

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

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

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

###### **a. Pengertian Air Bersih**

Air merupakan senyawa kimia sederhana yang tersusun atas dua atom hidrogen dan satu atom oksigen ( $H_2O$ ). Air berfungsi sebagai media kehidupan bagi berbagai organisme akuatik, baik melalui sifat fisiknya sebagai lingkungan hidup maupun sifat kimianya dalam mengangkut nutrisi yang diperlukan untuk proses pembentukan bahan organik oleh tumbuhan. Air bersih merupakan sumber daya air yang dimanfaatkan manusia untuk keperluan konsumsi dan aktivitas sehari-hari, serta digunakan untuk pengairan, pengolahan air minum, dan sanitasi. Mutu air bersih ditetapkan berdasarkan persyaratan fisik, kimia, dan biologis sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi, sebagai turunan dari Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 (Simanjuntak et al., 2021).

Air bersih memiliki ciri khusus yang berbeda dari air minum, namun tetap harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan agar aman digunakan dalam kehidupan sehari – hari (Mardika et al.,

2025). Kebutuhan air bersih umumnya dibedakan menjadi dua jenis, yaitu kebutuhan air non-domestik yang mencakup penggunaan di luar rumah tangga seperti fasilitas umum atau tempat ibadah, serta kebutuhan air domestik yang digunakan untuk aktivitas sehari-hari di rumah tangga. Penentuan standar kebutuhan air pada masing-masing kategori diperlukan agar dapat menghitung dan menilai jumlah air bersih yang harus disediakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat secara memadai.

b. Air Tanah

1) Pengertian Air Tanah

Air tanah merupakan air yang terdapat di bawah permukaan bumi dan tersimpan pada celah serta ruang pori tanah atau batuan. Air tanah dibentuk melalui proses hidrologi, kemudian disimpan dan dialirkan pada lapisan yang disebut akuifer (aquifer). Air tanah berasal dari air yang meresap melalui permukaan tanah, seperti air hujan, kemudian bergerak melalui lapisan bawah permukaan hingga mengisi celah dan ruang pori pada tanah atau batuan. Air tanah dianggap sebagai sumber daya alam yang melimpah karena ketersediaannya di bawah permukaan bumi sangat banyak dan dapat ditemukan hampir di seluruh wilayah (Muhardi et al., 2020).

Selain itu, air tanah terdiri atas dua kategori, yaitu air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal berasal dari

infiltrasi air permukaan dan umumnya berada pada kedalaman sekitar 15–40 meter. Jenis tersebut banyak dimanfaatkan untuk kebutuhan rumah tangga seperti sumur, tetapi ketersediaannya dapat berubah mengikuti musim. Air tanah dalam juga terdapat pada kedalaman lebih dari 40 meter (Semampir et al., 2024).

## 2) Faktor – Faktor yang mempengaruhi Air Tanah

Air merupakan sumber kehidupan yang sangat penting bagi manusia dan makhluk hidup lainnya di bumi. Tetapi, kualitas air tidak selalu aman dan layak untuk dikonsumsi. Terdapat berbagai faktor yang dapat memengaruhi kualitas air, baik faktor alami maupun aktivitas manusia. Faktor alami yang memengaruhi kualitas sumber air antara lain seperti kondisi lingkungan sekitar dan karakteristik tanah pada daerah tempat air berasal (Rahmatullah et al., 2025). Sementara itu, faktor yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia meliputi pembuangan limbah domestik, kegiatan pertanian, industri, serta pertambangan, yang menjadi penyebab utama penurunan kualitas sumber air.

## 2. Akuifer

Akuifer merupakan lapisan air tanah yang berada pada zona jenuh di bawah permukaan bumi dan berfungsi sebagai media penyimpan serta penyalur air tanah. Sebagian besar air tawar di bumi, yaitu lebih dari 98%, tersimpan di bawah permukaan tanah dalam pori-pori batuan dan material berbutir. Secara etimologis, istilah akuifer berasal dari kata

aqua yang berarti air dan ferre yang berarti membawa, sehingga akuifer dapat diartikan sebagai lapisan batuan atau tanah yang bersifat permeabel dan mampu mengandung serta mengalirkan air. Terdapat tiga jenis akuifer adalah (Santosa & Adji, 2014):

- a. Akuifer tak tertekan (*unconfined aquifer*) merupakan akuifer yang berada dalam kondisi jenuh air dan hanya dibatasi oleh lapisan kedap air (*akuiklud atau akuifug*) pada bagian bawahnya. Pada jenis akuifer ini, muka air tanah bersifat bebas dan dapat mengalami fluktuasi sesuai dengan tingkat kejenuhan air yang terdapat di dalam akuifer tersebut.
- b. Akuifer tertekan (*confined aquifer*) merupakan akuifer yang berada dalam kondisi jenuh air dan dibatasi oleh lapisan kedap air (*akuiklud atau akuifug*) baik pada bagian atas maupun bawahnya. Pada jenis akuifer ini, air berada dalam kondisi bertekanan sehingga tekanannya lebih besar dibandingkan dengan tekanan atmosfer.
- c. Akuifer semi tertekan atau akuifer bocor (*leaky aquifer*) adalah akuifer dalam kondisi jenuh air yang dibatasi oleh lapisan kedap air (*akuiklud atau akuifug*) pada bagian bawah, sedangkan bagian atasnya dibatasi oleh lapisan yang bersifat semi-permeabel dengan konduktivitas hidrolik lebih rendah dibandingkan konduktivitas hidrolik akuifer.

### 3. Sumur Bor

Sumur bor merupakan jenis sumur yang dibentuk dengan memanfaatkan mesin bor untuk mengakses air yang terdapat pada lapisan bawah tanah. Pasokan air bersih diperoleh melalui sumur bor, terutama di wilayah yang mengalami keterbatasan air permukaan atau air tanah dangkal. Pembuatan sumur bor dilakukan dengan cara pengeboran tanah menggunakan mesin bor khusus, yang mampu menembus lapisan batuan hingga mencapai akuifer sebagai lapisan penyimpan air bawah tanah. Setelah akuifer tercapai, air terdorong ke permukaan akibat tekanan dari dalam tanah. Kedalaman lubang sumur bor umumnya berkisar antara 60 hingga 200 meter, yang terutama dimanfaatkan untuk kebutuhan gedung perkantoran dan permukiman. Sumur bor dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis (Sudarmo and Yatnawijaya, 2018 dalam buku (Mukrim et al., 2023)).

#### a. Sumur dangkal (*shallow well*)

Air tanah diambil pada kedalaman berkisar antara 5–15 meter, dan debit air yang dihasilkan hanya mencukupi kebutuhan rumah tangga. Pembuatan sumur dapat dilakukan secara manual dengan menggunakan peralatan sederhana. Sumur gali, sumur pompa tangan, dan sumur pompa mesin kecil termasuk contoh sumur dangkal.

b. Sumur pompa mesin

Air tanah diambil pada kedalaman antara 15–40 meter, dan debit air yang dihasilkan mencukupi kebutuhan rumah tangga, perkantoran, serta sekolah. Pembuatan sumur dilakukan menggunakan bor jetting, hydra drill, CTM 5.000, dan CTM 10.000.

c. Sumur pompa mesin (*semi deep well*)

Air tanah diambil pada kedalaman antara 15–40 meter, dan debit air yang dihasilkan mencukupi kebutuhan rumah tangga, perkantoran, serta sekolah. Pembuatan sumur dilakukan menggunakan bor jetting, hydra drill, CTM 5.000, dan CTM 10.000.

d. Sumur pompa dalam (*deep well*)

Air tanah diambil pada kedalaman lebih dari 100 meter, sehingga debit air yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai sumber PDAM dan perusahaan air minum lainnya. Pembuatan sumur dilakukan dengan metode yang sangat kompleks dan memerlukan penggunaan peralatan yang lebih modern.

4. Persyaratan Air Bersih

Kualitas air harus dipastikan sebelum digunakan dan sumber air harus dipantau secara teratur guna memastikan kesehatannya. Air yang layak diminum atau dikonsumsi mempunyai standar persyaratan yaitu persyaratan fisik, kimia, bakteriologis dan radioaktif. Standar kualitas air minum yang digunakan mengacu pada Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksana Peraturan Pemerintah Nomor 66

Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi.

Pemantauan kualitas air dilakukan sebagai langkah pengawasan atau pengendalian terhadap keberadaan kandungan pencemar dalam air. Dengan demikian, timbulnya penyakit akibat air tercemar (*water borne disease*) dapat dihindari.

a. Syarat kualitas air secara fisik

Syarat kualitas air secara fisik adalah persyaratan yang berkaitan dengan kondisi fisik air yang dapat diamati langsung oleh pancaindra manusia, seperti penglihatan, penciuman, dan peras. Kualitas fisik air berpengaruh besar terhadap aspek kenyamanan dan estetika, seperti kejernihan, warna, atau bau air, yang dapat menentukan tingkat penerimaan masyarakat terhadap air tersebut.

Table 2. Baku Mutu Parameter Fisik Menurut Permenkes No. 2 Tahun 2023

| NO | Jenis Parameter |           | Kadar maksimum yang diperbolehkan | Satuan             |
|----|-----------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|
| 1  | Suhu            |           | Suhu udara $\pm 3$                | $^{\circ}\text{C}$ |
| 2  | Total Solid     | Dissovlve | <300                              | mg/L               |
| 3  | Kekeruhan       |           | <3                                | NTU                |
| 4  | Warna           |           | 10                                | TCU                |
| 5  | Bau             |           | Tidak berbau                      | -                  |

b. Syarat kualitas air secara kimia

Syarat kualitas air secara kimia adalah persyaratan yang berkaitan dengan kandungan zat kimia yang terlarut di dalam air, baik unsur anorganik, organik, logam berat, maupun senyawa kimia

lainnya. Air bersih yang layak tidak boleh mengandung bahan – bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas (Simanjuntak et al., 2021). Parameter kimia digunakan untuk memastikan bahwa air tidak mengandung bahan toksik atau senyawa berbahaya yang dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia.

Table 3. Baku Mutu Parameter Kimia Menurut Permenkes No. 2 Tahun 2023

| NO | Jenis Parameter                                        | Kadar maksimum<br>yang<br>diperbolehkan | Satuan |
|----|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------|
| 1  | pH                                                     | 6.5 – 8.5                               | -      |
| 2  | Nitrat (sebagai NO <sup>3</sup> )<br>(terlarut)        | 20                                      | mg/L   |
| 3  | Nitrat (sebagai NO <sup>2</sup> )<br>(terlarut)        | 3                                       | mg/L   |
| 4  | Kromium valensi 6<br>(Cr <sup>6+</sup> )<br>(terlarut) | 0,01                                    | mg/L   |
| 5  | Besi (Fe) (terlarut)                                   | 0.2                                     | mg/L   |
| 6  | Mangan (Mn)<br>(terlarut)                              | 0.1                                     | mg/L   |

c. Syarat kualitas air secara mikrobiologi

Syarat kualitas air secara biologi atau mikrobiologi adalah persyaratan yang berkaitan dengan keberadaan mikroorganisme patogen di dalam air, seperti *E. coli* (*Escherichia coli*) dan Coliform yang dapat menimbulkan penyakit. Parameter mikrobiologi sangat penting karena keberadaan organisme patogen yang tidak dapat dilihat langsung oleh mata, tetapi dapat menimbulkan risiko kesehatan yang serius seperti diare, kolera, disentri, hepatitis A, dan penyakit infeksi lainnya.

Table 4. Baku Mutu Parameter Mikrobiologi Menurut Permenkes No. 2 Tahun 2023

| NO | Jenis Parameter  | Kadar maksimum<br>yang<br>diperbolehkan | Satuan    |
|----|------------------|-----------------------------------------|-----------|
| 1  | Escherichia Coli | 0                                       | CFU/100ml |
| 2  | Total Coliform   | 0                                       | CFU/100ml |

## 5. Besi (FE) Dalam Air

### a. Besi (fe)

Besi menempati posisi keempat terbesar dalam komposisi kerak bumi. Unsur besi ditemukan dalam bentuk kation ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Pada perairan alami dengan pH sekitar 7 serta kadar oksigen terlarut yang cukup, ion ferro mudah teroksidasi menjadi ion ferri. Proses oksidasi tersebut melepaskan elektron, sedangkan pada proses reduksi ion ferri menjadi ion ferro elektron ditangkap. Kadar besi yang berlebihan dapat menghambat proses fiksasi unsur-unsur lain dalam lingkungan perairan (Kiswanto et al., 2020).

Besi (Fe) adalah salah satu unsur yang melimpah di kerak bumi dan menempati urutan keempat terbanyak. Unsur ini juga berperan sebagai mikronutrien penting bagi tanaman karena terlibat dalam berbagai proses reaksi reduksi–oksidasi (redoks). Di dalam tanah, besi dapat ditemukan dalam empat bentuk utama, yaitu oksida, hidroksida, sulfida, dan karbonat. Sementara itu, jenis dan bentuk besi yang larut dalam air tanah dipengaruhi oleh kondisi redoks

tanah, tingkat keasaman (pH), kadar oksigen terlarut, serta keberadaan bahan organik (Sitorus et al., 2025).

b. Dampak besi (Fe)

Kadar besi yang masih di perbolehkan terlarut dalam air bersih sebanyak 0.2 mg/L menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksana Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 mengenai Kesehatan Lingkungan serta Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi. Jika sudah melebihi batas tersebut dapat menyebabkan berbagai masalah diantaranya :

1) Gangguan fisik

Gangguan fisik yang ditimbulkan dari kelebihan besi yang terlarut di dalam air diantaranya yaitu kekeruhan, warna, bau dan rasa.

2) Gangguan teknis

Endapan Fe (besi) dapat mengakibatkan dampak-dampak negatif seperti mencemari bak dan seng, wastafel serta kloset. Memiliki sifat korosif terhadap pipa, terutama pada pipa, dan akan mengendap di saluran pipa, yang mengakibatkan penyumbatan.

### 3) Gangguan Kesehatan

Besi dibutuhkan oleh tubuh dalam pembentukan hemoglobin. Banyaknya Fe di dalam tubuh dikendalikan pada fase absorpsi. Zat Fe yang melebihi dosis yang diperlukan oleh tubuh dapat menimbulkan masalah kesehatan, seperti air yang mengandung besi dikonsumsi dengan jumlah banyak dapat merusak dinding usus. Tingginya kadar Fe melebihi batas maksimal yang ditetapkan dikhawatirkan dapat menyebabkan menumpuknya Fe dalam tubuh yang dapat mengakibatkan efek toksik pada tubuh manusia.

### 4) Gangguan ekonomis

Peralatan rusak yang ditimbulkan dari adanya besi dalam air sehingga memerlukan biaya untuk perbaikan ataupun penggantian maka hal tersebut menyebabkan gangguan ekonomis

## 6. Mangan (Mn) Dalam Air

### a. Mangan Mn

Mangan (Mn) merupakan kation logam yang memiliki karakteristik kimia yang hampir sama dengan besi. Logam ini tergolong sebagai salah satu logam yang paling banyak terdapat di dalam lapisan kerak bumi dan ditemukan bersama besi (Fe). Mangan (Mn) banyak dijumpai dan terbentuk secara alami pada air tanah dan air permukaan. Konsentrasi mangan yang lebih tinggi umumnya

ditemukan pada perairan dengan tingkat pH rendah (Kiswanto et al., 2020).

Mangan dapat masuk ke dalam air tanah atau sumber air lainnya melalui berbagai proses. Keberadaan mangan dalam air umumnya berasal dari proses pelarutan tanah dan batuan yang mengandung mangan. Proses pelarutan tersebut terjadi secara alami, namun kadar mangan dalam air dapat ditingkatkan oleh aktivitas manusia (Fadillah & Mulia, 2022). Aktivitas seperti pembukaan lahan, pembangunan infrastruktur, dan pencemaran industri menyebabkan mangan lebih mudah masuk ke dalam sumber air.

Terdapat dua bentuk mangan, yaitu manganous ( $Mn^{2+}$ ) dan manganik ( $Mn^{4+}$ ). Mangan dalam bentuk  $Mn^{4+}$  terdapat di dalam tanah sebagai senyawa mangan oksida. Pada kondisi tanpa udara (anaerob), akibat dekomposisi bahan organik di perairan dengan kadar yang tinggi,  $Mn^{4+}$  direduksi menjadi  $Mn^{2+}$  sehingga bersifat lebih larut. Sebaliknya, apabila di dalam perairan tersedia oksigen dalam jumlah yang cukup,  $Mn^{2+}$  akan mengalami reoksidasi menjadi  $Mn^{4+}$  dan selanjutnya mengalami presipitasi senyawa serta mengendap di dasar perairan (Awliahasanah et al., 2021).

#### b. Dampak Mangan Mn

Mangan (Mn) dalam air baku umumnya terdapat dalam bentuk terlarut, baik sebagai senyawa bikarbonat, sulfat, hidroksida, maupun dalam bentuk koloid atau terikat dengan senyawa organik.

Keberadaan mangan dalam air menyebabkan perubahan warna menjadi kuning kecokelatan setelah air mengalami kontak dengan udara. Selain itu, mangan dapat menimbulkan bau tidak sedap serta menyebabkan noda kuning pada dinding bak penampung dan bercak pada pakaian. Mangan merupakan logam esensial yang dibutuhkan tubuh untuk mendukung fungsi hati dan otak. Namun, apabila mangan terkandung dalam kadar berlebih, logam ini dapat menimbulkan gangguan kesehatan, seperti manganisme yang menyerupai penyakit Parkinson, gangguan tulang dan osteoporosis, gangguan kardiovaskular, gangguan fungsi hati dan reproduksi, gangguan perkembangan mental, serta berpotensi menyebabkan epilepsy (Izza et al., 2025).

## 7. Cara Menurunkan Besi (Fe) dan Mangan (Mn)

### a. Teknik Filtrasi

Filtrasi digunakan untuk memisahkan bahan pengotor berupa partikel yang terdapat dalam air. Proses penyaringan atau filtrasi merupakan metode pemisahan yang dilakukan untuk memisahkan zat padat dari cairannya dengan memanfaatkan alat berpori sebagai penyaring. Metode pemisahan ini didasarkan pada perbedaan ukuran partikel antara zat terlarut dan pelarut. Zat padat yang memiliki ukuran partikel lebih besar daripada pori-pori saringan akan ditahan oleh penyaring, sedangkan pelarut dapat diteruskan melalui media tersebut (Yazid & Saraswati, 2020).

b. Teknik Aerasi

Aerasi merupakan proses penambahan udara atau oksigen ke dalam air dengan cara mendekatkan kontak antara air dan udara, baik melalui penyemprotan air ke udara maupun dengan pemberian gelembung-gelembung udara halus yang dibiarkan naik melalui kolom air. Proses ini dilakukan untuk meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut dalam air, sehingga proses oksidasi secara kimia maupun biologi oleh mikroorganisme dapat berlangsung secara optimal. Ketika air tanah berkontak langsung dengan udara dan mengalami proses oksigenasi, ion besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan mangan ( $\text{Mn}^{2+}$ ) yang terlarut akan dioksidasi menjadi bentuk yang tidak larut, yaitu  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  dan  $\text{MnO}_2$ . Senyawa tersebut selanjutnya mengalami presipitasi (pengendapan) dan menyebabkan terbentuknya warna kemerahan atau kecokelatan pada air. Penambahan oksigen digunakan sebagai salah satu upaya penghilangan zat pencemar dalam air, sehingga konsentrasi zat pencemar dapat dihilangkan melalui proses pengendapan dan filtrasi lanjutan (Yazid & Saraswati, 2020).

c. Teknik Adsorpsi

Adsorpsi didefinisikan sebagai proses pengumpulan substansi terlarut dalam suatu larutan oleh permukaan zat penyerap. Proses adsorpsi sering terjadi bersamaan dengan absorpsi, sehingga kedua proses tersebut sering disebut sebagai sorpsi. Pada proses adsorpsi,

zat penyerap disebut sebagai adsorben, sedangkan zat yang diserap dikenal sebagai adsorbat. Proses pengikatan molekul dari fase gas atau cair dilakukan oleh adsorben terhadap adsorbat. Karbon aktif dikenal sebagai salah satu adsorben yang paling potensial, karena merupakan padatan berpori yang tersusun dari sekitar 85–95% karbon (Yazid & Saraswati, 2020).

d. Teknik Koagulasi

Koagulasi didefinisikan sebagai proses pendestabilan muatan koloid dari padatan tersuspensi, termasuk partikel besi (Fe) dan mangan (Mn) serta mikroorganisme seperti bakteri dan virus, dengan penambahan bahan koagulan sehingga flok-flok terbentuk. Flok yang terbentuk akan tersedimentasi akibat pengaruh gaya gravitasi. Dalam proses koagulasi, berbagai bahan koagulan digunakan, antara lain tawas ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), ferro sulfat ( $\text{FeSO}_4$ ), ferri sulfat ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ), poly alumunium klorida (PAC), ferro klorida ( $\text{FeCl}_2$ ), ferri klorida ( $\text{FeCl}_3$ ), dan koagulan alami biji kelor, yang berfungsi untuk mengikat dan menurunkan kadar Fe dan Mn dalam air (Yazid & Saraswati, 2020).

8. Filtrasi

a. Pengertian Filtrasi

Filtrasi umumnya dilakukan sebagai teknik awal dalam proses penjernihan air. Proses pemisahan zat dilakukan melalui filtrasi atau penyaringan berdasarkan perbedaan ukuran partikel dari

masing-masing zat yang dipisahkan. Di alam, tanah dan batuan melakukan proses filtrasi secara alami di dalam lapisan tanah. Pori-pori dengan ukuran yang beragam dimiliki oleh tanah dan batuan, sehingga memungkinkan terjadinya proses penyaringan (Mukrim et al., 2023).

Filtrasi atau penyaringan didefinisikan sebagai proses untuk menghilangkan zat padat tersuspensi yang diukur berdasarkan tingkat kekeruhan air melalui media berpori. Proses penyaringan dengan media berpori dilakukan dengan cara menghambat partikel-partikel ke dalam ruang pori, sehingga partikel tersebut ditahan, menumpuk, dan terkumpul pada permukaan butiran media (Solikhah et al., 2024).

Filtrasi adalah proses pemisahan antara zat padat dan cair dengan cara mengalirkan cairan melalui media atau bahan berpori, sehingga partikel halus zat padat yang tersuspensi dalam cairan dapat disaring atau dihilangkan sebanyak mungkin. Terdapat berbagai jenis filtrasi, seperti filter plat dan bingkai (*plate and frame*), filter gravitasi (*gravity filter*), filter bertekanan (*filter press*) dan batch leaf filter (Lestari et al., 2025).

b. Faktor yang mempengaruhi filtrasi

Filtrasi air atau penyaringan air didefinisikan sebagai alat yang digunakan untuk menyaring dan menghilangkan kontaminan di dalam air dengan memanfaatkan penghalang atau berbagai

komponen melalui proses fisika, kimia, maupun biologi. Proses filtrasi dilakukan dengan cara air dilewatkan melalui media penyaring, sehingga partikel yang masih lolos pada proses sebelumnya dapat disaring. Adapun faktor-faktor yang memengaruhi tingkat kejernihan air meliputi (Solikhah et al., 2024) :

- 1) Ukuran dan jenis media filter sangat menentukan tingkat kejernihan air yang dihasilkan. Media tersebut bekerja dengan menahan partikel-partikel halus dalam air sehingga menghasilkan air yang lebih bersih. Semakin tebal lapisan media yang digunakan, semakin tinggi efektivitas penyaringannya. Media yang tebal memang memiliki daya saring yang lebih baik, namun membutuhkan waktu penyaringan yang lebih lama, sedangkan media yang lebih tipis bekerja lebih cepat tetapi kurang efektif dalam menghilangkan kotoran.
- 2) Debit filtrasi yang terlalu besar dapat menurunkan kinerja penyaringan. Jika aliran air melewati media filter terlalu cepat, waktu kontak antara air dan media menjadi sangat singkat sehingga proses penyaringan tidak berlangsung maksimal. Akibatnya, partikel-partikel halus yang seharusnya tertahan dapat ikut terbawa dan lolos bersama aliran air karena melebihi kemampuan filter.
- 3) Tingkat kekeruhan pada air baku berpengaruh besar terhadap efektivitas proses filtrasi. Air dengan kekeruhan tinggi dapat

menyebabkan pori-pori media filter tersumbat sehingga penyaringan tidak berjalan optimal. Karena itu, proses filtrasi biasanya membutuhkan batas maksimum kekeruhan air yang dapat diterima. Jika kekeruhan melebihi batas tersebut, air harus melalui tahap prapengolahan seperti koagulasi-flokulasi dan sedimentasi sebelum difiltrasi.

- 4) Perubahan suhu pada air yang akan difiltrasi dapat memengaruhi viskositas, massa jenis, serta gaya tarik antarpartikel penyebab kekeruhan. Perubahan sifat-sifat tersebut dapat memodifikasi ukuran partikel yang harus disaring dan memengaruhi kemampuan media filter dalam mengadsorpsi kotoran. Akibatnya, variasi temperatur dapat berdampak langsung pada efektivitas proses penyaringan.

## 9. Galon Filter

### a. Sistem *Upflow*

Sistem saringan pasir *upflow* merupakan salah satu metode pengolahan air yang bekerja dengan cara mengalirkan air melalui media filtrasi dengan arah aliran dari bagian bawah menuju bagian atas. Pada mekanisme ini, air baku terlebih dahulu masuk ke ruang bagian bawah, lalu terdorong ke atas melewati lapisan media sehingga proses penyaringan dapat berlangsung secara bertahap. Aliran vertikal ke atas tersebut memungkinkan air hasil filtrasi terkumpul dengan baik pada bagian atas media, sedangkan sedimen

dan partikel yang lebih berat tetap berada di bagian bawah. Metode filtrasi beraliran *upflow* dinilai lebih efisien karena dapat meminimalkan terjadinya penyumbatan pada media akibat tingginya kekeruhan air baku. Dengan demikian, sistem ini mampu mempertahankan kinerja filtrasi meskipun digunakan secara terus-menerus (Rosdiana et al., 2022)

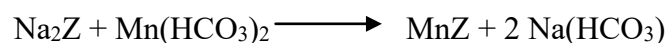
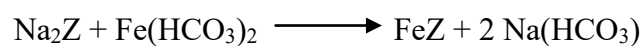
b. Zeolite

Istilah zeolit berasal dari bahasa Yunani, yaitu kata *zein* yang berarti membusuk atau mendidih dan *lithos* yang berarti batu. Batuan zeolit akan tampak membusuk atau mendidih apabila dipanaskan pada suhu antara 100–350 °C. Zeolit merupakan mineral yang terbentuk dari abu vulkanik yang telah mengendap selama jutaan tahun. Sifat-sifat mineral zeolit ditentukan oleh jenis dan kadar mineral penyusunnya, sehingga karakteristiknya bervariasi (Pratiwi & Khair, 2023).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Triana dan Sani (2023) menyatakan bahwa zeolit sebagai media adsorben lokal memiliki efektivitas yang sangat tinggi dalam menurunkan kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Media zeolit mampu menurunkan kadar Fe dari 1,20 mg/L menjadi 0,16 mg/L serta kadar Mn dari 0,90 mg/L menjadi 0,14 mg/L. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa struktur pori dan kapasitas pertukaran ion zeolit sangat mendukung proses adsorpsi logam Fe, sehingga media ini layak digunakan

dalam upaya peningkatan kualitas air bersih di masyarakat. Media zeolit banyak diterapkan dalam pengolahan air dan digunakan untuk menurunkan kadar logam berat seperti besi (Fe) dan mangan (Mn), serta untuk mengurangi kekeruhan dan kesadahan. Struktur kristal aluminosilikat pada zeolit memiliki rongga serta saluran mikropori yang memungkinkan terjadinya proses adsorpsi, pertukaran ion, dan penyaringan fisik secara bersamaan. Kapasitas tukar kation (CEC) yang tinggi menjadikan zeolit mampu mengikat ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Mn}^{2+}$  secara efektif. Dalam berbagai penelitian, peningkatan luas permukaan dan daya adsorpsi telah dilaporkan terjadi pada zeolit alam yang mengalami proses aktivasi, baik secara kimia maupun fisik, sehingga media ini dinilai mampu menurunkan kadar Fe dan Mn.

Zeolit banyak dimanfaatkan dalam pengolahan air, baik air limbah, air bersih, maupun air minum. Melalui penggunaan zeolit, kandungan warna,  $\text{NH}_4^+$ , serta ion-ion logam berat seperti Pb, Fe, Mn, Cr, dan Ni dapat diturunkan. Penggunaan zeolit dalam pengolahan air yang mengandung besi (Fe) dan mangan (Mn) menyebabkan terjadinya reaksi pertukaran ion, seperti yang ditunjukkan pada reaksi berikut (Haryono, 2021).



Efektivitas filtrasi dengan zeolit dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain ukuran partikel, kondisi pH, konsentrasi awal logam, laju alir filtrasi, serta proses aktivasi. Zeolit akan bekerja lebih optimal pada pH netral hingga sedikit basa karena kondisi tersebut mendukung berlangsungnya pertukaran ion. Peningkatan kapasitas adsorpsi umumnya dicapai melalui proses aktivasi, yang dilakukan dengan pemanasan atau penggunaan bahan kimia seperti NaCl, HCl, dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  untuk membuka pori-pori dan menghilangkan mineral pengotor. Ketersediaan yang melimpah, harga yang terjangkau, serta stabilitas struktur yang tinggi membuat zeolit banyak digunakan pada sistem filtrasi air rumah tangga, industri kecil, hingga unit pengolahan air komunal. Karakteristik tersebut menjadikan zeolit sebagai media filtrasi yang andal dan berkelanjutan dalam pengolahan air bersih (Khoiriyah & Purnomo, 2024).

c. Arang Aktif

Arang merupakan padatan berpori yang mengandung sekitar 85–95% karbon dan dihasilkan dari bahan yang mengandung karbon melalui proses pemanasan pada suhu tinggi. Selama proses pemanasan, infiltrasi udara ke dalam ruang pemanasan harus dicegah guna mempertahankan kondisi anaerob, sehingga proses karbonisasi dapat berlangsung secara optimal tanpa terjadinya reaksi oksidasi pada bahan. Selain dimanfaatkan sebagai bahan bakar,

arang digunakan sebagai adsorben atau bahan penyerap. Daya serap arang ditentukan oleh luas permukaan partikel, yang dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi menggunakan bahan kimia tertentu atau pemanasan pada temperatur tinggi. Proses aktivasi tersebut menyebabkan perubahan sifat fisika dan kimia arang sehingga dikenal sebagai arang aktif (Haryono, 2021).

Menurut penelitian Trianah dan Sani (2023) arang aktif terbukti mampu menurunkan kadar Besi (Fe) dari 1,20 mg/L menjadi 0,24 mg/L, serta menurunkan kadar Mangan (Mn) dari 0,90 mg/L menjadi 0,24 mg/L., yang menunjukkan kemampuan adsorpsi yang sangat baik dalam mengikat ion besi sehingga layak digunakan sebagai media filtrasi pada pengolahan air bersih masyarakat. Arang aktif merupakan material berpori yang dihasilkan melalui proses karbonisasi dan aktivasi, serta memiliki daya serap tinggi terhadap berbagai zat pencemar, seperti warna, bau, dan senyawa terlarut lainnya. Keunggulan arang aktif meliputi kapasitas adsorpsi yang tinggi, proses pembuatan yang relatif sederhana, biaya yang rendah, serta ketersediaan bahan baku yang melimpah. Namun demikian, efektivitas arang aktif apabila digunakan secara tunggal masih terbatas, sehingga diperlukan kombinasi dengan media pendukung untuk meningkatkan kinerja adsorpsinya.

Proses aktivasi arang bertujuan untuk memperbesar luas permukaan dan membuka pori-pori karbon, sehingga kemampuan

penyerapannya dapat ditingkatkan. Aktivasi arang dapat dilakukan secara fisika maupun kimia, tergantung pada jenis bahan baku dan tujuan penggunaan. Pada bahan lignoselulosa, aktivasi kimia menggunakan aktivator asam, seperti asam fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), dinilai lebih efektif dibandingkan aktivator basa karena mampu menghasilkan struktur pori yang lebih berkembang dan daya serap yang lebih tinggi (Rios et al., 2024). Secara umum, bahan pengaktif yang sering digunakan dalam pembuatan arang aktif meliputi  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , serta uap air, yang diproses pada suhu tinggi untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi arang aktif (Mardeansyah & Ma'arief, 2022).

e. Pasir Silika

Pasir silika adalah material tambang yang terbentuk dari pelapukan batuan yang kaya akan mineral utama seperti kuarsa dan feldspar. Material hasil pelapukan ini dibawa oleh air atau angin melalui proses pencucian, lalu diendapkan di lingkungan alami seperti tepian sungai, danau, atau pantai. Pasir silika merupakan material alam yang melimpah dan memiliki kemampuan untuk membentuk ikatan kuat dengan oksida maupun atom-atom dengan elektronegativitas tinggi. Secara kimiawi, ikatan antara silikon dan oksigen bersifat 50% kovalen dan 50% ionik, sehingga ikatan tersebut menjadi sangat kuat. Pasir silika diaktifkan dengan cara direndam dalam larutan  $\text{KMnO}_4$  selama 24 jam, kemudian ditiriskan,

dijemur di bawah terik sinar matahari, dan dibilas dengan air. Tujuan dari perendaman pasir silika adalah agar larutan  $\text{KMnO}_4$  melapisi permukaan pasir, yang nantinya berfungsi sebagai oksidator. Proses ini mengoksidasi Fe dan Mn yang terlarut dalam air baku dengan mengubah keduanya dari bentuk terlarut menjadi bentuk tersuspensi sesuai persamaan reaksi (Taskiah et al., 2025).

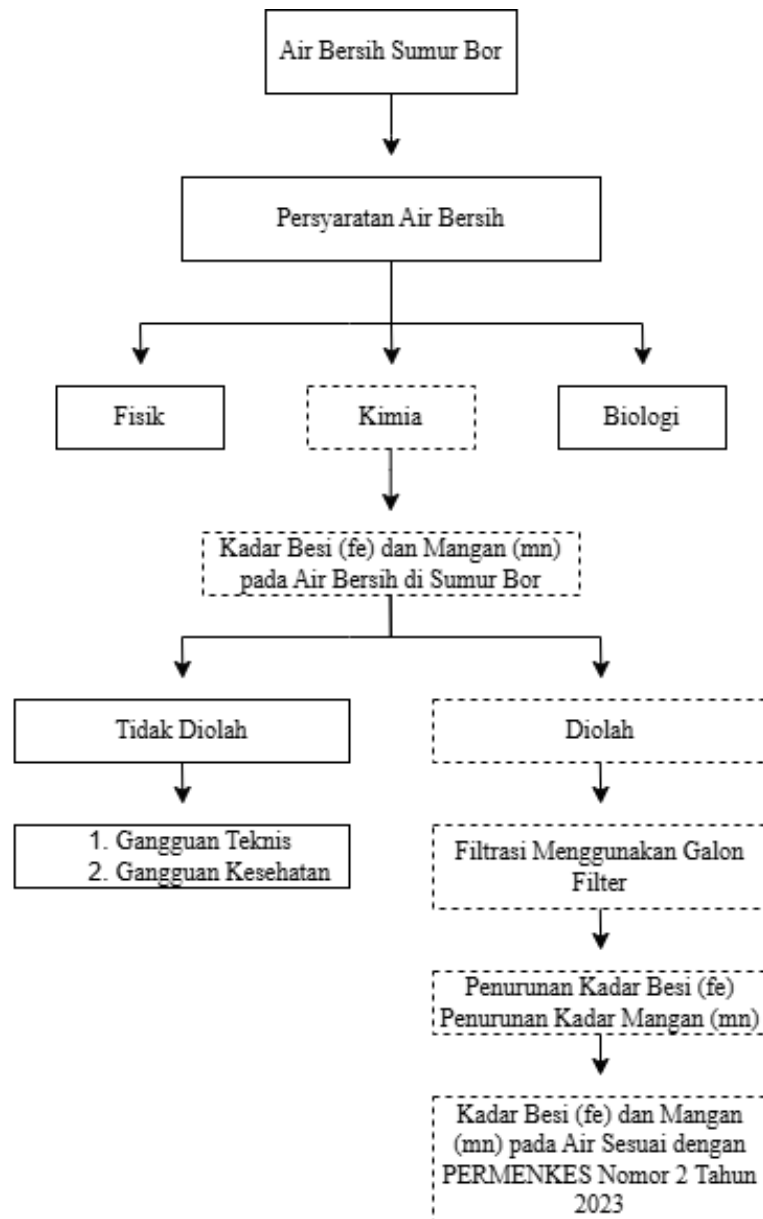
Besi (Fe) dan Mangan (Mn) terlarut dalam air baku akan mengalami proses oksidasi sehingga berubah menjadi bentuk padatan tersuspensi yang kemudian ditahan oleh lapisan pasir silika yang berfungsi sebagai media penyaring. Proses oksidasi terjadi ketika oksidator menarik elektron dari Fe dan Mn terlarut melalui reaksi pada pasir silika yang telah diaktivasi, sehingga air baku yang semula tidak jernih menjadi lebih jernih dan mengalami penurunan kadar Fe dan Mn. Keberadaan mangan dioksida ( $\text{MnO}_2$ ) pada permukaan pasir silika berperan mengubah Fe dan Mn terlarut menjadi bentuk tidak larut, yang selanjutnya tertahan oleh media filtrasi dan dapat dipisahkan dari air baku melalui proses penyaringan (Taskiah et al., 2025).

Pasir silika dimanfaatkan sebagai media filter pada sistem penyaringan air karena tersusun dari kristal silika ( $\text{SiO}_2$ ). Bahan ini terbentuk melalui proses sedimentasi yang menyebabkan berbagai senyawa pengotor ikut terperangkap di dalamnya. Zat pengotor tersebut umumnya terdiri atas oksida magnesium, fraksi lempung,

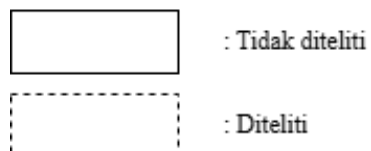
serta material organik yang berasal dari proses pelapukan sisa-sisa tumbuhan dan hewan. Secara umum, pasir silika di Indonesia memiliki kandungan utama berupa  $\text{SiO}_2$  dalam kadar yang tinggi, disertai keberadaan senyawa lain seperti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{K}_2\text{O}$  dengan kadar yang bervariasi (Selintung & Syahrir, 2022).

Komposisi pasir silika yang didominasi oleh mineral kuarsa menjadikan pasir ini dikenal sebagai pasir silika. Bahan ini memiliki tingkat kekerasan 7 berdasarkan skala Mohs, berat jenis sekitar 2,65, serta titik lebur yang tinggi, yaitu sekitar  $1.715^\circ\text{C}$ . Bentuk kristalnya bersifat heksagonal dan memiliki kemampuan menghantarkan panas dengan baik. Dalam proses filtrasi air, pasir silika berperan efektif dalam menahan partikel lumpur dan berbagai kontaminan lain, sehingga mutu air yang dihasilkan menjadi lebih baik (Vegatama et al., 2020). Pasir silika dengan tingkat kemurnian tinggi, khususnya yang memiliki kadar  $\text{SiO}_2$  minimal 90% dan kandungan besi yang relatif rendah, banyak tersedia di Indonesia dan berpotensi besar untuk dimanfaatkan sebagai media filtrasi air bersih (Bakri et al., 2023).

## B. Kerangka Konsep



Keterangan :



Gambar 1. Kerangka Konsep

### **C. Pertanyaan Penelitian**

1. Berapa kadar Besi (Fe) pada air sumur bor sebelum dilakukan filtrasi menggunakan Galon Filter sistem *upflow*?
2. Berapa kadar Besi (Fe) pada air sumur bor sesudah dilakukan filtrasi menggunakan Galon Filter sistem *upflow*?
3. Berapa kadar Mangan (Mn) pada air sumur sebelum dilakukan filtrasi menggunakan Galon Filter sistem *upflow*?
4. Berapa kadar Mangan (Mn) pada air sumur sesudah dilakukan filtrasi menggunakan Galon Filter sistem *upflow*?