

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Berikut uraian mengenai perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang :

Tabel II.1
Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

No.	Peneliti	Judul	Obyek Material	Perbedaan Penelitian Terdahulu
1.	Alfian Mubarak, 2016	Keefektifan Waktu Aerasi Menggunakan <i>Bubble Aerator</i> dalam Menurunkan Kadar Fe Air Sumur Desa Kebarongan Kemranjen Banyumas tahun 2016	Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui keefektifan waktu aerasi <i>bubble aerator</i> dengan variasi waktu yang digunakan 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit, dan 60 menit. Jenis penelitian ini ialah <i>true experiment</i> dan dilakukan sebanyak 4 kali dalam masing-masing variasi waktu. Kadar Fe sebelum dilakukan pengolahan rata-rata sebesar 1,96 mg/l dan diketahui hasil penurunan kadar Fe paling tinggi sesudah adanya pengolahan aerasi selama 40 menit ialah keefektifan 73,15% dengan rata-rata penurunan 1,43 mg/l.	Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang adalah terdapat pada proses aerasi dan proses filtrasi (pasir), dimana proses aerasi dengan waktu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit Sedangkan penelitian terdahulu menggunakan waktu aerasi 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit, dan 60 menit serta tidak menggunakan proses filtrasi.

2. Eko Riyanto <i>et al.</i> , 2021	<p>Analisis Penurunan Kadar Besi (Fe) dalam Air Sumur Gali dengan Metode Variasi Waktu Aerasi Filtrasi Menggunakan Aerator Gelembung dan Variasi Saringan Pasir Lambat</p>	<p>Tujuan dari penelitian ini ialah untuk melakukan analisis penurunan kadar Fe melalui variasi waktu pada proses aerasi dengan alat aerator gelembung. Terdiri dari 6 kelompok variasi waktu yaitu 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit, serta 60 menit. Dalam penelitian ini juga menggunakan metode filtrasi dengan variasi ketebalan pasir 30 cm, 40 cm, 50 cm. Jenis penelitian yang digunakan ialah <i>true experiment</i>. Diketahui hasil penurunan kadar Fe tertinggi dilakukan sesudah adanya perlakuan aerasi selama 60 menit dan menunjukkan keefektifan penurunan sampel 1 36,671%, sampel 2 30,689%, sampel 3 58,325%. Keefektifan waktu penurunan terbaik ialah 60 menit. Maka dari itu dilakukan filtrasi dengan hasil terbaik terdapat pada ketebalan pasir 50 cm. Hasilnya ialah air menjadi jernih, tidak berbau, dan tidak berasa.</p>	<p>Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang adalah terdapat pada proses aerasi dan proses filtrasi, dimana proses aerasi dengan waktu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit dan proses filtrasi menggunakan media dengan pasir. Sedangkan penelitian terdahulu menggunakan waktu aerasi 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit, dan 60 menit dan filtrasi dengan variasi ketebalan pasir 30 cm, 40 cm, dan 50 cm.</p>
--	--	--	---

3.	Diansari <i>et al.</i> , 2022	Perbandingan Efisiensi Cascade Aerator dan <i>Bubble Aerator</i> dalam Menurunkan Kadar Besi Air Sumur Bor	Tujuan dari penelitian ini ialah untuk melakukan perbandingan pemakaian dan tingkat daya guna antara <i>cascade aerator</i> dan <i>bubble aerator</i> dalam penurunan kadar Fe. Jenis penelitian yang dipakai ialah <i>quasy experiment. Cascade aerator</i> terdiri dari 3 kelompok yaitu 20 menit, 30 menit, serta 40 menit dengan durasi sentuhan 12 menit, 20 menit, 28 menit. <i>Bubble aerator</i> terdiri dari 3 kelompok yaitu 20 menit, 30 menit, serta 40 menit dengan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Diketahui hasil penurunan kadar Fe tertinggi sesudah pengolahan <i>cascade aerator</i> ialah 50,45% pada durasi sentuhan 28 menit. Hasil penurunan tertinggi sesudah pengolahan <i>bubble aerator</i> ialah selama 40 menit dengan efisiensi penurunan sebanyak 6,13%.	Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang adalah terdapat pada proses aerasi dan proses filtrasi (pasir), dimana proses aerasi dengan waktu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Sedangkan penelitian terdahulu menggunakan aerasi <i>cascade aerator</i> dan <i>bubble aerator</i> dengan variasi waktu 20 menit, 30 menit, dan 40 menit, serta tidak menggunakan proses filtrasi.
----	-------------------------------	--	--	--

4. Diah, 2021	<p>Penurunan Kadar Besi (Fe) Air Tanah Menggunakan Aerasi Dengan <i>Bubble Aerator</i> dan Filtrasi Batu Zeolit</p>	<p>Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui penurunan kadar Fe dengan menggunakan sistem aerasi dan filtrasi. Jenis penelitian ini ialah quasi eksperimen. Penelitian ini menggunakan metode aerasi <i>bubble aerator</i> dan filtrasi batu zeolit. Dalam penelitian ini dapat menurunkan kadar Fe tertinggi setelah perlakuan aerasi dan filtrasi ialah selama waktu aerasi 50 menit dengan penurunan sebanyak 23,4965%.</p>	<p>Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang adalah terdapat pada filtrasi media pasir. Sedangkan penelitian terdahulu menggunakan filtrasi media batu zeolite.</p>
5. Aba <i>et al.</i> , 2017	<p>Pengolahan Air Sumur Gali Dengan Metode Aerasi-Filtrasi Menggunakan Aerator Gelembung Dan Saringan Pasir Cepat Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn)</p>	<p>Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui pengolahan air sumur gali dalam penurunan Fe dan mangan menggunakan aerasi-filtrasi menggunakan <i>bubble aerator</i> dan Saringan Pasir Cepat. Dalam penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen. Dalam proses filtrasi menggunakan media kerikil, pasir, arang, ijuk, dan koral. Penelitian ini juga dilakukan pengamatan bau,</p>	<p>Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang adalah terdapat pada proses aerasi dengan waktu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit dan filtrasi media pasir. Sedangkan penelitian terdahulu menggunakan variasi waktu aerasi 15 menit, 30 menit, dan 45 menit serta menggunakan media kerikil, pasir, arang, ijuk, dan koral untuk filtrasi.</p>

warna, rasa, dan kekeruhan. Hasil yang didapatkan ialah persentase penurunan Fe 76,57%, 83,68%, dan 92,63%, sedangkan hasil yang didapatkan dalam persentase penurunan mangan ialah 13,21%, 38,85%, 70,41%.

B. Kajian Teori

1. Air

a. Definisi Air

Menurut kutipan yang ditulis Triono (2018) dari jurnal Sutrisno *et al.*, menyebutkan bahwa manusia membutuhkan air. Kepentingan air yang diperlukan untuk setiap rumah untuk rakyat Indonesia memiliki rata-rata 60 L/24 jam. Manusia sangat membutuhkan air untuk tubuhnya, jika air tidak terpenuhi maka tubuh manusia akan mengalami dehidrasi sampai mengakibatkan seseorang tersebut lebih cepat mati dibandingkan dengan kekurangan makanan.

Pemenuhan air bersih di Indonesia ialah suatu hal yang ingin dicapai untuk membangun ketentraman dan keadilan bagi masyarakat. Pemenuhan air bersih yang tercukupi akan mengembangkan tingkat kesehatan. Bangsa Indonesia jika memiliki rakyat yang sehat dan kreatif, maka akan dapat menjunjung Indonesia menjadi negara yang lebih maju (Purwanto, 2020).

Pemenuhan air bersih dalam masyarakat sangat penting. Karena air tidak akan pernah lepas dari kebutuhan manusia. Air yang dibutuhkan umumnya digunakan dalam kehidupan sehari-hari, yakni mandi, memasak makanan dan minuman, mencuci pakaian, mencuci peralatan makan dan masak, dan untuk lainnya. Maka, pemenuhan air

bersih harus cukup dan memenuhi syarat kesehatan bagi penggunaanya agar tidak berdampak negatif.

b. Sumber Air

Berdasarkan Undang-Undang nomor 17 tahun 2019, sumber air ialah air yang terletak di atas atau di bawah tanah. Sumber air terdiri dari 3 macam, yaitu :

1) Air Permukaan

Air permukaan yaitu air yang terletak di atas tanah (UU Nomor 17, 2019). Menurut Kusumaningtyas & Sumarno (2017), air ini biasanya dapat ditemukan pada setiap aliran air. Contoh air permukaan ialah air sungai, air laut, air danau, dan juga lainnya. Air permukaan banyak dimanfaatkan masyarakat dalam pemenuhan kebutuhan sehari-harinya. Air permukaan umumnya dimanfaatkan warga setempat untuk memenuhi kebutuhan sehari-harinya. Seperti, masyarakat yang tinggal dipinggiran sungai. Masyarakat tersebut akan memanfaatkan air sungai untuk mencuci pakaian, mencuci peralatan makan, serta untuk mandi.

Pada kehidupan masyarakat banyak yang memiliki alasan mengapa menggunakan air sungai sebagai kebutuhan sehari-hari, karena mereka mengira bahwa dengan begitu semua yang masyarakat lakukan dapat lebih mempermudah kehidupan sehari-harinya. Namun, alasan tersebut sering digunakan oleh masyarakat yang memiliki nilai pengetahuan cukup rendah dan juga memiliki faktor ekonomi rendah. Air permukaan lainnya yang sering digunakan bagi masyarakat ialah air laut. Air laut dalam kehidupan masyarakat setempat kebanyakan dimanfaatkan dalam proses ternak ikan-ikan laut yang akan menambah ekonomi serta penghasilan masyarakat tersebut.

2) Air Tanah

Air tanah merupakan air yang banyak tersimpan di tanah yang sering dinamakan oleh akuifer. Air ini bersumber dari resapan hujan serta resapan dari air permukaan. Air hujan biasa

disebut sumber utama adanya air tanah. Sedangkan pada air permukaan itu, akan meresap kedalam tanah melalui tanah dan bebatuan. Air tanah merupakan salah satu sumber air yang menjadi kebutuhan yang paling penting bagi masyarakat (Hamzah Syahrudin & Halide, 2020). Air tanah juga dapat diartikan air yang mengalir secara alami dan meresap kedalam tanah. Air tanah banyak digunakan dikalangan masyarakat. Air ini biasa ditemukan masyarakat dari galian sumur, pengeboran sumur, dan juga lainnya. Air yang berasal dalam tanah ini memiliki jumlah yang cukup banyak dan mampu memenuhi kebutuhan masyarakat. Namun, kebanyakan air yang berasal dari tanah ini mengandung bahan kimia yang berlebihan dan akan berdampak bagi kesehatan dan fasilitas yang ada pada masyarakat tersebut.

Dalam masyarakat, air yang dimanfaatkan harus memenuhi persyaratan yang berlaku dari pemerintah. Air yang berasal dari tanah ini merupakan air yang tergolong dalam sumber air bersih. Karena air yang didapat cukup baik bagi pemanfaatan masyarakat. Namun, juga harus ada pemeriksaan kualitas air agar tidak berdampak pada kesehatan manusia. Selain itu, air tanah juga dimanfaatkan dalam bidang pertanian yang digunakan untuk mengairi lahan pertanian. Selain bidang pertanian, air tanah juga seringkali digunakan dalam bidang industri yang biasanya digunakan sebagai bahan pencairan.

3) Air Hujan

Air hujan adalah air yang dihasilkan dari proses penguapan pada air saat cuaca panas. Maka uapan tersebut akan naik keatas dan akan membentuk awan gelap. Air ini juga termasuk dalam sumber air yang dibutuhkan oleh masyarakat (Mulyono, 2016). Air hujan merupakan salah satu sumber utama air tanah. Saat diatas tanah, air hujan akan mengalir dan meresap melalui pori-pori tanah kedalam tanah. Air hujan ialah air yang bersifat tidak merugikan. Karena air ini memiliki kualitas yang aman untuk

dimanfaatkan bagi masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Air ini juga dimanfaatkan bagi masyarakat dalam bidang pertanian dan perkebunan. Manfaat air hujan bagi tanaman ialah akan menjadikan tanaman yang subur dan juga tanah yang tidak keras.

c. Sumur

Sumur adalah adanya lubang atau galian pada tanah yang dapat menghasilkan air. Sumur merupakan sumber penyediaan air yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat desa maupun perkotaan. Menurut *Sciences* (2016), jenis-jenis sumur yang sering dipergunakan oleh masyarakat, sebagai berikut :

1) Sumur Dangkal

Sumur dangkal adalah sumur yang memiliki kedalaman yang relatif rendah. Sumur ini biasa dibuat dengan kedalaman ± 5 meter sampai 15 meter dari permukaan tanah. Sumber air dari sumur dangkal ini berasal dari peresapan air hujan yang masuk kedalam tanah. Biasanya terdapat pada daerah yang rendah. Jika musim hujan telah berakhir, kuantitas air yang berasal dari sumur ini akan mengurang dan kebutuhan air bagi masyarakat akan kurang terpenuhi. Sumur dangkal banyak memiliki kelemahan. Karena dari kedalaman yang kurang maka sumber air dari sumur ini akan berpotensi terkena pencemaran atau kontaminasi, seperti pencemaran yang dihasilkan dari resapan maupun limbah dari aktivitas manusia.

2) Sumur Dalam

Sumur dalam adalah sumur yang dibuat dengan kedalaman yang tinggi. Umumnya, sumur dalam memiliki kedalaman ± 15 meter dari permukaan tanah. Sumber air yang dihasilkan dari sumur dalam ini biasanya berasal dari air hujan, namun telah diproses dari lapisan bagian bawah tanah dan membentuk menjadi air tanah.

d. Pencemaran Air

Pencemaran air ialah suatu kejadian dimana air secara tidak sengaja tercampur organisme pencemar, elemen, energi, serta unsur lainnya yang berasal dari aktivitas manusia, sehingga derajat air yang akan dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari menjadi kurang memenuhi standar kelayakan (Pemerintah Republik Indonesia, 2001). Pencemaran air juga dapat diartikan bahwa air yang dihasilkan memiliki kualitas yang menurun serta dapat memberikan dampak yang buruk bagi manusia dan lingkungan. Pencemaran air ini disebabkan oleh aktifitas manusia yang tidak bertanggung jawab.

Dalam bertambahnya waktu, aktivitas manusia semakin banyak. Dengan adanya aktivitas tersebut manusia sering tidak memperhatikan hal-hal yang dapat membuat pencemaran bagi lingkungan khususnya ialah air. Pencemaran air sumur dapat berupa tingginya kadar kimia dalam air yang dapat berdampak pada kesehatan dan fasilitas yang dimiliki manusia. Semakin bertambahnya jumlah manusia, maka juga semakin banyaknya kebutuhan air yang harus disediakan dan harus memiliki kualitas yang memenuhi syarat.

e. Metode Pengambilan Sampel Air Bersih

Dalam pengambilan sampel air bersih terdapat beberapa metode. Menurut SNI 6989.59:2008, metode pengambilan sampel air bersih sebagai berikut :

1) Contoh sesaat (*grab sample*)

Pengambilan sampel air yang diambil saat itu di satu titik lokasi.

2) Contoh gabungan waktu

Kombinasi sampel air yang diambil dan dikumpulkan dari satu tempat yang sama tetapi waktu yang berbeda dan volume sampel yang diambil sama.

3) Contoh gabungan tempat

Kombinasi sampel air yang diambil dan dikumpulkan dari satu tempat yang berbeda tetapi waktunya sama dan volume sampel yang diambil sama.

4) Contoh gabungan waktu dan tempat

Kombinasi sampe air yang diambil dan dikumpulkan dari satu lokasi dengan beberapa titik dengan waktu yang digunakan berbeda, namun volume sampel yang diambil sama.

f. Persyaratan Penyediaan Air Bersih

Salah satu persyaratan penyediaan air bersih dilakukan secara kimia. Persyaratan air bersih secara kimia tertuang dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Salah satu syarat kimia air bersih ialah kadar Fe. Kadar Fe yang disyaratkan memiliki standar baku mutu sebanyak 0,3 mg/l. Jadi, jika nilai pemeriksaan kadar Fe melebihi standar baku mutu tersebut, maka tidak memenuhi syarat.

2. Aerasi

a. Definisi Aerasi

Berikut definisi dari aerasi, yaitu :

- 1) Menurut Abuzar (2012), aerasi juga sering disebut dengan transfer gas, yang artinya proses pengolahan ini lebih ditujukan untuk transfer gas oksigen atau proses menambahkan oksigen ke air.
- 2) Menurut Lutfihani & Purnomo (2015) pada buku yang dipetik dari Eckenfelder (1991), aerasi merupakan metode yang dilakukan dalam proses transfer gas berupa oksigen yang dilaksanakan secara fisik. Transfer oksigen merupakan proses menambahkan gas dengan menggunakan gas oksigen.

b. Proses Aerasi

Tujuan utama aerasi ialah proses pelarutan oksigen pada air sehingga kadar oksigen terlarut pada air dapat meningkat (Abuzar, 2012). Menurut Lutfihani & Purnomo (2015) yang dikutip dari literatur Eckenfelder (1991), menyebutkan bahwa proses aerasi terjadi menjadi 3 tahap. Tahapan tersebut ialah sebagai berikut :

- 1) Elemen yang ada pada oksigen akan ditransfer ke permukaan air yang telah tersusun oleh elemen air sehingga terjadi kesetimbangan pada interfase keduanya. Interfase merupakan lapisan pembatas antara gas dan cair dengan memiliki ketebalan tertentu dan terbentuk karena jenuh terhadap gas.
- 2) Elemen pada oksigen yang terpaksa untuk melewati batasan interfase melalui proses difusi molekuler.
- 3) Pada tahap terakhir ini oksigen bercampur dengan air. Dalam proses ini jika terjadi kondisi laminar maka kecepatan penyerapan oksigen bergantung terhadap kecepatan difusi molekuler melalui air. Dengan adanya peningkatan turbulensi air pada lapisan baru (renewal) dan oksigen akan tercampur ke seluruh air.

c. Teori Transfer Gas

Transfer gas merupakan proses terjadinya kontak antara oksigen atau gas lainnya dengan air, sehingga menyebabkan perpindahan senyawa pada fase cair (bentuk yang larut) menjadi fase gas. Dalam proses ini kadar gas dalam fase cair akan terjadi peningkatan selama pada fase ini tidak mengalami kejenuhan dengan udara. Jika fase cair dalam keadaan jenuh, maka kadar gas akan menurun (Lutfihani & Purnomo, 2015). Transfer gas ialah salah satu faktor yang sangat penting dalam proses aerasi dan berpengaruh pada proses pemeliharaan oksigen yang larut agar kadar oksigen pada air berkecukupan. Transfer gas biasanya digunakan dalam proses pengolahan air bersih. Dalam pengolahannya, proses ini ditujukan agar zat organik maupun anorganik yang terlarut dapat dihilangkan seperti Fe (Lutfihani & Purnomo, 2015).

Faktor utama yang berpengaruh dalam proses transfer gas pada air yaitu temperatur air, tekanan parsial pada fase gas, kadar padatan yang larut dalam air, serta komponen kimia dalam gas. Menurut (Lutfihani & Purnomo, 2015) yang dipetik dari literatur Fair *et al.*, (1968), tujuan transfer gas pada proses pengolahan air sebagai berikut :

- 1) Pengurangan kadar karbondioksida dan kadar bahan yang mempengaruhi bau dan rasa .
- 2) Pengoksidasian kadar Fe dan mangan agar tidak larut dalam air.
- 3) Pelarutan gas dalam air, contohnya penambahan oksigen pada air.

d. Metode Transfer Gas

Metode transfer gas terdiri dari beberapa yaitu sebagai berikut :

1) Transfer Gas Secara Gravitasi

Metode secara gravitasi ialah proses transfer gas menggunakan aliran gravitasi dengan cara air yang diterjunkan, aliran air dengan bidang yang miring, cascade, dan aliran seperti menara atau tray. Metode ini dilakukan dengan adanya sentuhan air dan oksigen dengan cara air dialirkan dari ketinggian yang ditentukan. Transfer gas secara gravitasi terdiri dari 2 macam, yaitu :

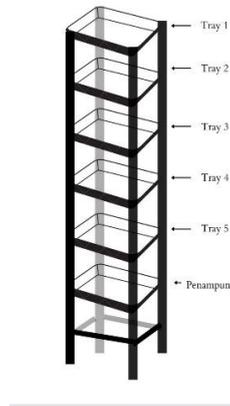
a) Aerator Tumpukan Nampan (*Tray Aerator*)

Aerator tumpukan nampan (*tray aerator*) ialah proses pengolahan air secara aerasi menggunakan alat yang tersusun dari tumpukan nampan dalam bentuk vertical. Dalam pengolahan ini, air akan mengalir kebawah pada setiap nampan dan aliran air tersebut akan terbendung di nampan terbawah (Karuniawan & Ali, 2021). Pada proses ini setiap nampan terdiri dari lubang sehingga air akan diloloskan ke nampan berikutnya sampai dengan bak penampung.

Menurut Lutfihani & Purnomo (2015) dengan literatur yang dikutip dari Asce & awwa (1990), umumnya jarak antara nampan satu dengan yang lainnya ialah 30 sampai 75 cm dan mengalirkan debit air sebanyak 50 sampai 75 m³/hari. Proses transfer gas ini dapat memaksimalkan hasil karena dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti : tipe dan ukuran serta jarak antar nampan, ketinggian alat, debit pada air yang dialirkan dan udara yang dihasilkan. Tray aerator ini dapat

menyisihkan >90% gas karbondioksida (Lutfihani & Purnomo, 2015).

Berikut contoh gambar aerator tumpukan nampan (*tray aerator*) :



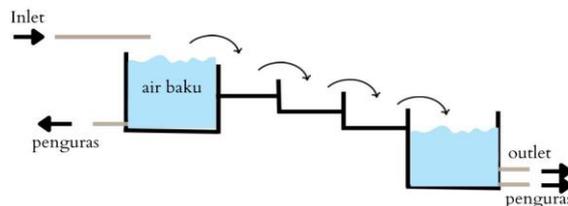
Gambar II.1

Gambaran Aerator Tumpukan Nampan (*Tray Aerator*) sumber : Afni & Zairinayati (2019)

b) *Cascade Aerator*

Cascade aerator ialah alat yang digunakan untuk proses pengolahan air secara aerasi dengan bentuk tingkat pada nampan yang dilakukan dengan gravitasi (Diansari *et al.*, 2022). Dalam prosesnya alat ini menggunakan bidang yang miring untuk mengalirkan air. Umumnya alat ini dibuat dengan ketinggian 1-3 m dengan debit aliran 0,3 m/s. Alat ini mampu menyisihkan 20 – 45 % karbondioksida (Lutfihani & Purnomo, 2015).

Berikut contoh gambar *cascade aerator* :



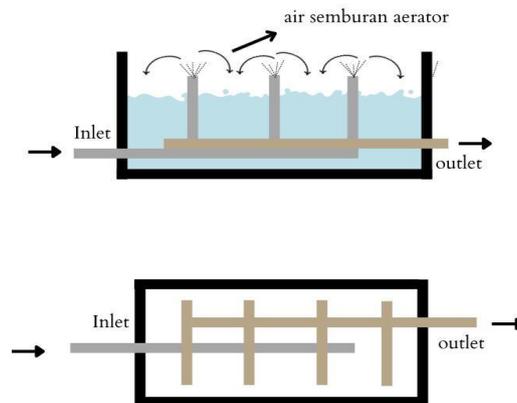
Gambar II.2

Gambaran Cascade Aerator sumber : Diah (2021)

2) Transfer Gas Secara Semprot

Transfer gas secara semprot dapat berupa aerator sembur (*spray aerator*). Aerator sembur (*spray aerator*) ialah alat yang digunakan untuk proses pengolahan air secara aerasi dengan bentuk susunan nozel dan diameter tertentu, serta memiliki cara kerja dengan menyemburkan air keatas dan air tersebut akan tertampung pada bak (Diah, 2021). Menurut Lutfihani & Purnomo (2015), transfer gas secara semprot ini dilakukan dengan menyemprotkan butir-butir air ke udara dari lubang atau nozzle dengan ukuran yang telah ditentukan. Umumnya diameter pada nozzle ialah berkisar 2,5 – 4 cm dan jarak antar nozzle yakni 0,6 – 3,6 m dengan debit yang dialirkan sebanyak 5 – 10 liter/s. Transfer gas ini mampu menyisihkan karbondioksida sebanyak 70 – 90 %.

Berikut contoh gambar aerator sembur (*spray aerator*) :



Gambar II.3

**Gambaran Aerator Sembur (*Spray Aerator*) sumber :
Diah (2021)**

3) Transfer Gas Secara Difusi

Metode secara difusi adalah proses transfer gas yang menghasilkan udara yang bertekanan dan di injeksi ke air. Proses injeksi udara berada didalam bak melalui diffuser yang berpori. Udara yang dihasilkan dari difuser ini umumnya membentuk gelembung air dan akan meningkatkan

turbulensi pada air. Udara akan terkompresi dan masuk dalam bak lalu menghasilkan gelembung udara yang bergerak naik permukaan air. Pada permukaan air juga akan mengalami turbulensi yang dihasilkan dari proses naiknya gelembung udara. Metode ini umumnya menggunakan waktu aerasi yang cukup lama dibandingkan dengan metode gravitasi (Lutfihani & Purnomo, 2015).

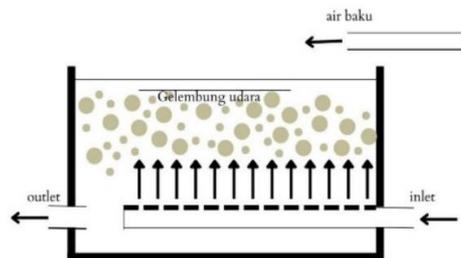
Transfer gas secara difusi dapat berupa aerator gelembung (*bubble aerator*). Aerator gelembung (*bubble aerator*) ialah aerator yang paling efisiensi dalam proses transfer oksigen. Cara kerja alat ini hanya menggunakan alat bantu mesin gelembung dan alat ini sangat mudah dibuat, serta mesin gelembung yang sangat mudah didapat (Diansari *et al.*, 2022). Pada proses ini terdapat kecepatan transfer oksigen yang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Menurut Lutfihani & Purnomo (2015) literatur yang dikutip dari Popel (1974), faktor-faktor tersebut ialah :

- a) Ukuran dan bentuk bak aerasi, serta peletakan aerator
Ukuran bentuk bak aerasi dan peletakan aerator dapat berpengaruh terhadap pola aliran pada air pada bak aerasi.
- b) Kecepatan proses transfer gas oksigen per unit pada aerator
Kecepatan proses transfer per unit ini dapat berpengaruh terhadap kecepatan transfer oksigen pada air. Pada kecepatan per unit ini harus rendah sehingga gelembung udara yang dihasilkan bisa sekecil mungkin. Karena jika gelembung udara yang dihasilkan kecil maka hasil yang didapatkan juga bisa maksimal.

Menurut Lutfihani & Purnomo (2015), dari literatur yang dikutip diketahui bahwa diameter gelembung udara memiliki variasi jenis, sebagai berikut :

- a) *Coarse Bubble* (Gelembung Kasar), yaitu gelembung yang dihasilkan dengan ukuran diameter > 6 mm. Gelembung udara yang dihasilkan lebih besar dari jenis lainnya. Udara ini diinjeksi secara langsung dari pipa atau diffuser dengan lubang yang besar. Jenis ini mampu memaksimalkan hasil sebesar 4 – 8%
- b) *Medium Bubble* , yaitu gelembung udara yang dihasilkan dengan ukuran diameter berkisar 4 – 6 mm.
- c) *Fine Bubble*, yaitu gelembung udara yang dihasilkan dengan ukuran diameter < 3 mm. Gelembung ini berasal dari udara yang mengalir melalui media berpori. Jenis ini mampu memaksimalkan hasil sebesar 8 – 12%

Berikut contoh gambar aerator gelembung (*bubble aerator*)



Gambar II.4

Gambaran Aerator Gelembung (*Bubble Aerator*)
sumber : Diah (2021)

3. Filtrasi

a. Definisi Filtrasi

Penyaringan (filtrasi) ialah proses penyaringan partikel yang terdapat pada air. Filtrasi merupakan proses pelepasan zat padat pada air. Dalam proses ini juga dilakukan untuk memisahkan partikel yang dibantu oleh media untuk penyaringan (Muntu & Mahawira, 2021).). Berdasarkan Sujana (2006) dalam penelitian *Sciences* (2016), berikut merupakan tujuan dan manfaat penyaringan (filtrasi), yaitu :

1) Tujuan

Penyaringan (filtrasi) memiliki banyak tujuan, salah satunya ialah pemenuhan kebutuhan air bagi masyarakat. Jadi dalam tujuan penyaringan ini masyarakat dapat memanfaatkan air yang tercemar atau air keruh menjadi air bersih yang memenuhi baku mutu pemerintah. Dalam hal ini, proses penyaringan dapat membantu pemerintah dalam memperoleh air bersih dengan mudah dan efisien. Dan juga dapat mengurangi serta menanggulangi air yang tercemar. Jika air tercemar berkurang, maka masyarakat akan hidup dalam keadaan sehat.

2) Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penyaringan (filtrasi), yaitu : Mengurangi bau yang dinilai tidak memenuhi baku mutu pada air bersih, menjernihkan air yang semula keruh atau berwarna. mengurangi potensi air yang tercemar menjadi air yang layak pakai.

b. Jenis Filtrasi

1) Berdasarkan Proses Penyaringan

Menurut *Sciences* (2016), jenis berdasarkan proses penyaringan (filtrasi) dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

a) Saringan pasir cepat

Saringan ini menggunakan dasar pasir dengan ketebalan pasir yakni 0,6 – 0,75 m. Umumnya, ukuran pasir pada saringan ini ialah 0,35 – 1,0 mm juga bisa lebih dengan

ukuran efektif 0,45 – 0,55 m. Ukuran efektif ialah ukuran pasir yang telah lolos dari ayakan sebanyak 10 % dari total butiran (Benny *et al.*, 2022). Saringan ini memiliki daya kecepatan sampai 40 kali dibandingkan dengan pasir lambat. Saringan ini sangat baik bila digunakan untuk mengurangi warna air yang sangat keruh. Menurut (Benny *et al.*, 2022), metode saringan pasir cepat ada 2, yakni :

1. *Direct Filtration*

Filter langsung ini biasanya tidak didahului dengan proses pengendapan. Filter ini dimanfaatkan untuk pengolahan air baku yang memiliki tingkat kekeruhan yang rendah. Umumnya, proses filtrasi ini memiliki kecepatan 4 sampai 5 m/jam.

2. *Contact Flucculation Filter*

Media berpori pada filter ini akan membentuk aliran laminar. Aliran laminar ini difungsikan menjadi flokulator dalam pembentukan mikroflok. Metode ini mengeluarkan sedikit volume kotoran.

b) Saringan pasir lambat

Saringan ini menggunakan pasir halus ketebalan pasir yakni 0,7 m. Umumnya, ukuran pasir pada saringan dengan ukuran efektif 0,2 m (Benny *et al.*, 2022). Saringan ini memiliki daya kecepatan yang sangat lambat. Biasanya pada saringan pasir ini peletakkan pasir berada di atas dan kerikil berada dibawah. Saringan ini teruji dapat menyaring partikel-partikel yang ada dalam air. Meskipun partikel memiliki ukuran yang sangat kecil, saringan ini mampu menyaring partikel tersebut. Berikut keuntungan menggunakan saringan pasir lambat dalam pengolahan air :

1. Air yang dihasilkan yang memiliki kadar Fe dan alum menjadi rendah.
2. Pengolahan secara koagulasi atau flokulasi tidak diperlukan.
3. Tidak memerlukan bahan kimia atau desinfektan dalam pengolahannya.
4. Biaya yang dibutuhkan rendah.
5. Mempermudah dalam menurunkan bakteri.

2) Berdasarkan Media yang Digunakan

Saringan ini juga dapat dikelompokkan berdasarkan media yang digunakan, yakni :

- a) Saringan menggunakan satu media (*Single Medium Filter*)
Saringan ini menggunakan satu media. Umumnya media yang digunakan ialah pasir.
- b) Saringan menggunakan dua media (*Dual Media Filter*)
Saringan ini menggunakan dua media. Media yang digunakan ialah pasir dan arang.
- c) Saringan menggunakan banyak media (*Multi Media Filter*)
Saringan ini menggunakan tiga media, Media yang umum digunakan ialah pasir, arang, dan kerikil.

c. Media Filtrasi

Media penyaring yang umum digunakan dalam proses penyaringan (filtrasi), yaitu :

1) Pasir

Pasir merupakan butiran yang berasal dari proses pelapukan batu. Pasir berasal dari 2 sumber, yakni sumber alam dan sumber buatan dari manusia. Dari sumber alam, biasanya diperoleh dari galian sungai, pasir dasar laut, dari pegunungan, serta lainnya. Sedangkan pasir buatan manusia ialah pasir yang terbuat dari gilingan batu yang dihasilkan dengan ukuran yang ditentukan dari pabrikan. Bentuk pasir dipengaruhi dari sumber, yakni kasar dan halus.

Pasir memiliki beberapa jenis, salah satu jenisnya ialah pasir sungai. Pasir sungai adalah pasir yang dihasilkan dari proses pelapukan batuan. Umumnya pasir sungai ini digunakan untuk pembuatan bahan bangunan dan saringan filter air. Dalam saringan filter air, pasir ini berfungsi sebagai media filter yang mampu menghilangkan sifat fisik air seperti kekeruhan, bau, dan warna, serta dapat menyaring lumpur, kotoran, dan partikel lain dalam air.

Pasir sungai ialah salah satu media yang digunakan dalam proses penyaringan (filtrasi). Pasir ini memiliki ukuran butiran yang halus dan kecil, sehingga mampu untuk menyaring partikel kotor yang ada dalam air. Dalam pemilihan pasir sebagai media penyaring (filtrasi) harus dapat memenuhi kriteria seperti bahan yang dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama dan tidak dapat larut di dalam air.

2) Kerikil

Kerikil merupakan hasil dari pemecahan batu. Kerikil memiliki ukuran yang lebih kecil dari batu namun juga lebih besar dari pasir. Jenis-jenis kerikil biasa digunakan dengan penggunaan yang berbeda. Contohnya ialah kerikil untuk tanaman hias, kerikil untuk bahan bangunan, kerikil untuk media penyaringan. Dalam media penyaringan (filtrasi), kerikil memiliki persyaratan yakni : keras, tahan lama, bulat, dan terbebas dari lumpur atau pasir. Kerikil memiliki fungsi sebagai penyangga pasir, agar dapat mencegah pasir masuk ke dalam air hasil olahan.

3) Ijuk

Dalam proses penyaringan (filtrasi), ijuk berfungsi sebagai penyaring partikel besar yang telah masuk pada media filtrasi. Selain itu, ijuk dalam proses filtrasi berguna sebagai pembatas agar media pasir dan kerikil tidak tercampur.

4. Fe

a. Definisi

Fe adalah salah satu unsur yang terdapat di air tanah maupun air permukaan. Air yang banyak mengandung Fe sangat tidak diinginkan karena dalam kebutuhan rumah tangga akan menyebabkan bercak kuning pada pakaian dan benda-benda yang terkena air tersebut. Dalam air, kadar Fe yang diperbolehkan ialah maksimum 0,3 mg/liter (Peraturan Pemerintah RI, 2021).

Fe merupakan salah satu logam yang memiliki warna putih perak (Sciences, 2016). Besi (II) ialah ion berhidrat yang mudah larut. Fe^{2+} ialah jenis besi yang berada dalam air. Dalam air tanah tidak terdapat oksigen, maka konsumsi oksigen untuk bahan organik yang ada pada media mikroorganisme akan menyebabkan reduksi (menurun) dalam air. Sehingga banyak ditemukan Fe (II) pada air tanah dibandingkan dengan Fe (III) (Achmad, 2004).

Keberadaan besi sering ditemukan didalam tanah maupun di air. Besi yang ditemukan umumnya dalam bentuk Fe^{2+} yang larut dan Fe^{3+} yang tidak terlarut. Dalam tanah juga sering ditemukan adanya $\text{Fe}(\text{OH})_3$ atau besioksida yang tidak larut dan besi sulfida atau pyrit. Sedangkan dalam tanah yang terlarut ialah Fe (II) yang memiliki oksidasi rendah (Lutfihani & Purnomo, 2015).

b. Sifat Kimia Fe

Berikut sifat kimia yang dimiliki oleh Fe, yaitu :

- 1) Simbol : Fe
- 2) Massa Atom : 55,845 u
- 3) Nomor atom : 26
- 4) Golongan, periode : 8,4
- 5) Kepadatan : 7,874 g/cm³
- 6) Titik lebur : 1.538 °C
- 7) Konfigurasi electron : [Ar] 3d⁶4s²
- 8) Penampilan : Metalik mengkilap keabu-abuan
- 9) Fase : Padat

c. Jenis Fe

Berikut jenis Fe yang larut dalam air, yaitu :

1) *Ferric Iron*

Ferric Iron adalah jenis Fe yang tidak terlalu larut dalam air. Jenis Fe ini sangat mudah dihilangkan dalam air.

2) *Ferrous Iron*

Ferrous Iron adalah jenis Fe yang banyak larut didalam air. Air yang terkandung jenis Fe ini akan diketahui jika air diendapkan dan mengalami proses oksidasi. Jika Fe ini mengalami proses oksidasi dan pengendapan maka akan terbentuk warna coklat kemerahan serta menimbulkan bau dan rasa yang berbeda.

3) *Bacterial Iron*

Bacterial Iron adalah jenis Fe yang terbentuk dari Fe yang berikatan dengan bakteri. Jenis Fe ini memiliki warna kemerahan terang. Salah satu penyebabnya ialah pemeliharaan pipa yang kurang baik seperti jika telah mengservis pompa air dan pompa tersebut tidak dibersihkan, maka akan menimbulkan bakteri masuk kedalam air tersebut. Bakteri akan menempel di pipa dan menyumbat pompa sumur dan akan meninggalkan bekas residu merah pada toilet.

d. Reaksi Kimia Fe dengan Oksigen (O₂) pada Air

Air yang mengandung Fe²⁺ yang terjadi kontak dengan O₂ maka air tersebut jernih. Jika Fe²⁺ terjadi kontak dengan O₂ maka akan terbentuk reaksi sebagai berikut :



Dalam reaksi diatas dapat diketahui bahwa air yang mengandung Fe²⁺ jika berkontak dengan O₂ akan teroksidasi menjadi Fe(OH)₃ dan air akan berubah menjadi keruh. Fe(OH)₃ pada air akan mengendap dan akan berpotensi memberikan efek bercak kuning (Achmad, 2004).

e. Faktor Penyebab Tingginya Kadar Fe pada Air

Menurut Joko (2010), faktor penyebab tingginya kadar Fe pada air disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu :

1) pH pada Air

Air yang memiliki pH rendah maka akan memudahkan pelarutan logam Fe. Hal ini disebabkan oleh pH dibawah angka 7 yang dapat menguraikan logam.

2) Suhu

Air yang memiliki suhu tinggi akan berpotensi mengurangnya oksigen dalam air, yang akan menimbulkan kadar Fe pada air menjadi larut dan akan bersifat karat.

3) Bakteri

Bakteri besi atau sering disebut *Thiobacillus Ferrooxidans*. Bakteri besi ini umumnya disebut dengan organisme mikroskopis karena hanya dapat dilihat dengan bantuan alat mikroskop. Bakteri tersebut memerlukan makanan dengan cara oksidasi besi hingga larut. Mikroba besi merupakan jenis mikroorganisme yang hidup dalam kondisi anaerob. Dengan banyaknya karbondioksida maka semakin berkembang bakteri tersebut.

4) Karbondioksida (CO₂)

Adanya karbondioksida pada air menyebabkan air bersifat korosif.

f. Dampak Tingginya Kadar Fe pada Air

Menurut Joko (2010) dalam penelitian *Sciences* (2016), ada beberapa dampak yang disebabkan oleh tingginya kadar Fe pada air, sebagai berikut :

1) Secara Teknis

Adanya pengendapan yang disebabkan oleh Fe(OH)₃ dapat berpengaruh terhadap benda-benda yang terkena yaitu menimbulkan bercak kuning pada bak, wastafel, lantai, dan membuat pipa menjadi berkarat.

2) Secara Fisik

Air yang memiliki kadar Fe tinggi, jika dikonsumsi akan menimbulkan rasa kurang enak. Selain itu, kualitas fisik seperti bau dan warna tidak seperti air pada umumnya. Air yang mengandung Fe tinggi akan menimbulkan bau karat dan warna kekuningan.

3) Secara Kesehatan

Air yang memiliki kadar Fe tinggi, maka akan dapat berpengaruh terhadap kesehatan manusia dan akan berpotensi mengganggu kesehatan, seperti : sakit pada perut, rusaknya usus, penuaan dini, radang sendi, gusi menjadi kering, sirosis ginjal, diabetes, hepatitis, hipertensi, gangguan pada tidur, kematian.

g. Metode Penurunan Fe

Menurut Lutfihani & Purnomo (2015) dari literatur Breland & Robinson (1967), metode penurunan Fe pada air yang umum dipergunakan ialah, sebagai berikut :

1) Oksidasi

Oksidasi yang menggunakan oksigen, khlor, dan potassium permanganat. Setelah oksidasi tersebut umumnya dilakukan proses pengendapan dan penyaringan. Prinsip oksidasi ialah menurunkan kadar Fe pada air dengan cara pelarutan $\text{Fe}(\text{OH})_3$. $\text{Fe}(\text{OH})_3$ terbentuk karena adanya proses oksidasi ion Fe^{2+} sehingga mampu untuk diendapkan. Proses oksidasi ini juga sama seperti proses aerasi. Aerasi merupakan proses terkontakannya oksigen dengan air sehingga oksigen dapat larut dan ion Fe^{2+} akan naik valensi menjadi Fe^{3+} (Lutfihani & Purnomo, 2015).



Dari reaksi diatas, proses oksidasi dapat dibantu dengan bahan kimia. Sesuai dengan fungsi utamanya ialah dapat menaikkan Fe valensi 2 menjadi Fe valensi 3. Dalam proses oksidasi, pH merupakan salah satu faktor terpenting dalam kelarutan Fe. pH berkisar 3 – 4 pada air dapat berpengaruh

terhadap larutnya Fe^{3+} dan tidak mudah untuk diendapkan . Sedangkan pH diatas 7,5 dapat berpengaruh terhadap Fe^{3+} yang dapat berubah menjadi padatan dan mudah untuk diendapkan. Dalam teori dituliskan bahwa oksigen berjumlah 1 mg/l akan mampu mengoksidasi Fe^{2+} sebanyak 7 mg/l atau 1 mg/l Fe^{2+} membutuhkan 0,14 mg/l oksigen dalam proses oksidasi. Oksidasi dengan hasil yang maksimal dapat dilakukan selama waktu 15 menit dan pH 7,5 – 8 (Lutfihani & Purnomo, 2015).

2) *Ion Exchange*

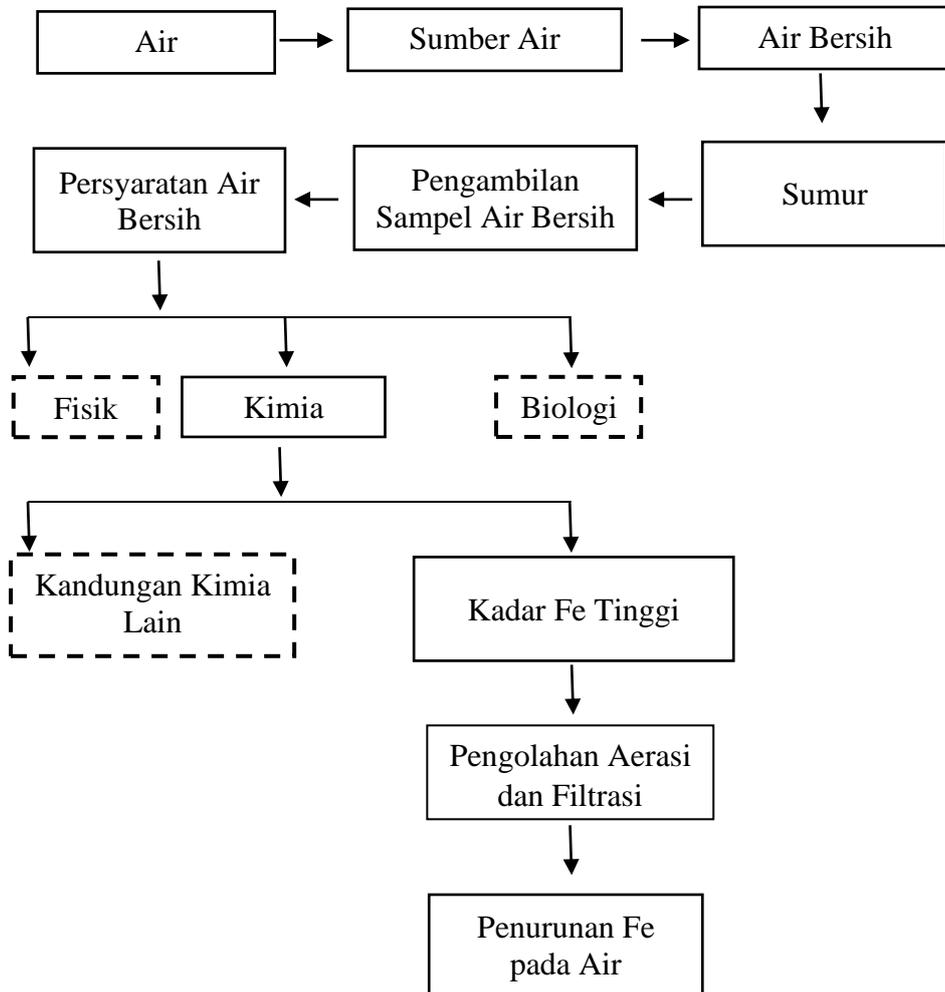
Ion exchange adalah proses dimana ion dipisahkan dengan menggunakan media pemisah. Proses ini hanya dapat dilaksanakan pada air dengan kadar Fe dibawah 0,5 mg/l. Jika kadar Fe tinggi, keaktifan media pemisah menurun.

3) Stabilisasi

Stabilisasi ialah proses yang ditujukan sebagai pengikat ion Fe menjadi ion kompleks yang terdispersi pada air. Proses ini hanya dapat dilaksanakan pada air dengan kadar Fe dibawah angka 1 mg/l.

F. Kerangka Teori

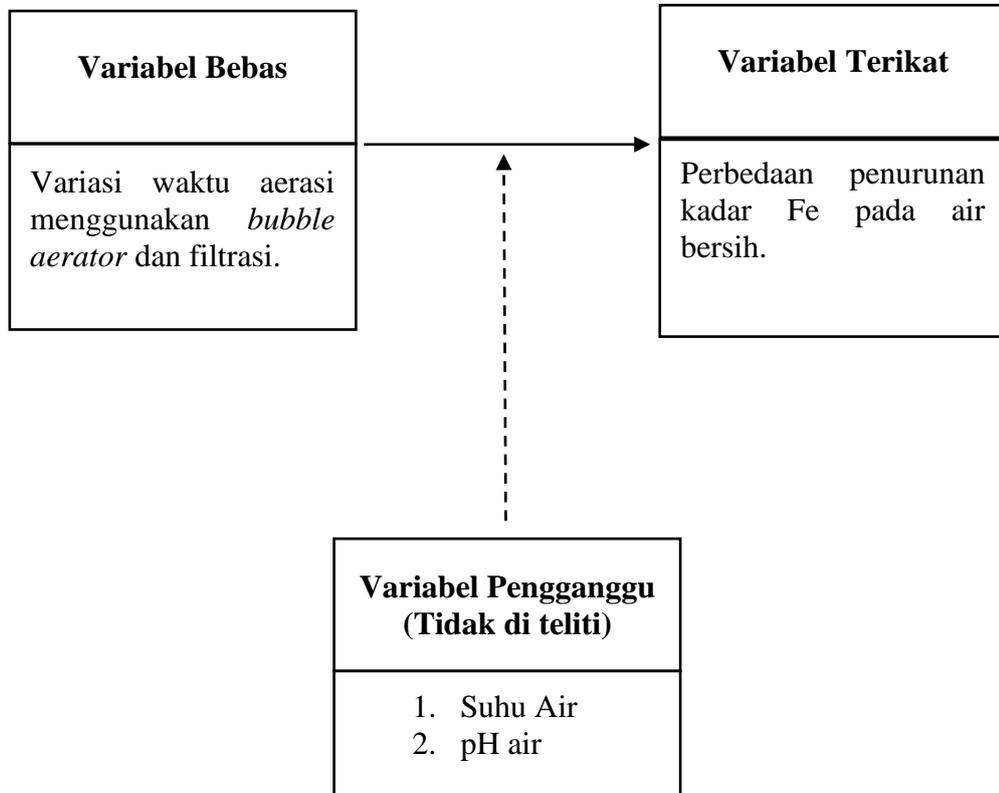
Kerangka teori dalam penelitian ini, sebagai berikut :



Gambar II.5 Kerangka Teori

G. Kerangka Konsep

Kerangka konsep dalam penelitian ini, sebagai berikut :



Gambar II.6 Kerangka Konsep