

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air Bersih

A.1 Pengertian Air

Air merupakan sumber daya yang sangat penting untuk makhluk hidup, yaitu untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, kebutuhan perikanan, kebutuhan pertanian maupun kebutuhan yang lainnya (Sudarmadji, 2016). Air adalah sumber daya yang mutlak diperlukan untuk kehidupan. Berdasarkan kegunaannya, diharapkan kualitas air yang digunakan masih memenuhi batas-batas toleransi kriteria kualitas air yang layak untuk digunakan (Efendi, 2013). Air dapat dikatakan sebagai air bersih apabila telah memenuhi persyaratan kualitas air bersih yang sesuai dengan Permenkes Nomor 02 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan.

A.2 Sumber Air

Menurut Sumantri (2013) air yang berada di permukaan bumi ini dapat berasal dari berbagai sumber. Berdasarkan letak sumbernya, air dapat dibagi menjadi air angkasa (hujan), air permukaan, dan air tanah. Sumber-sumber air bersih yang dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Air angkasa (hujan)

Air angkasa atau air hujan merupakan sumber utama air bumi. Walau pada saat presipitasi merupakan air yang paling bersih, air tersebut cenderung mengalami pencemaran ketika berada di atmosfer. Pencemaran yang berlangsung di atmosfer itu dapat disebabkan oleh partikel debu, mikroorganisme, dan gas misalnya karbon dioksida, nitrogen, dan amonia.

2. Air permukaan

Air permukaan yang meliputi badan-badan air semacam sungai, danau, telaga, waduk, rawa, air terjun, dan sumur permukaan, sebagian besar berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi. Air hujan tersebut kemudian akan mengalami pencemaran baik oleh tanah, sampah maupun lainnya. Dibandingkan dengan sumber air lain, air permukaan merupakan sumber air yang paling tercemar akibat kegiatan manusia, fauna, flora, dan zat-zat lain. Sumber air permukaan, antara lain, sungai, selokan, rawa, parit, bendungan, danau, laut, dan air terjun.

3. Air tanah

Air tanah merupakan sebagian air hujan yang mencapai permukaan bumi dan menyerap ke dalam lapisan tanah dan menjadi air tanah. Air tanah memiliki tiga klasifikasi: Air mata air, sumur dangkal, sumur dalam. Air tanah memiliki beberapa kelebihan dibandingkan sumber air lain. Pertama, air tanah biasanya bebas dari kuman penyakit dan tidak perlu mengalami proses purifikasi atau penjernihan. Persediaan air tanah juga cukup tersedia sepanjang tahun, saat musim kemarau sekalipun.

A.3 Persyaratan Air Bersih

1. Kualitatif

Persyaratan kualitatif adalah persyaratan yang menggambarkan kualitas dan mutu dari air bersih. Parameter yang digunakan dalam standar kualitas air yaitu:

1) Parameter Fisik

Terdapat 6 parameter fisik yang telah diatur dalam Permenkes Nomor 02 Tahun 2023, yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.1
Baku Mutu Parameter Fisik Air

Jenis Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu (Kadar maksimum)
Rasa		Tidakberasa
Total zat padat	mg/ l	< 300
Kekeruhan	NTU	< 3
Bau	APHA	Tidak berbau
Warna	TCU	10
Suhu	O _c	Suhu udara ± 3

2) Parameter Kimia

Parameter kimia terdiri dari parameter wajib dan parameter tambahan yang sudah ada di dalam Permenkes 02 Tahun 2023 dengan jumlah 20 parameter air untuk keperluan *hygiene sanitasi* dengan baku mutu sebagai berikut:

Tabel 2.2
Baku Mutu Parameter Kimia Wajib

Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
Ph	mg/l	6,5 -8,5
Fluorida	mg/l	1,5
Besi	mg/l	0,2
Cromium Valensi 6 (cr 6+)	mg/l	0.01
Sisa Chlor (terlarut)	mg/l	0,2-0,5 dengan waktu 30 menit
Mangan	mg/l	0,1
Nitrat,sebagai NO ₃	mg/l	20
Nitrit,sebagai NO ₂	mg/l	3
As Terlarut	mg/l	0,01
Timbal (Pb) Terlarut	mg/l	0,01
Kadmium (Cd) Terlarut	Mg/l	0,003
Flouride (F)	Mg/l	1,5
Alumunium (Al) Terlarut	Mg/l	0,2

3) Parameter Mikrobiologi

Menurut Permenkes Nomor 02 Tahun 2023, parameter biologi yang harus diperiksa dalam air bersih yaitu *Total Coliform* dan *Escherichia Coli* dengan satuan/*colony forming unit* dalam 100 ml sampel air. Berikut adalah parameter mikrobiologi air bersih.

Tabel 2.3
Parameter Mikrobiologi Air Bersih

Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu(kadar maksimum)
<i>Total Coliform</i>	CFU/100m 	0
<i>Ecoli</i>	CFU/100m 	0

1. Kualitatif

Kebutuhan pokok air bersih yaitu minimal 60 liter/orang/hari menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum RI No. 14 Tahun 2010 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum dan Penataan Rumah. Dari segi kuantitatif, air bersih harus selalu tersedia di sumbernya, layak digunakan dan mudah didapatkan sehingga masyarakat tidak mengalami krisis air dalam memenuhi kebutuhan air sehari-hari.

2. Kontinuitas

Persyaratan kontinuitas yaitu banyaknya air baku yang tersedia dan dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang cenderung tetap, baik saat musim kemarau maupun musim hujan. Jumlah air yang dibutuhkan juga sangat tergantung pada kemajuan teknologi yang ada dan tingkat sosial ekonomi yang ada di masyarakat setempat.

B. Besi (Fe)

B.1 Besi (Fe) Dalam Air

Besi merupakan salah satu unsur hasil pelapukan batuan induk yang banyak di temukan diperairan umum, senyawa besi di dalam air umumnya dalam bentuk garam ferri atau garam ferro yang bervalensi 2 (Asmadi, 2011). Besi (Fe) dalam air menyebabkan kekeruhan, korosi, warna kekuningan pada cucian baju dan dapat menimbulkan masalah perpipaan yang disebabkan oleh pengendapan besi pada dindingperpipaan.

Sifat kimia perairan dari besi adalah sifat redoks, pembentukan kompleks, metabolisme oleh mikro organisme, dan pertukaran dari besi antara fasa dan fase padat yang mengandung besi karbonat, hidroksida dan sulfide.

Beberapa sifat besi yang terkandung dalam air antara lain :

- a. Terlarut sebagai Fe^{2+} (ferro) atau Fe^{3+} (ferri).
- b. Tersuspensi sebagai butiran koloid atau lebih besar seperti Fe^{2+} , FeO , FeOOH , $\text{Fe}(\text{OH})_3$.
- c. Terkadang dengan zat organik atau zat padat anorganik (seperti tanah).

Kandungan unsur besi di air tanah, terutama di dalam air sumur banyak terjadi. Besi masuk ke dalam air karena adanya reaksi biologis pada kondisireduksi atau anaerobik (tanpa oksigen).

Menurut Joko (2010), penyebab utama tingginya kadar besi dalam air diantaranya yaitu :

1. Rendahnya pH air

Potensial Hidrogen atau pH air normal yang tidak menyebabkan masalah adalah ≥ 7 . Air yang mempunyai $\text{pH} \leq 7$ dapat melarutkan logam termasuk besi.

2. Temperatur Air

Kenaikan temperatur akan menyebabkan maningkatnya derajat korosif.

3. Gas gas terlarut dalam air

Adanya gas-gas terlarut diantaranya adalah O₂, CO₂, dan H₂S. Beberapa gas terlarut dalam air tersebut akan bersifat korosif.

4. Bakteri

Secara biologis tingginya kadar besi terlarut dipengaruhi oleh bakteri besi yaitu bakteri yang dalam hidupnya membutuhkan makanan denganmengoksidasi besi sehingga larut.

B.2 Dampak Besi (Fe)

1. Dampak besi (Fe) terhadap manusia

Logam Besi (Fe) adalah logam yang kehadirannya dalam jumlah-jumlah yang tertentu dibutuhkan oleh makhluk hidup tetapi dalam jumlah yang berlebihan bisa menyebabkan efek yang beracun, (Umar, marsoyo and setiawan, 2018). Apabila kadar logam besi $Fe > 1 \text{ mg/l}$ masuk ke dalam tubuh maka bisa menyebabkan gangguan kesehatan seperti pusing, mual, iritasi, bahkan merusak dinding usus (Safitri, 2016).

Toksisitas logam besi Fe terjadi dalam empat tahapan. Tahap pertama terjadi setelah 6 jam dari pajanan besi berlebihan yang menimbulkan gastrointestinal seperti gastro intestinal perdarahan, muntah dan diare. Tahap kedua terjadi dalam 6 sampai 24 jam dari pajanan besi berlebihan atau periode laten. Tahap ketiga terjadi ketika 12-96 jam setelah terdapat gejala klinis tertentu, pada tahap ketiga ditandai dengan guncangan, hipotensi, lesu, takikardia, nekrosis hati, asidosis metabolik dan bahkan kematian. Tahap keempat terjadi dalam 2-6 minggu pajanan besi berlebihan, tahap ini ditandai dengan pembentukan ulserasi gastrointestinal dan pengembangan striktur (Adhani, 2017).

2. Dampak besi (Fe) terhadap lingkungan

Sebagai logam berat keberadaan besi yang berlebihan akan membawa dampak yang buruk baik bagi manusia maupun bagi lingkungan. Berikut beberapa dampak dari pencemaran besi (Fe):

- 1) Kontaminasi besi pada air irigasi dapat mengakibatkan hasil pertanian mengandung zat yang berbahaya jika dikonsumsi.
- 2) Besi yang berlebih yang masuk ke badan air akan mencemari air yang dapat membunuh ikan, biota air, hewan yang minum badan air dan membuat manusia yang mengonsumsi air tersebut keracunan.
- 3) Besi yang masuk ke tanah dapat menurunkan kualitas tanah dan tidak layak untuk peruntukannya serta dapat mengontaminasi air tanah dan mengganggu kelangsungan makhluk hidup lainnya.

C. Filtrasi Air

C.1 Filtrasi

Filtrasi atau penyaringan adalah suatu proses untuk menghilangkan zat padat tersuspensi diukur dengan kekeruhan dari air melalui media berpori. Penyaringan melalui media berpori terjadi dengan cara menghambat partikel-partikel ke dalam ruang pori sehingga terjadi pengumpulan dan tumpukan partikel tersebut pada permukaan butiran media. Dengan tumpukan partikel yang melekat pada butiran media ini akan membuat air tidak keruh dan menjadi lebih bersih (Mashadi et al. 2018).

Filtrasi sendiri diperlukan untuk menyempurnakan kadar penurunan kontaminan seperti warna, Fe, rasa, bau dan bakteri sehingga diperoleh air bersih yang memenuhi standar. Prinsip dasar dari filtrasi yaitu penyaringan partikel secara fisik, kimia, dan biologi untuk memisahkan atau menyaring partikel yang tidak terendapkan dalam media sedimentasi melalui media berpori.

Berdasarkan jenis dan jumlah media , filtrasi terbagi menjadi tiga,yaitu :

1. Single Media : Menggunakan satu jenis media. Penyaringan terletak pada lapisan paling atas sehingga kurang efektif karena sering dilakukan pencucian.
2. Dual Media : Menggunakan dua jenis media. Penyaringan dilakukan dengan dua jenis media yang berbeda.
3. Multi Media : Menggunakan lebih dari dua media. Semua media berperan sebagai penyaring. (Millatisilmi, 2020)

Beberapa cara untuk menghilangkan zat besi dalam air, antara lain :

1. Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara atau oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (Putri Dewi dkk, 2019)

2. Filtrasi

Proses penyaringan merupakan bagian dari pengolahan air yang pada prinsipnya adalah untuk mengurangi bahan-bahan organik maupun bahan-bahan an organik yang berada dalam air. Penghilangan zat padattersuspensi denggan penyaringan memiliki peranan penting, baik yang terjadi dalam pemurnian air tanah maupun dalam pemurnian buatan di dalam instalasi pengolahan air. Bahan yang dipakai sebagai media saringan adalah pasir yang mempunyai sifat penyaringan yang baik, keras dan dapat tahan lama dipakai bebas dari kotoran dan tidak larut dalam air.

3. Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pengendapan partikel-partikel padat yang tersuspensi dalam cairan karena pengaruh gravitasi (gaya berat secaraalami). Proses ini sering digunakan dalam pengolahan air. Dalam proses sedimentasi partikel tidak mengalami perubahan bentuk, ukuran, ataupun kerapatan selama proses pengendapan berlangsung.

C.2 Media Filtrasi

Media filter adalah bahan yang digunakan sebagai saringan dan merupakan bagian dari filtrasi yang menyebabkan efek filtrasi. Media filter terdiri dari material yang mengisi atau tersusun di dalam filter, dimana media filter dipasang di antara aliran masuk (inlet) dan aliran keluar (outlet). Berikut adalah macam-macam media pengolahan :

1. Pasir silika

Merupakan hasil dari pelapukan bebatuan yang mengandung mineral utama seperti kuarsa dan feldspar. Kegunaan Pasir silika adalah untuk Menghilangkan sifat fisik air, seperti kekeruhan/air berlumpur dan menghilangkan bau pada air. Pada umumnya pasir silika digunakan pada tahap awal sebagai saringan dalam pengolahan air kotor menjadi air bersih. Pasir silika sering digunakan untuk pengolahan air kotor menjadi air bersih. Fungsi ini baik untuk menghilangkan sifat fisiknya, seperti kekeruhan, atau lumpur dan bau.

2. Karbon aktif

Karbon aktif merupakan senyawa amorf yang dihasilkan dari bahan- bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25-1000 % terhadap berat arang aktif. (Dewi, Rojana dkk, 2020)

Struktur karbon aktif yaitu seperti struktur kristalin yang sangat kecil. Dimana struktur karbon aktif yang berpori berfungsi dapat menyerap bahan-bahan berfasa cair dan gas. Ukuran volume pori karbon aktif yaitu 0,2-0,6 cm³ /g.

Adapun ukuran diameter pori pada suatu karbon aktif dibagi menjadi 3 yaitu: (Muhammad Turmuzi, 2015).

- a. Mikropori mempunyai ukuran < 2 nm.
- b. Mesopori mempunyai ukuran dari 2-50 nm.

c. Makropori mempunyai ukuran > 50 nm.

3. Zeolit

Zeolit merupakan suatu mineral yang dihasilkan dari proses hidrothermal pada batu-batu beku basa, secara umum zeolit mampu menyerap, menukar ion dan menjadi katalis. Sifat zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul, dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya. Selain itu kristal zeolit yang telah terdehidrasi merupakan adsorben yang selektif dan mempunyai efektivitas adsorpsi yang tinggi. Menurut Oktavius (2015) zeolit mempunyai sifat-sifat kimia antara lain:

- a) Dehidrasi Sifat dehidrasi zeolit berpengaruh terhadap sifat serapannya. Keunggulan zeolit terletak pada struktur porinya yang bersifat spesifik. Pada zeolit alat di dalam pori-porinya terdapat kation atau molekul air. Bila kation-kation atau molekul air tersebut dikeluarkan dari dalam pori dengan suatu perlakuan tertentu maka zeolit akan meninggalkan pori yang kosong.
- b) Penyerapan Dalam keadaan normal ruang hampa dalam Kristal zeolit terisi oleh molekul air yang berada disekitar kation. ketika zeolit dipanaskan maka air tersebut akan keluar. Zeolit yang telah dipanaskan dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan.
- c) Penukar ion Ion-ion pada rongga berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat sebagai penukar ion dari zeolit antara lain tergantung dari sifat kation, suhu dan jenis anion.
- d) Penyaring/ pemisah Zeolit sebagai penyaring molekul maupun pemisah didasarkan atas perbedaan bentuk ukuran, dan porositas molekul yang disaring. Sifat ini disebabkan zeolit mempunyai ruang hampa yang cukup besar. Molekul yang

berukuran lebih besar dari ruang hampa akan ditahan.

4. *Manganase greensand*

Manganese Greensand merupakan material yang berfungsi sebagai penukar ion sehingga dapat mengoksidasi Fe dan Mn menjadi zat yang tidak larut dalam air lalu dipisahkan melalui filtrasi. Reaksi penghilangan besi dan mangan dengan pasir aktif manganese green sand tidak sama dengan proses pertukaran ion, tetapi merupakan reaksi dari Fe^{2+} dan Mn^{2+} dengan oksida mangan tinggi (higher mangan oxide). Filtrat yang terjadi mengandung ferri – oksida dan mangan – oksida yang tak larut dalam air dan dapat dipisahkan dengan pengendapan dan penyaringan. Selama proses berlangsung kemampuan reaksinya makin lama makin berkurang dan akhirnya jenuh. Keunggulan proses ini adalah manganese green sand dapat berlaku sebagai buffer (penyangga).

5. Kerikil

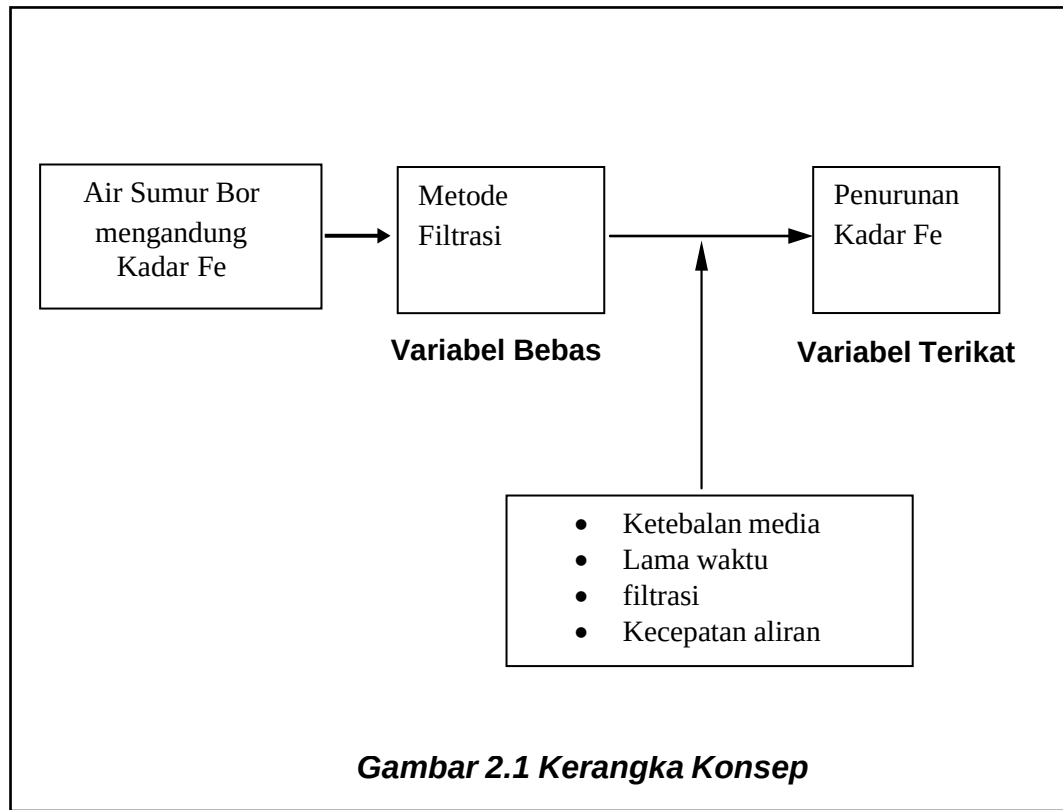
Kerikil adalah bagian dari batu besar yang hancur karena keadaan perubahan dalam seperti suhu. Kandungan silika pada batu kerikil dapat dijadikan sebagai absorbent khususnya untuk penjernihan air.

Media ini dapat menyangga kotoran pada air. Kerikil tersebut berfungsi meratakan aliran air saat difilter. Besarnya media ini biasanya sekitar 1- 2, 5 cm. Kerikil yang digunakan sebagai penyangga dipastikan bersih, tahan lama dan keras (Sya'bani 2022).

6. Spons

Spon memiliki struktur berpori dan memiliki daya serap (absorben) sehingga dapat menahan pasir yang terbawa aliran air (Pujiarti 2014).

D. Kerangka Konsep



E. Definisi Operasional

Tabel 2.4
Definisi Operasional

No.	Variabel	Definisi	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
1.	Air sumur bor yang mengandung Fe	Air yang diambil dari sumur bor dan memiliki kandungan besi.	Comparator kit	mg/l	Ratio
2.	Kadar besi (fe)	Kandungan zat besi yang terdapat pada air	Comparator kit	mg/l	Ratio
3.	Saringan pasir cepat (Rapid Filter)	Saringan air yang dibuat dengan menggunakan pasir silika, karbon aktif, zeolite, manganese greensand, yang digunakan untuk menyaring partikel air	-	-	-
4.	Filtrasi	Filtrasi adalah proses penyaringan untuk menghilangkan zat padat tersuspensi dari air melalui media berpori	-	-	-

5.	Ketebalan Media	Ketebalan dari setiap media :Pasir silika 30 cm, Zeolit 20 cm, Karbon aktif 40 cm, Manganase Grensand 20 cm .	Meteran	cm	Ratio
----	-----------------	---	---------	----	-------

Sebagai variabel pengganggu adalah kecepatan aliran, lama waktu filtrasi, ketebalan media maka dilakukan pengendalian.

Rumus kecepatan aliran

$$Q = A \times V$$

$$Q = \text{debit aliran (m}^3/\text{dtk)}$$

$$A = \text{luas penampang (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{kecepatan aliran (m)}$$

Diketahui

$$Q = 20 \text{ ltr/menit}$$

$$= 0.020 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0.0127)^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0.00016 \text{ m}^2$$

$$= 0,000125 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,020m^3}{0,000125m^2}$$

$$= 160 \text{ m}^3/\text{menit}$$

dirubah ke detik

$$= \frac{160 \text{ m}^3/\text{menit}}{60 \text{ detik}}$$

$$= 2,6 \text{ m}^3/\text{detik}$$