

KOMBINASI *CASCADE* AERATOR DAN ADSORBSI ZEOLITE DALAM MENURUNKAN KADAR FE TERLARUT DI AIR SUMUR

Farhan Septiari Wibisono dan Tuhu Agung Rachmanto

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Email: tuhu.tl@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Masalah yang sering dijumpai pada air sumur adalah tingginya kandungan zat besi (Fe). Penelitian ini bertujuan untuk mereduksi kandungan Fe terlarut pada air sumur dengan aerasi dan sistem adsorpsi. Aerasi yang digunakan adalah *cascade* aerator dengan menggunakan dua *cascade* aerator dengan dua variasi luas yang diberi tinggi 20 cm antar anak tangga. Media adsorpsi adalah zeolit dengan tinggi masing-masing 8 mesh. Pengambilan sampel dilakukan di salah satu sumur masyarakat di Kecamatan Sukodono di Sidoarjo. Penelitian dilakukan selama tiga hari dengan proses pengambilan sampel dilakukan pada bak penampung hasil aerator dan kedua adsorpsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses aerasi dengan *cascade* aerator mampu menurunkan kadar Fe hingga 74,58% dan 61,93%. Sedangkan proses adsorpsi dengan media zeolit mampu menurunkan kadar Fe sebesar 86,12% dan Mn sebesar 96,81%.

Kata kunci: Air Sumur, Adsorpsi, Cascade Aerator

ABSTRACT

The problem that is often found in well water is the high content of iron (Fe). This study aims to reduce the content of Fe in water well with aeration and adsorption systems. Aeration used is a cascade aerator using two wide variety of cascade which the height of each steps are 20 cm. zeolite sand with a diameter 8 mesh. The sample was taken at one of the community wells in the Sukodino area of Sidoarjo. The study was conducted for three days with a processed sampling system carried out on the aerator output and both adsorption. The results showed that the aeration process with cascade aerator was able to reduce Fe levels up to 61,93 % and 74.58%. While the adsorption process with zeolite media can reduce Fe levels by 86.12% and 96.81%.

Keywords: Well Water, Adsorption, Cascade Aerator

PENDAHULUAN

Permasalahan yang dihadapi di Kecamatan Sukodono Kabupaten Sidoarjo antara lain, timbulnya bau dan berwarna kuning pada air, di karenakan tidak adanya PDAM di daerah tersebut. Penduduk di sekitar daerah tersebut masih menggunakan air sumur yang ada untuk aktivitas keseharian penduduk misalnya, mencuci pakaian, mandi, mencuci piring, dll terkecuali untuk di konsumsi. Salah satu penyebabnya adalah tingginya kadar Fe terlarut dalam air menyebabkan air berwarna kekuningan dan berbau. Dampak negatif bagi masyarakat yang memanfaatkannya seperti gangguan kesehatan dan merusak pakaian. Kadar besi Fe terlarut sumur warga jabon sawah setelah di teliti kadar besi Fe terlarutnya yaitu 4,36 mg/L dan itu melebihi ambang batas Baku Mutu yang sudah di tetapkan menurut Permenkes No.32 Tahun 2017. Air dengan kandungan Fe terlarut yang tinggi bukan berarti tidak dapat digunakan, karena teknik yang kompleks dan sederhana dapat digunakan untuk mengolah air terlebih dahulu. Kandungan besi terlarut yang dapat digunakan untuk teknologi pengolahan air adalah media aerasi dan adsorpsi zeolit.

Aerasi adalah pengolahan air melalui kontak dengan udara. Aerasi telah banyak digunakan untuk mengolah air dengan kandungan zat besi yang terlalu tinggi, zat besi dapat menurunkan konsentrasi padatan terlarut. Adsorpsi adalah operasi pemisahan campuran antara padat dan cair dengan melewati umpan (padat + cair) melalui media filter. Proses adsorpsi banyak dilakukan di industri, seperti dalam pemurnian air minum, pemisahan kristal garam dari cairan induknya, pabrik kertas, dan lain sebagainya.

Berkaitan dengan hal tersebut, dapat dilakukan sebuah penelitian terkait kombinasi *cascade* aerator dan adsorpsi untuk menurunkan kadar besi Fe terlarut di sumur Kecamatan Sukodono Kabupaten Sidoarjo dengan kondisi kadar besi Fe terlarut melampaui standart baku mutu.

METODE PENELITIAN

Metode analisis yang digunakan adalah metode statistik Anova dan Regresi menggunakan aplikasi minitab pada penelitian aerasi kombinasi adsorpsi air sumur menggunakan *cascade* aerator dan adsorpsi media zeolite sehingga dapat diketahui efisiensi penurunan kandungan Fe terlarut yang paling efektif dan pengaruh dari luas area dengan debit dan penambahan adsorpsi media zeolite.

1. Prosedur Penelitian

Dalam pelaksanaan Penelitian ini dibutuhkan alat dan bahan sebagai berikut;

Alat :

1. *Cascade* Aerator
2. Pompa
3. Gelas ukur
4. Jerigen

Bahan :

1. Air Sumur Gali
2. Media adsorpsi Zeolit yang telah diaktivasi

Parameter yang dianalisis :

1. Fe Terlarut (metode SNI ISO/IEC 17025:2017)
2. DO (DO meter)
3. pH (pH meter)
4. Suhu (Termometer air)

Cara kerja :

1. Air sampel akan di tampung dengan menggunakan bak penampung berukuran 50 liter air
2. Air akan dipompa naik kedalam *Cascade* Aerator dan dibiarkan jatuh melalui tangga *Cascade*
3. Pada pipa yang akan buat untuk mengalirkan air ke *Cascade* akan diberikan kran air guna untuk mengatur debit air yang masuk kedalam alat
4. Setelah itu air dibiarkan mengalir kedalam *Cascade* sampai turun kedalam bak penampung yang ada dibawah *Cascade*
5. Didalam bak penampung ini dilakukan pengambilan air sampel untuk melihat berapa presentase penurunan Fe terlarut yang terjadi didalam *Cascade* Aerator

6. Setelah dilakukan pengambilan sampel air didalam bak penampung air dipompa ke dalam bak adsorpsi dengan media mangan zeolite.
7. Setelah itu air akan dialirkan kedalam bak penampung dan dilakukan pengambilan sampel di bak penampung akhir.

2. Variabel Penelitian

a. Variabel Perubah

Proses Aerasi :

1. Luas Bidang kontak (PxL) : (20 cm x 60 cm) dan (30 cm x 80 cm)
2. Variasi Debit aliran (L/menit) : (4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8)

Proses Adsorpsi :

1. Variasi Debit aliran (L/menit) : (4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8)

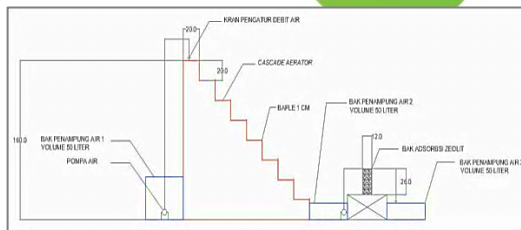
b. Variabel Tetap

1. Media Zeolite
2. Tinggi Tangga *cascade* aerator 20 cm
3. Jumlah anak tangga setiap *cascade* aerator 8 tangga dari perhitungan oksigen transfer
4. Volume Air Sampel : 50 L di bak penampung 1

c. Variabel Kontrol

1. pH (6 -8)
2. Suhu
3. DO

3. Desain Reaktor



Gambar -1. Reaktor Tampak Samping

Keterangan desain Reaktor

- Bak Penampung awal yang bertujuan untuk menampung air sumur dan akan dialirkan kedalam *cascade* aerator
- *Cascade* aerator dengan menggunakan kriteria perencanaan :
 - a. Tinggi tangga *cascade* : 20 cm
 - b. Jumlah tangga *cascade* : 8 tangga di dapat dari perhitungan transfer oksigen
 - c. Tinggi *Cascade* : 1,6 m di dapat dari perhitungan transfer oksigen

- Setelah itu dibawah tangga *cascade* akan ada bak penampung ke 2 yang berfungsi untuk pengambilan air sampel setelah proses aerasi.
- Setelah itu dari bak penampung tersebut air akan dialirkan kedalam bak zeolit
- Setelah dari bak zeolit air akan di tampung kedalam bak penampung akhir dengan volume 50 liter untuk di ambil air dan dianalisa berapa kadar penurunan Fe nya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Air Sumur

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sumur gali di daerah Sukodono, Sidoarjo. Air sumur ini mengandung Fe terlarut yang tinggi dan menimbulkan bau yang tidak sedap. Berikut adalah karakteristik awal air sumur di daerah Sukodono, Sidoarjo.

Tabel -1. Hasil Analisa Pada Air Sumur Sebelum Dilakukan Proses Pengolahan Air

No.	Parameter	Hasil
1.	Fe terlarut	4,36 mg/L
2.	pH	7,5
3.	Suhu	30°C
4.	DO	4,9 mg/L

Tabel -2. Hasil Analisa Konsentrasi Fe Terlarut Pada Proses Aerasi

Luas Area	Debit				
	4	5	6	7	8
30 cm x 80 cm	1.11	1.19	1.30	1.40	1.51
20 cm x 60 cm	1.66	1.78	1.88	2.00	2.10

Tabel -3. Pengaruh Debit Aliran dan Luas Area terhadap Penyisihan Fe Terlarut (%) dalam Proses Aerasi

Luas Area	Debit				
	4	5	6	7	8
30 cm x 80 cm	74.58	72.74	70.28	67.00	63.65
20 cm x 60 cm	61.93	58.37	55.18	53.36	51.86

Tabel -4. Hasil Analisa Kadar DO (*Disolved Oxygen*) Pada Air Dalam Proses Aerasi

Luas Area	Debit				
	4	5	6	7	8
30 cm x 80 cm	7.00	6.90	6.75	6.59	6.35
20 cm x 60 cm	6.05	5.81	5.62	5.47	5.26

Tabel -5. Hasil Analisa pH Pada Proses Aerasi

Luas Area	Debit				
	4	5	6	7	8
30 cm x 80 cm	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
20 cm x 60 cm	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5

Tabel -6. Hasil Analisa Suhu Pada Proses Aerasi

Luas Area	Debit				
	4	5	6	7	8
30 cm x 80 cm	30	30	30	30	30
20 cm x 60 cm	30	30	30	30	30

Tabel -7. Hasil Analisa Konsentrasi Fe Terlarut Pada Proses Aerasi dan Adsorpsi

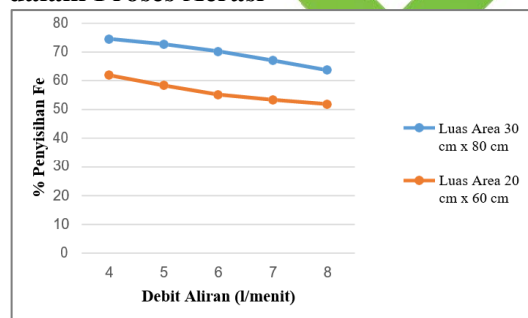
Luas Area	Debit				
	4	5	6	7	8
30 cm x 80 cm	0.16	0.27	0.37	0.44	0.59
20 cm x 60 cm	0.64	0.71	0.86	0.92	0.99

Tabel -8. Pengaruh Penambahan Adsorpsi Media Zeolit terhadap Penyisihan Fe Terlarut (%)

Luas Area	Debit				
	4	5	6	7	8
30 cm x 80 cm	96.32	93.86	89.81	89.81	86.49
20 cm x 60 cm	85.29	83.79	80.35	79.00	77.28

B. Pembahasan

1. Pengaruh Debit Aliran dan Luas Area terhadap Penyisihan Fe Terlarut dalam Proses Aerasi



Gambar -2. Hubungan Antara Penyisihan Kadar Fe Terlarut (%) dengan Debit Aliran (l/menit) pada Luas Area Cascade Aerator (30 cm x 80 cm dan 20 cm x 60 cm)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rivai, (2018) yang menjelaskan efektifitas metode cascade aerator dan kombinasi adsorpsi dalam mereduksi kandungan kadar besi terlarut (fe) yang terdapat dalam air sumur gali dengan variasi debit 0,2 l/menit, 0,4

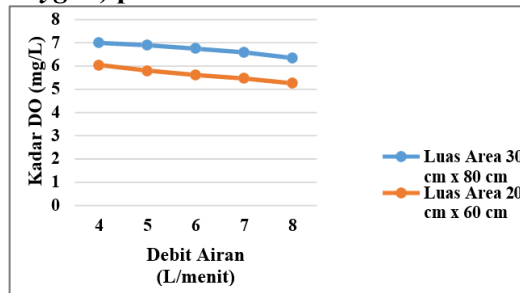
l/menit, 0,6 l/menit, hasil penurunan dengan debit 0,2 l/menit sesudah perlakuan dari 2,71 mg/l rata – rata menjadi 0,54 mg/l atau 80,07%, sedangkan sesudah perlakuan dengan debit 0,6 l/menit dapat menurunkan kadar besi rata – rata dari 2,71 mg/l menjadi 0,71 mg/l atau 73,68%. Melihat hasil penelitian tersebut dengan menggunakan variasi debit pada cascade aerasi kombinasi adsorpsi penurunan paling besar terjadi pada perlakuan debit 0,2 l/menit yaitu 0,54 mg/l atau 80,07%. Hasil penurunan tersebut sudah dapat memenuhi baku mutu berdasarkan Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 dengan batas maksimal 1,0 mg/l.

Maka dari hasil diatas sudah sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan luas area cascade aerator 30 cm x 80 cm dan 20 cm x 60 cm dengan variasi debit aliran 4 l/menit , 5 l/menit, 6 l/menit, 7 l/menit, 8 l/menit setelah di lakukan pengolahan yaitu dengan debit 4 l/menit sebesar 74.58% pada luas area 30 cm x 80 cm dan 61.93% pada luas area 20 cm x 60 cm dan presentase minimum pada debit 8l/menit sebesar 63.65% pada luas area 30 cm x 80 cm dan 51.86% pada luas area 20 cm x 60 cm .

Pada debit aliran 8 l/menit dengan luas area cascade aerator 20 cm x 60 cm proses aerasi yang terjadi tidak efektif dikarenakan kurangnya waktu kontak dan ruang kontak untuk terjadinya proses transfer oksigen didalam air. Sehingga kadar besi dapat mengalami penurunan dengan lebih rendah dibandingkan dengan debit aliran 4 l/menit pada luas area cascade aerator 30 cm x 80 cm.

Berdasarkan beberapa perlakuan yang dilakukan pada proses aerasi, yang paling tinggi terjadi hasil penurunannya pada perlakuan debit 4 l/menit dengan luas area cascade aerator 30 cm x 80 cm. Jadi semakin besar terjadi penurunan karena semakin lama waktu kontak dan ruang kontaknya dengan udara.

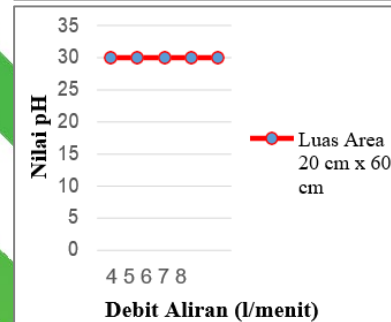
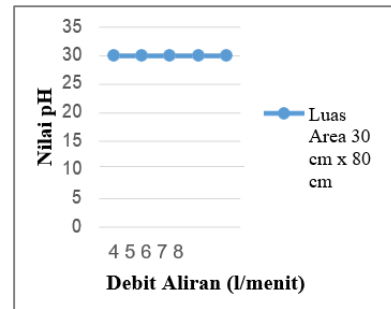
2. Pengaruh Perubahan DO (*Disolved Oxygen*) pada Proses Aerasi



Gambar -3. Hubungan Antara Kadar DO (mg/l) dengan Debit Aliran (l/menit) pada Luas Area Cascade Aerator (30 cm x 80 cm dan 20 cm x 60 cm)

Berdasarkan Gambar 3. menunjukkan bahwa grafik hubungan antara perubahan konsentrasi DO (*Disolved Oxygen*) pada luas area tangga 30 cm x 80 cm dan luas area tangga 20 cm x 60 cm dengan debit 4 l/menit memiliki perubahan konsentrasi optimum sebesar 7 mg/l pada luas area tangga 30 cm x 80 cm dan 6.05 mg/l pada luas area tangga 20 cm x 60 cm dan dengan penurunan konsentrasi terendah pada debit 8 l/menit sebesar 6.35 mg/l pada luas area tangga 30 cm x 80 cm dan 5.26 mg/l pada luas area 20 cm x 60 cm memiliki pengaruh perubahan DO (*Disolved Oxygen*) yang tinggi dibandingkan dengan luas area tangga 20 cm x 60 cm. Hal ini dikarenakan pada luas area tangga 30 cm x 80 cm merupakan kondisi paling optimal dalam terjadinya transfer *oxygen* dikarenakan luas bidang kontak untuk melakukan proses transfer *oxygen* lebih besar dibandingkan dengan luas area tangga 20 cm x 60 cm. Menurut (Benfield, 1980) proses aerasi bertujuan untuk memfokuskan transfer oksigen dari fasa gas ke fasa cair. Indikator transfer gas berhasil terjadi selama proses aerasi adalah ditandai dengan kenaikan konsentrasi DO.

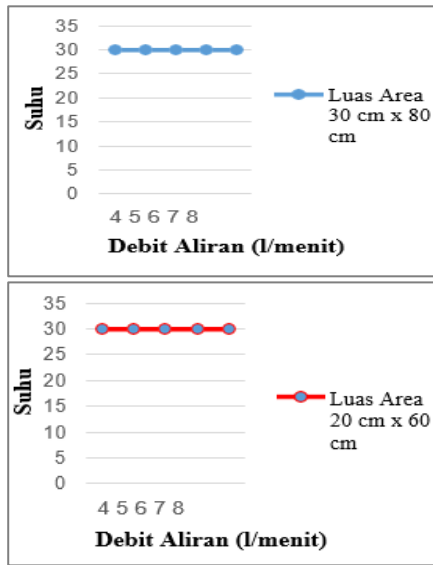
3. Pengaruh Perubahan pH pada Proses Aerasi



Gambar -4. Hubungan Antara Nilai pH dengan dengan Debit Aliran (l/menit) pada Luas Area Cascade Aerator (30 cm x 80 cm dan 20 cm x 60 cm)

Berdasarkan Gambar 4. menunjukkan bahwa grafik hubungan antara nilai pH pada luas area tangga 30 cm x 80 cm dan luas 20 cm dan 60 cm dengan berbagai debit aliran tidak mempengaruhi perubahan nilai pH dengan nilai pH sebesar 7,5. Ini karena oksidasi besi dapat berlangsung dengan baik dalam waktu 15 menit pada pH 7,5-8 (Poerwadi dan Masduqi, 2012). Sehingga pH pada waktu proses aerasi sudah memasuki range terbaik pada proses aerasi. Maka dari itu nilai pH tidak terdapat perubahan yang signifikan. Pada kondisi ini juga sesuai dengan pernyataan (Said, 2005) bahwa pH yang tinggi dapat mempercepat proses oksidasi sehingga besi dapat dipisahkan dari air sampel.

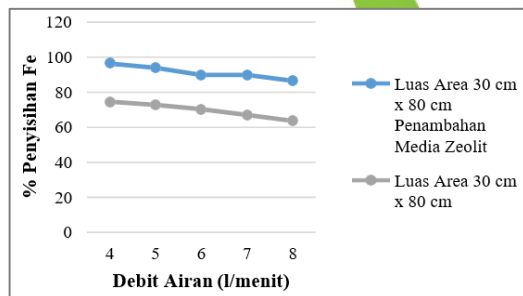
4. Pengaruh Perubahan Suhu pada Proses Aerasi



Gambar -5. Hubungan Antara Suhu (°C) dengan Debit Aliran (l/menit) pada Luas Area Cascade Aerator (30 cm x 80 cm dan 20 cm x 60 cm)

Berdasarkan Gambar 5. menunjukkan bahwa grafik hubungan antara suhu pada luas area tangga 30 cm x 80 cm dan luas 20 cm x 60 cm dengan berbagai debit aliran tidak mempengaruhi perubahan dengan nilai suhu konstan 30 °C. Hal ini disebabkan pada suhu ruangan pada waktu proses aerasi yaitu melebihi dari 31°C sehingga suhu didalam air tetap meskipun terjadi proses aerasi.

5. Pengaruh Penambahan Media Adsorpsi Zeolit dengan Debit Aliran terhadap Penyisihan Kadar Besi (Fe) Terlarut dalam Proses Aerasi



Gambar -6. Hubungan Antara Penyisihan Kadar Fe (%) dengan Penambahan Media Zeolit pada Debit Aliran (mg/l) dalam Cascade Aerator dengan Luas Area dan tanpa media Zeolit (30 cm x 80 cm dan 30 cm x 80 cm)

Berdasarkan Gambar 6. dibawah ini menunjukkan bahwa grafik perbandingan hasil penyisihan Fe terlarut pada luas area tangga 30 cm x 80 cm dengan kombinasi adsorpsi dengan debit 4 l/menit memiliki presentase penyisihan yang tinggi sebesar 96.32% dibandingkan dengan luas area tangga 30 cm x 80 cm tanpa kombinasi adsorpsi dengan debit 4 l/menit sebesar 74.58% . Ini terjadi disebabkan zeolit bersifat adsorben terhadap logam. Dalam kasus lain proses penurunan kadar Fe dengan zeolit dapat menggunakan prinsip *cation-exchanger* (Clifford D, 1990). Zeolit merupakan bahan yang mampu bertindak sebagai *iron-exchanger* dengan hasil akhir *reactive oxygen species*. Zeolit adalah mineral aluminosilikat, tetapi memiliki struktur berlapis dengan kinerja pertukaran ionnya terutama dikaitkan dengan gugus hidroksil, di mana ion hidrogen dapat digantikan oleh ion lain.

Karena adanya atom aluminium, zeolit dapat bermuatan negatif. Muatan negatif ini menyebabkan zeolit mengikat kation besi, aluminium, kalsium, dan magnesium yang biasa ditemukan di air tanah. Selain itu, zeolit juga mudah melepaskan kation dan digantikan oleh kation lain, misalnya zeolit melepaskan natrium dan digantikan oleh kalsium atau magnesium yang terikat. Oleh karena itu, zeolit berperan sebagai *ion-exchanger* dan *adsorben* dalam pengolahan air. (Kusnaedi, 2010).

Penurunan kandungan Fe ini dikarenakan zeolit dapat berperan sebagai *adsorben*. Bentuk struktur zeolit berongga, yang memungkinkan zeolit menyerap banyak molekul yang lebih kecil dari rongga atau sesuai dengan ukuran soketnya. Zeolit memiliki struktur berpori dan luas permukaan yang besar, yang dapat menyerap banyak molekul dengan daya serap tinggi.

Kapasitas adsorpsi zeolit dalam mereduksi kandungan besi dalam air juga tidak terlepas dari kemampuan zeolit sebagai *ion-exchanger*. Proses pertukaran

ion pada media zeolit terjadi karena adanya logam alkali dan kation logam alkali tanah. Kation ini dapat bergerak bebas di dalam rongga dan dapat ditukar dengan kation logam lainnya. Kemampuan zeolit untuk mengikat atau menyerap senyawa atau unsur dalam larutan disebabkan adanya muatan negatif pada zeolit yang berasal dari atom aluminium. Kemudian muatan negatif zeolit ini akan berikatan dengan kation besi di dalam air dan teradsorpsi di permukaan zeolit. Adsorpsi ini terjadi karena tarikan elektrostatis, yang terletak di antara partikel bermuatan negatif yang mampu menyerap partikel bermuatan, menghasilkan luas permukaan zeolit yang sangat besar dan oleh karena itu paling baik digunakan sebagai *adsorben*.

Gaya tarik ini dapat berlangsung karena adanya gaya tarik fisik antara dua partikel atau gaya *Van Der Waals* dan gaya elektrostatis antara dua muatan yang berbeda. Dalam proses adsorpsi terdapat mekanisme fisikokimia dimana komponen berpindah dari proses pemisahan fasa cair ke permukaan padatan penyerap (*adsorben*). (Maya, 2015)

Mekanisme penurunan kadar besi air oleh zeolit dapat dijelaskan sebagai berikut. Zeolit memiliki kemampuan untuk menukar elektron, sehingga Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} . Akibatnya besi yang larut dalam air menjadi bentuk yang tak larut $Fe(OH)_3$ dan dapat dipisahkan dengan adsorpsi (Ismawati, 2018). Menurut Said (2005) reaksi yang berlangsung antara Zeolit dengan Fe^{2+} sebagai berikut :

$$K_2Z.MnO.Mn_2O_7 + 4Fe(HCO_3)_2 \rightarrow K_2Z + 3MnO_2 + 2Fe_2O_3 + 8CO_2 + 4H_2O$$

(1)

Maka proses aerasi dan adsorpsi ini dapat menurunkan kadar Fe yang lebih tinggi dari pada hanya menggunakan proses aerasi dengan konsentrasi Fe 0.16 mg/L sehingga air dalam penelitian ini dapat memenuhi baku mutu air yang terdapat dalam PerMenKes No.416/Men.Kes/Per/IX/1990 dengan baku minimal kadar Fe terlarut 1 mg/L.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh variabel debit aliran pada aerasi berbanding terbalik dengan penurunan kadar besi. Semakin rendah debit yang dialirkan semakin signifikan kadar penurunan besi dalam air sumur. Maka kadar besi yang terdapat dalam air sumur gali dengan variasi debit 0,2 l/menit sesudah perlakuan dari 2,71 mg/l rata – rata menjadi 0,54 mg/l atau terjadi penurunan 80,07%, sedangkan sesudah perlakuan dengan debit 0,6 l/menit dapat menurunkan kadar besi rata – rata dari 2,71 mg/l menjadi 0,71 mg/l atau terjadi penurunan 73,68%. Melihat hasil penelitian tersebut dengan menggunakan variasi debit pada cascade aerasi kombinasi adsorpsi penurunan paling besar terjadi pada perlakuan debit 0,2 l/menit yaitu 0,54 mg/l atau 80,07%. Hal ini dikarenakan debit rendah menjadikan air kontak dengan udara lebih lama dan lebih maksimal. Dengan efisiensi penyisihan masing – masing reaktor 1 dan 2 adalah reaktor 1 dengan presentase penurunan 74.58% dan reaktor 2 dengan presentase penurunan 61.93%.
2. Pengaruh variabel luas bidang kontak pada aerasi berbanding lurus dengan penurunan kadar besi. Semakin besar luas bidang kontaknya maka semakin besar pula penurunan kadar besinya dikarenakan tempat untuk pertukaran oksigen semakin luas dan oksigen yang ditangkap menjadi semakin banyak. Hal ini bisa dibandingkan dengan penurunan kadar Fe reaktor 1 dan 2 dimana an hasil penyisihan Fe terlarut pada luas area tangga 30 cm x 80 cm dengan kombinasi adsorpsi dengan debit 4 l/menit memiliki presentase penyisihan yang tinggi sebesar 96.32% dibandingkan dengan luas area tangga 30 cm x 80 cm tanpa kombinasi adsorpsi dengan debit 4 l/menit sebesar 74.58% dengan menggunakan debit yang sama.
3. Pengaruh penambahan media adsorpsi zeolit dalam penurunan kadar besi pada proses aerasi dengan hasil penyisihan Fe terlarut pada luas area tangga 30 cm x 80

cm dengan kombinasi adsorpsi dengan debit 4 l/menit memiliki presentase penyisihan yang tinggi sebesar 96.32% dibandingkan dengan luas area tangga 30 cm x 80 cm tanpa kombinasi adsorpsi dengan debit 4 l/menit sebesar 74.58% . Sehingga bisa disimpulkan bahwa penambahan media zeolite sebagai adsorben dapat menambah presentase penurunan kadar Fe terlarut dengan nilai yang cukup tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bennefield, L.D; Randall, C.W. (1980). Biological Process Design for Wastewater Treatment, Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, NJ 07632.
- Clifford D. (1990). Ion Exchange And Inorganic Adsorption. In : Pontius Fw, Editor. Water Quality And Treatment, *A Handbook Of Community Water Supplies*. 4th Ed. New York: Mcgraw-Hill. pp 561-640.
- Ismawati, R, Ngirfani. M.N, Rinarni. A. 2018. Penurunan Kadar Besi Air Sumur Gali dengan Menggunakan Mn-Zeolit. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*, 3(2): 135-146.
- Kusnaedi. (2010). Mengolah Air Kotor untuk Air Minum. Jakarta: Panebar Swadaya
- Maya, A. (2015). Variasi Diameter Zeolit Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 3(1): 523-531
- Poerwadi, A.D., & Masduqi, Ali. (2004). Penurunan Kadar Besi Oleh Media Zeolit Alam Ponorogo Secara Kontinyu. *Jurnal Purifikasi*, 5(4); 169-174.
- Said, N. I. (2005). Pengolahan Air Limbah Tangga Skala Individual “Tangki Septik Filter Upflow”. Skripsi Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.