Edahwati, I., Suprihatin, D. 2009. Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, dan Filtrasi Pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 1(2): 79-83.
- Efendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan. Yogyakarta: Kanisius.
- Febriana, L., Ayuna, A. 2015. Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. *Jurnal Teknologi*. 7(1): 35-44.
- Giyatmi. 2008. Penurunan Kadar Cu, Cr Dan Ag Dalam Limbah Cair Industri Perak Di Kotagede Setelah Diadsorpsi Dengan Tanah Liat Dari Daerah Godean. *Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir*. 4(1): 99-106.
- Hanum, F., Rodang, T., M. Yusuf, R., William, W, K. 2015. Aplikasi Elektrokoagulasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik

- Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 4(4):13-17.
- Hartini, E. 2012. Cascade Aeretator Dan Buble Aeretator Dalam Menurunkan Kadar Mangan Air Sumur Gali. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 8(1): 42-50.
- Hasni, N, A, M., Ulfa, A. 2016. Penetapan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Galian Warga Sekitar Industri "X" Kecamatan Panjang dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Analisis Farmasi*. 1(3): 163-168.
- Hastutiningrum, S., Purnawan, & Nurmaidawati, E. 2015. Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Dengan Metode Aerasi Conventional Dan Aerasi Vertical Buffle Channel Cascade. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, Prodi Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta. B16-1 – B16-7.
- Irawan, C, Sunarno. 2019. Penyisihan Warna Dan Kandungan Logam Fe, Mn Dengan Proses Adsorpsi Dan Filtrasi. *Prosiding SNRT (Seminar Nasional Riset Terapan), Teknik Sipil, Pertambangan dan Godesi*. C39-C44.
- Kemendes. 2010. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Mendes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dan Air Bersih. *Kemendes Kesehatan Republik Indonesia*. Jakarta.
- Khaira, K. 2013. Penentuan Kadar Besi (Fe) Air Sumur Dan Air Pdam Dengan Metode Spektrofotometri. *Jurnal Saintek*. 5(1): 17-23.
- Mifbakhuddin. 2010. Pengaruh Ketebalan Karbon Aktif sebagai Media Filter terhadap Penurunan Keadaan Air Sumur Artetis. *Jurnal Fakultas Kesehatan Masyarakat*. 5(2): 1-11.
- Nugroho, B, A., Miswadi, S. S., & Santosa, N, B. 2014. Penggunaan Serbuk Biji Kelor Untuk Menurunkan Kadar Pb, Kekeruhan dan Intensitas Warna. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 3(3): 174-178.
- Permenkes. 2019. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tentang angka kecukupan gizi yang dianjurkan untuk masyarakat indonesia. *Kemendes Kesehatan Republik Indonesia*. Jakarta.
- Qomariyah, N, Yanti, R. 2018. Uji Kuantitatif Kadar Zat Besi Dalam Tumbuhan Kelakai Dan Produk Olahannya. *Jurnal Surya Medika*. 3(2): 32-40.
- Rasman, Firdaus, M. 2018. Kemampuan Elektrokoagulasi Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Bor. *Jurnal Sulolipu*. 18(2): 179-183.
- Rasman, Saleh, M. 2016. Penurunan Kadar Besi (Fe) Dengan Sistem Aerasi dan Filtrasi Pada Air Sumur Gali. *Jurnal Higiene*. 2(3): 159-167.
- Said, Nusa, I. 2005. Metode Penghilangan Zat Besi Dan Mangan Di Dalam Penyediaan Air Minum Domestik. *Jurnal Teknologi*. 1(3): 239-250.
- Slamet, J, S. 2000. Kesehatan Lingkungan. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Supardi, I. 2003. Lingkungan Hidup dan Kelestariannya. Bandung: PT. Alumni.
- Suherman, D., & Sumawijaya, N. 2013. Menghilangkan Warna Dan Zat Organik Air Gambut Dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Suasana Basa. *Jurnal Riset*

- Geologi Dan Pertambangan*.
23(2): 125-138.
- Tandy, E., Hasibuan, I, F., Harahap, H.
2012. Kemampuan Adsorben
Limbah Lateks Karet Alam
Terhadap Minyak Pelumas Dalam
Air. *Jurnal Teknik Kimia USU*.
1(2): 34-38.
- Wijatmadi, B., & Andriani, M. 2012.
Pengantar Gizi Masyarakat Edisi
Pertama. Jakarta: Kencana.
- Wiyanto, E., Harsono, B., Makmur, A.,
Pangputra, R., Julita, Kurniawan,
M. S. 2014. Penerapan
Elektrokoagulasi Dalam Proses
Penjernihan Limbah Cair. *Jurnal
Ilmiah Teknik Elektro*. 12(1): 19-
36.
- Yazid, E. 2015. Kimia Fisika untuk
Mahasiswa Kesehatan.
Yogyakarta: Pustaka Pelajar.