

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Air

Air adalah bagian dari lingkungan fisik yang sangat esensial bagi kehidupan manusia. Menurut Undang-Undang RI Nomor 1 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 tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat.

Air yang terdapat di alam tersebut tidak selalu berbentuk cair, tetapi dapat berubah bentuk menjadi padat seperti es dan salju atau berbentuk gas seperti uap air yang kemudian terkumpul di atmosfer membentuk awan.

Air merupakan sumber daya yang penting dan tidak dapat digantikan oleh senyawa lain sehingga perlu dilakukan pengawasan kualitas air seperti tercantum dalam Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus per Aqua*, dan Pemandian Umum.

2. Kebutuhan Air

Kebutuhan air adalah kebutuhan air yang digunakan untuk menunjang segala kegiatan manusia, meliputi air bersih domestik dan

non domestik, air irigasi baik pertanian maupun perikanan, dan air untuk penggelontoran kota (Kodatie dan Sjarief, 2008).

Menurut Asmadi (2011) kebutuhan air untuk rumah tangga antara lain :

- a. Kebutuhan air untuk minum dan mengolah makanan sebanyak 5 liter/orang/hari.
- b. Kebutuhan air untuk hygiene yaitu mandi dan membersihkan diri 25-30 liter/orang/hari.
- c. Kebutuhan air untuk mencuci pakaian dan peralatan 25-30 liter/orang/hari.
- d. Kebutuhan air untuk menunjang pengoperasian dan pemeliharaan fasilitas sanitasi atau pembuangan kotoran 4-6 liter/orang/hari.

3. Persyaratan Air Bersih

Air bersih merupakan air yang terbebas dari berbagai macam gangguan, terutama zat pencemar. Zat pencemar dapat berupa benda asing maupun makhluk hidup yang dapat mempengaruhi kualitas air itu sendiri.

Ada beberapa parameter yang harus dipenuhi agar air dapat dikategorikan sebagai air bersih. Beberapa parameter tersebut tercantum dalam Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 yang meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia. Baku mutu untuk parameter besi

(Fe) adalah sebesar 1 mg/liter untuk air bersih dan 0,3 mg/liter untuk air minum.

Tabel 1. 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

Tabel 2. Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu

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

Tabel 3. 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 ₃)	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

Tabel 4 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan (lanjutan)

Tambahan			
1	Air raksa	mg/l	0,001
2	Arsen	mg/l	0,05
3	Kadmium	mg/l	0,005
4	Kromium	mg/l	0,05
5	Selenium	mg/l	0,01
6	Seng	mg/l	15
7	Sulfat	mg/l	400
8	Timbal	mg/l	0,05
9	Benzene	mg/l	0,01
10	Zat organik (KMNO ₄)	mg/l	10

Permenkes RI No. 32 Tahun 2017

4. Kandungan besi (Fe) dalam air

Kandungan Fe (besi) merupakan salah satu hasil pelapukan batuan induk yang banyak ditemukan di perairan umum, senyawa besi di dalam air umumnya dalam bentuk senyawa garam ferri atau ferro yang bervalensi 2 (Asmadi, Khayan dan Kasjono, 2011). Sifat kimia perairan dari kandungan besi sifat redoks, pembentukan kompleks, metabolisme oleh mikroorganisme, dan pertukaran dari besi antara fasa dan fase padat yang mengandung besi karbonat, hidroksida dan sulfide (Achmad, 2004).

Tingginya zat besi dalam air dapat mengakibatkan korosif pada peralatan logam dan membuat bagian dalam pipa menjadi berwarna kuning. Zat besi yang berlebihan dalam tubuh manusia dapat mengakibatkan keracunan, muntah, diare dan kerusakan usus.

Menurut Oktiawan, dkk (2007) di dalam air, besi dapat berpengaruh seperti dibawah ini :

- a. Menimbulkan penyumbatan pada pipa. Secara langsung oleh deposit (tubercule) yang disebabkan oleh endapan besi, sedangkan secara tidak langsung disebabkan oleh kumpulan bakteri besi yang hidup di dalam pipa, karena air yang mengandung besi, disukai oleh bakteri besi.
- b. Besi dalam konsentrasi yang lebih besar dan beberapa mg/l, akan memberikan suatu rasa pada air yang menggambarkan rasa logam, atau rasa obat.
- c. Keberadaan besi juga dapat memberikan kenampakan keruh dan berwarna pada air dan meninggalkan noda pada pakaian yang dicuci dengan menggunakan air ini, oleh karena itu sangat tidak diharapkan pada industri kertas, pencelupan/textil dan pabrik minuman.
- d. Meninggalkan noda pada bak-bak kamar mandi dan peralatan lainnya (noda kecoklatan disebabkan oleh besi dan kehitaman oleh mangan).
- e. Endapan logam ini juga dapat memberikan masalah pada sistem penyediaan air secara individu (sumur).
- f. Pada ion exchanger endapan besi yang terbentuk, seringkali mengakibatkan penyumbatan atau menyelubungi media

pertukaran ion (resin), yang mengakibatkan hilangnya kapasitas pertukaran ion.

- g. Menyebabkan keluhan pada konsumen bila endapan besi dan mangan yang terakumulasi di dalam pipa, tersuspensi kembali disebabkan oleh adanya kenaikan debit atau kenaikan tekanan dalam pipa/sistem distribusi sehingga akan terbawa ke konsumen.
- h. Fe^{2+} juga menimbulkan korosi yang disebabkan oleh bakteri golongan *Crenothric* dan *Clonothrix*.

5. Pengolahan untuk menurunkan kadar Fe

Kandungan Fe dalam air yang tinggi dapat diturunkan dengan beberapa cara diantaranya:

a. Filtrasi

Prinsip dasar filtrasi adalah penyaringan partikel secara fisik, kimia, biologi untuk memisahkan atau menyaring partikel yang tidak terendapkan dalam media sedimentasi melalui media berpori.

b. Aerasi

Aerasi adalah suatu proses oksigenasi melalui penangkapan O_2 dari udara bebas maupun yang dialirkan. Penangkapan oksigen ini bertujuan agar oksigen bereaksi dengan kation yang ada dalam air. Hasil dari reaksi ini akan menghasilkan oksida logam yang sukar larut dalam air sehingga dapat mengendap. Proses

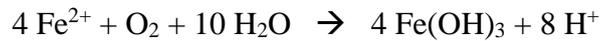
aerasi harus diikuti dengan proses pengendapan atau filtrasi (Kusnaedi, 2010). Waktu yang baik untuk melakukan aerasi adalah antara 8-30 menit tergantung tinggi rendahnya kadar Fe yang terkandung dalam air (Asmadi, Khayan dan Kasjono, 2011)

6. Proses aerasi

Proses aerasi dapat dijabarkan sebagai reaksi kation dan oksigen menghasilkan oksida logam yang sukar larut dalam air sehingga dapat mengendap. Manfaat yang didapat dari proses ini yaitu hilangnya rasa serta bau tidak enak, hilangnya gas-gas yang tidak dibutuhkan (CO_2 , methane, hydrogen sulfida), meningkatnya derajat keasaman air (karena kadar CO_2 dihilangkan), serta menambah gas-gas yang diperlukan ataupun untuk mendinginkan air. Selain itu dengan proses aerasi juga dapat menurunkan kadar besi (Fe). Kation Fe^{2+} bila disebarkan ke udara akan membentuk oksida Fe_3O_3 . (Bhakti, 2011)

Oksigen di udara akan beraksi dengan senyawa ferro dalam air yang kemudian berubah menjadi ferri (Fe) yang tidak bisa terlarut. Setelah itu dilanjutkan dengan filtrasi atau sedimentasi. Dengan menggunakan aerator kadar oksigen dalam air bisa meningkat 60% - 80% (dari jumlah oksigen yang tertinggi dalam air). (Herdiana, 2016)

Reaksi oksidasi Besi (Fe) oleh udara dapat ditulis sebagai berikut:



tak larut

Dari persamaan reaksi antara besi dengan oksigen tersebut, maka secara teoritis dapat dihitung bahwa untuk 1 ppm oksigen dapat mengoksidasi 6.98 ppm ion besi. Reaksi oksidasi ini dapat dipengaruhi antara lain: jumlah Oksigen yang bereaksi, dalam hal ini dipengaruhi oleh jumlah udara yang dikontakkan dengan air serta luas kontak antara gelembung udara dengan permukaan air. (Bhakti, 2011)

Tabel berikut merupakan data jumlah oksigen terlarut yang diperoleh menggunakan alat *tray aerator* 3 tingkat selama 10 menit dan menggunakan *diffuser aerator* dengan td 18 menit.

Tabel 5. Nilai Oksigen Terlarut *Tray Aerator* 3 Tingkat

Jenis Aerator	Menit ke-	Suhu (°C)	Konsentrasi DO (mg/l)
<i>Tray aerator</i> 3 tingkat	0	28	6,74
	2	28	6,74
	4	28	6,76
	6	28	6,82
	8	27	7,00
	10	27	7,00

sumber : Lutfihani, 2015

Tabel 6. Nilai Oksigen Terlarut *Diffuser Aerator* td 18 Menit

Jenis Aerator	Menit ke-	Suhu (°C)	Konsentrasi DO (mg/l)
<i>Diffuser aerator</i> 3 tingkat	0	30	5,57
	2	30	5,62
	4	30	5,63
	6	30	5,72
	8	30	5,76
	10	30	5,75

sumber : Lutfihani, 2015

Dari tabel 5 dan 6 di atas, dapat diketahui bahwa rata-rata oksigen terlarut menggunakan *tray aerator* sebesar 6,84 mg/l. Oksigen terlarut pada alat *diffuser aerator* dengan td selama 18 menit mendapatkan nilai sebesar 5,68 mg/l.

Adapun pengaruh sempurnanya proses oksidasi antara besi dan udara dipengaruhi oleh pH. pH air akan mempengaruhi kadar besi dalam air, apabila pH air rendah atau kurang dari 7 akan berakibat terjadinya proses korosi sehingga menyebabkan larutnya besi dan logam lainnya dalam air. Di sisi lain pada pH rendah, kecepatan reaksi oksidasi besi dengan oksigen (udara) relative lambat. Oksidasi besi akan berjalan dengan baik pada pH 7,5-8. (Asmadi, Khayan and Kasjono, 2011). Pengaruh pH terhadap oksidasi besi dengan udara dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 7. Pengaruh pH Terhadap Oksidasi Besi dengan Udara

Air baku		Konsentrasi Fe setelah aerasi		
pH air	Fe (ppm)	15 menit	30 menit	60 menit
5,0	10,0	9,0	-	7,5
5,5	10,0	5,5	4,6	4,0
5,95	10,0	5,0	4,0	3,5
6,15	10,0	4,4	3,5	2,5
6,5	10,0	2,8	1,8	0,3
6,65	10,0	0,7	0,2	0,1
6,8	10,0	0,2	0,1	< 0,1
7,0	10,0	0,1	< 0,1	< 0,1
7,45	10,0	0,1	< 0,1	< 0,1
8,05	10,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Sumber : (Iwao, 1971)

Berdasarkan tabel di atas, terjadi penurunan signifikan pada pH 5,5 – 8, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin rendah pH maka

proses oksidasi besi dengan udara relatif melambat. Oleh karena itu sebelum melakukan pengolahan dengan aerasi, perlu dilakukan pengecekan dan menetralkan pH.

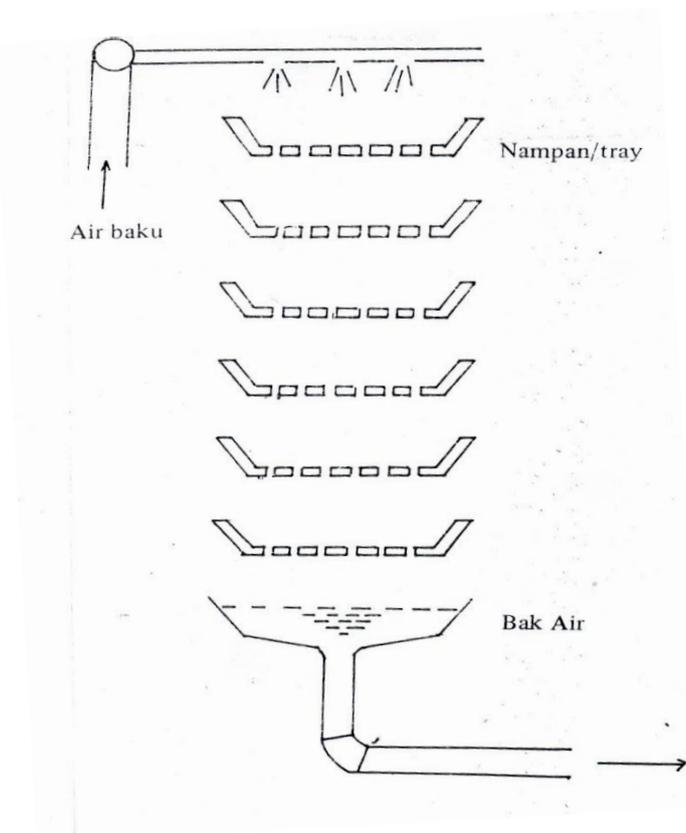
7. Tipe Aerator

Menurut Joko T (2010), Aerator adalah peralatan mekanis yang dipergunakan untuk menambah konsentrasi oksigen terlarut di dalam air. Aerator berfungsi untuk memperbesar permukaan kontak (*contact surface*) antara dua medium yakni air dan udara. berdasarkan fungsinya tersebut aerator terbagi menjadi 2 metode yaitu mengalirkan air ke dalam udara dan yang satunya mengalirkan udara ke dalam air. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Luluk dan Suprihatin dalam penelitiannya yang berjudul Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, dan Filtrasi Pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan pada tahun 2009 yang menyatakan bahwa ada 2 macam cara melakukan aerasi. Yang pertama adalah memasukkan udara ke dalam air dengan menggunakan benda porous atau nozzle yang digunakan untuk memasukkan udara atau oksigen murni ke dalam air. Yang kedua adalah memaksa air ke atas untuk berkontak dengan oksigen salah satunya adalah pemutar baling-baling di permukaan air.

a. *Tray Aerator*

Tray aerator merupakan salah satu aerasi dengan metode mengalirkan air ke dalam udara. *Tray aerator* adalah metode aerasi yang memanfaatkan sistem gravitasi dengan yang terdiri atas 4-8

tray penuh lubang. Dari lubang-lubang ini percikan air air mengalir ke bawah dengan kecepatan kira-kira $0,02 \text{ m}^3/\text{detik}$. Tetesan tersebut kemudian dikumpulkan pada *tray* berikutnya dan menetes



ke bawah pada *tray* berikutnya. *Tray-tray* ini dapat dibuat menggunakan pipa plastic yang berdiameter kecil, lempengan asbestos cement berlubang-lubang atau lempengan kayu yang disusun secara paralel.

Gambar 1. *Tray Aerator*

Tray aerator biasanya ditambahkan kerikil kasar dengan ketebalan kira-kira mencapai 10 cm sebagai media untuk menghasilkan air yang lebih halus. Biasanya media *tray aerator*

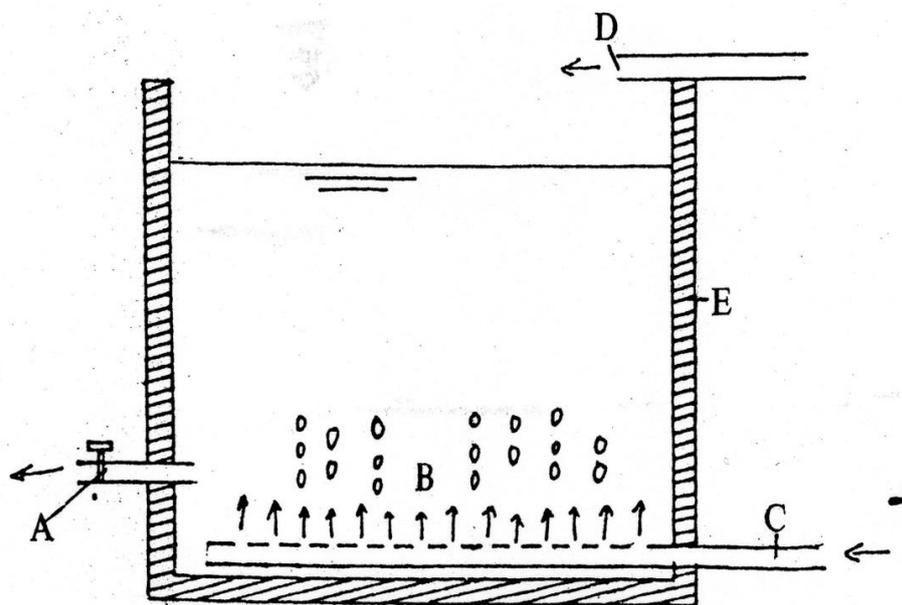
sering digunakan bersama bongkahan batu yang dilapisi Potassium Permanganate untuk media menempelnya besi dan mengkatalis reaksi pengendapan. Namun Rachmawati, Joko dan Dewanti pada tahun 2016 menyatakan bahwa penambahan media adsorpsi berupa media zeolit dan media karbon aktif tidak memberikan perbedaan penurunan kadar Fe pada *tray aerator* dalam penelitian yang berjudul Perbedaan Variasi Penambahan Media Adsorpsi Kontak Aerasi Sistem Nampan Bersusun (*Tray Aerator*) Terhadap Kadar Besi (Fe) Air Sumur Gali di Desa Jatihadi, Kecamatan Sumber, Kabupaten Rembang.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Zairinayati dan Maftukhah pada tahun 2019, hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan dari penggunaan variasi jumlah *tray aerator*. Namun, jika dilihat dari sebaran distribusi frekuensi untuk parameter Fe mengalami penurunan angka sebelum dan sesudah dilakukan aerasi akan tetapi selisih penurunan hanya terdapat pada variasi aerasi 3 *tray*.

Penelitian oleh Ronny dan Hasim pada 2018 mengenai efektivitas *multiple tray aerators* dalam menurunkan kadar besi (Fe) air sumur di Kabupaten Gowa menunjukkan bahwa 4 tingkat *tray aerator* mampu menurunkan kadar besi dalam air sebesar 68,01%.

Sejalan dengan Ronny dan Hasim, penelitian yang dilakukan Al Kholif dkk pada tahun 2020 yang berjudul Kombinasi *Tray Aerator* dan Filtrasi untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Air Sumur, menyatakan bahwa penerapan *tray aerator* 4 tingkat terbilang berhasil mereduksi kadar Fe dalam air rata-rata sebesar 98% dan kadar Mn rata-rata sebesar 97%. Penelitian yang dilakukan oleh Ayu dan Mirwan pada tahun 2020 juga menyatakan bahwa efisiensi penyisihan besi dan mangan terjadi pada variasi jumlah *tray* keempat dengan efisiensi penyisihan besi sebesar 83.39% dan mangan sebesar 98.14%.

b. *Bubble/Diffuser Aerator* (Aerator Difusi/Gelembung Udara)



Gambar 2. *Bubble Aerator*

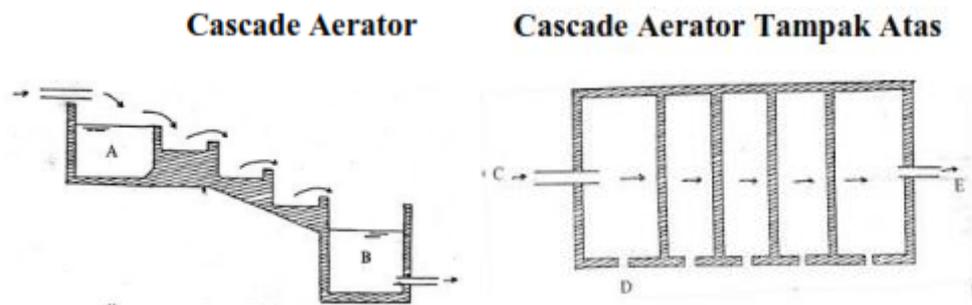
Bubble/Diffuser Aerator adalah metode aerasi yang dilakukan dengan menyemburkan udara bertekanan ke dalam air melalui *diffuser* yang berbentuk nozzle, pipa berlubang atau diffuser gelembung halus. Dengan cara tersebut maka akan terjadi kontak efektif antara udara atau oksigen dengan zat besi yang membentuk oksida tidak larut dalam air. (Said, 2008)

Menurut penelitian yang dilakukan Mubarak pada tahun 2016 yang berjudul, “Keefektifan Waktu Aerasi Menggunakan *Bubble Aerator* dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Air Sumur”, menyatakan bahwa keefektifan waktu aerasi menggunakan *bubble aerator* dalam menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur terjadi pada waktu aerasi selama 40 menit dengan efektivitas sebesar 73,15%

Namun hasil penelitian yang dilakukan oleh Indarti Trisetyani pada tahun 2014 dengan judul “Penurunan Kadar Fe dan Mn pada Air Sumur Gali dengan Aerasi Gelembung Udara di Desa Siding Kecamatan Bancar Kabupaten Tuban”, menyatakan bahwa penggunaan *bubble aerator* mampu menurunkan kadar Fe sebesar 96% dengan aerasi selama 40 menit. Indarti juga menyatakan bahwa lama aerasi gelembung udara mulai dari 20, 40, dan 60 menit tidak berpengaruh dalam penurunan Fe.

c. *Cascade Aerator*

Pada dasarnya aerator ini terdiri atas 4-6 step/tangga, setiap step kira-kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan $0,01\text{m}^3$ /det permeter. Untuk menghilangkan gerak putaran (turbulence) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering ditepi peralatan pada setiap step. Dibanding dengan tray aerators, ruang (tempat) yang diperlukan bagi cascade aerators agak lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.

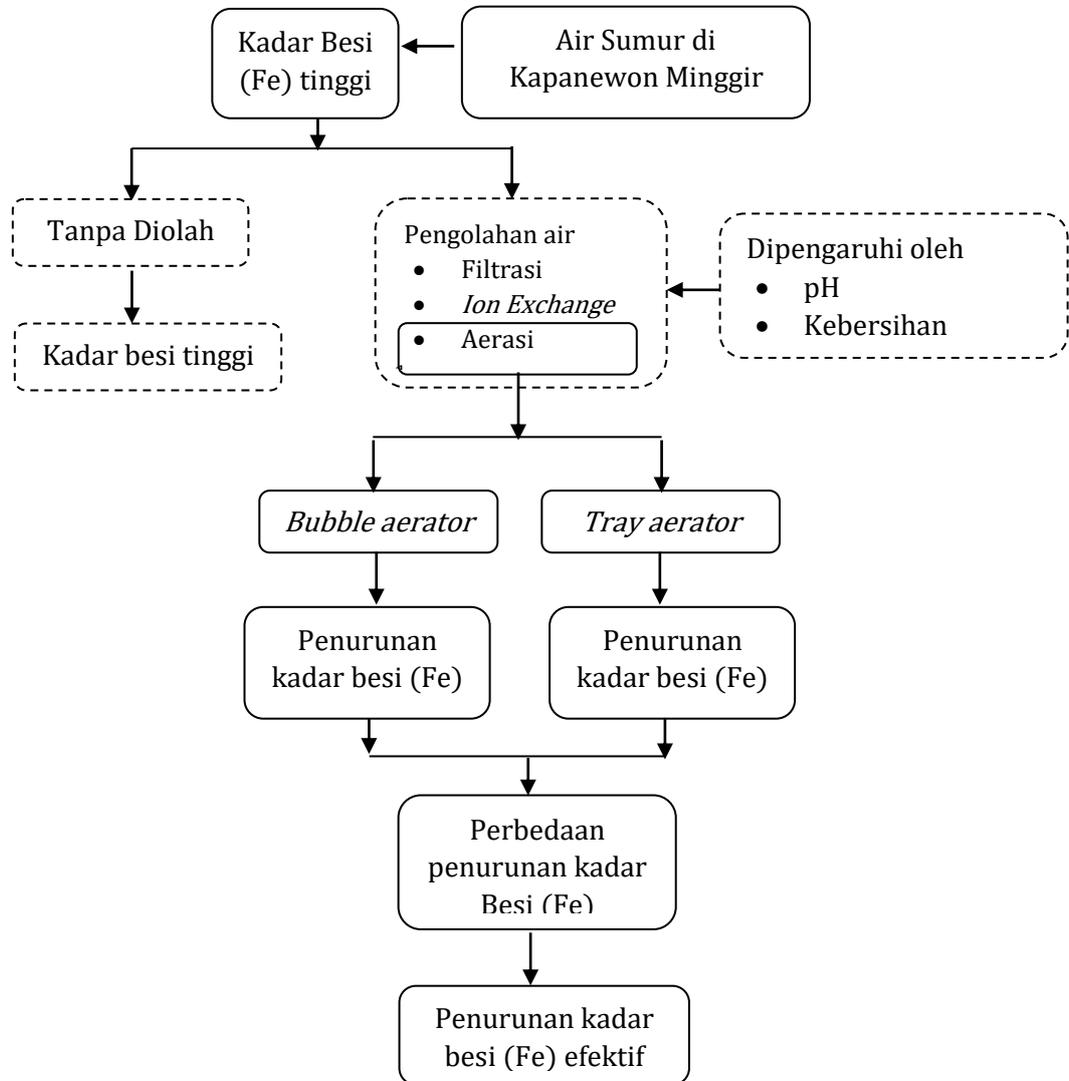


Gambar 3. *Cascade aerator*

B. Hipotesis dan Pernyataan Penelitian

1. Aerasi dengan metode *bubble aerator* dapat menurunkan kadar besi.
2. Aerasi dengan metode *tray aerator* dapat menurunkan kadar besi.
3. Ada perbedaan penurunan kadar besi (Fe) air antara air yang diaerasi dengan metode *tray aerator* dan *bubble aerator*.
4. Metode aerasi *tray aerator* lebih efektif untuk menurunkan kadar Besi (Fe).

C. Kerangka Konsep Penelitian



Keterangan :

----- : tidak diteliti

———— : diteliti

Gambar 4. Kerangka Konsep Penelitian