

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Telaah Pustaka**

##### **1. Air**

###### **a. Pengertian air**

Air merupakan komponen vital dari lingkungan fisik yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup terutama kehidupan manusia. Menurut Undang-Undang RI Nomor 7 tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun dibawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air, air laut yang berada di darat dan tanah, air hujan (Undang-undang, 2006).

Hampir semua kegiatan yang dilakukan manusia membutuhkan air, mulai dari membersihkan diri, makan, minum dan aktivitas-aktivitas lainnya. Tubuh manusia terdiri dari 60–70% air dan transportasi zat-zat makanan dalam tubuh semuanya akan larutan dengan pelarut air (Achmad, 2004).

Pentingnya peranan air dalam kelangsungan hidup manusia diperlukan upaya pengawasan kualitas air seperti tercantum dalam Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 mengenai Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus per Aqua, dan Pemandian Umum.

Kebutuhan air adalah jumlah atau banyaknya air yang digunakan untuk kegiatan manusia, meliputi air bersih domestik dan air non domestic air untuk aktivitas pertanian, peternakan dan untuk kebutuhan lainnya (Kodoatie, 2010).

Penyediaan sumber air bersih harus dapat memenuhi kebutuhan masyarakat karena keterbatasan air akan menyebabkan berbagai permasalahan seperti memudahkan transmisi dan timbulnya penyakit dari air itu sendiri. Setiap hari volume rata – rata kebutuhan air setiap individu berkisar antara 150 – 200 liter atau 35–40 galon, hal tersebut ditinjau dari sudut Kesehatan lingkungan dan masyarakat (Chandra, 2006).

b. Sumur gali

Sebagian besar masyarakat di Indonesia baik di desa maupun dikota guna memenuhi kebutuhan air, mereka memanfaatkan sumur gali setiap harinya. Secara teknis sumur dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

1) Sumur dangkal / *swallow well*

Sumur dangkal ini merupakan sumur yang sumber airnya berasal dari resapan air hujan. Sumur ini sering digunakan di wilayah Indonesia khususnya di daerah dataran rendah akan tetapi sumur ini sangat rentan akan kontaminasi pencemar seperti limbah, baik limbah domestik maupun non domestik

sehingga dipersyaratkan sanitasi air jenis sumur ini harus terus diperhatikan.

2) Sumur dalam / *deep well*

Sumur dalam merupakan sumur yang sumber airnya berasal dari proses purifikasi alami oleh bantuan yang ada dilapisan kerak bumi, air dari permukaan bumi akan mengalir ke bawah dan melewati lapisan bebatuan sehingga banyak kandungan mineral yang terkandung dalam sumber air sumur ini.

c. Persyaratan air bersih

Pentingnya fungsi air dalam kehidupan manusia untuk memenuhi kebutuhannya diperlukan pengawasan kualitas air yang cukup ketat, kualitas air yang digunakan oleh masyarakat harus memenuhi persyaratan yang harus dipenuhi sesuai peraturan yang sudah ditetapkan guna menghindari dampak negatif dari air yang dapat membahayakan Kesehatan dan lingkungan sekitar. Terdapat beberapa parameter yang tercantum dalam Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017).

Tabel 2. Parameter fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan

No	Parameter Wajib	Unit	Kadar Maksimum
1	Kekeruhan	NTU	25
2	Warna	TCU	50
3	Zat padat terlarut	mg/l	1000
4	Suhu	°C	Suhu udara ±3
5	Rasa		Tidak berasa
6	Bau		Tidak berbau

Sumber : Permenkes RI No. 32 Tahun 2017

Tabel 3. Parameter Biologi dalam Standar Buku Mutu Kesehatan Lingkungan

No	Parameter Wajib	Unit	Kadar Maksimum
1	Total coliform	CFU/100ml	50
2	E. coli	CFU/100ml	0

Sumber : Permenkes RI No. 32 Tahun 2017

Tabel 4. Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan

No	Parameter Wajib	Unit	Kadar Maksimum
Wajib			
1	pH	mg/l	6,5-8,5
2	Besi	mg/l	1
3	Fluorida	mg/l	1,5
4	Kesadahan (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	500
5	Mangan	mg/l	0,5
6	Nitrat, sebagai N	mg/l	10
7	Nitrit, sebagai N	mg/l	1
8	Sianida	mg/l	0,1
9	Detergen	mg/l	0,05
10	Pestisida total	mg/l	0,1

Tambahan			
11	Air raksa	mg/l	0,001
12	Arsen	mg/l	0,05
13	Kadmium	mg/l	0,005
14	Kromium	mg/l	0,05
15	Selenium	mg/l	0,01
16	Seng	mg/l	15
17	Sulfat	mg/l	400
18	Timbal	mg/l	0,05
19	Benzene	mg/l	0,01
20	Zat organik (KMNO4)	mg/l	10

Sumber : Permenkes RI No. 32 Tahun 2017

## 2. Besi (Fe) dalam Air

### a. Pengertian besi (Fe)

Besi adalah logam yang dihasilkan dari bijih besi, keberadaan besi jarang dijumpai dalam bentuk bebas tanpa ada unsur lain, untuk mendapatkan unsur besi yang murni diperlukan penguraian secara kimia guna memisahkan unsur besi murni dengan unsur campuran lainnya. Dalam kehidupan manusia besi dimanfaatkan untuk pembuatan besi baja dan digunakan untuk campuran beberapa logam dan karbon.

Kandungan besi (Fe) dalam air merupakan salah satu unsur mineral dari hasil pelapukan batuan induk yang terdapat di perairan umum, senyawa garam *ferri* dan *ferro* yang bervalensi dua merupakan senyawa besi yang umum ditemukan dalam air (Asmadi, Khayan dan Kasjono, 2011). Pembentukan sifat kimia

besi dalam air dipengaruhi oleh sifat redoks dari kandungan besi, pembentukan kompleks, metabolisme yang dilakukan oleh mikroorganisme dan pertukaran dari besi antara fasa dan fase padat serta mengandung besi karbonat, hidroksida dan sulfide (Achmad, 2004).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 tahun 2017 tentang “Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Hygiene, Kolam Renang, Solusi Per Aqua, dan Pemandian Umum” bahwa parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan lingkungan untuk Media Air Keperluan Hygiene Sanitasi, kadar maksimum besi (Fe) dalam air sebesar 1 mg/L.

Tingginya kadar besi dalam air dapat disebabkan oleh beberapa hal, meliputi (Joko, 2010):

1) pH air yang rendah

Air yang normal dan tidak menimbulkan masalah adalah air dengan  $\text{pH} \geq 7$ , sedangkan air yang akan melarutkan logam termasuk besi memiliki  $\text{pH} \leq 7$ .

2) Temperatur air

Semakin tinggi temperatur air akan menyebabkan semakin tinggi juga derajat korosifnya.

3) Gas-gas yang terlarut dalam air

Sifat korosif air dapat disebabkan oleh beberapa gas terlarut dalam air seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{S}$ .

#### 4) Bakteri

Dalam metabolisme bakteri guna mempertahankan hidupnya bakteri memerlukan asupan makanan, asupan tersebut dapat diperoleh dengan mengoksidasi besi yang berakibat besi itu semakin larut.

#### b. Dampak kadar besi (Fe) dalam air

Kadar besi (Fe) dalam air mengakibatkan beberapa dampak seperti dibawah ini (Oktiawan, 2007) :

- 1) Menyebabkan penyumbatan pada pipa saluran air, hal ini dapat terjadi karena penumpukan endapan besi dan sebabkan oleh bakteri yang hidup didalam pipa yang mempertahankan hidupnya dengan mengoksidasi besi dalam air di saluran pipa tersebut.
- 2) Air yang memiliki kadar besi dengan jumlah besar atau lebih dari beberapa mg/l akan memberikan efek rasa pada air seperti rasa logam dan rasa obat.
- 3) Keberadaan besi (Fe) dalam air juga berpengaruh pada kualitas fisik air, air dengan kadundungan besi (Fe) tinggi akan berwarna keruh dan meninggalkan noda kekuningan pada pakaian yang dicuci dengan air tersebut.

- 4) Menimbulkan noda kotoran di bak – bak penampungan air seperti bak kamar mandi dan penampungan lainnya.
- 5) Penyumbatan pada sistem *ion exchange* karena endapan besi.
- 6) Penurunan kapasitas pertukaran ion resin.
- 7) Memunculkan keluhan konsumen air karena endapan tersuspensi yang terbawa keluar ke penampungan konsumen karena adanya kenaikan debit dan tekanan didalam pipa.
- 8) Besi  $Fe^{2+}$  sering terdapat bakteri golongan *Clonothrix* dan *Crenothic* yang dapat menyebabkan korosi.

### 3. Kandungan Mangan (Mn) dalam Air

#### a. Pengertian mangan (Mn)

Mangan (Mn) merupakan kation logam yang memiliki karakteristik kimia hamper sama dengan besi, logam ini merupakan logam yang paling banyak didalam lapisan kerak bumi dan keberadaannya Bersama besi (Fe). Mangan (Mn) banyak ditemukan dan terbentuk secara alami pada air tanah dan air permukaan pembentukan alami tersebut didukung dengan keberadaan sumber air dalam kondisi oksidasi yang rendah (WHO, 2004).

Terdapat dua bentuk mangan yaitu manganous ( $Mn^{2+}$ ) dan manganik ( $Mn^{4+}$ ). Mangan dalam bentuk  $Mn^{4+}$  didalam tanah akan berubah bentuk senyawa mangan oksida, pada kondisi tanpa udara atau anaerob akibat dekomposisi bahan organik di perairan dengan



kadar yang tinggi,  $Mn^{4+}$  akan bersifat larut karena  $Mn^{4+}$  mengalami reduksi menjadi  $Mn^{2+}$ . Dika didalam perairan terdapat cukup oksigen,  $Mn^{2+}$  mengalami reoksidasi Kembali benbentuk  $Mn^{4+}$  dan selanjutnya mengalami presipitasi senyawa serta mengendap didasar perairan (Effendi, 2003).

b. Dampak kadar mangan (Mn) dalam air

Dalam jumlah yang kecil mangan (Mn) menjadi salah satu unsur yang diperlukan manusia dan makhluk hidup lain, akan tetapi jika dalam jumlah yang besar akan menimbulkan beberapa dampak negatif seperti penyumbatan. Mangan (Mn) yang menempel dibagian dalam pipa pada kadar 0,02 mg/l dapat terlepas dan menyumbat saluran pipa.

Karakteristik mangan (Mn) hampir sama dengan karateriktik besi (Fe) sehingga memiliki pengaruh atau efek yang hampir sama. Mangan (Mn) juga memiliki peranan penting dalam tubuh manusia seperti halnya besi (Fe). Air yang mengandung mangan (Mn) dengan kadar yang cukup besar akan menimbulkan perubahan parameter fisik air seperti warna, rasa dan kekeruhan yang sama dengan besi (Fe) (Febrina and Astrid, 2014). Terdapat berbagai pendapat mengenai gangguan kesehatan akibat paparan mangan (Mn), tetapi dalam jumlah banyak mangan (Mn) akan berakumulasi didalam hati dan ginjal serta menimbulkan gangguan sistem syaraf dan gejala parkison (Hartini, 2012).

#### 4. Cara menurunkan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air

Kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air dapat diatasi dengan beberapa cara sebagai berikut :

##### a. Filtrasi

Prinsip dasar filtrasi dalam pengelolaan air adalah proses penyaringan partikel secara fisik, kimia dan biologi dengan media berpori sehingga partikel dalam air tersebut tertinggal di media tersebut.

##### b. Aerasi

Aerasi merupakan proses reaksi oksigenasi melalui penangkapan oksigen dari udara bebas ataupun oksigen yang dialirkan langsung ke air. Penangkapan atau pengaliran oksigen ini bertujuan untuk mereaksikan oksigen dengan kation yang ada dalam air. Setelah reaksi terjadi akan menghasilkan oksida logam yang sukar larut sehingga mudah untuk mengendap. Waktu kontak yang baik untuk melakukan aerasi tergantung tinggi rendahnya kadar Fe dan Mn yang terkandung dalam air biasanya berkisar antara 8-30 menit (Asmadi, Khayan dan Kasjono, 2011).

#### 5. Aerasi dengan metode *cascade aerator*

Masalah mengenai kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) berlebih banyak dijumpai kasusnya pada air yang sumbernya dari air tanah. Terdapat beberapa upaya untuk mengatasi hal tersebut salah satunya

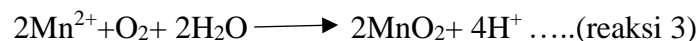
adalah oksidasi yang diikuti dengan pemisahan padatan (*suspended solids*) seperti proses aerasi, filtrasi maupun gabungan dari keduanya.

Pada proses aerasi tidak akan lepas dari aerator, menurut Joko (2010) Aerator merupakan peralatan mekanik yang berfungsi untuk menambahkan konsentrasi oksigen terlarut dalam air agar dapat bereaksi dengan besi (Fe) dan mangan (Mn). Terdapat 2 jenis aerator berdasarkan fungsinya yaitu mengalirkan udara ke dalam air dan mengalirkan air ke dalam udara.

Dalam proses aerasi terdapat reaksi oksidasi, besi terlarut ( $\text{Fe}^{2+}$ ) sulit diendapkan sehingga harus diubah menjadi  $\text{Fe}^{3+}$  dengan reaksi sebagai berikut :



Di dalam proses penghilangan mangan dengan cara aerasi, adanya kandungan alkalinity,  $\text{HCO}_3^-$  yang cukup besar dalam air, akan menyebabkan senyawa mangan berada dalam bentuk mangano bikarbonat  $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$ , oleh karena bentuk  $\text{CO}_2$  bebas lebih stabil daripada  $\text{HCO}_3^-$ , maka senyawa bikarbonat cenderung berubah menjadi senyawa karbonat (reaksi 1). Dalam reaksi tersebut dapat dilihat, jika  $\text{CO}_2$  berkurang, maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke kanan dan selanjutnya akan terbentuk hidroksida mangan ( $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ) (reaksi 2). Hidroksida mangan ini masih mempunyai kelarutan yang cukup besar, sehingga jika terus dilakukan oksidasi dengan aerasi akan terjadi reaksi ion (reaksi 3).

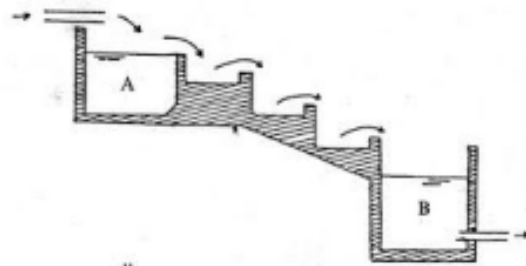


Sesuai reaksi diatas, untuk 0,14 mg/l oksigen digunakan untuk mengosidasi setiap 1 mg/l. Kecepatan reaksi oksidasi besi dengan oksigen dipengaruhi oleh pH, semakin rendah pH air maka reaksi oksidasinya relatif lambat, sehingga pada perlakuannya dilakukan perlakuan untuk menaikkan pH agar dapat mempercepat reaksi.

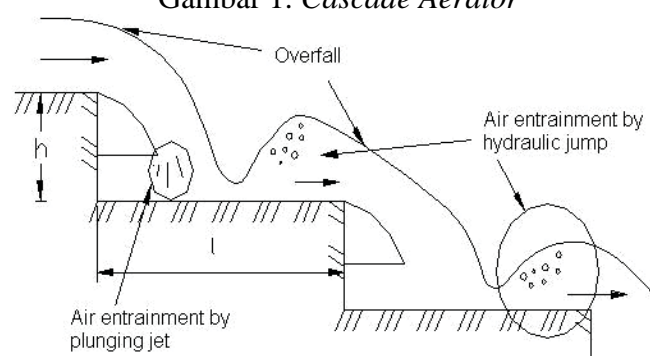
Untuk aerator gravitasi terdapat beberapa cara atau metode yang dapat dilakukan misalnya *tray aerator*, aerator dengan tower vertikal, dan *casecade aerator*.

*Cascade aerator* adalah salah satu alat untuk aerasi dengan memanfaatkan sistem gravitasi. *Cascade aerator* memiliki prinsip kerja melewatkan air pada plat atau lempengan yang disusun seperti anak tangga, air yang dilewatkan akan kontak dan bereaksi dengan oksigen diudara. Tipe aerator ini biasanya terdiri atas 4-6 undakan atau tangga, ketinggian setiap undakan kira kira 30 cm dengan ketebalan  $0,01\text{m}^3/\text{det}$  permeter (Said, 2008). Dalam pembuatannya *cascade aerator* cukup sederhana dan tidak memerlukan biaya yang mahal.

## Cascade Aerator



Gambar 1. *Cascade Aerator*



Gambar 2. Proses pada *Cascade Aerator*

Dalam aliran aerasi *Cascade aerator* akan mengakibatkan gejolak atau turbulensi yang kuat sehingga meningkatkan transfer udara ke dalam air (Chanson, 2002). Turbulensi yang kuat meningkatkan koefisien transfer udara dibandingkan dengan reaksi air tanpa turbulensi, gelembung udara yang terbentuk akan meningkatkan luas permukaan air untuk kontak dengan udara (Tufeng, 2013).

Metode *cascade aerator* dapat meningkatkan oksigen sebesar 60-80 %. Pada penelitian Ismy dan Joko (2014) menyatakan bahwa *cascade aerator* yang memiliki kemiringan  $30^\circ$  dan luas  $1,8 \text{ m}^2$  lebih efektif dibandingkan *cascade aerator* dengan kemiringan  $45^\circ$  dan luas  $1,4 \text{ m}^2$ . semakin luas permukaan tangga atau undakan semakin tinggi efisiensinya (Hartini, 2012).

## **B. Hipotesis dan Pernyataan Penelitian**

### 1. Hipotesis Mayor

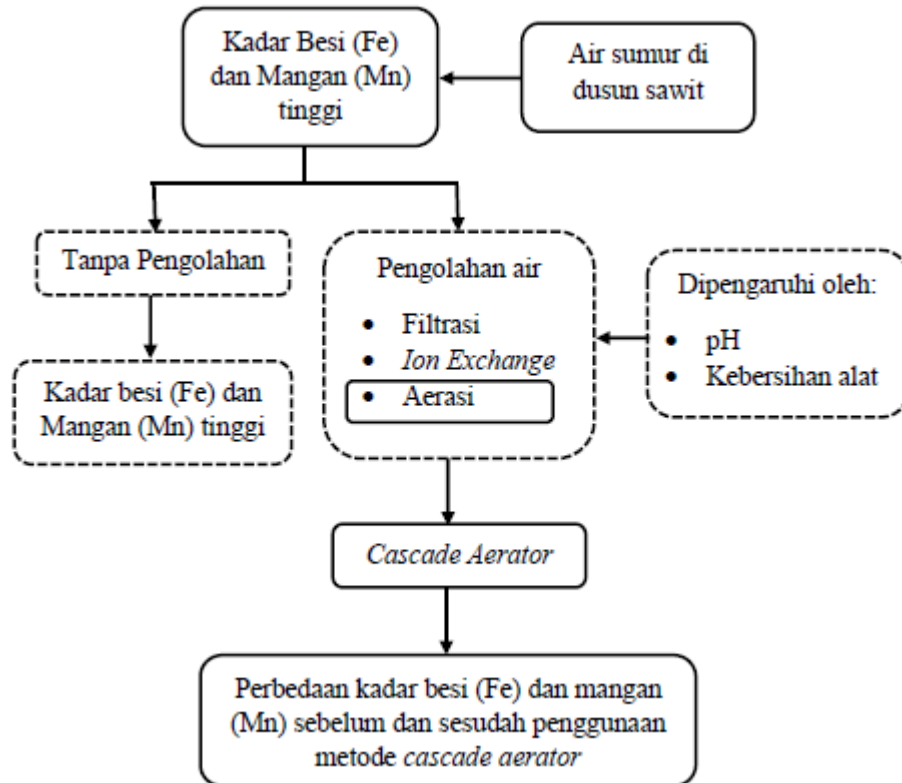
Ada perbedaan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) air sumur gali sebelum dan sesudah perlakuan dengan metode *cascade aerator*.

### 2. Hipotesis Minor

a. Ada perbedaan kadar besi (Fe) sebelum dan sesudah perlakuan dengan metode *cascade aerator*.

b. Ada perbedaan kadar mangan (Mn) sebelum dan sesudah perlakuan dengan metode *cascade aerator*.

### C. Kerangka Konsep



Keterangan :

----- : tidak diteliti

————— : diteliti

Gambar 3. Kerangka Konsep Penelitian.