

Perbandingan Kemampuan Aerasi Sembur (Spray) dengan Metode Adsorpsi Menggunakan Adsorben Serbuk Kulit Buah Kakao untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan Pada Air Sumur Gali

Comparison of Spray Aeration Ability with Adsorption Method Using Powder Adsorbent of Cocoa Rind to Reduce Iron and Manganese Levels in Dug Well Water

La Harimu*, Aceng Haetami, Citra Purnama Sari, Haeruddin, Nurlansi

Jurusan Pendidikan Kimia Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Halu Oleo, Kendari-Sulawesi Tenggara

*Corresponding Author: harim_l@yahoo.co.id

Received: 2020-8-22
Received in revised: 2020-8-26
Accepted: 2020-9-20
Available online: 2020-9-30

Abstract

Research on the use of the spray aeration method with adsorption of cocoa rind powder to reduce iron and manganese levels in dug well water has been carried out. This study aims to make comparisons from two methods to reduce iron and manganese in dug well water. The parameters optimized in this study are the aeration time and the variation of the addition of the adsorbent mass and the adsorption time. Based on the research results, the spray aeration time for 2 hours gave the optimal percentage reduction for Fe³⁺ and Mn⁴⁺ metal ions, namely 98.68% and 94.22%. Meanwhile, for adsorption using cocoa pod husk powder, the optimal reduction occurred in the adsorbent mass of 0.2 grams and the adsorption time of 60 minutes for iron and manganese 96.36% and 95.15%, respectively.

Keywords: Cocoa, adsorbent, iron, manganese, aeration, adsorption.

Abstrak (Indonesian)

Telah dilakukan penelitian penggunaan metode aerasi sembur (spray) dengan metode adsorpsi menggunakan adsorben serbuk kulit buah kakao untuk menurunkan kadar besi dan mangan pada air sumur gali. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan kedua metode untuk menurunkan kandungan logam besi dan mangan pada air sumur gali. Parameter yang dioptimasi pada penelitian ini adalah waktu aerasi dan variasi penambahan massa adsorben serta waktu adsorpsi. Dari hasil penelitian waktu aerasi sembur (spray) selama 2 jam yang memberikan persen penurunan yang optimal untuk ion logam Fe³⁺ dan Mn⁴⁺ yakni 98,68% dan 94,22%. Sedangkan untuk adsorpsi menggunakan serbuk kulit buah kakao penurunan optimal terjadi pada massa adsorben 0,2 gram dan waktu adsorpsi 60 menit untuk besi dan mangan masing-masing 96,36% dan 95,15%.

Kata Kunci: Kakao, adsorben, besi, mangan, aerasi, adsorpsi.

PENDAHULUAN

Air yang baik untuk keperluan sehari-hari harus memenuhi standar mutu air bersih yang ditetapkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yakni 0,3 mg/L untuk logam Fe dan 0,1 mg/L untuk logam Mn Standar mutu air minum dan air bersih untuk keperluan rumah tangga telah ditetapkan berdasarkan SNI No 01-3553-2006 tentang syarat-syarat kualitas air minum dan air bersih. Standar baku air minum yang telah

disesuaikan dengan standar Internasional WHO, bertujuan untuk memelihara, melindungi dan mempertinggi derajat kesehatan masyarakat (Amin dan Sari, 2014).

Salah satu sumber air yang digunakan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan akan air adalah air sumur. Air sumur rentan tercemar karena adanya perembesan yang dapat menyebabkan peningkatan kadar bahan kimia seperti logam besi, mangan, dan bahan organik lainnya (La Aba dkk., 2017)

Keberadaan kandungan logam Fe dan Mn dalam air tidak hanya dapat dideteksi di laboratorium, juga dapat dikenali secara organoleptik. Konsentrasi Fe atau Mn yang tinggi (konsentrasi 1 mg/L), air terasa pahit-asam, berbau tidak enak dan berwarna kuning kecoklatan. Keberadaan zat besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air merupakan permasalahan yang menjadi serius sejak lama. Mashadi dkk., (2018) ion besi (Fe) dan mangan (Mn) bervalensi dua umumnya terdapat dalam air tanah secara bersamaan. Fe dan Mn dalam air dapat menyebabkan kekeruhan, korosi, pakaian mudah rusak, waktu yang lama dapat erusak hati, dan kesadahan. Fe dan Mn juga menyebabkan warna kekuningan pada cucian dan alat plambing (Mandasari dan Purnomo, 2016). Pemakaian air minum yang tidak memenuhi syarat dapat mengakibatkan terganggunya kesehatan. Kadar Fe dan Mn dalam air minum yang diperbolehkan adalah masing-masing $< 0,3$ mg/L dan $< 0,1$ mg/L. Air dengan kadar Fe dan Mn yang tinggi akan menyebabkan pakaian mudah rusak dan bila diminum dalam jangka lama dan jumlah banyak akan merusak hati.

Selain dapat mengganggu kesehatan, deposit Fe dan Mn juga dapat menyebabkan kerak dalam jaringan pipa, tangki bertekanan, pemanas air dan peralatan pelunakan air. Air yang mengandung logam Fe akan menimbulkan rasa, bau logam yang amis pada air, terdapat warna coklat pada pakaian putih. Penurunan kadar Fe dan Mn dalam air sumur gali guna memenuhi kebutuhan tubuh manusia diperlukan. Edahwati dan Suprihatin (2013) salah satu pengolahan air yang mengalami pencemaran dapat dilakukan dengan metode aerasi dan adsorpsi. Pada skala industri, Fe dan Mn dalam air biasanya diturunkan dengan mengaerasi air pada pH >7 sehingga kedua logam ini mengendap sebagai oksidanya. Aerasi merupakan proses pengolahan air dengan mengusahakan adanya kontak langsung dengan udara dengan tujuan untuk menaikkan kandungan oksigen dalam air dan mengurangi karbon dioksida, menghilangkan hidrogen sulfida, metana, dan berbagai macam bahan organik yang mempengaruhi bau dan rasa (Batara dkk., 2017).

Perkembangan teknologi yang semakin maju memunculkan teknologi alat pemurni air yang mampu menurunkan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air misalnya menggunakan resin penukar ion, namun teknologi ini membutuhkan biaya yang relatif mahal. Penggunaan aerator sembur (spray) dan saringan pasir cepat untuk menurunkan kadar Fe dan Mn dapat menjadi salah satu alternatif. Sutrisno (2010) melakukan aerasi sembur dapat menurunkan kadar Fe

sebesar 1,397 mg/mL dari konsentrasi awal 4,056 mg/L. Sedangkan untuk aerator *casecade* 12 step mampu menyerap oksigen sebesar 1,02-0,81 mg/L dengan efisiensi penurunan kadar Fe sebesar 1,705-2,83 mg/L, dan untuk 7 step dapat menyerap oksigen sebesar 0,61-0,41 mg/L dengan efisiensi penurunan kadar Fe menjadi 0,51-0,86 mg/L. Hasil penelitian Hartini (2012) menunjukkan bahwa penggunaan aerator *casecade* memberikan hasil yang lebih baik dalam menurunkan kadar Mn air sumur gali sampai dengan rata-rata 0,02 mg/L, dengan efektivitas sebesar 98,74%. Aerator gelembung dapat menurunkan kadar Mn air sumur gali dengan rata-rata 0,43 mg/L, dan efektivitas 76,47%. Namun demikian sesuai dengan baku mutu menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No.416/MenKes/PER/IX/1990, yaitu kadar Fe maksimum 0,3 mg/L dan kadar Mn maksimum 0,1 mg/L.

Penggunaan metode aerasi *spray* untuk menurunkan kadar Fe dan Mn dilakukan dengan cara mengkontakan udara (oksigen) pada air dengan cara menyemburkan ke udara sehingga logam berat yang pada air dapat terikat dengan oksigen sehingga mengendap. Aerator dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO) dalam air baku yang berfungsi menurunkan kadar Fe, mangan, bahan organik, dan ammonia sehingga dapat membuat kualitas air menjadi layak pakai.

Metode lain yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar Fe dan Mn adalah metode adsorpsi. Salah satu adsorben yang cukup menjanjikan adalah kulit buah kakao (*Theobroma cacao L.*). (Purnamawati dan Utami, 2014), kulit buah kakao (*Theobroma cacao L.*) mempunyai kandungan senyawa organik seperti protein kasar 5,69-9,69 %, lemak 0,02-0,15 %, glukosa 1,16-3,92 %, sukrosa 0,02-0,18 %, pektin 5,30-7,08 %, dan serat kasar 33,19-39,45%. Masitoh dan Monica (2013) mengadsorpsi ion logam Cd^{2+} dalam pelarut air menggunakan limbah kulit buah kakao (*Theobroma cacao L.*) dengan massa adsorben 6 gram dengan waktu kontak optimal 60 menit dengan persen adsorpsi sebesar 94,075%. Juwita dkk., 2018, Efektivitas arang kulit buah kakao dapat menurunkan kesadahan, salinitas, dan senyawa organik dalam air (Juwita dkk., 2018).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka telah dilakukan studi perbandingan kemampuan metode aerasi *spray* dan adsorpsi untuk menurunkan kadar Fe dan Mn Pada Air Sumur Gali.

METODOLOGI

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit buah kakao (*Theobroma cacao L.*) sebagai bahan baku utama, kertas saring whatman 42, aluminium foil, dan aquades, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, MnO_2 , sampel air sumur gali.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah blender, timbangan analitik, wadah besar, spatula, kain tipis, stopwatch, botol semprot, corong, pipet tetes, pipet volume 100 mL, batang pengaduk, mesin aerator, pipa PVC berdiameter 22 mm, lem pipa, oven, ayakan 45 mesh, labu erlemeyer 100 mL, gelas Beaker 50 mL, stirer magnetik, oven, pompa air, kertas label, Spektrofotometri Serapan atom (SSA) (Perkin Elmer PinAAcle 900T) dan Spektrofotometri Serapan atom (SSA) (Hitachi Z 2000), pipa PVC pipa ukuran kecil, kran, penggaris, pisau/ katep, botol sampel 600 mL.

Pengambilan Sampel

Botol sampel sebelum digunakan terlebih dahulu dibilas dengan aquades dan asam kuat. Air sumur gali dimasukkan ke dalam botol sampel 250 mL, diberi label, dan diawetkan selanjutnya di bawa ke laboratorium.

Pembuatan Aerator Sembur (*spray*)

Pipa PVC yang berdiameter 22 mm sedang dibuat sejajar 3 baris dan dihubungkan dengan penghubung pipa sehingga membentuk persegi. Pada salah satu sisi pipa PVC dilubangi sebagai tempat penghubung dengan pompa aerator. Pada bagian atas pipa PVC dilubangi dengan jarak yang sama. Pada bagian atas pipa dipasangkan kembali pipa kecil pada masing-masing lubang tersebut dan dibiarkan menjulang keatas dan direkatkan dengan lem pipa.

Pembuatan Adsorben dari Kulit Buah Kakao

Kulit buah kakao yang sudah bersih, dipotong kecil-kecil, diblender sampai halus. Setelah itu, dilarutkan dengan menggunakan aquades, diaduk, kemudian disaring. Perlakuan pencucian sambil diaduk dan dilakukan penyaringan berulang-ulang sampai filtrat yang dihasilkan berubah menjadi jernih. Kulit buah kakao yang sudah jernih dikeringkan dengan menggunakan oven sampai suhu $105\text{ }^\circ\text{C}$ selama 1-2 hari (Asriani, 2015). Serbuk kulit buah kakao yang sudah kering diblender sampai halus kemudian dilakukan pengayakan menggunakan ayakan ukuran 45 mesh.

Pembuatan Bak Aerator Sembur (*Spray*)

Kaca/aquarium dengan ukuran panjang 80 cm, lebar 60 cm dan tinggi 50 cm yang telah disiapkan dilubangi bagian samping bawah menggunakan bor kaca sesuai dengan ukuran kran yang telah tersedia. Dan dipasang aerator yang telah dihubungkan dengan listrik.

Penurunan Kadar Fe dan Mn Air Sumur Gali menggunakan Aerator Sembur (*Spray*)

Sampel dimasukkan kedalam bak penampungan yang kemudian dialirkan pada aerator. Aerasi dilakukan dengan menggunakan aerator sembur (*spray*), dimana air yang berada dalam bak dialirkan melewati pipa yang kemudian dialirkan ke dalam wadah penampungan aerasi sehingga secara langsung akan terjadi kontak dengan udara. Tekanan pompa aerator diatur sama pada 9 pipa *spray* dengan memvariasikan waktu semburan yakni masing-masing 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Kemudian dilakukan pengukuran terhadap kadar besi (Fe) dan kadar mangan (Mn) menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dan parameter fisika yakni, rasa, warna, dan bau.

Penurunan Kadar Fe dan Mn Air Sumur Gali menggunakan Aerator Sembur (*Spray*)

Sampel dimasukkan ke dalam bak penampungan yang kemudian dialirkan pada aerator. Aerasi dilakukan dengan menggunakan aerator sembur (*spray*), dimana air yang berada dalam bak dialirkan melewati pipa yang kemudian dialirkan ke dalam wadah penampungan aerasi sehingga secara langsung akan terjadi kontak dengan dilakukan proses aerasi, dilanjutkan dengan proses adsorpsi menggunakan serbuk kulit buah kakao (*Theobroma cacao L.*). Air sumur hasil aerasi diukur sebanyak 100 mL pada masing-masing hasil aerasi dan ditambahkan 2 gram adsorben serbuk kulit buah kakao pada masing-masing variasi waktu aerasi. Setelah itu dilakukan pengukuran terhadap kadar besi (Fe) dan kadar mangan (Mn) menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dan parameter fisik yakni rasa, warna, dan bau. Dari pengolahan air sumur gali tersebut yang menghasilkan air bersih maka, akan dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air baku mutu air bersih yang ditentukan untuk kadar logam besi (Fe) 0,3 mg/L sedangkan yang diperbolehkan untuk kadar logam mangan (Mn) 0,1 mg/L.

Kurva Kalibrasi Larutan Ion Logam Besi

Dipipet larutan induk ion logam besi (Fe^{3+}) 5 ppm masing-masing 0,1; 0,2; 1; 2; 5, 10 dan 12,5 mL. Dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL, diencerkan dengan aquades sampai tanda tera sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi masing-masing 0,005; 0,01; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; dan 0,75 ppm. Larutan tersebut diukur absorbansinya menggunakan SSA pada panjang gelombang optimal dan dibuat kurva antara konsentrasi terhadap absorbansi. Pada kurva tersebut dihasilkan persamaan garis linier ($y = ax + b$) yang digunakan untuk menghitung konsentrasi sisa pada adsorpsi ion logam Fe^{3+} oleh serbuk kulit buah kakao.

Kurva Kalibrasi Larutan Ion Logam Mangan

Dipipet larutan induk ion logam Mangan (Mn^{4+}) 5 ppm masing-masing 0,5; 1; 2; 4; dan 8 mL. Dimasukkan ke dalam labu takar 50 mL, diencerkan dengan aquades sampai tanda tera sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi masing-masing 0,025; 0,05; 0,1; 0,2; dan 0,4 ppm. Larutan tersebut diukur absorbansinya menggunakan SSA pada panjang gelombang optimal dan dibuat kurva antara konsentrasi terhadap absorbansi. Pada kurva tersebut dihasilkan persamaan garis linier ($y = ax + b$) yang digunakan untuk menghitung konsentrasi sisa pada adsorpsi ion logam Mn^{4+} oleh serbuk kulit buah kakao.

Penentuan Konsentrasi Ion Logam Besi dan Mangan

Untuk menghitung konsentrasi akhir larutan ion logam besi dan mangan, maka dapat dihitung dengan persamaan : $y = ax + b$ {y: absorbansi, a:slope, b: intersep, x: konsentrasi akhir (ppm)}. Adapun perhitungan efektivitas pengolahan dilakukan sesuai dengan persamaan 1.

$$\sum p = \frac{A-B}{A} x 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

A = Kadar Besi atau Mn awal

B = Kadar Besi atau Mn akhir

$\sum p$ = Efektivitas Pengolahan (Sutrisno, 2010).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis parameter fisika

Pengamatan parameter fisik pada sumur gali yang menjadi sampel penelitian adalah berwarna kuning, di atas permukaan air terdapat lapisan minyak, berbau karat, dan berasa masam. Bau dalam

air kemungkinan disebabkan adanya organisme dalam air seperti alga, serta gas seperti H_2S yang terbentuk dalam kondisi anaerobik, dan oleh adanya senyawa-senyawa organik yang lain. Rasa air yang masam kemungkinan disebabkan adanya bahan-bahan organik yang membusuk dan kandungan konsentrasi besi dan Mn terlarut > 1,0 mg/L (Rasman dan Saleh, 2016).

Pengaruh Waktu Aerasi

Waktu aerasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses dan hasil aerasi. Menurut Batara dkk (2017) pipa aerasi yang semakin panjang dapat menyebabkan kontak oksigen dalam air semakin lama sehingga kandungan oksigen yang terlarut dalam air (DO) semakin besar. Konsentrasi hasil aerasi air sumur gali dengan variasi waktu 1, 2, 3 jam dihitung berdasarkan persamaan regresi untuk logam Fe^{3+} yakni $y = 0,0041x - 0,0019$ dan logam Mn^{4+} menggunakan $y = 0,211x + 0,00001$. Berdasarkan hasil perhitungan, konsentrasi hasil aerasi logam besi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengaruh Waktu Aerasi terhadap Penurunan Kandungan Ion Logam Besi

Lama aerasi (jam)	Ion Logam Besi			Persentase (%)
	Kons. Awal (mg/L)	Kons. akhir (mg/L)	Penuruna n (mg/L)	
0,5	4,0318	0,4284	3,6034	89,37
1	4,0318	0,071	3,96	98,23
2	4,0318	0,063	3,97	98,42
3	4,0318	0,053	3,98	98,68
4	4,0318	0,052	3,99	98,96

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa meningkatnya waktu aerasi menyebabkan peningkatan persentase penurunan besi di dalam larutan. Hal ini diakibatkan karena proses turbulensi yang terjadi secara terus-menerus menyebabkan kandungan logam besi yang terlarut kontak dengan oksigen dan terjadi proses oksidasi sehingga besi dalam bentuk Fe , Fe^{2+} , atau Fe^{3+} membentuk oksida besi dalam bentuk $\text{FeO} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ atau $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ yang ditandai dengan adanya endapan kuning kecoklatan yang tidak larut dalam air. Hal ini dapat disebabkan karena pada saat air sumur gali dipompa ke bak penampung, terjadi proses oksidasi antara besi yang ada di dalam air dengan oksigen yang ada di udara (Rasman dan Saleh, 2016).

Reaksi oksidasi tersebut menghasilkan senyawa besi dioksida yang berupa gumpalan halus (*micro flock*) yang tak larut dalam air. Menurut Said (2005) untuk setiap 1 mg/L besi diperlukan oksigen sebanyak 0,14 mg/L, sehingga apabila kadar awal besi dalam sumur gali 4.0318 mg/L, maka dibutuhkan oksigen

sekitar 0,56 mg/L. Namun setelah waktu aerasi 1 jam peningkatan penurunan persentase besi dalam larutan tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa setelah waktu aerasi 1 jam konsentrasi besi dalam larutan semakin kecil atau hampir habis yang dapat dioksidasi oleh oksigen. Parameter fisik yang dapat diamati secara visual, air hasil aerasi menjadi tidak berwarna (bening), tidak berbau dan tidak berasa. Kandungan logam Fe^{3+} dalam air setelah proses aerasi sembur memenuhi standar baku yang telah ditetapkan Permen Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yakni maksimal 0,3 mg/L.

Hasil perhitungan konsentrasi logam Mangan (Mn) hasil aerasi sembur ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin lama waktu aerasi, maka semakin berkurang kandungan logam mangan yang terlarut dalam air sumur gali. Pada waktu aerasi 30 menit penurunan kadar Mn paling kecil atau hanya 56,13% dan terus mengalami penurunan kadar logam Mn dalam air seiring dengan meningkatnya waktu aerasi. Penurunan kadar Mn setelah waktu aerasi 3 jam sudah cenderung konstan atau tidak mengalami perubahan yaitu yakni 94,22%. Hal ini diduga disebabkan karena konsentrasi ion Mn^{2+} sudah sangat kecil dan tidak dapat lagi membentuk oksida meskipun kontak dengan udara dari proses aerasi karena adanya kandungan ion logam lain atau senyawa lain yang ada dalam air sumur atau sampel.

Tabel 2 Pengaruh waktu aerasi

Lama aerasi (jam)	Mn^{2+} (Logam Mangan)			
	Kons. Awal (mg/L)	Kons. akhir (mg/L)	Penurunan (mg/L)	Persentase (%)
0,5	0,1956	0,0858	0,1098	56,13
1	0,1956	0,055	0,140	71,73
2	0,1956	0,017	0,179	91,32
3	0,1956	0,011	0,184	94,22
4	0,1956	0,0109	0,185	94,45

Reaksi oksidasi mangan karena kontak dengan oksigen menghasilkan senyawa mangan dioksida berupa gumpalan halus (*micro flock*) yang tak larut dalam air. Hal ini juga akan mempengaruhi besarnya konsentrasi ion mangan dalam larutan pada saat pengukuran dengan Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Penurunan kadar logam pada air bukan hanya disebabkan karena waktu aerasi tetapi juga dipengaruhi oleh lama pengendapan (Rasman dan Saleh, 2016). Ketika logam besi atau mangan kontak dengan oksigen atau oksidator lain, maka akan teroksidasi menjadi valensi yang lebih tinggi, membentuk ion kompleks baru yang tidak larut dalam

jumlah yang cukup besar (La Aba dkk., 2017). Oleh karena itu, mangan dan besi dapat dihilangkan dengan pengendapan (sedimentasi) setelah aerasi.

Penurunan Ion Logam Besi (Fe^{3+})

Hasil adsorpsi ion logam Fe^{3+} menggunakan adsorben dari serbuk kulit buah kakao sebagai adsorben dengan waktu yang bervariasi (30; 45; 60; dan 75 menit ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa adsorben dari kulit buah kakao mempunyai kemampuan untuk menurunkan kandungan ion logam besi dalam air sumur gali. Semakin lama waktu adsorpsi diikuti pula peningkatan adsorpsi ion logam besi dalam larutan air sumur hingga kondisi optimum yaitu selama 1 jam.

Tabel 3 Penurunan Kandungan Ion Logam Besi (Fe^{3+}) Menggunakan Serbuk Kulit Buah Kakao pada Waktu Bervariasi

Lama adsorpsi (jam)	Ion Logam Fe^{3+}			Persentase (%)
	Kons. Awal (mg/L)	Kons. akhir (mg/L)	Penurunan (mg/L)	
0,5	4,0318	0,5402	3,4916	86,60
1	4,0318	0,1685	3,8633	95,82
2	4,0318	0,0972	3,9346	97,59
3	4,0318	0,1068	3,9250	97,35
4	4,0318	0,1133	3,9185	97,19

Setelah waktu adsorpsi 1 jam kemampuan adsorben relatif konstan bahkan cenderung turun. Hal ini diduga disebabkan karena dengan waktu yang lebih lama memungkinkan lepasnya kompleks besi dengan gugus aktif pada permukaan adsorben sehingga akan menambah ion logam besi di dalam larutan air.

Penurunan Ion Logam Mangan (Mn^{2+})

Kemampuan adsorben dari kulit buah untuk mengadsorpsi ion logam mangan pada variasi waktu adsorpsi yang berbeda ditunjukkan pada Tabel 4. Berdasarkan data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa adsorben dari serbuk kulit buah kakao dapat menurunkan kadar ion logam Mn^{2+} pada air sumur gali. Pada lama adsorpsi 3 jam merupakan waktu adsorpsi maksimal dengan persentase 90,95%. Pada waktu yang lebih lama kemampuan adsorpsi tidak bertambah, bahkan cenderung turun. Hal ini disebabkan mempunyai kemampuan untuk menurunkan kandungan ion logam besi dalam air sumur gali. Semakin lama waktu adsorpsi diikuti pula peningkatan adsorpsi ion logam besi dalam larutan air sumur hingga kondisi optimum yaitu selama 1 jam.

Setelah waktu adsorpsi 1 jam kemampuan adsorben relatif konstan bahkan cenderung turun.

Tabel 4 Penurunan Kandungan Ion Logam Mangan (Mn^{2+}) Menggunakan Serbuk Kulit Buah Kakao

Lama adsorpsi (jam)	Ion Logam Mangan			
	Kons. Awal (mg/L)	Kons. akhir (mg/L)	Penurunan (mg/L)	Persentase (%)
0,5	0,1956	0,0964	0,0992	50,71
1	0,1956	0,0522	0,1434	73,31
2	0,1956	0,0345	0,1611	82,36
3	0,1956	0,0177	0,1779	90,95
4	0,1956	0,0179	0,1777	90,84

Hal ini diduga disebabkan karena dengan waktu yang lebih lama memungkinkan lepasnya kompleks besi dengan gugus aktif pada permukaan adsorben sehingga akan menambah ion logam besi di dalam larutan air.

Perbandingan Metode Eerasi Sembur dengan Metode Adsorpsi

Penurunan kadar ion besi dan ion mangan dalam air sumur gali agar memenuhi persyaratan air layak konsumsi dilakukan aplikasi metode aerasi sembur dan metode adsorpsi. Kemampuan kedua metode untuk menurunkan kadar besi dan mangan dalam air sumur gali disajikan pada Tabel 5. Berdasarkan data pada Tabel 5 perbandingan persentase penurunan kadar besi maupun mangan pada air sumur gali menggunakan metode aerasi sembur dan adsorpsi mengalami kecenderungan yang sama dengan meningkatnya waktu. Namun demikian persentase penurunan kedua logam lebih besar menggunakan aerasi sembur dibandingkan dengan metode adsorpsi. Hal ini kemungkinan disebabkan karena pada proses aerasi sembur kontak antara logam besi maupun mangan lebih cepas terjadi sehingga proses oksidasi juga lebih cepat terjadi.

Proses kontak terus terjadi dengan oksigen baru yang disemburkan sehingga ion logam yang sudah membentuk oksida tidak mempengaruhi ion logam yang akan membentuk oksida dengan oksigen yang dialirkan dari sumber aerasi. Sedangkan pada proses adsorpsi beberapa gugus aktif seperti oksigen dan gugus hidroksi mempunyai kecenderungan kedua gugus aktif untuk mengikat ion logam besi maupun mangan. Kehadiran atom dan gugus hidroksi pada serbuk kulit buah kakao dalam air sumur gali akan menyebabkan terjadinya ikatan hidrogen sehingga proses pembentukan kompleks antara ion logam besi maupun mangan akan mengurangi jumlah gugus aktif yang berikatan. Akibatnya jumlah ion logam dalam larutan tidak semua dapat membentuk kompleks dengan gugus aktif. Disamping itu kehadiran ikatan

hidrogen juga akan mempengaruhi waktu yang dibutuhkan kompleks untuk terjadi (La Harimu dkk., 2019)

Tabel 5. Perbandingan kemampuan kedua metode untuk menurunkan kadar besi dan mangan dalam air sumur gali

Jenis logam	Lama aerasi/adsorpsi (jam)	Metode	
		Aerasi penurunan (%)	Adsorpsi Penurunan (%)
Besi	0,5	89,37	86,60
	1	98,23	95,82
	2	98,42	97,59
	3	98,68	97,35
	4	98,96	97,19
Mangan	0,5	56,13	50,71
	1	71,73	73,31
	2	91,32	82,36
	3	94,22	90,95
	4	94,45	90,84

Penyebab lain kemungkinan disebabkan karena masih adanya ion logam dalam serbuk kulit buah kakao. Ion logam yang merupakan pengganggu atau interferensi ion logam besi maupun mangan dengan gugus aktif pada adsorben dari serbuk kulit buah kakao pada saat proses pembentukan kompleks, meskipun sudah mengalami proses pencucian. Karena kehadiran ion logam seperti besi pada kulit buah kakao akan sulit terlepas atau larut pada saat proses pencucian karena terjadi ikatan kimia didalamnya.

Untuk perbedaan persentase ion logam besi dengan mangan berbeda yang terendapkan maupun teradsorpsi disebabkan karena ditinjau dari reaktivitas ion logam besi lebih reaktif dibandingkan dengan ion mangan sehingga proses oksidasi maupun pembentukan kompleks lebih cepat. Kecepatan pembentukan kompleks dipengaruhi oleh muatan ion logam. Ion logam dengan muatan yang lebih besar akan lebih mudah membentuk kompleks dibandingkan dengan ion logam dengan muatan ion lebih rendah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian La Harimu dkk., (2009; 2010) bahwa ion logam dengan muatan lebih besar mempunyai persen ekstraksi, pemisahan secara membran, maupun secara adsorpsi yang lebih besar dibandingkan dengan ion logam dengan muatan yang lebih kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode aerasi sembur (*spray*) dan adsorpsi menggunakan adsorben serbuk kulit buah kakao (*Theobroma cacao L*) dapat menurunkan kadar ion logam besi dan ion logam

mangan pada air sumur gali. Waktu optimal metode aerasi sembur untuk menurunkan ion logam besi adalah 1 jam dan 3 jam untuk ion logam mangan dengan penurunan kadar ion logam Fe^{3+} dan ion logam Mn^{4+} masing-masing sebesar 98,23% dan 94,22%. Untuk metode adsorpsi penurunan optimal untuk ion logam besi terjadi pada waktu adsorpsi 2 jam dan untuk ion logam mangan selama 3 jam dengan persen adsorpsi berturut-turut masing-masing 97,59% dan 90,95%.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, J.M. dan Sari, D. P., 2015. Penurunan Kadar Besi dan Mangan Terlarut dalam Air Payau Melalui Proses Oksidasi Menggunakan Kalium Permanganat. *Pros. Seminar Nasional ISBN: 979-587-529-9*. Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Asriani, 2015. Variasi Massa Adsorben dari Serbuk Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Dan pH Larutan Ion Logam Untuk Mengadsorpsi Ion Logam Krom (Cr^{6+}) Dan Nikel (Ni^{2+}). *Skripsi*, Universitas Halu Oleo. Kendari.
- Batara K., Badrus Z. dan Wiharyanto O., 2017. Pengaruh Debit Udara dan Waktu Aerasi Terhadap Efisiensi Penurunan Besi dan Mangan Menggunakan Diffuser Aerator pada Air Tanah. *J. Teknik Lingkungan*, 6(1), 1-10.
- Edahwati L. dan Suprihatin, 2013. Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, Dan Filtrasi Pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan. *J. Teknik Lingkungan*, 1 (2), 79-83.
- Hartini, E., 2012. *Cascade Aerator* dan *Bubble Aerator* dalam Menurunkan Kadar Mangan Air Sumur Gali. *J. Kesehatan Masyarakat*, 8(1), 42-50.
- Juwita A. I., Ilham A., Musdalifah, Emmi B. dan Syahrul B., 2018. Efektifitas Penggunaan Arang Limbah Kulit Kakao (*Theobroma cacao L.*) untuk Menurunkan Kesadahan, Salinitas dan Senyawa Organik Air. *J. Higiene*, 4(1), 1-10.
- La Aba, Bahrin dan Armid, 2017. Pengolahan Air Sumur Gali dengan Metode Aerasi-filtrasi Menggunakan Aerator Gelembung dan Saringan Pasir Cepat untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn), *J Fisika Aplikasi UHO*, 13(2), 38-47.
- La Harimu, Sabirin M., Dwi S. dan S. J. Santosa, 2009. Sintesis Poli(asam eugenil oksiasetat) sebagai Pengembangan untuk Pemisahan Ion Logam Berat Fe(III), Cr(III), Cu(II), Ni(II), Co(II), dan Pb(II) Menggunakan Metode Ekstraksi Pelarut. *Indo. J. Chem.*, 9 (2), 261 - 266.
- La Harimu, Sabirin M., Dwi S. dan S. J. Santosa, 2010, Pemisahan Ion Logam Berat Fe(III), Cr(III), Cu(II), Ni(II), Co(II), dan Pb(II) Menggunakan Pengembangan Ion Poli(Asam Eugenil Oksiasetat) dengan Metode Transpor Membran Cair, *Indo. J. Chem.*, 10 (1), 69 - 74.
- La Harimu, La Rudi, Aceng H., Giswa A.P.S. dan Asriyanti, 2019. Studi Variasi Konsentrasi NaOH Dan H_2SO_4 untuk Memurnikan Silika dari Abu Sekam Padi Sebagai Adsorben Ion Logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} . *Indo. J. Chem. Res.*, 6(2), 81-87
- Mashadi A., Bambang S., Anis. dan Muhammad A., 2018. Peningkatan Kualitas, Fe Dan Kekeruhan dari Air Sumur Gali Dengan Metode Filtrasi. *J. Riset Rekayasa Sipil*, 1 (2), 105-113
- Mandasari I., dan Purnomo A., 2016. Penurunan Ion Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air dengan Serbuk Gergaji Kayu Kamper. *J. Teknik ITS*, 5(1), 56-63.
- Purnamawati H. dan Utami B., 2014. Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao L.*) Sebagai Adsorben Zat Warna Rhodamin B. *Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika*, 5(1), 12-18.
- Rasman, M. S., 2016. Penurunan Kadar Besi (Fe) dengan Sistem Aerasi dan Filtrasi Pada Air Sumur Gali. *J. Higiene*, 2(3), 159-167.
- Said, N.I., 2005. Metoda Penghilangan Zat Besi dan Mangan di dalam Penyediaan Air Minum Domestik. *J.A.I. 1(3)*, 239-250.