

## BAB. II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Landasan Teori

##### 1. Pengertian Air

Air merupakan zat berbentuk cair yang tersusun dari dua atom hydrogen yang terikat kuat secara kovalen pada suatu atom oksigen. Sifat air diantaranya tidak berasa, tidak berbau, dan tidak berwarna. Tinjauan sifat air secara fisika dan kimia disajikan pada tabel di bawah ini. (Rinawan, 2011)

Tabel 2. Deskripsi Air

Air dan Sifat - Sifatnya	
Nama sistematis	Air
Nama alternative	Aqua, Dihidrogen monoksida, hydrogen monoksida
Rumus molekul	H <sub>2</sub> O
Massa molar	18,0153 g/mol
Densitas dan Fase	0,998 g/cm <sup>3</sup> (cairan pada 20°C) 0,92 g/cm <sup>3</sup> (padatan)
Titik lebur	0°C (273,15 K) (32°F)
Titik didih	100°C (373,15 K) (212°F)
Kalor jenis	4,184 J/(kg.K) (cairan pada 20°C)

## **2. Sumber-Sumber Air**

Sumber-sumber air berasal dari siklus hidrologi, adapun sumber air tersebut adalah: (Soemirat, 2011)

- a. Air permukaan, terdiri atas air sungai, danau, dan laut.

Air permukaan mengandung banyak zat organik yang mudah terurai yaitu bahan makanan utamanya bagi bakteri.

- b. Air tanah terdiri atas air tanah dangkal dan air tanah dalam.

Air tanah mengalami penyaringan alamiah, sehingga mengandung mineral-mineral dan bersih dari mikroba.

- c. Air angkasa yaitu hujan, salju, dan es.

Air angkasa dipengaruhi oleh kualitas udara di sekitarnya. Kadar  $SO_x$  dan  $NO_x$  yang tinggi dapat mengakibatkan hujan asam.

## **3. Standard Kebutuhan Air**

Studi tentang pola konsumsi air pada penduduk yang tinggal di perumahan, berlokasi di Tangerang Selatan, didapatkan hasil sebesar 135,7 L/jiwa/hari. (South E, 2018)

Standard kebutuhan air per jiwa per hari menurut SNI 19-6728.1-2002 tentang Penyusunan Neraca Sumber Daya adalah 150 L/jiwa/hari pada kota berpenduduk 1 juta jiwa. (BSN, 2002)

## **4. Persyaratan Kualitas Air**

Menurut Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017 (RI Kemenkes, 2017) tentang Standard Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per

Aqua, dan Pemandian Umum, air untuk keperluan higiene sanitasi adalah air dengan kualitas tertentu untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya berbeda dengan kualitas air minum. Penggunaan air dalam hal higiene sanitasi meliputi: air baku air minum, kebersihan perorangan, mencuci bahan pangan, pakaian, dan alat-alat masak.

Standard baku mutu kesehatan lingkungan untuk media air guna keperluan hygiene sanitasi meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia. Parameter ini terbagi atas parameter wajib yaitu parameter yang diperiksa secara berkala, dan parameter tambahan yaitu parameter yang diperiksa apabila terdapat indikasi pencemaran pada geohidrologi sumber air.

Berikut ini adalah parameter fisik wajib standard baku mutu air untuk keperluan higiene sanitasi:

Tabel 3. Standard Baku Mutu Fisik Air Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut ( <i>Total Dissolved Solid</i> )	mg/l	1000
4.	Suhu	°C	suhu udara ± 3
5.	Rasa		tidak berasa
6.	Bau		tidak berbau

Adapun parameter biologi wajib standard baku mutu air untuk keperluan higiene sanitasi:

Tabel 4. Standard Baku Mutu Biologi Air Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Total coliform	CFU/100ml	50
2.	E. coli	CFU/100ml	0

Selanjutnya parameter kimia wajib standard baku mutu air untuk keperluan higiene sanitasi:

Tabel 5. Standard Baku Mutu Kimia Wajib Air Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
Wajib			
1.	pH	mg/l	6,5 - 8,5
2.	Besi	mg/l	1
3.	Fluorida	mg/l	1,5
4.	Kesadahan (CaCO <sub>3</sub> )	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

Kadar parameter kesadahan menurut peraturan ini maksimum adalah 500 mg/L, namun kadar kesadahan lebih dari 180 mg/L dikategorikan sebagai air yang sangat keras oleh McGowan, 2000 tertulis di dalam *Hardness in Drinking Water* terbitan WHO edisi ke-4 Tahun 2011.

Adapun parameter kimia tambahan standard baku mutu air untuk keperluan higiene sanitasi:

Tabel 6. Standard Baku Mutu Kimia Tambahan Air Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
Tambahan			
1.	Air raksa	mg/l	0,001
2.	Arsen	mg/l	0,05
3.	Kadmium	mg/l	0,005
4.	Kromium (valensi 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 <sub>4</sub> )	mg/l	10

## 5. Kesadahan

Kesadahan adalah air yang di dalamnya mengandung ion-ion kalsium dan magnesium dalam bentuk garam karbonat, selain itu dapat juga garam bikarbonat dan atau sulfat dalam jumlah yang tinggi. (Handoyo, 2014)

Air minum yang memiliki kadar kalsium (Ca) di bawah 75 mg/L berpotensi menyebabkan tulang rapuh, bila kadar di atas 200 mg/L dapat menyumbat jaringan perpipaan. (Sutrisno, dkk, 2006)

Menurut Sumantri (2015) mengonsumsi air yang kesadahannya lebih dari 150 ppm akan menimbulkan kerugian-kerugian sebagai berikut:

- a. Pemakaian sabun yang meningkat, karena sabun sulit larut dan sulit berbusa.
- b. Air sadah bila dididihkan akan membentuk endapan dan kerak pada ceret (*boiler*).

- c. Penggunaan bahan bakar menjadi meningkat, tidak efisien, dan meledakkan ceret.
- d. Biaya produksi yang tinggi (*high cost production*) pada industry yang menggunakan air sadah.

Lebih lanjut, menurut Handoyo (2014) kesadahan terbagi menjadi 2 (dua) berdasarkan jenis anion yang diikat oleh kation ( $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ ) yaitu

a. Kesadahan Sementara

Kesadahan sementara adalah air mengandung ion karbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) yang berikatan oleh ion kalsium dan atau magnesium, sehingga membentuk senyawa bernama kalsium bikarbonat ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) dan atau magnesium bikarbonat ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ). Kesadahan ini dapat diturunkan dengan cara perebusan, sehingga akan timbul endapan/kerak pada dasar ketel.

Reaksi yang terjadi:

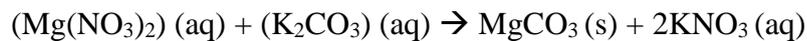
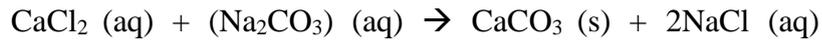


b. Kesadahan Tetap

Kesadahan tetap adalah air mengandung ion selain karbonat, misalnya ion  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$  yang berikatan dengan ion kalsium dan atau magnesium, sehingga membentuk senyawa diantaranya adalah kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ), kalsium nitrat ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ), magnesium klorida ( $\text{MgCl}_2$ ), magnesium nitrat ( $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ), dan magnesium sulfat ( $\text{MgSO}_4$ ). Kesadahan ini bersifat tetap, tidak akan turun dengan cara perebusan, melainkan harus ditambahkan suatu zat

kimia tertentu yang dapat mengendapkan ion kalsium atau magnesium pada senyawa tersebut. Zat kimia ini adalah natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) (aq) dan atau kalium karbonat ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) (aq).

Reaksi yang terjadi:



## 6. Pengolahan Kesadahan

Menurut Arif Sumantri (2015) kesadahan pada air dapat dihilangkan dengan beberapa cara:

### a. Pemasakan

Pemasakan air menyebabkan terlepas atau dikeluarkannya  $\text{CO}_2$  dari dalam air dan terbentuknya endapan  $\text{CaCO}_3$  yang tidak terlarut. Cara ini sangat mahal jika digunakan untuk skala yang besar.

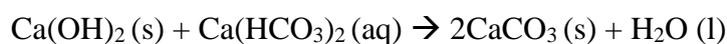
Reaksi yang terjadi:



### b. Penambahan Kapur (Metode Clark)

Penambahan kapur pada air yang sifat kesadahannya sementara dapat mengabsorpsi  $\text{CO}_2$  dan mengendapkan  $\text{CaCO}_3$  yang tidak terlarut. Caranya, kapur (quick lime) seberat 1 ons dimasukkan ke dalam setiap 700 galon air untuk setiap derajat kesadahan air (14,25 ppm).

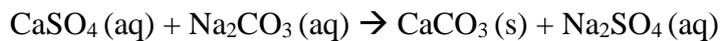
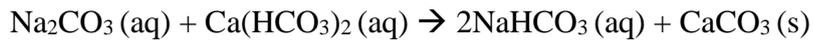
Reaksi yang terjadi:



c. Penambahan Natrium Karbonat

Penambahan natrium karbonat dapat menurunkan kesadahan sementara atau tetap.

Reaksi yang terjadi:



d. Proses Pertukaran Basa (*Base Exchange Procces*)

Pelunakan air skala besar menggunakan proses permutit. Natrium permutit merupakan persenyawaan kompleks dari natrium, aluminium dan silika ( $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ). Ion Ca dan Mg akan dilepas melalui reaksi pertukaran basa (base exchange) dan natrium permutit akhirnya menjadi kalsium dan magnesium permutit.

Selain itu, menurut Chandra (Chandra, 2007) salah satu metode untuk menurunkan kesadahan adalah pertukaran ion (*ion exchanger*). Pertukaran ion berjalan bersamaan dengan proses penyaringan (filtrasi). Beberapa media penukar ion diantaranya adalah zeolite, resin, dan bentonite. Ion-ion kalsium dan atau magnesium di dalam air kontak dengan ion yang ada di dalam resin, selanjutnya terjadilah pertukaran antar keduanya. Sehingga, resin akan menjadi jenuh oleh ion kalsium/magnesium.

Selanjutnya, menurut (Kusnaedi, 2010) hal-hal yang berkaitan dengan penyaringan (filtrasi) diantaranya sebagai berikut:

a. Debit Aliran

Debit aliran adalah volume per waktu, sehingga satuan debit adalah  $m^3/detik$ . Debit yang digunakan untuk proses penyaringan (filtrasi) akan berbanding terbalik dengan masa pakai media penyaring. Apabila debit besar, maka masa pakai media penyaring semakin cepat habis (jenuh), begitu pula sebaliknya.

b. Diameter Media Penyaring

Ukuran diameter media penyaring akan berpengaruh terhadap kualitas penyaringan. Semakin kecil diameter media penyaring, tingkat kerapatan filter semakin tinggi, membuat aliran air yang akan disaring menjadi lebih lambat, pada proses ini penyaringan berjalan optimum.

c. Waktu Kontak

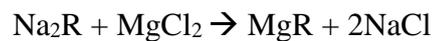
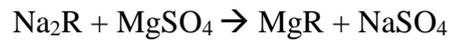
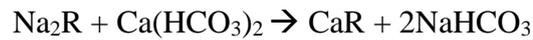
Waktu kontak sangat erat kaitannya dengan debit aliran. Dengan memperpanjang waktu kontak, maka debit aliran akan semakin kecil.

## 7. Resin

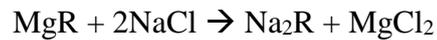
Resin berperan dalam proses pertukaran ion, resin terbagi menjadi dua jenis, yaitu resin penukar ion positif (*cation exchange resin*) dan resin penukar ion negative (*anion exchange resin*). Resin penukar ion positif adalah media penyaring yang umum digunakan untuk menurunkan kesadahan. Prinsip kerja yang terjadi pada saat proses penyaringan yaitu ion  $Ca^{2+}$  dan ion  $Mg^{2+}$  ditukar oleh ion  $Na^+$  atau ion  $H^+$  dari ion resin. Bilamana

resin telah banyak menerima ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan ion  $\text{Mg}^{2+}$  maka pertukaran ion akan berhenti (jenuh). Maka, perlu proses reaktivasi. (Said, 2008)

Reaksi pelunakan air sadah dengan resin penukar ion positif:



Reaksi regenerasi resin penukar ion positif:



## 8. Zeolite

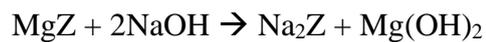
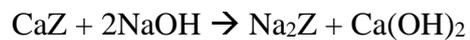
Zeolite merupakan variasi perbandingan antara unsur silika dan alimunium, terdapat dua jenis zeolite yakni zeolite alam dan zeolite buatan. Zeolite alam terbentuk akibat adanya sedimentasi debu vulkanik oleh air pada dasar lautan. Zeolite buatan berasal dari gel alumino silikat yang tersusun atas natrium aluminal, natrium silikat, dan natrium hidroksida. Proses pembuatan zeolite buatan (sintesis) ini melalui rekayasa hidrotermal seperti halnya pada alam, sehingga terbentuklah kristal-kristal zeolite. (Marsidi, 2001)

Zeolite berbentuk kristal agak lunak dengan berat jenis antara 2-24  $\text{gr}/\text{cm}^3$ . Zeolite mudah menyerap air dari udara, adapun sifat-sifat dari zeolite diantaranya adalah sebagai penyerap, penyaring molekul, katalis, dan penukar ion. Hasil penelitian oleh Rulliasih Marsidi (2001), zeolite dengan volume 3,5 liter dan laju aliran air baku 6,8 liter/menit, mampu

menurunkan kesadahan sebesar 90 % dari semula 680 mg/l menjadi 63,5 mg/l. Penyaringan berlangsung selama 48 jam, setelah itu zeolite mengalami kejenuhan dan perlu diaktivasi.

Menurut Sakti (2014) 1 kg zeolite dicampur dengan larutan NaOH 1 N, rendam selama 2 hari. Setelah itu, dicuci hingga bersih dan direndam dengan aquades hingga derajat keasaman menjadi netral. Zeolite lalu dikeringkan dibawah sinar mata hari dan siap digunakan kembali.

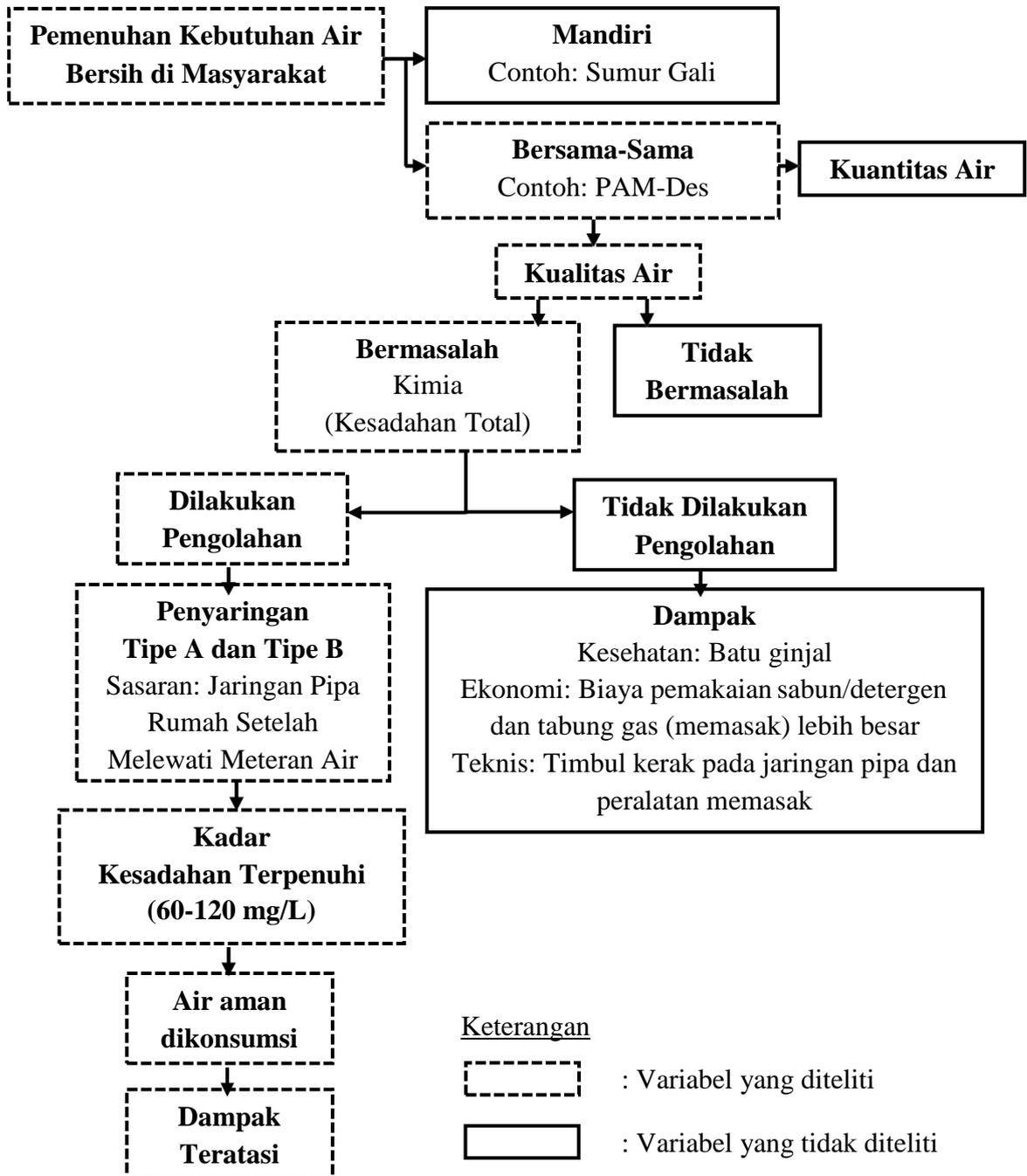
Reaksi kimia yang terjadi adalah



## **9. Karbon Aktif**

Menurut Margono (2010), karbon aktif adalah media penyaring yang bersifat absorben (penyerap). Berguna untuk menghilangkan bau, warna, dan rasa pada air, atau berfungsi sebagai penyegar air. Proses pembakaran tanpa oksigen (pirolisis) menghasilkan arang berwarna hitam dan berbentuk granule serta berpori yang mengandung 85-95% karbon. Regenerasi karbon aktif dengan cara karbonasi ulang sehingga terbentuk pori baru, sebelumnya dicuci hingga bersih.

## B. Kerangka Konsep



Gambar 1. Kerangka Konsep Penelitian

### **C. Hipotesis**

Ada perbedaan penurunan signifikan kesadahan antara penyaringan tipe A dan tipe B.