

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

1. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang dilaksanakan oleh Rosidah et al (2022) Program Studi S1 Teknik Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Jember dengan judul “Pengaruh Waktu Aerasi dan Waktu Sedimentasi Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur“. Peneliti menggunakan Metode Aerasi-Filtrasi dengan variasi kontak waktu 50, 55, 60 menit dan menggunakan pasir silika, batu ziolit untuk media filtrasi yang digunakan dalam upaya menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur gali, penerapan metode aerasi filtrasi mampu mengurangi kadar besi hingga 70%. pada variasi 50 menit, dapat menurunkan sebanyak 76% pada variasi 55 menit, dan dapat menurunkan 86% pada variasi 60 menit.
2. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Riyanto et al (2021) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Purworejo dengan judul “Analisis Penurunan Kadar Besi (Fe) Dalam Air Sumur Gali Dengan Metode Variasi Waktu Aerasi Filtrasi Menggunakan Aerator Gelembung Dan Variasi Saringan Pasir Lembut“. Peneliti menggunakan Metode Aerasi-Filtrasi dengan variasi waktu aerasi 10. 20. 30. 40. 50,60 menit dan menggunakan pasir untuk media filtrasi yang dapat mengurangi Kadar Besi (Fe) pada air sumur gali. Hasil menunjukkan waktu aerasi 10 menit dapat menurunkan sebanyak 17,4% kadar besi (Fe), waktu aerasi 20 menit dapat menurunkan sebanyak 22,1% kadar besi (Fe), waktu aerasi 30 menit dapat menurunkan sebanyak 24,9% kadar besi (Fe), waktu aerasi 40 menit dapat menurunkan sebanyak 29,4% kadar besi (Fe), waktu aerasi 50 menit dapat menurunkan sebanyak 35,6% kadar besi (Fe), dan waktu aerasi 60 menit dapat menurunkan sebanyak 41,8% kadar besi (Fe).

3. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang diterapkan oleh Bangun et al (2022) Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Farmasi dan Ilmu Kesehatan Universitas Sari Mutiara Indonesia dengan judul “Penurunan Kadar Besi (Fe) Dengan Aerasi Dan Filtrasi Air Sumur Bor Masyarakat Kelurahan Tanjung Rejo“. Peneliti menggunakan Metode Aerasi-Filtrasi dengan variasi kontak waktu 30, 45, 60 menit dan menggunakan karbon aktif untuk media filtrasi yang digunakan untuk menurunkan Kadar Besi (Fe) pada air sumur gali. Menggunakan metode aerasi-filtrasi dapat menurunkan sebanyak 1,15 mg/L atau 27,05% dengan waktu aerasi 30 menit, 2,4 mg/L atau 53,3% dengan waktu aerasi 45 menit, dan 3,25 atau 76,47% dengan waktu aerasi 60 menit.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Peneliti	Jenis dan Desain Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil	Perbedaan
1	Rosidah et al (2022)	Pengaruh Waktu Aerasi dan Waktu Sedimentasi Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur	Penelitian Eksperimen	Variabel independen (kandungan Fe) Variabel dependen (Aerasi, Sedimentasi, Filtrasi)	Peneliti menggunakan Metode Aerasi-Filtrasi dengan variasi kontak waktu 50, 55, 60 menit dan menggunakan pasir silika, batu ziolit sebagai media filtrasi yang dapat mengurangi besi (Fe) pada air sumur gali menggunakan metode aerasi-filtrasi dapat menurunkan sebanyak 70 % pada variasi 50 menit, dapat menurunkan sebanyak 76% pada variasi 55 menit, dan dapat menurunkan 86% pada variasi 60 menit	pada penelitian terdahulu menggunakan variasi waktu aerasi 50, 55, 60 menit dan menggunakan pasir silika, batu ziolit sebagai media filtrasi sedangkan peneliti menggunakan variasi waktu aerasi 60, 90, 120 menit dan menggunakan batu ziolit, karbon aktif, dan pasir mangan sebagai media filtrasi.

2	Riyanto et al (2021)	Analisis Penurunan Kadar Besi (Fe) dalam Air Sumur Gali dengan Metode Variasi Waktu Aerasi Filtrasi Menggunakan Aerator Gelembung dan Variasi Saringan Pasir Lembut	Penelitian Eksperimen	Variabel independen (kandungan Fe) Variabel dependen (Aerasi-Filtrasi)	Dari hasil penelitian dapat disimpulkan Peneliti menggunakan Metode Aerasi-Filtrasi dengan variasi waktu aerasi 10. 20. 30. 40. 50,60 menit dan menggunakan pasir sebagai media filtrasi untuk menurunkan Kadar Besi (Fe) pada air sumur gali. Hasil menunjukkan waktu aerasi 10 menit dapat menurunkan sebanyak 17,4% kadar besi (Fe), waktu aerasi 20 menit dapat menurunkan sebanyak 22,1% kadar besi (Fe), waktu aerasi 30 menit dapat menurunkan sebanyak 24,9% kadar besi (Fe), waktu aerasi 40 menit dapat menurunkan sebanyak 29,4% kadar besi (Fe), waktu aerasi 50 menit dapat menurunkan sebanyak 35,6% kadar besi (Fe), dan waktu aerasi 60 menit dapat menurunkan sebanyak 41,8% kadar besi (Fe)	pada penelitian terdahulu menggunakan variasi waktu aerasi 10. 20. 30. 40. 50,60 menit dan menggunakan pasir sebagai media filtrasi sedangkan peneliti menggunakan variasi waktu aerasi 60, 90, 120 menit dan menggunakan batu ziolit, karbon aktif, dan pasir mangan sebagai media filtrasi.
---	----------------------	---	-----------------------	---	---	---

3	Bangun et al (2022)	Penurunan Kadar Besi (Fe) Dengan Aerasi Dan Filtrasi Air Sumur Bor Masyarakat Kelurahan Tanjung Rejo	Quasi Eksperimental Design (rancangan eksperimen semu)	Variabel independen (kandungan Fe) Variabel dependen (Aerasi-Filtrasi)	Dari hasil penelitian dapat disimpulkan penelitian ini menggunakan Metode Aerasi-Filtrasi dengan variasi kontak waktu 30, 45, dan 60 menit dan menggunakan karbon aktif sebagai media filtrasi yang digunakan untuk menurunkan Kadar Besi (Fe) pada air sumur gali. Hasil menunjukkan metode aerasi-filtrasi dapat menurunkan sebanyak 27,05% dengan waktu aerasi 30 menit, 53,3% dengan waktu aerasi 45 menit, dan 76,47% dengan waktu aerasi 60 menit.	Pada penelitian terdahulu menggunakan variasi waktu aerasi 30, 45, dan 60 menit dan media utama adalah arang aktif sedangkan peneliti menggunakan variasi waktu aerasi 60, 90, dan 120 menit dan media berupa batu ziolit, karbon aktif, dan pasir magan.
---	---------------------	--	--	---	--	---

4	Kusuma (2025)	Penurunan Kadar Besi (Fe) Menggunakan Metode Aerasi- Filtrasi Pada Air Sumur Gali	Pra Eksperimen menggunakan penelitian jenis kualitatif dengan pretest- posttest	Variabel Terikat Kadar Besi (Fe) sesudah perlakuan metode aerasi dan filtrasi Variabel Bebas Kadar Besi (Fe) sebelum perlakuan metode aerasi serta filtrasi	-	-
---	------------------	---	---	--	---	---

B. Landasan Teori

1. Air sumur gali

Air yang berada pada permukaan tanah sering kali disebut dengan air tanah yang berasal dari lapisan tanah atau bebatuan. Ditinjau dari kedudukannya kedalaman air tanah di bagi menjadi 2, jenis air tanah yang dimaksud adalah air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah yang dangkal merupakan air yang berada di dalam akuifer dangkal dekat permukaan dengan kedalaman 15-40 meter dimana kondisi ini dengan sangat mudah terkontaminasi dengan kondisi lingkungan, sedangkan dalam merupakan air tanah yang memiliki posisi akuifer yang jauh dari dari permukaan dengan kedalaman lebih dari 40 meter. Dalam kondisi ini akuifer bersifat tertekan dan tidak mudah dipengaruhi oleh kondisi permukaan lingkungan karena dibatasi dengan lapisan batuan kedap (Rosidah et al., 2022).

Sumur gali adalah sumber air yang dekat dengan permukaan tanah dan berasal dari lapisan tanah. Sumur gali biasanya memiliki kedalaman antara 7 hingga 10 meter terhitung dari atas permukaan tanah.

Air sumur merupakan air berasal dari tanah yang diambil menggunakan sumur gali berupa kontruksi yang biasanya dipergunakan dalam mempompa air tanah. Air sumur gali perlu mendapatkan perhatian lebih dikarenakan rentan terhadap pencemaran dan terkontaminasi melalui proses rembesan air permukaan seperti air hujan, limbah, dan tinja hewan maupun manusia, selain itu keadaan kontruksi sumur gali juga dapat menjadi faktor pencemaran (Sari et al., 2019).

2. Parameter air bersih

Air bersih memiliki syarat-syarat agar dapat di konsumsi seperti terhindar dari kontaminan dan bibit penyakit. Parameter fisika pada air bersih meliputi yaitu suhu, warna, dan bau. Parameter kimia sendiri antara lain terdapat pH, kesadahan, NO₃, NO₂, Fe, Mn, F⁻, SO₄²⁻, zat organik. Parameter biologi adalah parameter yang terakhir meliputi yang meliputi *E.coli* dan *MPN Coliform* (Vikahadi et al., 2023). Kadar besi (Fe) pada air

bersih harus memenuhi standar baku mutu yang tertulis dalam PERMENKES NO. 02 Tahun 2023 sebesar 0,2 mg/L.

3. Dampak kadar besi (Fe) pada air

Air sumur galian biasanya mempunyai senyawa organik yang terlarut, senyawa organik yang sering ditemui adalah kandungan Fe. Air sumur galian yang diduga terdapat Fe akan mengakibatkan air memiliki warna kuning kecoklatan saat kontak dengan udara, hal ini menimbulkan warna bercak-bercak kuning pada pakaian, air akan mengeluarkan bau yang tidak sedap mirip bau anyir, dan air akan menyebabkan masalah kesehatan bagi masyarakat yang mengkonsumsi dalam jumlah yang banyak (Miarti, 2023).

Kadar Fe dapat terkumpul di dalam tubuh manusia, zat-zat tersebut masuk melalui proses penyerapan di saluran pencernaan dan permukaan kulit. Berkumpulnya kadar besi di tubuh manusia dapat menimbulkan efek kronik yang disebut *Hemokromatosis* (Bangun et al., 2022). Kondisi *Hemokromatosis* adalah kondisi dimana tubuh memiliki zat besi yang berlebihan, apabila kondisi ini tidak segera di tangani zat besi yang menumpuk pada tubuh akan menimbulkan penyakit seperti sirosis hati, gagal jantung, liver, dan dapat meningkatkan resiko diabetes.

4. Teknik mengurangi kadar besi (Fe)

Beberapa teknik yang dapat diaplikasikan guna untuk mengurangi kadar besi pada air, penetapan metode dilakukan dengan menyesuaikan pada situasi dan kondisi yang berlaku (Istikasari, 2021). Teknik yang dapat dilakukan sebagai berikut :

a. Aerasi

Teknik Aerasi adalah teknik pengolahan air bersih dengan cara fisika. Proses aerasi adalah pengolahan air bersih dimana air bersih berkontak langsung dengan oksigen sehingga mengeluarkan gelembung-gelembung udara dalam air. Bertambahnya oksigen di dalam air diharapkan mineral seperti besi akan berubah menjadi bentuk endapan, dimana endapan tersebut akan disaring melalui teknik filtrasi atau sedimentasi (Bintang et al., 2023).

Prinsip kerja aerasi adalah oksigen dari udara bereaksi dengan besi terlarut dalam air hingga mengubah menjadi besi yang tidak larut (Riyanto et al., 2021). Teknik aerasi mempunyai 3 macam, sebagai berikut:

1) Aerator baki (*Tray Aerator*)

Tray aerator adalah teknik aerasi menggunakan suatu rangkaian yang terdiri dari baki (*tray*) yang memiliki lubang yang menjadikan air akan jatuh ke bawah, untuk dasar *Tray Aerator* diletakkan wadah sebagai penampungan. Metode aerasi ini merupakan bagian dari proses pengolahan air bersih yang berfungsi untuk menurunkan kadar besi (Fe) dalam air. Teknik ini biasanya menggunakan 4-5 tingkat dengan jarak yang sudah ditentukan (Abshar et al., 2023).

Keunggulan yang dimiliki *Tray Aerator* adalah mampu menurunkan kadar besi (Fe) secara signifikan, pada penelitian Lutfihani et al (2015) Metode *Tray Aerator* dengan lima tingkat dapat menurunkan kadar besi (Fe) sebesar 10%. Sedangkan penelitian lain menunjukkan *Tray Aerator* dapat menurunkan kadar besi (Fe) sebesar 98,34% (Adriano et al., 2023). Desain *Tray Aerator* terdiri dari berbagai tingkatan yang memungkinkan air akan mengalami kontak langsung dengan udara, hal ini dapat mempercepat proses oksidasi dalam penurunan kadar besi (Fe).

Desain *Tray Aerator* memiliki beberapa kelemahan, salah satu kelemahan utamanya adalah apabila jarak antar tray tidak sesuai dan konsisten akan berakibat pada efisiensi penurunan kadar besi (Fe)

tidak sempurna dan optimal. Perawatan desain *Tray Aerator* sangat rumit dan menghabiskan banyak biaya tergantung bahan yang digunakan (Akhir et al., 2023).

Hasil uji laboratorium memperlihatkan adanya peningkatan kadar besi (Fe) pada air sumur. Pada pengulangan pertama, terjadi kenaikan sebesar 0,39 mg/L, di mana kadar besi awal (inlet) sebesar 3,22 mg/L naik menjadi 3,61 mg/L. Pada pengulangan kedua, kadar besi juga meningkat sebesar 0,81 mg/L, dari 2,63 mg/L sebelum aerasi menjadi 3,44 mg/L setelah aerasi. Kenaikan ini diduga terjadi karena waktu kontak antara air sumur dan oksigen selama proses aerasi belum cukup lama, sehingga proses aerasi selama 58 menit dan waktu pengendapan 30 menit (pengulangan pertama) serta 60 menit (pengulangan kedua) tidak mampu membuat partikel besi mengendap sepenuhnya di dasar bak. Akibatnya, partikel besi yang tersuspensi belum terendapkan secara optimal selama proses sedimentasi. (Abshar et al., 2023).

2) *Cascade aerator*

Metode aerasi berikutnya adalah *cascade aerator*, yaitu salah satu teknik aerasi yang memanfaatkan pengaruh gravitasi bumi. Prinsip kerja *cascade aerator* dilakukan dengan menyusun pelat-pelat menyerupai tangga, lalu mengalirkan air melalui pelat-pelat tersebut. Saat air mengalir dan menuruni pelat-pelat ini, air akan bersentuhan dengan udara sehingga terjadi proses kontak dan reaksi dengan oksigen di atmosfer. Umumnya, *cascade aerator* terdiri dari 4 hingga 6 undakan dengan tinggi sekitar 30 cm dan debit aliran sekitar 0,01 m³/detik. (Nuraini, 2015).

Keunggulan yang dimiliki *Cascade Aerator* adalah dapat meningkatkan perpindahan oksigen ke dalam air yang selanjutnya akan terjadi oksidasi besi terlarut menjadi endapan yang akan mengendap. Hasil penelitian menunjukkan desain *Cascade Aerator* dapat mengurangi kadar besi (Fe) hingga 82,6% (Zulya et al., 2022). *Cascade aerator* memiliki desain yang sederhana dimana desain ini

menggunakan sistem gravitasi yang memiliki konstruksi lebih sederhana dan biaya yang rendah. Desain *Cascade Aerator* dapat beroperasi dengan baik dalam kondisi aliran yang kecil (Zulya et al., 2022).

Kelemahan dari desain *Cascade Aerator* membutuhkan area yang luas dibandingkan metode aerasi yang lain, hal tersebut dikarenakan desain *Cascade Aerator* berbentuk bertingkat dimana air akan mengalir melalui tingkatan-tingkatan untuk mengkontakkan air dengan udara secara langsung. Desain yang kurang optimal seperti kurangnya undakan akan mengakibatkan penurunan kadar besi (Fe) kurang efektif. Variabilitas hasil bergantung pada kondisi dari desainnya, seperti kemiringan casade dan waktu kontak (Atmono et al., 2019)

Hasil pengujian menyatakan bahwa kadar besi (Fe) dalam air sumur galian mengalami pengurangan sesuai dilakukan proses aerasi menggunakan cascade aerator. Penurunan tertinggi terjadi pada replikasi pertama, yaitu sebesar 33,85%, sementara penurunan terendah tercatat pada replikasi kelima dengan nilai 14,48%. Efektivitas penggunaan cascade aerator ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain debit aliran air, jarak antar undakan (cascade), serta jumlah pelat tangga yang digunakan. Semakin besar debit air, maka tingkat turbulensi pada permukaan kontak meningkat, yang menyebabkan air memercik dan memungkinkan terjadinya reaksi dengan oksigen di udara. Selain itu, variasi jarak antar undakan dan jumlah lempengan dalam cascade juga berperan penting, karena semakin banyak lempengan, maka waktu kontak antara air dan oksigen pun bertambah, yang berdampak pada meningkatnya efisiensi transfer oksigen. (Nuraini, 2015).

3) *Spray aerator*

Spray aerator merupakan salah satu jenis aerasi yang bekerja dengan memancarkan air ke udara, sehingga memungkinkan terjadinya kontak antara air dan oksigen. Proses ini memungkinkan

logam berat dalam air, seperti besi, untuk bereaksi dengan oksigen di udara. Penerapan spray aerator terbukti efektif dalam menekan kadar oksigen terlarut (DO) pada air bersih, sehingga berperan penting dalam mengurangi konsentrasi besi dalam air. (Harimu et al., 2020).

Kelebihan yang dimiliki desain *Spray Aerator* adalah memiliki efektivitas yang signifikan dalam menurunkan kadar besi, pada penelitian terdahulu didapatkan hasil penurunan kadar besi pra-perlakuan sebesar 4,1 mg/L menjadi 1,4 mg/L. Desain ini mempunyai fleksibilitas dimana *Spray Aerator* dapat dirancang dalam berbagai ukuran nozel yang menyesuaikan kebutuhan penelitian. Desain ini juga merupakan teknologi ramah lingkungan dikarenakan tidak memerlukan bahan kimia lainnya (Hilmi et al., 2018).

Keterbatasan yang dimiliki desain *Spray Aerator* ukuran nozel yang tidak sesuai dapat membatasi distribusi udara secara merata, sehingga hal ini menyebabkan beberapa bagian air tidak mendapat cukup oksigen untuk oksidasi yang mengakibatkan berkurangnya efektivitas dalam mengurangi kadar besi (Fe). Pada *Spray Aerator* hanya berfokus pada penghilangan zat terlarut seperti besi dan mangan, namun tidak efektif dalam penurunan zat terlarut lainnya seperti Hidrogen sulfida dan karbon dioksida. Jika proses aerasi tidak diikuti desinfeksi yang benar, akan berakibat meningkatnya mikroorganisme pada sistem yang akan mempengaruhi kualitas udara (Putri et al., 2023)

Hasil menunjukkan Kadar Besi (Fe) pada air sumur gali yang sudah melalui proses aerasi dengan jenis spray aerator mengalami penurunan terbesar pada waktu aerasi selama 4 jam pertama yaitu sebesar 98,96% dan hasil penurunan terendah terjadi pada waktu aerasi selama 0,5 jam yaitu sebesar 89,37%. Keberhasilan menggunakan jenis spray aerator dipengaruhi oleh lama waktu aerasi, semakin lama waktu aerasi menyebabkan penurunan Kadar Besi (Fe) akan semakin besar. Hal ini disebabkan proses turbulensi yang berlangsung secara terus-menerus memungkinkan besi terlarut

bersentuhan dengan oksigen, sehingga terjadi reaksi oksidasi. Akibatnya besi dalam air yang berbentuk Fe , Fe^{2+} , atau Fe^{3+} berubah menjadi oksida besi seperti FeOxH_2O atau $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{xH}_2\text{O}$ yang ditandai dengan munculnya endapan kuning kecoklatan yang tidak larut dalam air (Harimu et al., 2020).

4) Aerator difuser gelembung (*Bubble Aerator*)

Cara kerja aerator gelembung adalah dengan menyemprotkan udara melalui bawah bak air yang akan diaerasi, dengan demikian, oksigen dapat bersinggungan langsung dengan air atau air bercampur dengan udara dalam bentuk gelembung. Aerasi akan membentuk lapisan air tipis yang berinteraksi dengan udara lewat penambahan gelembung udara berukuran kecil gelembung yang semakin kecil akan memperbaiki hasil proses, maka akan membuat gelembung semakin naik melalui air) (Damayanti et al., 2020).

Bubble Aerator memiliki desain yang akan memproduksi gelembung kecil dengan merata, hal ini akan dapat meningkatkan efisiensi pengiriman oksigen ke dalam udara hingga oksidasi akan dapat mengurangi kadar besi (Fe) secara optimal. Desain ini dirancang untuk tekanan udara yang rendah sehingga dapat menghemat energi (Mubarok, 2016). *Bubble Aerator* akan tetap membrikan hasil yang optimal dalam menurunkan kadar besi meskipun terdapat variasi dalam kondisi operasional (Atmono et al., 2019).

Semakin lama proses aerasi yang dilkauan maka semakin besar pula hasil penurunan kadar besi (Fe), hal dikarenakan konsentrasi oksigen yang terlarut tinggi maka reaksi oksidasi akan dapat mengubah fe terlarut menjadi partikle-partikle yang selakutnya akan dilakukan sedimentasi. Ada batasan dalam efektivitas waktu aerasi karena dapat menyebabkan pendinginan dalam hasil pengukuran (Yuniarti et al., 2019).

Proses Aerasi membutuhkan waktu yang cukup agar efektif, apabila waktu aerasi terlalu singkat maka kadar besi (Fe) kemungkinan tidak akan turun dengan optimal. Desain *Bubble*

Aerator dapat menjadi kendala apabila desain tidak memungkinkan mendistribusikan gelembung dengan merata (Diansari, 2021)

Hasil uji menunjukkan Kadar Besi (Fe) yang ada pada air sumur yang sudah melewati aerasi menggunakan jenis bubble aerator mengalami pengurangan sebanyak 70 % pada variasi 50 menit, dapat menurunkan sebanyak 76% pada variasi 55 menit, dan dapat menurunkan 86% pada variasi 60 menit (Rosidah et al., 2022).

b. Filtrasi

Filtrasi adalah salah satu metode fisik yang dapat dipergunakan dalam mengurangi kadar zat besi (Fe) dalam proses pengolahan air. Prinsip kerjanya cukup sederhana, yaitu dengan mengalirkan air melalui media penyaring (filter). Metode ini termasuk salah satu teknik paling praktis dan mudah diterapkan dalam pengolahan air sumur. Tujuan utama dari proses filtrasi adalah memisahkan air dari partikel pengotor dengan bantuan media berpori, yang mampu menangkap dan menyaring partikel padat tersuspensi sekecil dan sehalus mungkin (Bintanget al., 2023).

Teknik filtrasi dapat mengurangi kadar besi (Fe) secara maksimal, pada penelitian yang pernah dilakukan teknik filtrasi mampu mengurangi kadar besi (Fe) sebesar 89,2%. Metode filtrasi merupakan perubahan bentuk ion besi ferrous menjadi ferric, dimana proses ini akan mempermudah proses pengendapan dan penyaringan. Peningkatan efisiensi filtrasi karena partikel ferric cenderung. Penggunaan media filtrasi seperti batu ziolit, pasir mangan, dan karbon aktif akan (Miarti, 2023). Proses filtrasi memiliki desain yang sederhana dan tidak membutuhkan teknologi yang modern, sehingga dapat diterapkan secara luas di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan dalam akses (Suharno et al., 2017).

Pada proses filtrasi sering mengalami masalah penyumbatan, hal ini sering terjadi karena partikel-partikel besi mengendap dan menghalangi arus air yang bergerak, sebab hal tersebut dapat mengurangi keefektifan metode filtrasi dan memerlukan pemeliharaan yang lebih (Istikasari, 2021). Kekurangan lain yang dimiliki metode filtrasi adalah

kurang efektif menurunkan kadar besi (Fe) apabila kadar besi mencapai 5 mg/L, dalam kasus ini dalam pengolahan air membutuhkan metode lain seperti aerasi (Said, 2018). Keefektifitasan filtrasi sangat bergantung pada waktu kontak media filtrasi, apabila waktu kontak tidak cukup lama maka penurunan kadar besi (Fe) akan tidak optimal (Bangun et al., 2022).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa filtrasi dengan 3 variasi, pada variasi pertama dapat menurunkan kadar besi (Fe) hingga 62,23% selanjutnya dengan variasi kedua kadar besi (Fe) dapat turun sebesar 71,97% dan pada variasi ketiga penurunan kadar besi (Fe) sebesar 84,08% (Sappewali et al., 2024).

Filtrasi memiliki 2 proses aliran, sebagai berikut :

1) Macam-macam aliran filtrasi

a) *Filter down flow*

Filter down flow merupakan tahap awal dalam proses filtrasi, di mana aliran air bergerak pada bagian permukaan penyaring menuju permukaan bawah. Selama proses ini, ion Fe (kation) akan terperangkap dalam media, sehingga konsentrasi zat besi dalam air sumur gali akan berkurang pada lapisan bawah. Proses backwash pada sistem ini dilakukan dengan mengalirkan air bersih dari arah berlawanan, yaitu melalui saluran keluar (outlet), agar partikel sedimen terdorong ke atas dan kemudian dibuang melalui saluran masuk (intake). Sistem filtrasi ini bekerja lebih cepat sebab arah aliran air searah dengan gaya gravitasi, dan karena efisiensinya, model down flow lebih sering digunakan dibandingkan dengan model *up flow*. (Istikasari, 2021).

b) *Filter up flow*

Cara kerja filtrasi pada model *filter up flow* berlawanan dengan sistem down flow, yaitu aliran air dimulai dari bagian bawah dan bergerak ke arah atas. Dalam proses ini, partikel padat akan tertahan dan terkumpul di lapisan bawah media penyaring. Proses backwash pada filter *up flow* dilakukan dengan membuka katup pembuangan yang terletak di dasar bak filter, sisa air di

dalam bak akan mengalir keluar sekaligus membawa partikel sedimen melalui katup tersebut.

2) Faktor yang mempengaruhi filtrasi

Prinsip kerja dari metode filtrasi pada dasarnya sama yaitu mengalirkan air melalui media-media yang ada pada filtrasi untuk memisahkan padatan-padatan atau kation–kation sehingga kualitas air akan meningkat lebih baik. Berikut adalah beberapa faktor yang dapat mempengaruhi eFektifitas dari pengolahan air secara filtrasi :

a) Waktu kontak

Waktu kontak merupakan durasi ketika air bersentuhan dengan media penyaring selama proses filtrasi berlangsung. Faktor-faktor seperti ketebalan media filter, diameter tabung filtrasi, laju aliran air (debit), dan interval waktu sangat memengaruhi lamanya waktu kontak tersebut. Jika interval waktu yang digunakan semakin singkat, maka waktu kontak antara air dan media akan semakin lama, yang pada akhirnya akan meningkatkan kualitas air hasil filtrasi.(Istikasari, 2021). Pada penelitian menunjukkan bahwa waktu kontak yang lama cenderung meningkatkan efektivitas penurunan konsentrasi besi (Fe). Semakin lama waktu kontak pada media filtrasi makan kefektifan akan semakin optimal (Mastian et al., 2022).

b) Diameter media filter

Ukuran diameter media filtrasi berperan penting dalam menentukan kualitas hasil penyaringan. Semakin kecil ukuran butiran media, maka kualitas air yang dihasilkan cenderung lebih baik. Namun, penggunaan media dengan diameter yang lebih kecil juga berdampak pada kecepatan aliran air, di mana laju filtrasi menjadi lebih lama hal tersebut mengakibatkan waktu yang dibutuhkan untuk proses filter menjadi lebih panjang (Istikasari, 2021).

c) Kualitas air

Kualitas air baku yang digunakan turut memengaruhi hasil akhir proses filtrasi. Kualitas air hasil olahan akan semakin baik jika air yang diolah memiliki kualitas awal yang tinggi setelah melewati proses penyaringan.

3) Media filtrasi

Media yang digunakan dalam metode filtrasi sebagai berikut :

a) Batu zeolit

Batu zeolit merupakan salah satu media yang dapat dimanfaatkan dalam proses filtrasi karena memiliki muatan negatif akibat adanya atom aluminium di dalam strukturnya. Muatan negatif ini memungkinkan zeolit mengikat kation-kation yang terdapat dalam air, seperti Fe, Al, Ca, dan Mn, yang umumnya ditemukan pada air sumur gali. Ketika air sumur gali dialirkan melalui filter berisi batu zeolit, kation-kation tersebut akan terikat oleh media filter tersebut, maka kation-kation akan terikat oleh batu zeolit yang memiliki muatan negatif. Tidak hanya itu batu zeolit juga dapat dengan mudah melepaskan kation dan menggantinya dengan kation lainnya, dengan demikian batu zeolit memiliki fungsi sebagai *ion exchanger* dan adsorben dalam pengolahan air sumur gali (Munfiah, 2017).

b) Karbon aktif

Karbon aktif adalah senyawa berbasis karbon yang berasal dari bahan-bahan berkarbon, seperti arang, yang telah mengalami proses tertentu sehingga memiliki luas permukaan yang sangat besar. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300 hingga 3.500 meter persegi per gram. Luas permukaan ini berkaitan erat dengan struktur pori-pori internalnya, yang memberikan kemampuan adsorpsi. Sifat adsorptif ini memungkinkan karbon aktif menyerap senyawa kimia tertentu secara terpilih, ditentukan oleh pada ukuran, volume pori, dan luas permukaannya. Karena memiliki daya adsorpsi yang tinggi dan selektif, karbon aktif banyak dimanfaatkan sebagai adsorben. Selain itu, struktur

berporinya memberikan permukaan kontak yang lebih besar dengan zat yang akan diserap, baik melalui mekanisme fisik maupun kimia, sehingga meningkatkan efektivitas pemisahan zat atau partikel dari larutan. (Istikasari, 2021).

c) Pasir mangan

Pasir mangan atau dengan nama lain *manganese sand* adalah media filtrasi yang digunakan untuk menurunkan kadar Fe pada air. Pasir mangan memiliki fungsi sebagai pengikat unsur Fe, Mn, serta sulfida dalam air sumur gali. Pasir mangan biasanya berbentuk padatan serta mampu menahan tekanan air yang dihasilkan oleh mesin pompa atau biasa disebut pompa bertekanan (*pressure pump*) (Munfiah, 2017).

c. Kogulasi/Flokulasi

Proses koagulasi adalah cara mencampurkan bahan kimia koagulan ke dalam air baku dengan pengadukan cepat dalam waktu singkat. Koagulan merupakan senyawa kimia yang berperan mempermudah pengendapan partikel halus yang tidak dapat mengendap secara alami hanya dengan gaya gravitasi. pada proses koagulasi, biasanya ditambahkan bahan kimia seperti tawas atau PAC. Zat-zat ini berperan dalam mengikat partikel padat berukuran sangat kecil yang tersuspensi bersama koloid, membentuk gumpalan-gumpalan yang disebut flok. Flok-flok ini kemudian diharapkan dapat dipisahkan atau disaring dari air selama tahap selanjutnya dalam proses pengolahan. (Andriansyah, 2020).

Pada proses koagulasi melibatkan partikel kecil, seperti ion besi yang akan mejadi gumpalan-gumpulan yang berukuran besar (flok) ang dimana gumpalan ini akan lebih mudah mengendap dan dibersihkan dari air. Proses koagulasi memiliki desain yang relatif sederhana dan tidak membutuhkan teknologi yang canggih, sehingga bisa dengan mudah diterapkan dimasyarakat (Yazid et al., 2015).

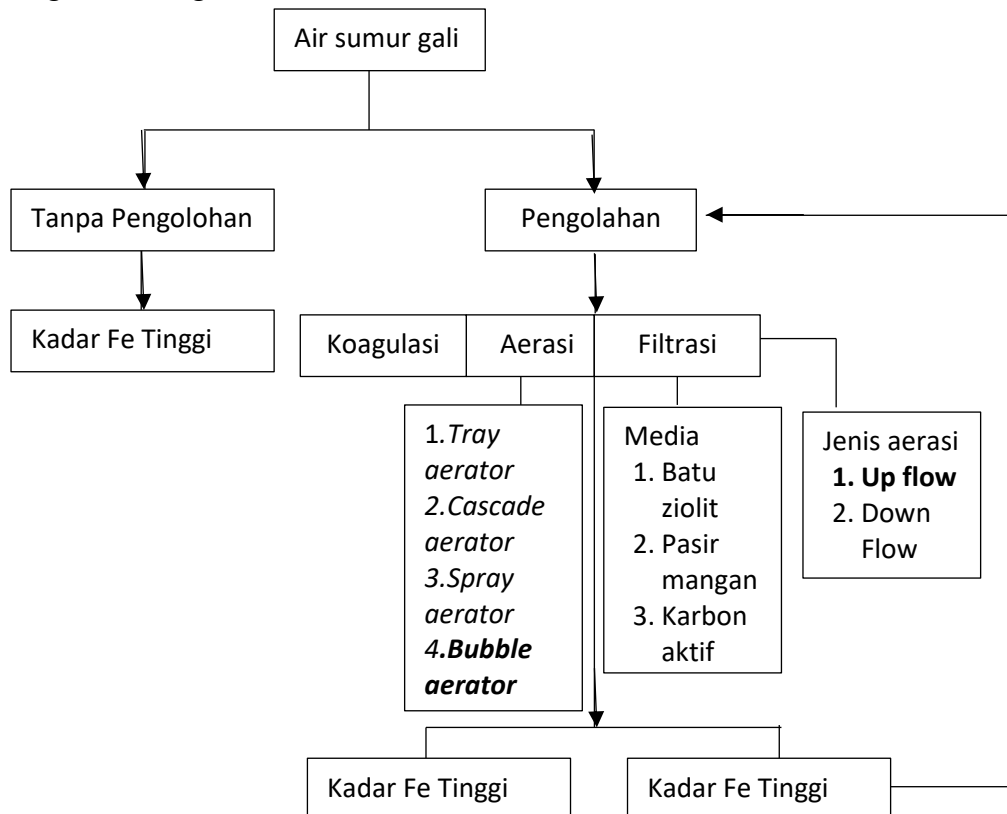
Pada proses koagulasi sering menyebabkan penurunan pH air ketika menggunakan koagulan berbahan besi atau alumunium. Penggunaan

metode koagulan membutuhkan kontrol proses yang ketat untuk menjaga alkalinitas dan pH agar tetap sesuai baku mutu. Flok yang dihasilkan tidak selalu mengendap dengan baik terutama disaat dosis berlebihan. Dosis yang berlebihan memiliki efek negatif seperti peningkatan turbiditas dan pembentukan endapan yang tidak diinginkan (Nur et al., 2020).

Penelitian menunjukkan bahwa menggunakan biji kelor untuk koagulan dapat mengurangi sekitar 25-42% pada proses koagulasi satu tahap, dan meningkat menjadi 32-45% pada koagulasi dua tahap (Saputra, 2024).

C. Kerangka Teori

Untuk mengetahui kerangka teori dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar II.1 diagram kerangka teori.

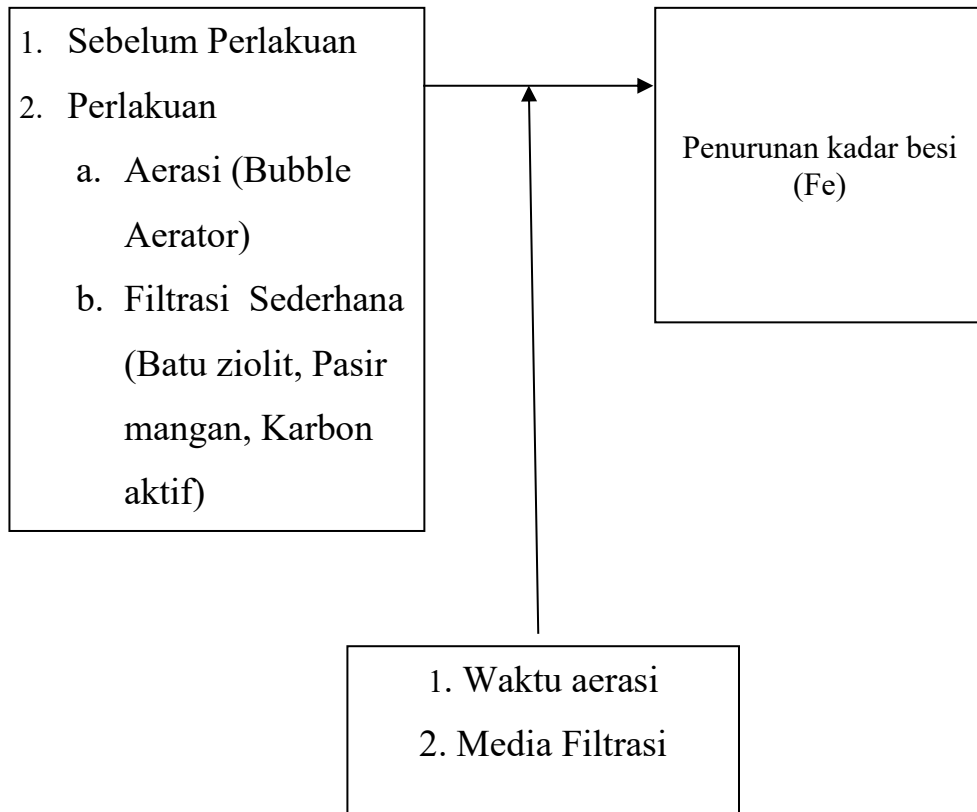


Gambar 2.1 Diagram Kerangka Teori

Air sumur dengan kadar besi (Fe) tinggi membutuhkan proses pengolahan untuk menurunkan konsentrasi besi. Salah satu metode yang digunakan adalah kombinasi aerasi dan filtrasi. Aerasi dapat dilakukan dengan berbagai jenis alat, seperti ray aerator, cascade aerator, bubble aerator, dan spray aerator. Sementara itu, proses filtrasi terdiri dari dua jenis, yaitu aliran ke atas (up flow) dan aliran ke bawah (down flow), dengan media filter seperti batu zeolit, karbon aktif, dan pasir mangan yang efektif dalam

D. Kerangka Konsep

Untuk mengetahui kerangka konsep dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar II.2 diagram kerangka konsep.



Gambar 2.2 Diagram Kerangka Konsep