

## Aeration Strategies for the Removal of Iron From Water Manufacturing Industry

### Strategi Aerasi Untuk Mengurangi Kadar Besi Dalam Air Industri Manufaktur

Riswan Edwinskyah<sup>\*1</sup>, Kahar Kahar<sup>2</sup>, Sri S. Mulyati<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Bagian Kesehatan Lingkungan, Politeknik Kesehatan Kemenkes Bandung, Bandung

#### Abstract

Clean water used for daily needs in the industry must meet health requirements and be safe to use, but artesian well water often contains various dangerous metals, one of which is iron. This study aimed to determine the effect of various variations in the length of aeration contact time on the reduction of iron content in water. In this study, the aeration process of water with various variations in the number of aerators was carried out to reduce the iron content. This type of research was experimental research with a pre and post-test design. The population and sample in this study were partially artesian well water in the shoe industry office. The sampling technique in this study used grab sampling. The results showed the greatest decrease in iron content was in 3 aerators with an initial iron content of 1.18 mg/l after treatment to 0.15 mg/l. The results showed that reducing iron content in clean water with variations in the number of aerators reduced Fe levels. It is recommended to the shoe industry to reduce the iron content of clean water by using an aeration process using an aerator with a capacity of 5 L/second. This study found that using aerators can be effectively used as an economical method in reducing iron content in the industrial and community environment.

#### Abstrak

Air bersih yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dalam industri harus memenuhi syarat kesehatan dan aman digunakan, namun air sumur artesis sering mengandung berbagai logam berbahaya salah satunya yaitu zat besi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh berbagai variasi lama waktu kontak aerasi terhadap penurunan kandungan zat besi dalam air. Pada penelitian ini dilakukan proses aerasi terhadap air dengan berbagai variasi jumlah aerator untuk menurunkan kadar besi. Jenis penelitian ini adalah penelitian experiment dengan desain pre and posttest. Populasi dan sampel pada penelitian ini adalah sebagian air sumur artesis di perkantoran industri sepatu. Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan grab sampling. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kadar besi paling besar yaitu pada 3 aerator dengan kadar besi awal 1,18 mg/l setelah perlakuan menjadi 0,15 mg/l. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kadar besi pada air bersih dengan variasi jumlah aerator berhasil menurunkan kadar Fe. Disarankan pada pihak Industri sepatu agar melakukan penurunan kadar besi air bersih dengan menggunakan proses aerasi menggunakan aerator dengan aerator yang berkapasitas 5 L/detik. Studi ini menemukan bahwa penggunaan berapa aerator dapat efektif digunakan sebagai metode yang ekonomis dalam menurunkan kandungan besi di lingkungan industri maupun masyarakat.

#### Graphical Abstract



#### Keyword

aeration strategies; iron concentration; iron in water; removal of iron; water industry

#### Artikel History

Submitted : 15 May 2022  
In Reviewed : 22 May 2022  
Accepted : 25 June 2022  
Published : 30 June 2022

#### Correspondence

Address : Jalan Pajajaran No. 56 Bandung,  
Jawa Barat, 40171, Indonesia

Email : [riswanedwinskyah22@gmail.com](mailto:riswanedwinskyah22@gmail.com)



## PENDAHULUAN

Industri sepatu merupakan salah satu perusahaan yang mengalami perkembangan saat ini. Sebagian besar kegiatan produksi Industri sepatu merupakan kegiatan produksi sepatu yang dalam kegiatan produksi sehari-harinya menghasilkan limbah padat berupa karet bekas dari sisa produksi sepatu (Carvalho Filho et al., 2019; Cheah et al., 2013; Tatano et al., 2012). Industri sepatu dalam proses produksi maupun kegiatan kantor tidak terlepas dari penggunaan air, baik itu dari menggunakan air minum ataupun menggunakan air bersih untuk keperluan toilet, penyiraman tanaman dan banyak hal lain yang menggunakan air (Ardhala et al., 2016). Dalam hal ini bahwa diketahui sebuah industri tidak terlepas dari kondisi lingkungan yang mempengaruhi kinerja dari karyawan dan lingkungan yang ada (Christiani et al., 2017).

Air merupakan kebutuhan pokok untuk menunjang kelangsungan hidup manusia. Air juga dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas hidup manusia. Sehingga air akan memberikan dampak yang besar terhadap masalah sosial ataupun kesehatan jika kebutuhan air belum tercukupi. Dalam kehidupan peranan air sangat penting terutama dalam menjaga kelangsungan kehidupan di bumi (Cosgrove & Loucks, 2015; Khan et al., 2013). Air sumur adalah sumber air bersih yang sering kali dipergunakan masyarakat maupun industri dalam skala besar. Permasalahan yang sering timbul dari air tanah adalah tingginya kadar pencemar yang terkandung di dalamnya (Sasongko et al., 2014; Widiyanto et al., 2015). Jika mengacu pada standar yang ditetapkan, maka air yang layak untuk dimanfaatkan tentunya harus sesuai dengan persyaratan yang ada. Jika persyaratan yang ada belum terpenuhi, menandakan pemanfaatan air sebagai kebutuhan air bersih belum bisa dilakukan. Permasalahan lain yang sering muncul dari penggunaan air sumur atau tanah ialah tingginya kandungan Mangan (Mn) dan Besi (Fe) (Hussain et al., 2013; Li et al., 2016). Kandungan tersebut tidak sulit larut dalam air serta keberadaannya tidak mudah dideteksi melalui mata telanjang (Al Kholif et al., 2020)

Di alam, ada berbagai bentuk besi (Fe), misalnya, anorganik, organik yang teroksidasi atau tereduksi. Kandungan mineral Fe yang kaya dalam tanah, terdapat di tanah berkapur, sering kali teroksidasi dan berbentuk endapan, yang tidak mudah tersedia secara alami pada banyak tanaman (Pereira et al., 2014; Cieschi et al., 2019). Sementara itu, mikroorganisme yang terdapat di rizosfer tanaman dapat mempengaruhi penyerapan Fe dalam tanaman. Tanaman dan mikroba menjadi pengangkut untuk mendapatkan Fe dalam berbagai

bentuk pada habitat yang berbeda (Lau et al., 2015; Connorton et al., 2017; Zhang et al., 2017). Sebagai zat gizi mikro, Fe hampir merupakan unsur esensial di hampir semua makhluk hidup. Pada manusia, banyak zat besi dalam makanan diperlukan karena mengontrol perkembangan sel darah merah normal dan fungsi kekebalan, dan terlibat dalam kunci reaksi metabolisme dan berbagai fungsi fisiologis. Kekurangan zat besi menjadi penyebab utama anemia dan anemia mempengaruhi perkembangan kognitif, mengurangi kekebalan, menyebabkan kelelahan yang rentan menjangkit orang yang miskin, wanita, dan anak-anak (Stevens et al., 2013). Walaupun unsur besi tersebut diperlukan oleh tubuh, namun jika melebihi nilai ambang batas bagi kebutuhan tubuh dapat memunculkan masalah bagi kesehatan (Rahayu et al., 2013). Besi dapat menyebabkan kerusakan pada dinding usus halus (Qi et al., 2020). Asupan zat besi berlebih juga dapat menyebabkan kegagalan jantung, kanker hati, kegagalan pertumbuhan, infeksi penyakit, dan gangguan perkembangan bayi dan anak (Lønnerdal, 2017; Koleini et al., 2021; Porter et al., 2014).

Berbagai proses pengurangan besi telah banyak dilakukan pada air sumur, seperti Rahmawati & Sugito (2015) dengan penggunaan metode pasir, Surup et al. (2020) dengan menggunakan arang, Rorong (2015) dengan memanfaatkan jerami padi, dan Pawarti et al. (2019) dengan metode filter berlapis. Metode ini berusaha melengkapi studi sebelumnya dengan menggunakan metode pengontakan udara yang menganalisis keefektifan berdasarkan jumlah aerator yang digunakan. Proses aerasi ini merupakan pengolahan air dengan cara mengontakkannya dengan udara sehingga oksigen yang ada di udara, akan bereaksi dengan senyawa ferus yang terlarut berubah menjadi menjadi ferri (Fe) yang tidak larut. Aplikasi penggunaan metode ini akan sangat bermanfaat diterapkan dalam lingkungan industri manufaktur terutama pada sumur masyarakat yang tercemar kandungan besi dari limbah perusahaan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah aerator terhadap penurunan kadar besi (Fe) pada air bersih di industri manufaktur.

## METODE

Jenis penelitian ini merupakan studi kuantitatif eksperimen semu dengan menggunakan desain rancangan acak lengkap (RAL). Studi dengan rancangan acak lengkap ialah studi dengan menggunakan perlakuan ditambah satu kontrol di setiap tiga perlakuan dengan enam kali replikasi percobaan. Eksperimen ini bertujuan

Tabel 1

Hasil Pemeriksaan Kadar Besi (Fe) Air Bersih Industri

Pengulangan	Kadar Sebelum (mg/l)	Kadar Penurunan Setelah Perlakuan					
		1		2		3	
		mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%
1	1.09	0.78	28.44	0.48	55.96	0.23	78.9
2	1.07	0.83	22.43	0.4	62.62	0.21	80.37
3	1.12	0.88	21.43	0.37	66.96	0.18	83.93
4	1.03	0.81	21.36	0.36	65.05	0.13	87.38
5	1.04	0.76	26.92	0.33	68.27	0.1	90.38
6	1.18	0.73	38.14	0.32	72.88	0.07	94.07
Rata-rata	1.09	0.80	26.45	0.38	65.29	0.15	85.84

untuk mengetahui efektifitas jumlah aerator terhadap penurunan kandungan besi pada air di industri manufaktur menggunakan proses aerasi dengan variasi jumlah aerator yaitu 1 aerator, 2 aerator dan 3 aerator. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 14-16 Juni 2021.

Pengambilan sampel air berlokasi pada salah satu sumur yang digunakan oleh industri sepatu, yang diperoleh dengan memasukkan botol dalam wadah yang telah disterilisasi kemudian dimasukkan dalam box pendingin untuk dibawa ke laboratorium untuk diteliti.. Alasan pemilihan lokasi dikarenakan pada air sumur gali berbau logam, terlihat keruh, serta analisis awal kandungan Fe pada air sumur lebih dari 1,0 mg/l .

Data primer diperoleh dari hasil pemeriksaan kadar besi (Fe) sampel air sumur gali sebelum dan sesudah penyaringan dengan metode aerasi. Data sekunder diperoleh dari profil kesehatan dan beberapa literatur dari buku maupun jurnal bereputasi yang berkaitan dengan penelitian ini.

Dengan menggunakan desain penelitian yaitu *pre and post test without control group design*. Dilakukan pemeriksaan kadar Fe pada air bersih sebelum dan setelah diberikan perlakuan aerasi dengan berbagai variasi jumlah aerator yaitu 1 aerator, 2 aerator, dan 3 aerator. Kemudian membandingkan hasil pemeriksaan sebelum diberi perlakuan dan setelah diberi perlakuan untuk menggambarkan kandungan besi (Fe) pada air sumur gali. Data yang telah diperoleh dapat dikomparasi dengan Permenkes RI No. 32 tahun 2017 tentang "Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitas, Kolam Renang, Solus Per Aqua Dan Pemandian Umum".

## HASIL

Pada [tabel 1](#) menunjukkan data hasil pemeriksaan awal kualitas air bersih untuk parameter besi (Fe) air bersih di Industri sepatu. Sebelum perlakuan hasil dari kadar besi (Fe) yaitu tidak memenuhi syarat berdasarkan permenkes No 32 tahun 2017 dan setelah

diberikan perlakuan dengan perlakuan 1,2 dan 3 aerator memiliki penurunan yang signifikan dan didapatkan rata-rata sebelum diberi perlakuan adalah 1,09 dan setelah diberikan perlakuan 1 aerator 0,80, 2 aerator 0,38 dan 3 aerator 0,15.

Pada [gambar 1](#) menunjukkan bahwa kadar besi (Fe) pada air bersih yaitu setelah dilakukan aerasi bahwa memiliki kenaikan yang sangat signifikan terhadap penambahan jumlah aerator dan diketahui bahwa 3 aerator memiliki penurunan paling tertinggi.

Pada [tabel 2](#) menunjukkan pada air bersih, diperoleh persentase penurunan rata-rata pada variasi 1 aerator adalah 26,45%, pada variasi 2 aerator adalah 65,26%, dan pada 3 aerator 85,84%. Maka, persentase penurunan kadar Fe yang paling besar terdapat pada variasi 3 aerator yaitu 85,84%. Uji *One-Way Anova* dilakukan dengan derajat kepercayaan ( $\alpha$ ) sebesar 5% (0,05). Hasil Uji *One-Way Anova* dapat dilihat Dari hasil data uji *one way Anova* nilai *p.value* kurang dari alfa maka terdapat perbedaan karena  $H_0$  ditolak.

## PEMBAHASAN

Industri sepatu tidak melakukan pengolahan terhadap tingginya kadar Fe pada air bersih tersebut. Maka dari itu peneliti melakukan penelitian terhadap air bersih tersebut dengan proses aerasi, dimana pada hasil pemeriksaan awal kadar besi (Fe) sebelum perlakuan (Pretest) maksimal sebesar 1,18 mg/l dan penurunan kadar Fe paling efektif terdapat pada variasi 2 aerator yaitu rata-rata sebesar 0,38 mg/l. Hasil penelitian ini sejalan dengan studi yang dilakukan oleh [Febiary et al. \(2016\)](#) menunjukkan bahwa perlakuan sistem aerasi-sedimentasi-filtrasi efektif untuk menurunkan kekeruhan dan kadar besi dalam air tanah.

Suhu pada air bersih mempengaruhi terhadap penurunan kadar besi (Fe) sehingga kadar besi (Fe) mengalami penurunan karena semakin tinggi suhu kadar oksigen yang terlarut akan semakin mudah terlarut dalam air, sehingga derajat kelarutan dalam air lebih tinggi. Suhu yang tinggi dapat meningkatkan aktivitas metabolisme

Tabel 2

Tabel Persentase Penurunan Kadar Besi

Kadar Besi (Mg/l)	Perlakuan		
	Penurunan 1 (%)	Penurunan 2 (%)	Penurunan 3 (%)
Minimal	21.36	55.96	78.9
Maksimal	38.14	72.88	94.07
Rata-Rata	26.45	65.29	85.84

mikroorganisme untuk konsumsi air sehingga melarutkan air lebih meningkat. Suhu yang berubah - ubah akan mempengaruhi kadar Besi (Fe) yang ada di air bersih. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [Ulfa et al. \(2019\)](#) bahwa suhu yang tinggi, akan mempengaruhi terhadap oksigen terlarut di dalam air dengan kata lain bahwa makin tinggi suhu air, maka makin berkurang kadar oksigen terlarut yang ada di air sehingga akan mempengaruhi proses oksidasi besi dalam air.

Pada proses sebelum di aerasi suhu pada air bersih yaitu rentang pada 26 °C sampai 28 °C dengan rata-rata 27 °C, dan setelah diberikan perlakuan dengan satu *aerator* memiliki suhu minimal 25 °C dan maksimal 28 °C dengan suhu rata-rata 26,3 °C, pada penambahan 2 *aerator* suhu minimal yaitu 25 °C dan suhu maksimal 28 °C serta untuk rata-rata dari suhu yaitu 26,2 °C, dan pada 3 *aerator* suhu minimal yaitu 25 °C dan maksimal 27 °C dan memiliki rata-rata 25,7 °C.

Reduksi kandungan besi dengan metode aerasi dapat mempengaruhi kadar pH di dalam air. Derajat keasaman (pH) dalam studi pada air bersih sumur bor Industri sepatu sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan dengan menggunakan variasi jumlah *aerator* mengalami kenaikan. Pada proses oksidasi air bersih dalam menurunkan kadar besi (Fe) berlebih dengan memasukan udara menggunakan proses aerasi bahwa pH air yang baik dalam proses aerasi yaitu lebih dari 7,5 dan umumnya makin tinggi pH air maka kecepatan reaksi oksidasinya makin cepat karena terjadinya benturan antar ion elektron semakin cepat, sehingga kadar Fe dalam air

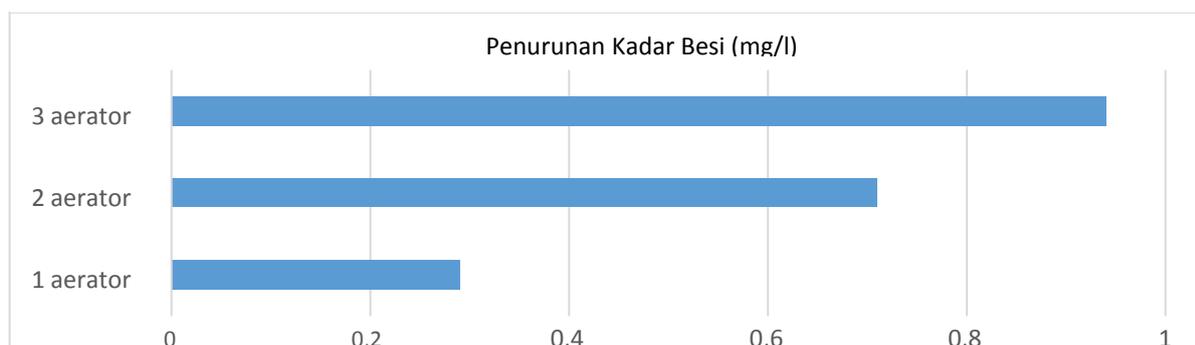
dengan keadaan basa akan mudah bereaksi dengan oksigen dan menjadi  $Fe(OH)_3$  yang tidak larut dalam air, terkadang perlu waktu tinggal sampai beberapa saat setelah proses aerasi agar reaksi berjalan tergantung dari karakteristik air bakunya. Reaksi oksidasi besi dengan proses aerasi akan berjalan baik apabila pH 7,5–8,5.

Penelitian terhadap kandungan besi (Fe) pada air bersih sumur bor menggunakan perbedaan variasi jumlah *aerator* dalam menurunkan kadar Fe, dengan perbedaan jumlah *aerator* yaitu 1 *aerator*, 2 *aerator* dan 3 *aerator* yang dilakukan sebanyak 6 kali pengulangan pada masing-masing variasi. Penelitian ini dilakukan dengan cara proses oksidasi terhadap Fe terlarut dalam air menjadi  $Fe(OH)_3$  yang tidak larut dalam air. Proses oksidasi dilakukan dengan menggunakan udara yaitu dengan memasukkan udara ke dalam air atau disebut dengan aerasi. Dalam penelitian ini proses aerasi dengan cara mengontakkan oksigen yang ada di udara kedalam air akan bereaksi dengan senyawa *ferus* terlarut merubah menjadi *ferris* (Fe) yang tidak larut dalam air sehingga konsentrasi zat pencemar besi (Fe) akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali, setelah itu dibiarkan beberapa saat agar kandungan Fe yang tidak larut tersebut dengan mengendap.

Pada penelitian ini oksigen dimasukan kedalam air menggunakan *aerator* dan dialirkan menggunakan selang kedalam air baku yang akan diolah sehingga udara di dalam air akan membentuk gelembung secara merata dan memenuhi bak reaktor aerasi. Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan signifikan kadar besi dari

Gambar 1

Grafik Rata-Rata Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Bersih



penggunaan tiga aerator. Hal ini menunjukkan bahwa adanya perbedaan pengaruh dari proses penambahan aerator terhadap penurunan kadar Besi (Fe).

Hal ini selaras dengan teori bahwa kadar besi (Fe) dapat berkurang dari dalam air dengan melakukan oksidasi menjadi  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  yang tidak larut dalam air, ini terjadi karena adanya reaksi antara oksigen dengan zat besi (Fe) yang larut dalam air sehingga membentuk senyawa *ferric* (Fe valensi-3) yang tidak larut di dalam air, dan pada akhirnya kadar besi (Fe) yang tidak larut dalam air akan membentuk endapan-endapan dan mengendap di dasar reaktor (Febrina & Ayuna, 2015).

Hasil penelitian ini diketahui bahwa sebelum diberikan perlakuan kadar besi (Fe) pada air bersih tersebut tidak memenuhi syarat berdasarkan Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, kadar Fe sebelum perlakuan yaitu 1,18 mg/l dan setelah diberikan perlakuan kadar besi (Fe) pada air bersih menjadi memenuhi syarat pada setiap perlakuannya, karena kadar besi (Fe) setelah diberikan perlakuan diketahui tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017 yaitu 1 mg/l.

Air sumur yang dimanfaatkan merupakan jalan yang ditempuh masyarakat dalam memenuhi kebutuhan air bersihnya. Akan tetapi, kadar ion Fe ( $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{Fe}^{2+}$ ) yang tinggi menyebabkan perlunya dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dimanfaatkan karena air tersebut melebihi standar yang telah ditetapkan oleh di dalam Permenkes Nomor 32 tahun 2107 tentang "Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum". Aturan tersebut menetapkan bahwa untuk kandungan logam besi pada air bersih yaitu maksimal sebesar 1,0 mg/l. Proses aerasi merupakan salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk menurunkan kandungan besi ( $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$ ) pada air.

Besi dalam air akan menjadi ion bervalensi tiga ( $\text{Fe}^{3+}$ ) serta bervalensi dua ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Dalam bentuk ikatan dapat berupa  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , atau  $\text{FeSO}_4$  tergantung pada unsur lain yang mengikatnya. Selain itu besi dalam air bersumber dari dalam tanah sendiri disamping dapat pula berasal dari sumber lain diantaranya dari *reservoir* air dari besi, larutnya pipa besi, atau endapan-endapan dari buangan industri (Febrina & Ayuna, 2015).

Zat Fe yang melebihi dosis yang diperlukan oleh tubuh akan menimbulkan masalah bagi kesehatan. Hal ini disebabkan tubuh manusia tidak mampu mengekskresi Fe, sehingga mereka yang pernah memperoleh transfusi darah, warna kulitnya dapat menjadi hitam karena

terakumulasi dengan Fe. Air yang mengandung zat besi juga dapat menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi. Selain itu dalam dosis besar dapat merusak dinding usus. Kematian sering terjadi keran kerusakan dinding usus ini. Kadar Fe yang lebih dari 1,0 mg/l akan menyebabkan terjadinya iritasi mata dan kulit (Budiman et al., 2018).

Dalam air, hal yang dapat mempengaruhi kelarutan kandungan besi salah satunya yaitu keasaman air. pH air yang berpengaruh terhadap kesadahan kadar Fe dalam air, proses korosif dapat terjadi jika pH air yang rendah sehingga akan menyebabkan larutnya besi dan logam lainnya dalam air, pH yang rendah kurang dari 7 dapat melarutkan logam. Besi yang ada dalam air berbentuk ferri atau ferro dalam keadaan pH rendah, dimana bentuk ferri tidak larut dalam air dan akan mengendap serta tidak dapat dilihat dengan mata sehingga mengakibatkan air menjadi berbau, berwarna, dan memiliki rasa (Krupińska, 2019).

Selain suhu dan pH, temperatur juga dapat mempengaruhi kelarutan besi dalam air (Supriyantini & Endrawati, 2015). Penurunan kadar oksigen dalam air dapat diakibatkan oleh temperatur yang tinggi, kenaikan temperatur air juga akan menguraikan derajat kelarutan mineral hingga akan menyebabkan kelarutan Fe pada air tinggi. Peningkatan oksigen dalam air disebut juga proses aerasi. Ion Fe selalu ditemui dalam air alami dengan kandungan besi yang rendah, seperti pada daerah danau atau pada air tanah yang tanpa udara. Keberadaan ferri larutan dapat terbentuk dengan adanya pabrik tenun, kertas dan proses industry. Fe dapat dihilangkan dari dalam air dengan melakukan proses oksidasi menjadi  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  yang tidak larut dalam air, kemudian diikuti dengan pengendapan serta penyaringan. Proses ini terjadi dengan cara mengontakkan atau memasukkan oksigen ke dalam air (Sumakul et al., 2020).

Apabila kelarutan besi dalam air melebihi 10 mg/l akan menyebabkan air berbau seperti telut busuk. Pada *hemokromatesis* primer, besi yang diserap dan disimpan dalam jumlah yang berlebihan didalam tubuh. *Feritin* berada dalam keadaan jenuh akan besi sehingga kelebihan mineral ini akan disimpan dalam bentuk kompleks dengan mineral lain. Akibatnya terjadilah sirosis hati dan kerusakan pankreas sehingga menimbulkan diabetes.

Sesungguhnya alam telah menyediakan sarana atau jalan keluar untuk memecahkan masalah yang sering dihadapi masyarakat, khususnya mengenai masalah air yang merupakan kebutuhan penting bagi manusia. Allah SWT berfirman dalam Q.S. Al-Baqarah/ 2:29 yang terjemahnya :

“Dia-lah Allah, yang menjadikan segala yang ada di bumi untuk kamu...”

Allah SWT mengemukakan pada ayat tersebut bahwa Dia-lah yang menciptakan untuk manusia apa yang ada di bumi, sehingga semua yang dibutuhkan manusia untuk kelangsungan dan kenyamanan hidup dihampar dan itu adalah bukti kemahakuasaan-Nya (Shihab, 2009). Maksudnya, Allah SWT menciptakan pengaliran sungai yang didalamnya terjadi proses pengontakan udara sebagai pembelajaran bagi manusia agar dapat menjernihkan air. Menurut Liu et al. (2019) semakin sering terjadi percikan air melalui bebatuan di sungai maka akan semakin tinggi potensi sungai untuk mengurangi polusinya. Hal ini sesuai dengan firman Allah SWT dalam Q.S. Al-An'am ayat 141-142, yang terjemahnya:

“Dan Dialah yang menjadikan kebun-kebon yang berjunjung dan yang tidak berjunjung, pohon kurma, tanam-tanaman yang bermacam-macam buahnya, zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak sama (rasanya). Makanlah dari buahnya (yang bermacam-macam itu) bila dia berbuah, dan tunaikanlah haknya di hari memetik hasilnya (dengan disedekahkan kepada fakir miskin); dan janganlah kamu berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang yang berlebih-lebihan

Maksud dari ayat tersebut bahwa manusia memiliki hak atau diperbolehkan untuk memanfaatkan apa-apa yang ada di bumi, dalam hal ini adalah sumber daya alam yang tidak melampaui batas atau berlebihan. Dalam konteks ini, alam terutama bumi tempat tinggal manusia merupakan arena uji bagi manusia. Agar manusia dapat berhasil dalam ujiannya maka mereka harus bisa membaca “tanda-tanda” atau ayat-ayat alam yang ditujukan oleh Sang Maha Pengatur Alam. Salah satu agar manusia mampu membaca ayat-ayat Tuhan, manusia harus memiliki ilmu pengetahuan dan mengembangkannya (Sumantri, 2010). Ayat di atas juga memberi isyarat bahwa penggunaan beberapa media pengganti aerator sebagai bahan alternatif dari alam dalam melakukan proses penyaringan air harus menurunkan parameter toksik tertentu. Seperti penggunaan biji asam dan biji kelor (Damayati et al., 2016), pasir pantai dan pasir kuarsa (Artidarma et al., 2021), kulit pisang kepok (Budiman et al., 2018), maupun arang batok kelapa (Ikhwan, 2016).

## KESIMPULAN

Pengurangan konsentrasi besi dalam air terutama dipengaruhi oleh banyaknya penggunaan aerator.

Terjadinya penurunan kadar besi yang signifikan jika dibandingkan dengan sebelum perlakuan menunjukkan penggunaan berapa aerator dapat efektif digunakan sebagai metode yang ekonomis dalam menurunkan kandungan besi. Dalam penelitian ini juga diketahui bahwa aerator yang efektif dalam menurunkan kadar besi (Fe) perlakuan dengan menggunakan 2 aerator. Penggunaan aerator perlu dikembangkan untuk meneliti keefektifan menurunkan kandungan logam toksik lain yang dapat berpengaruh pada kesehatan masyarakat. Beberapa kelemahan dalam penelitian ini seperti kurangnya pengukuran pH, waktu, suhu atmosfer, suhu air, laju aliran, kecepatan angin, dan desain sistem aerasi perlu divariasikan untuk mengetahui faktor bias yang dapat berpengaruh pada penurunan kadar tersebut, sehingga pemanfaatan teknologi ini dapat diaplikasikan di industri manufaktur, dan pada lingkungan masyarakat di sekitar industri. Penelitian lebih lanjut harus dilakukan untuk merancang aerator dengan kombinasi metode pada studi yang telah terbukti berhasil menurunkan beberapa parameter berbahaya dalam perairan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al Kholif, M., Sugito, S., Pungut, P., & Sutrisno, J. (2020). Kombinasi Tray Aerator Dan Filtrasi Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Pada Air Sumur. *Ecotrophic*, 14(1), 28-36. <https://doi.org/10.24843/EJES.2020.v14.i01.p03>
- Ardhala, A. D., Santoso, E. B., & Sulistyarso, H. (2016). Influence factors on the development of creative industry as tourism destination (Case Study: Footwear Village in Mojokerto City). *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 227, 671-679. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.131>
- Artidarma, B. S., Fitria, L., & Sutrisno, H. (2021). Pengolahan Air Bersih dengan Saringan Pasir Lambat Menggunakan Pasir Pantai dan Pasir Kuarsa. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 9(2), 071-081. <http://dx.doi.org/10.26418/jtlb.v9i2.47639>
- Budiman, B., Hamidah, H., & Hasria, H. (2018). Limbah kulit pisang kepok (*Musa acuminata*) sebagai biofilter zat besi (Fe) dan zat kapur ( $\text{CaCO}_3$ ). *Promotif: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 8(2), 152-158. <http://dx.doi.org/10.26630/jk.v5i2.48>
- Carvalho Filho, J., Nunhes, T. V., & Oliveira, O. J. (2019). Guidelines for cleaner production implementation and management in the plastic footwear industry. *Journal of Cleaner Production*, 232, 822-838. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.343>
- Cheah, L., Ciceri, N. D., Olivetti, E., Matsumura, S., Forterre, D., Roth, R., & Kirchain, R. (2013). Manufacturing-focused emissions reductions in footwear production. *Journal of cleaner*

- production, 44, 18-29.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.037>
- Christiani, A., Kristina, H. J., & Rahayu, P. C. (2017). Pengukuran Kinerja Lingkungan Industri di Indonesia berdasarkan Standar Industri Hijau. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 6(1), 39-48. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v6i1.2426.39-48>
- Cieschi, M. T., Polyakov, A. Y., Lebedev, V. A., Volkov, D. S., Pankratov, D. A., Veligzhanin, A. A., & Lucena, J. J. (2019). Eco-friendly iron-humic nanofertilizers synthesis for the prevention of iron chlorosis in soybean (*Glycine max*) grown in calcareous soil. *Frontiers in plant science*, 10, 413. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00413>
- Connorton, J. M., Jones, E. R., Rodríguez-Ramiro, I., Fairweather-Tait, S., Uauy, C., & Balk, J. (2017). Wheat vacuolar iron transporter TaVIT2 transports Fe and Mn and is effective for biofortification. *Plant Physiology*, 174(4), 2434-2444. <https://doi.org/10.1104/pp.17.00672>
- Cosgrove, W. J., & Loucks, D. P. (2015). Water management: Current and future challenges and research directions. *Water Resources Research*, 51(6), 4823-4839. <https://doi.org/10.1002/2014WR016869>
- Damayati, D. S., Susilawaty, A., & Indriani, H. (2016). Peningkatan Kualitas Air Sumur Gali Pada Parameter Mangan (Mn), Besi (Fe) Dan Coliform Dengan Pemanfaatan Biji Asam (*Tamarindus indica*) dan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) di Pesantren Tahfizul Qur'an Al-Imam Ashim. *Al-Sihah: The Public Health Science Journal*, 8 (1). <https://journal3.uin-alauddin.ac.id/index.php/Al-Sihah/article/view/2084>
- Febiary, I., Widiyanto, A., & Yuniarno, S. (2016). Efektivitas Aerasi, Sedimentasi, Dan Filtrasi Untuk Menurunkan Kekeruhan Dan Kadar Besi (Fe) Dalam Air. *Kesmas Indonesia*, 8(1), 32-39. <http://jos.unsoed.ac.id/index.php/kesmasindo/article/view/139>
- Febrina, L., & Ayuna, A. (2015). Studi penurunan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air tanah menggunakan saringan keramik. *Jurnal Teknologi*, 7(1), 35-44. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/view/369>
- Hussain, A., Alamzeb, S., & Begum, S. (2013). Accumulation of heavy metals in edible parts of vegetables irrigated with waste water and their daily intake to adults and children, District Mardan, Pakistan. *Food chemistry*, 136(3-4), 1515-1523. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.058>
- Ikhwan, Z. (2016). Efektivitas Penggunaan Arang Batok Kelapa sebagai Media Penyaring Penurunan Kadar Besi Dan Mangan Pada Penjernihan Air Kolam Penambangan Batu Bauksit. *Jurnal Kesehatan*, 5(2). <http://www.ejurnal.poltekkes-tjk.ac.id/index.php/JK/article/view/48>
- Khan, S., Shahnaz, M., Jehan, N., Rehman, S., Shah, M. T., & Din, I. (2013). Drinking water quality and human health risk in Charsadda district, Pakistan. *Journal of cleaner production*, 60, 93-101. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.016>
- Koleini, N., Shapiro, J. S., Geier, J., & Ardehali, H. (2021). Ironing out mechanisms of iron homeostasis and disorders of iron deficiency. *The Journal of Clinical Investigation*, 131(11). <https://doi.org/10.1172/JCI148671>
- Krupińska, I. (2019). Removal of Iron and Organic Substances From Groundwater in an Alkaline Medium. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 27(1), 12-21. <https://doi.org/10.3846/jeelm.2019.7726>
- Lau, C. K., Krewulak, K. D., & Vogel, H. J. (2016). Bacterial ferrous iron transport: the Feo system. *FEMS microbiology reviews*, 40(2), 273-298. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuv049>
- Li, C., Wang, S., Du, X., Cheng, X., Fu, M., Hou, N., & Li, D. (2016). Immobilization of iron-and manganese-oxidizing bacteria with a biofilm-forming bacterium for the effective removal of iron and manganese from groundwater. *Bioresource technology*, 220, 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.08.020>
- Liu, G., He, T., Liu, Y., Chen, Z., Li, L., Huang, Q., & Liu, J. (2019). Study on the purification effect of aeration-enhanced horizontal subsurface-flow constructed wetland on polluted urban river water. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(13), 12867-12880. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04832-9>
- Lönnerdal, B. (2017). Excess iron intake as a factor in growth, infections, and development of infants and young children. *The American journal of clinical nutrition*, 106(suppl\_6), 1681S-1687S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.117.156042>
- Pawarti, H., Citradewi, L. I., Fadhilla, A. T., & Suhendi, A. (2019). Reduksi Kadar Besi Dalam Air Sumur di Lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan Filter. *Pharmacon: Jurnal Farmasi Indonesia*, 15(2), 52-57. <https://doi.org/10.23917/pharmacon.v15i2.6527>
- Pereira, M. P., Santos, C., Gomes, A., & Vasconcelos, M. W. (2014). Cultivar variability of iron uptake mechanisms in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant*

- physiology and biochemistry*, 85, 21-30.  
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.10.007>
- Porter, J., Viprakasit, V., & Kattamis, A. (2014). Iron overload and chelation. In *Guidelines for the Management of Transfusion Dependent Thalassaemia (TDT)* [Internet]. 3rd edition. Thalassaemia International Federation. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK269373/>
- Qi, X., Zhang, Y., Guo, H., Hai, Y., Luo, Y., & Yue, T. (2020). Mechanism and intervention measures of iron side effects on the intestine. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(12), 2113-2125. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1630599>
- Rahayu, B., Napitupulu, M., & Tahril, T. (2013). Analisis logam zink (zn) dan besi (Fe) air sumur di kelurahan pantoloan kecamatan palu utara. *Jurnal Akademika Kimia*, 2(1), 1-4. <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/JAK/article/view/7718>
- Rahmawati, N., & Sugito, S. (2015). Reduksi Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Tanah Menggunakan Media Filtrasi Manganese Greensand dan Zeolit Terpadukan Resin. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 13(2), 63-71. <https://doi.org/10.36456/waktu.v13i2.58>
- Rorong, J. A. (2015). Analisis Fenolik Jerami Padi (Oryza Sativa) pada Berbagai Pelarut Sebagai Biosensitizer untuk Fotoreduksi Besi. *Jurnal MIPA*, 4(2), 169-174. <https://doi.org/10.35799/jm.4.2.2015.10430>
- Sasongko, E. B., Widyastuti, E., & Priyono, R. E. (2014). Kajian kualitas air dan penggunaan sumur gali oleh masyarakat di sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(2), 72-82. <https://doi.org/10.14710/jil.12.2.72-82>
- Shihab, Q. (2009). *Tafsir Al Misbah*. Jakarta: Lentera Hati.
- Stevens, G. A., Finucane, M. M., De-Regil, L. M., Paciorek, C. J., Flaxman, S. R., Branca, F., & Nutrition Impact Model Study Group. (2013). Global, regional, and national trends in haemoglobin concentration and prevalence of total and severe anaemia in children and pregnant and non-pregnant women for 1995–2011: a systematic analysis of population-representative data. *The Lancet Global Health*, 1(1), e16-e25. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(13\)70001-9](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(13)70001-9)
- Sumakul, H. W., Susilawaty, A., & Habibi, H. (2020). Efektivitas Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Kekeruhan pada Air Tanah dengan Penambahan Media Kulit Ubi Kayu (Manihot esculenta crantz). *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 6(1), 8-14. <https://journal3.uin-alauddin.ac.id/index.php/higiene/article/view/14087>
- Sumantri, A. (2010). *Kesehatan Lingkung dan Perspektif Islam*. Jakarta: Kencana.
- Supriyanti, E., & Endrawati, H. (2015). Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen, Dan Kerang Hijau (Perna viridis) Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(1). <https://doi.org/10.14710/jkt.v18i1.512>
- Surup, G. R., Trubetskaya, A., & Tangstad, M. (2020). Charcoal as an Alternative Reductant in Ferroalloy Production: A Review. *Processes*, 8(11), 1432. <https://doi.org/10.3390/pr811432>
- Tatano, F., Acerbi, N., Monterubbiano, C., Pretelli, S., Tombari, L., & Mangani, F. (2012). Shoe manufacturing wastes: characterisation of properties and recovery options. *Resources, Conservation and Recycling*, 66, 66-75. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.007>
- Ulfa, S., Hamzani, S., & Irfa'i, M. (2019). Pengaruh Jarak Tray Aerasi Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe) Air Sumur Bor. *Jurnal Kesehatan Lingkungan: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, 16(2), 791-796. <https://doi.org/10.31964/jkl.v16i2.192>
- Widiyanto, A. F., Yuniarno, S., & Kuswanto, K. (2015). Polusi air tanah akibat limbah industri dan limbah rumah tangga. *KEMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 10(2), 246-254. <https://doi.org/10.15294/kemas.v10i2.3388>
- Zhang, X. Y., Zhang, X., Zhang, Q., Pan, X. X., Yan, L. C., Ma, X. J., & Yin, L. P. (2017). Zea mays Fe deficiency-related 4 (Zm FDR 4) functions as an iron transporter in the plastids of monocots. *The Plant Journal*, 90(1), 147-163. <https://doi.org/10.1111/tpj.13482>