

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hasil Penelitian Terdahulu

1. Berdasarkan penelitian terdahulu dari Rasman dari Politeknik Kesehatan Makassar Jurusan Kesehatan Lingkungan dan Muhammad Saleh dari Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar pada tahun 2016, ditulis Jurnal mengenai “PENURUNAN KADAR BESI (Fe) DENGAN SISTEM AERASI DAN FILTRASI PADA AIR SUMUR GALI” dengan tujuan menurunkan kandungan besi menggunakan metode aerasi dan filtrasi pada air sumur gali. Pada penelitian ini, proses pengolahan diulang sampai media filter mencapai titik jenuh dengan menggunakan media pasir silika, arang tempurung kelapa dan pecahan kerikil/ cipping dimana masing-masing media memiliki ketebalan 60 cm. Di dapatkan hasil penurunan kadar besi dengan metode I aerasi rata-rata turun hingga kadar 1,6 mg/l dengan persentase 66,7%. Pada metode II filtrasi dengan media pecahan kerikil, arang batok kelapa dan pasir rata-rata turun hingga kadar 2,14 mg/l dengan persentase 89,2%. Pada metode III kombinasi aerasi dan filtrasi rata-rata turun hingga kadar 2,05 mg/l dengan persentase 85,4%.
2. Berdasarkan penelitian terdahulu oleh Riang Adeko dan Jubaidi dari Poltekkes Kemenkes Bengkulu pada tahun 2021, ditulis Jurnal mengenai “VARIASI KOMBINASI KETEBALAN CANGKANG BINTARO DAN BIJI KAPUK DALAM PENURUNAN TINGKAT BESI (Fe) DI SUMUR GALI WARGA RAWA MAKMUR, KOTA BENGKULU” dengan tujuan menurunkan kandungan zat besi menggunakan cangkang buah bintaro dan biji kapuk dengan ketebalan 20, 30 dan 50 cm selama 1 jam. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil penurunan kadar besi dengan ketebalan media 20 cm rata-rata turun 4,2017 mg/l dan persentase 12,95%. Penurunan kadar besi dengan ketebalan media 30 cm rata-rata penurunan 2,967 mg/l dan persentase 38,57%. Penurunan kandungan besi dengan ketebalan media 50 cm rata-rata turun 1,558 mg/l dan persentase 67,74%.

3. Berdasarkan penelitian terdahulu oleh Riva Ismawati dari Universitas Tidar Magelang serta M. Najib ngirfani dan Ambar Rinami dari Politeknik Muhammadiyah Magelang pada tahun 2018, ditulis Jurnal mengenai “PENURUNAN KADAR BESI AIR SUMUR GALI DENGAN MENGGUNAKAN Mn-ZEOLIT” dengan tujuan (1) mengetahui pengaruh lama perendaman zeolit dalam larutan KMnO_4 terhadap penurunan kadar besi pada air. (2) Mengetahui pengaruh konsentrasi larutan KMnO_4 terhadap penurunan kandungan besi. Penurunan kadar besi menggunakan konsentrasi 5% KmnO_4 dengan waktu perendaman selama 12 jam rata-rata mengalami penurunan 0,8 mg/l (84%), selama 24 jam rata-rata penurunan 0,3 mg/l (94%), selama 48 jam rata-rata penurunan 0,1 mg/l (98%), selama 60 jam rata-rata penurunan 0,1 mg/l (98%). Hasil penurunan kadar besi dengan waktu perendaman 2 jam serta variasi konsentrasi KmnO_4 sebanyak 1% rata-rata penurunan 1 mg/l (80%), sebanyak 3% rata-rata penurunan 0,7 mg/l (86%), sebanyak 5% rata-rata penurunan 0,1 mg/l (98%), sebanyak 7% rata-rata penurunan 0,1 mg/l (98%).

Tabel II.1 Matriks perbedaan peneliti terdahulu dengan peneliti sekarang

No	Nama dan Judul Penelitian	Desain Penelitian dan Uji	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan penelitian
1.	Rasman dan muhammad Saleh “Penurunan Kadar Besi (Fe) Dengan Sistem Aerasi Dan Filtrasi Pada Air Sumur Gali”	Eksperimen dengan desain pre-pos Test.	Bebas : ketebalan media pasir silika, arang tempurung kelapa dan pecahan kerikil/ cipping. Terikat : Penurunan kadar besi setelah perlakuan	Metode I aerasi rata-rata turun hingga kadar 1,6 mg/ dengan persentase 66,7%. Metode II filtrasi dengan menggunakan media cipping, arang tempurung kelapa dan pasir silika rata-rata turun hingga kadar 2,14 mg/l dengan persentase 89,2%. Penurunan kadar besi dengan metode III kombinasi aerasi dan filtrasi rata-rata turun hingga kadar 2,05 mg/l dengan persentase 85,4%.	Peneliti sekarang melakukan penelitian dengan metode oksidasi menggunakan Mn-Zeolit untuk menurunkan kadar besi pada air.
2.	Riang Adeko dan Jubaidi “Variasi Kombinasi Ketebalan Cangkang Bintaro Dan Biji Kapuk Dalam Penurunan Tingkat Besi (Fe) Di Sumur Gali Warga Rawa Makmur, Kota Bengkulu”	Desain penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif melalui pendekatan semu eksperimen (Quasi Experimental) menggunakan desain eksperimen pos test only control group design.	Bebas : ketebalan yang berbeda kombinasi antara cangkang buah bintaro dan biji kapuk Terikat : Penurunan kadar besi setelah perlakuan	hasil penurunan kadar besi dengan tebal media 20 cm rata-rata mengalami penurunan 4,2017 mg/l dengan persentase 12,95%. Penurunan kadar besi dengan tebal media 30 cm rata-rata mengalami penurunan 2,967 mg/l dengan persentase 38,57%. Penurunan kadar besi dengan tebal media 50 cm rata-rata mengalami penurunan 1,558 mg/l dengan persentase 67,74%.	Peneliti sekarang melakukan penelitian dengan metode oksidasi menggunakan Mn-Zeolit untuk menurunkan kadar besi pada air.
3.	Riva Ismawati, M. Najib Ngirfani dan ambar Rinarni”	Quasi Eksperimental dengan desain	Bebas : variasi waktu perendaman	Penurunan kadar besi menggunakan konsentrasi 5% $KmnO_4$ dengan	Peneliti sekarang melakukan penelitian

No	Nama dan Judul Penelitian	Desain Penelitian dan Uji	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan penelitian
	“Penurunan Kadar Besi Air Sumur Gali dengan Menggunakan Mn-Zeolit	eksperimen pretest posttest design	Zeolit dan variasi konsentrasi KMnO_4 dalam pembuatan Mn-Zeolit Terikat : Penurunan kadar besi setelah perlakuan	waktu perendaman selama 12 jam rata-rata penurunan 0,8 mg/l (84%), selama 24 jam rata-rata penurunan 0,3 mg/l (94%), selama 48 jam rata-rata penurunan 0,1 mg/l (98%), selama 60 jam rata-rata turun 0,1 mg/l (98%). Hasil penurunan kadar besi dengan waktu perendaman 2 jam serta variasi konsentrasi KmnO_4 sebanyak 1% rata-rata penurunan 1 mg/l, sebanyak 3% rata-rata penurunan 0,7 mg/l, sebanyak 5% rata-rata penurunan 0,1 mg/l, sebanyak 7% rata-rata penurunan 0,1 mg/l.	dengan metode sama dengan perbedaan penggunaan diameter zeolit yang berbeda untuk menurunkan kadar besi pada air.
4.	Ria Lailatul Fuaddah “Efektivitas Variasi Diameter Zeolit terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe) pada Air Sumur Di Pondok Pesantren Darussalam Desa Sumberingin Kecamatan Karangn Kabupaten Trenggalek”	Quasy Eksperimen dengan desain eksperimen pretes posttest design	Bebas : variasi Zeolit dalam pembuatan Mn-Zeolit Terikat : Jumlah kandungan besi setelah perlakuan	-	-

B. Telah Pustaka Lain yang Sesuai

1. Air Bersih

Air merupakan suatu hal yang paling penting dalam kehidupan organisme hidup. Sumber air yang ada di alam merupakan suatu kebutuhan air yang dapat memenuhi keperluan manusia misal seperti air tanah, air permukaan, dan air hujan. Berdasarkan sumber air yang ada di alam, mutu dari air tanah menjadi prioritas utama dibandingkan dengan air permukaan dan air hujan. Hal ini disebabkan karena air permukaan dan air hujan rentan terhadap pencemaran dibandingkan dengan air yang berada di tanah (Munthe *et al.*, 2018).

Di dalam tubuh manusia terkandung sekitar $\frac{3}{4}$ air dan manusia bisa hidup tanpa minum kurang lebih sekitar 45 hari. Selain untuk minum, air dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari seperti mandi, menyiram tanaman, memasak, dan lain sebagainya. Air dalam berbagai sektor dapat dimanfaatkan pada pariwisata, perkebunan, transportasi dan pabrik.

Selain menghadirkan manfaat, air juga dapat menyebabkan berbagai penyakit penyakit yang merugikan manusia. Hal ini tentu bisa menjadi pemicu perpindahan penyakit dari satu manusia ke manusia lain karena air sangat dibutuhkan dan tidak dapat dihindari keberadaannya dalam kehidupan manusia sehari-hari.

Air dianggap sebagai air bersih jika sudah sesuai dengan persyaratan dari kualitas air bersih. Untuk peraturan yang mengatur tentang kualitas dari air bersih sendiri yaitu tertulis pada Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017. Pada peraturan ini tertulis batas maksimal zat besi pada air bersih yaitu sebesar 1 mg/L dan batas maksimal zat besi pada air minum yaitu sebesar 0,3 mg/L.

2. Air Tanah

Air tanah adalah air yang terdapat pada akuifer bawah permukaan bumi. Air tanah dibagi menjadi dua bagian berdasarkan dari tingkat kedalaman sumbernya, yakni:

a. Air Tanah Dangkal

Air ini terbentuk dari resapan air yang berasal dari muka bumi. Biasanya air ini terbentuk dari dalam bumi sekitar 15 m dari permukaan tanah. Berdasarkan mutu, air tanah ini dapat digolongkan sebagai air yang cukup baik serta berdasarkan kuantitasnya tergolong kurang, sesuai dengan cuaca di tempat tersebut.

b. Air Tanah

Untuk melakukan pengambilan air tanah dalam, perlu memanfaatkan bor dan menembuskan pipa ke tanah tersebut sampai kedalaman sekitar 100 sampai 300 m. Tekanan air yang tinggi dapat membuat air tersembur keluar dan sumur ini dinamakan dengan sumur artesis.

Air tanah terdapat pada lapisan sesudah lapisan pertama air yang padat. Untuk kualitas air ini cukup baik sebab adanya filter yang prima dalam proses penyaringannya. Lapisan tanah yang mampu menyimpan dan mengalirkan air tanah terbagi ke dalam 4 jenis lapisan, yaitu *Aquifer*, *Aquiclude*, *Aifuge* dan *Aquitard* (Arsyad. K., 2017)

3. Persyaratan Penyediaan Air Bersih

Standar Baku Mutu pada air bersih untuk keperluan sanitasi meliputi parameter fisik, parameter kimia, dan parameter bakteriologi. Parameter tersebut terdiri dari parameter yang diwajibkan dan parameter yang ditambahkan. Untuk parameter yang diwajibkan adalah parameter yang perlu ditinjau secara periodik sesuai pada persyaratan yang berlaku, tetapi parameter yang ditambahkan hanya boleh ditinjau pada saat kondisi geo-hidrologi menunjukkan potensi paparan parameter tambahan. Untuk persyaratan air bersih berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia meliputi kualitas dan kuantitas. Adapun penjabarannya yaitu sebagai berikut.

a. Kualitas

Persyaratan kualitas air memiliki gambaran bahwa sifat dari air bersih, beberapa persyaratannya yaitu:

1) Parameter Fisik

Tabel II.2 Standar Baku Mutu Fisik pada Air Bersih Berdasarkan Permenkes No. 32 Th. 2017

No	Parameter	Satuan	Standart Baku Mutu
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Suhu	°C	kurang lebih 3
3.	Zat padat terlarut (TDS)	Mg/L	1000
4.	Rasa		Tak berasa
5.	Bau		Tak berbau
6.	Warna	TCU	50

2) Parameter Kimia

Tabel II.3 Standar Baku Mutu Kimia pada Air Bersih Berdasarkan Permenkes No. 32 Th. 2017

No	Parameter	Satuan	Standart Baku Mutu
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.	Deterjen	mg/L	0,05
10.	Pestisida total	mg/L	0,1
Tambahan			
1.	Air raksa	mg/L	0,001
2.	Arsen	mg/L	0,05
3.	Kadmium	mg/L	0,005
4.	Kromium (bervalensi 6)	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

3) Bakteriologis

Tabel II.4 Standar Baku Mutu Bakteriologi pada Air Bersih Berdasarkan Permenkes No. 32 Th. 2017

No	Parameter	Satuan	Standart Baku Mutu
1.	Total Coliform	CFU/100ml	50
2.	E colli	CFU/100ml	0

4) Radioaktif

Objek dari radioaktif yaitu seperti sinar alfa, gamma, dan beta tidak boleh terkandung pada air karena dapat menyebabkan penyakit pada manusia hingga kematian (Damayanti, 2018).

b. Kuantitas

Kuantitas air bersih adalah ketersediaan air bersih yang cukup dalam kebutuhan makhluk hidup. Jumlah ketersediaan air juga harus berbanding lurus dengan tingkat populasi yang ada sehingga kebutuhan dapat tercukupi.

4. Kandungan Besi (Fe) dalam Air

Besi adalah salah satu molekul sisa batu indung yang lapuk, umumnya lebih sering terjadi di air. Besi yang larut dalam air biasanya berupa garam Fe yang bervalensi dua. Besi ialah satu dari beberapa molekul yang penting pada air. Air yang memiliki kadar zat Fe pada konsentrasi di atas baku mutu tidak diinginkan dalam memenuhi kebutuhan air pada rumah tangga. Hal itu dikarenakan dapat menimbulkan noda kekuningan pada baju, keramik juga peralatan lainnya, serta dapat menyebabkan timbulnya rasa yang kurang sedap jika dimanfaatkan sehari-hari sebagai air minum.

Air tanah dalam biasanya mengandung karbon dioksida dalam jumlah yang relatif besar dengan ditandai pH air yang rendah dan biasanya ditandai dengan adanya jumlah kadar oksigen dalam air (Dissolved Oxygen) yang rendah yang juga disebut dengan kondisi anaerobik. Dalam keadaan ini, beberapa ferri karbonat tertentu akan larut dan kandungan besi ferro (Fe^{2+}) di dalam air akan meningkat. Pelarutan ferri karbonat dirumuskan dengan reaksi berikut ini:



Reaksi tersebut dapat terjadi dalam air yang anaerobik atau besi dapat ditemukan dalam air yang memiliki sifat anaerobik yang merupakan hasil dari proses pelapukan makhluk hidup yang cukup banyak. Kondisi ini membuktikan bahwa tingginya kandungan Fe^{2+} dalam air memiliki hubungan terhadap tingginya kandungan bahan organik atau dapat

dikatakan bahwa kadar besi yang tinggi pada air bersumber dari dalam tanah yang memiliki tingkat oksigen terlarut rendah.

Air tanah dengan kadar besi tinggi biasanya mempunyai sifat berbeda dari air tanah lainnya. Pada saat kondisi dimana tidak terdapat oksigen, air yang memiliki kadar besi tinggi memiliki warna yang jernih, setelah mengalami kontak dengan oksigen yang berada di udara, air yang mengandung besi akan berganti menjadi keruh kekuningan. Kondisi tersebut terjadi karena adanya reaksi antara O_2 yang bersumber dari atmosferion ferro yang berubah menjadi ion ferri. Hal tersebut dirumuskan dengan penjelasan di bawah ini:



Ciri-ciri zat Fe yang larut dalam air adalah:

- a. Dapat dilarutkan sebagai Fe^{2+} (ferro) atau Fe^{3+} (ferri).
- b. Larut sebagai partikel yang lebih besar.
- c. Kadang disertai dengan bahan organik ataupun bahan padat anorganik.

5. Faktor yang dapat Mempengaruhi Kadar Besi pada Air

a. Kedalaman

Air hujan yang teresap ke tanah melalui proses penetrasi pada kotoran yang mengandung FeO yang membentuk reaksi dengan air dan senyawa karbon dioksida yang ada di tanah akan membentuk $Fe(HCO_3)_2$ yang mana semakin jauh air meresap ke dalam maka semakin tinggi besi karbonat larut ke dalam air.

b. pH

Di dalam air, kesadahan dan besi memengaruhi tingkat keasamaan. Jika di dalam air memiliki tingkat pH yang rendah maka akan menyebabkan adanya interaksi destruktif yang kemudian akan mengurai Fe dan unsur logam lainnya pada air. Apabila derajat pH pada air menunjukkan angka dibawah 7, maka logam yang ada di air tersebut dapat terurai. Air yang memiliki derajat keasaman yang cukup rendah, struktur besi akan terdorong dan menetap pada air atau kasat dengan

mata yang akan tampak apabila berkontak dengan udara menjadi air kotor juga menyebabkan bau yang amis pada air. (Joko T, 2010).

c. Suhu

Suhu pada air yang memenuhi berdasarkan pada Permenkes RI Nomor 907 tahun 2002 yaitu sama dengan suhu yang ada di udara. Jika air bersuhu tinggi maka akan menimbulkan turunnya oksigen. Selain itu, suhu air yang meningkat juga mengakibatkan mineral larut sehingga besi yang larut dalam air akan tinggi (Joko T, 2010).

d. Bakteri Besi

Bakteri besi merupakan suatu bakteri yang dalam ada di yang bertahan hidup dengan cara mengambil besi di air tersebut dan menyebabkan besi terlarut. Untuk kelangsungan hidupnya, mikroorganisme ini memerlukan oksigen dan besi untuk dijadikan bahan makanan. Akibatnya, bakteri besi akan membentuk Fe (besi teroksidasi) sehingga menimbulkan air berwarna kekuningan pada pakaian yang dicuci menggunakan air tersebut dan beberapa dampak lainnya.

Bakteri besi merupakan suatu mikroorganisme yang bertahan hidup dalam air yang rendah oksigen dan mengandung mineral. Pada kehidupannya, semakin banyak karbon dioksida dalam air maka akan semakin tinggi pula perkembangan bakteri ini (Joko, 2010).

6. Dampak Akibat Tingginya Kadar Besi (Fe)

Permasalahan atau gangguan yang dapat terjadi jika Fe dalam air tinggi ialah: (Agustina, 2019)

a. Secara Teknis

Adanya $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang mengendap dan memiliki efek yang merugikan terutama pada perabotan, seperti :

- 1) Bak yang berbahan seng, wastafel dan kloset akan berubah menjadi kekuningan dan mejadi kotor yang disebabkan karena adanya endapan.

2) Pembuntuan pada pipa yang terjadi akibat dari besi yang mengendap di saluran pipa.

b. Secara Fisik

Kualitas air secara fisik menjadi buruk dapat terjadi disebabkan karena adanya besi yang terurai dalam air dan menjadi larut sehingga menimbulkan warna, bau dan rasa yang aneh pada air. Air bersih memiliki kualitas fisik yang buruk jika memiliki kandungan besi sebesar > 1 mg/L.

c. Secara Kesehatan

Pada proses pembentukan hemoglobin dalam tubuh memerlukan zat besi yang merupakan zat terpenting dalam proses ini. Akan tetapi jika air yang memiliki kandungan zat besi dengan kadar tinggi dikonsumsi akan berdampak buruk bagi kesehatan. Beberapa dampak buruk yang mungkin terjadi yaitu sakit perut, rusaknya usus, radang pada sendi, gusi kering, sirosis ginjal, diabetes, lari, hepatitis, hipertensi, gangguan tidur hingga kematian mendadak dan beberapa dampak buruk lainnya. Kemungkinan yang disebabkan mengonsumsi air dengan gizi yang tinggi melebihi baku mutu secara berulang yaitu kematian akibat dari rusaknya dinding usus.

d. Secara Ekonomis

Dampak yang terjadi dari segi ekonomis tidak timbul secara langsung tetapi dapat timbul dalam jarak waktu yang lama. Contoh dari kerugian yang timbul akibat tingginya zat besi pada air dari segi ekonomi yaitu rusaknya alat rumah tangga sehingga diperlukan biaya untuk mengganti peralatan yang telah rusak atau tidak berfungsi dengan benar atau baik.

7. Metode Penurunan Besi dalam Air

a. Aerasi

Aerasi adalah suatu proses pengelolaan air dengan menambahkan unsur oksigen pada air. Hal ini dilakukan agar berkurangnya zat besi yang ada pada air. Terdapat 2 metode yang dapat digunakan untuk

mengimbuhkan oksigen pada air, yang pertama yaitu dengan membawa udara ke dalam air serta mendorong air ke atas untuk bersentuhan dengan oksigen (Agustina, 2019). Macam-macam alat aerator :

1) Aerator Baki (*Tray Aerator*)

Pada metode ini, baki untuk aerator yang digunakan berbahan dari beton asbes, PVC, logam ataupun kayu. Agar diperoleh arus air yang cukup lancar, plat bisa diberi isi dengan batu-batu yang permukaannya kasap yang memiliki ketebalan 10 cm, dengan memanfaatkan lapisan berasal dari batu apung atau arang yang digunakan untuk mendorong dengan tujuan agar interaksi aglomerasi besi di dalam air menjadi lebih cepat dari sebelumnya (Said, 2008).

2) Cascade Aerator

Pada metode ini akan dipasang aerator dengan jumlah 4 sampai 6 tahap, yang tiap-tiap aerator memiliki ketinggian sekitar 30 cm dengan kecepatan kurang lebih sekitar. Perbedaan metode ini dengan tray aerator ialah pada jenis tray dibutuhkan lebih banyak tempat tapi memiliki tekanan yang lebih rendah (Said, 2008)

3) Submerged Cascade Aerator

Pada metode ini, udara ditangkap menggunakan trap yang kemudian dibawa masuk ke dalam air yang telah tergabung di bawah. Tinggi dari alat ini ialah sekitar 1,5 meter dengan pemisahan menjadi tiga hingga lima tahap. Batas kekuatan media yaitu ini berkisar dari 0,005-0,5 m³/detik/m² (Said, 2008).

4) Spray Aerator

Pengurangan kadar besi dengan metode ini terdiri dari nozel percikan statis terkait dengan matriks plat air yang akan terpercikkan mengarah udara yang memiliki kecepatan sekitar 5 hingga tujuh meter per detiknya (Said, 2008)

5) Aerator Dengan Difuser Gelembung (*Bubble aerator*)

Udara yang dibutuhkan dalam proses ini yaitu sekitar 0,3 hingga 0,5 m³. Pengarusan udara yaitu dengan menjalankannya

lewat saluran yang telah disiapkan pada bagian bawah bak (Said, 2008).

Beberapa faktor yang dapat memengaruhi proses aerasi yaitu :
(Joko T, 2010)

- 1) Zat besi yang tidak stabil
- 2) Temperatur air dan temperatur udara di sekitar
- 3) Obstruksi perpindahan gas
- 4) Tekanan parsial gas dalam iklim aerator
- 5) Turbulensi (pengembangan) dalam tahap gas dan fluida
- 6) Perbandingan luas muka media dengan volume aerator
- 7) Lama pengontakan

b. Sedimentasi

Sedimentasi ialah suatu kejadian pengendapan material batuan yang terangkut oleh tenaga air atau angin dan terendap ketika kekuatan air melemah atau terhenti (Juliano et al., 2021). Pada air permukaan dengan kandungan besi tinggi yang mengalir sampai berkontak dengan oksigen dan terjadilah aerasi, Fe^{2+} akan mengalami oksidasi dan terbentuk Fe^{3+} . Fe^{3+} sukar tercampur pada derajat keasaman 6 sampai 8. Dalam hal ini juga dapat terbentuk ferihidroksida $Fe(OH)_3$ atau salah yang dapat mengendap (Rohmadiani et al., 2012).

Proses pelepasan unsur unsur ini memiliki beberapa golongan, yaitu terdorong, terbawa secara melompat-lompat, terbawa dalam bentuk suspensi serta yang terlarut (Matthews, 2014). Jenis pengendapan terbagi menjadi 3 berdasarkan proses sedimentasinya, yaitu:

- 1) Pengendapan secara klastik (pecahan pecahan batuan sebelumnya)
- 2) Pengendapan secara kimiawi (pengendapan yang terjadi dengan adanya metode kimia)
- 3) Pengendapan secara organik (pengedapan dengan media yang berasal dari organik)

c. Oksidasi

Dalam proses oksidasi terdapat peraturan yaitu dengan adanya pengurangan elektron dari unsur yang sepenuhnya dengan tujuan untuk mengganti unsur besi yang larut sehingga terbentuk endapan besi. Setelah mengendap maka akan dihilangkan dengan cara menyaringnya. Proses ini disebut juga dengan sistem pengolahan sempurna.

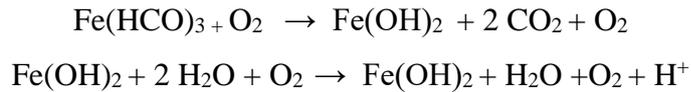
Meningkatkan laju oksidasi dapat dilakukan dengan upaya penggunaan katalisator. Akumulasi bakteri besi yang hidup pada pemfilter contohnya deposit besi, arang, koral, dan pasir diduga berperan sebagai katalisator reaksi oksidasi pada alat aerasi kontak dan filter kontak. Adanya zat lain yang dapat mereduksi menjadi salah satu faktor pengganggu yang dapat mengakibatkan kecepatan pada saat oksidasi besi sulit untuk diukur menjadi wujud yang mudah untuk disaring. Meskipun seperti itu, kecepatan sedimentasi dan akumulasi besi yang terdapat pada air menjadi lebih lambat dari estimasi yang terdapat di teoritis. Hal tersebut menjadi lukisan jikalau terdapat hambatan seperti reduksi besi oleh zat organik teroksidasi dan stabilnya hasil dari sedimentasi

Metode penurunan kadar besi dengan oksidasi digolongkan menjadi 3 cara, yakni:

1) Oksidasi dengan udara (Aerasi)

Oksidasi menggunakan udara atau yang disebut aerasi merupakan suatu metode penurunan kadar besi dengan cara pengontakan air dengan oksigen yang terdapat pada udara secara langsung. Kelebihan pada proses ini ialah dapat dimanfaatkan lebih mudah dalam kehidupan sehari-hari (Yuniarti et al., 2019).

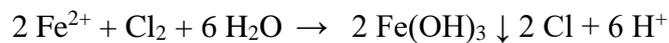
Metode ini dilakukan agar besi menjadi padat atau mengendap menjadi besi hidroksida. Reaksi unsur ini efektif dilakukan dengan derajat keasaman air $+7$. Umumnya, pengurangan kadar besi merubah unsur yang tercampur dalam air menjadi mengendap atau tidak tercampur dalam air dengan persamaan berikut ini:



2) Oksidasi dengan bahan oksidator khlorin

Klorin merupakan suatu bahan yang digunakan untuk membersihkan atau menjernihkan air pada proses pengelolaan air. Selain itu, Klorin digunakan untuk membunuh bakteri-bakteri yang memiliki kemungkinan dapat merugikan jika terdapat pada air. Klorin juga mampu digunakan sebagai bahan oksidasi unsur besi dan mangan serta menyamakan warna keruh (Noor, 2017).

Persamaan yang terjadi dalam proses oksidasi ini yaitu:



3) Oksidasi dengan Kalium Permanganat(KMnO4)

Metode oksidasi ini melibatkan unsur kimia untuk menjadi bahan oksidasi yaitu KMnO4. Persamaan yang terjadi pada proses ini yaitu :



Terdapat 2 metode yang bisa digunakan untuk proses pemberian larutan KMnO4 yaitu antara lain:

a) Berupa larutan

Cara ini dilakukan dengan pembuatan larutan KMnO4. Larutan tersebut dihubungkan dengan mengfungsikan pompa atau dengan memakai sistem lain contohnya gaya gravitasi. Dalam menentukan takaran KMnO4 adalah dengan pengambilan sampel air baku yang setelahnya dibubuhi dengan KMnO4 sambil terus diaduk. Pemberian larutan ini wajib diketahui berapa jumlah volume yang digunakan, jadi pada saat pembubuhan gunakan buret atau pipet ukur untuk mengukur volumenya. Pada cara ini warna larutan akan berganti menjadi kecoklatan, semakin banyak jumlah KMnO4 yang dibubuhkan maka warnanya akan bertambah gelap, berbanding lurus dengan tingginya kadar besi yang ada pada air. Kerjakan hingga proses oksidasi sempurna dengan tanda

dimana warna dari larutan tersebut berganti menjadi kemerahan (muncul sedikit warna KMnO_4).

b) Dengan melapiskan KMnO_4 pada permukaan pasir

Dalam pembuatan pasir aktif atau yang disebut juga dengan zeolit aktif, MnO_2 yang diperoleh dari KMnO_4 akan dilapiskan pada zeolit di permukaan zeolit. Cara ini dilakukan dengan perendaman pasir pada larutan KMnO_4 dalam suasana asam, cara ini dilakukan hingga lapisan MnO_2 tertempel pada permukaan pasir dengan kuat. Lapisan MnO_2 tertempel dengan kuat dapat dilihat dengan ciri-ciri dimana jika pasir yang direndam dengan KMnO_4 kemudian dibilas menggunakan air yang mengalir maka tidak ada permanganat yang larut dalam air yang digunakan untuk pembilasan pasir tersebut. Pasir aktif yang dibuat ini berfungsi ganda yaitu sebagai oksidator lapisan MnO_2 juga dapat digunakan sebagai media filter untuk menangkap sedimen besi yang telah teroksidasi.

8. Pasir Zeolit sebagai Penurun Kadar Besi

Mn-Zeolit ialah zeolit yang telah diaktifkan dengan larutan KMnO_4 . Pengaktifan zeolit dengan KMnO_4 membuat zeolit menyerap Mn yang disimpan di dalamnya. Mn-Zeolit mampu menukar elektron, oleh karena itu dapat digunakan untuk mengoksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} . Oksidasi dalam proses ini menggunakan Kalium Permanganat yang digunakan untuk merubah Besi yang terlarut menjadi besi yang tidak terlarut (Amin & Sari, 2015).

Zeolit alam yang terdapat di alam terbentuk dari proses ada di alam dalam bentuk proses pengendapan. Prosesnya terjadi karena berubahnya abu vulkanik dengan air yang kemudian mengendap menjadi batu zeolit. Pada umumnya proses ini berlangsung secara kontinyu di dasar laut.

Penggunaan media zeolit sebagai penyimpan pada siklus filtrasi dikarenakan zeolit memiliki sifat yang spesifik yang juga mempunyai sekat

dalam tukar kation yang besar dan mampu menahan muatan. Terdapat 2 instrumen untuk interaksi pembauran, yakni konsumsi aktual spesifik atau kekuatan vanderaksial dan retensi zat atau daya tarik elektrostatik. (Khiqmah, 2015)

Karakteristik struktur zeolit (Ii & Teori, 2010) :

- a. Mampu menyerap unsur dengan skala besar dikarenakan adanya jaring tetrahedral SiO₄ dan AlO₄.
- b. Memiliki pori-pori dengan ukuran sub-atomik.
- c. Dapat mengasimilasi kation.
- d. Dapat mejadi asam kuat, akibat dari bergantinya elektron dengan proton membuat zeolit menjadi kuat korosif.
- e. Dapat diubah karena pada semua tetrahedral bisa terhubung pada bahan yang berubah

Proses pengoksidasian ini membuat besi yang larut dalam air akan menjadi mengendap dan membentuk besi yang tidak larut dalam air atau disebut dengan Fe(OH)₃ (besi hidroksida). Menurut Said (2005) reaksi yang berlangsung antara Mn-Zeolit dengan Fe²⁺ sebagai berikut:

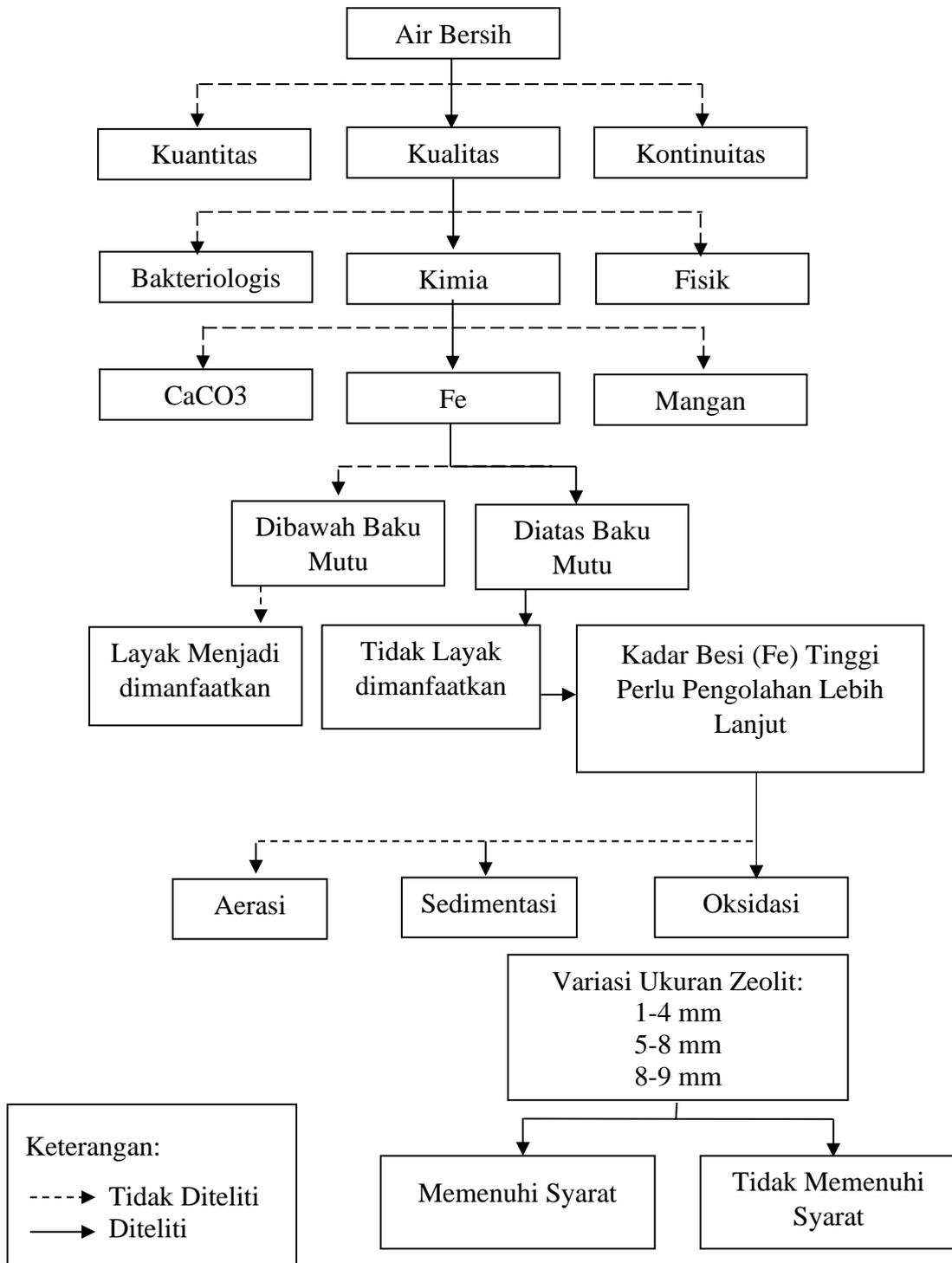


Pada proses kimia diatas terbentuklah MnO₂ atau disebut dengan mangan dioksida. MnO₂ yang berlebihan memiliki fungsi untuk mengoksidasi besi pada air dan reaksi kimia yang terjadi adalah sebagai berikut:



Pada proses kimia di atas Fe²⁺ yang bereaksi dengan MnO₂ akan menghasilkan Fe(OH)₃ atau disebut dengan besi hidroksida yang bersifat mengendap. Besi hidroksida yang berupa endapan dapat dihilangkan dengan cara menyaring air tersebut. Zeolit yang merupakan media oksidator juga dapat berfungsi sebagai filter dalam proses ini untuk memisahkan endapan pada air sehingga air menjadi jernih.

C. Kerangka Teori



D. Kerangka Konsep

