

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Landasan Teori**

##### 1. Air

Air adalah bagian penting dan tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia. Air merupakan zat cair yang tidak mempunyai rasa, warna dan bau. Air terdiri atas hidrogen dan oksigen dengan rumus  $H_2O$ . Menurut Undang-Undang RI Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat.

Air dapat dibedakan berdasarkan sumbernya. Menurut letak sumbernya air dibagi menjadi tiga, yaitu: Candra (2007)

##### a. Air angkasa

Air angkasa atau air hujan adalah air yang berasal dari proses penguapan, kondensasi, dan presipitasi, sehingga hasil dari proses tersebut betul-betul membentuk air murni sebagai  $H_2O$ . Pada dasarnya air hujan merupakan air yang paling bersih, namun air hujan cenderung mengalami pencemaran pada saat di atmosfer, dan pada saat jatuh dari atmosfer. Pada saat di atmosfer air hujan dapat tercemar oleh partikel debu, mikroorganisme, dan berbagai gas antara lain  $NH_3$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $N_2O_3$ , dan  $S_2O_3$ . Adanya gas-gas tersebut air hujan akan

terlarut dalam berbagai gas-gas tersebut. Pada saat air hujan jatuh dari atmosfer pun dapat mengalami pencemaran bakteri maupun kuman. Kontaminasi yang terjadi dapat terjadi pada tempat penampungan air hujan maupun pada saat air hujan melewati talang rumah, pohon dan lain-lain yang pada sebelumnya telah tercemar bakteri maupun kuman.

b. Air tanah

Air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah. Air tanah dapat dibedakan menjadi dua yaitu, air tanah preatis dan artesis.

1) Air tanah preatis

Air tanah preatis adalah air tanah yang letaknya tidak jauh dari permukaan tanah serta berada di atas lapisan kedap air / *impermeable*.

2) Air tanah artesis

Air tanah artesis letaknya sangat jauh di dalam tanah serta berada di antara dua lapisan kedap air.

c. Air permukaan

Air permukaan adalah air yang berada di permukaan tanah. Sebagian besar berasal dari air hujan yang terjatuh ke permukaan bumi. Air permukaan meliputi berbagai badan air seperti air sungai, danau, telaga, waduk, dan rawa. Kualitas dari air permukaan selalu berubah. Pada saat musim hujan kapasitas aliran lebih besar dari pada musim kemarau, sehingga pada musim hujan air relatif lebih keruh

sebagai akibat air hujan yang mengalir di permukaan. Sebaliknya pada musim kemarau aliran air relatif lebih sedikit sehingga kuantitasnya lebih sedikit, oleh karena itu pada musim kemarau air lebih jernih.

## 2. Sumur Gali

Sumur adalah sumber utama persediaan air bersih baik itu untuk masyarakat pedesaan maupun perkotaan (Candra, 2007). Sumur gali merupakan konstruksi sumur yang paling umum dipergunakan untuk mengambil air tanah bagi masyarakat kecil dan rumah-rumah perorangan sebagai air minum dengan kedalaman 7-10 meter dari permukaan tanah. Ditinjau dari segi kesehatan penggunaan sumur gali ini kurang baik bila cara pembuatannya tidak benar-benar diperhatikan. Untuk memperkecil kemungkinan terjadinya pencemaran dapat diupayakan pencegahannya. Syarat-syarat untuk pencegahan pencemaran adalah sebagai berikut: Sutrisno (2010)

- a. Sumur harus diberi tembok rapat yang kedap air sedalam 3 meter dari muka tanah
- b. Sekeliling sumur diberi lantai yang kedap air selebar 1-1,5 meter
- c. Pada lantai yang berada di sekeliling sumur diberi saluran pembuangan air

Menurut Candra (2007) sumur dapat dibagi menjadi dua yaitu sumur dangkal dan dalam.

a. Sumur dangkal

Sumur dangkal adalah sumur yang sumber airnya berasal dari resapan air hujan di atas permukaan bumi terutama di daerah dataran rendah. Jenis sumur ini banyak terdapat di Indonesia. Air pada sumur ini mudah sekali terkontaminasi sehingga perlu penanganan agar memenuhi persyaratan sanitasi.

b. Sumur dalam

Sumur dalam adalah sumur yang sumber airnya berasal dari proses purifikasi alami air hujan oleh lapisan kulit bumi menjadi air tanah.

3. Persyaratan Air Bersih

Air bersih adalah jenis sumber daya yang memenuhi persyaratan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 41/MEN.KES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air (Kemenkes, 1990) dan dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari maupun konsumsi. Air bersih dapat menjadi air minum hanya dengan proses pemasakan terlebih dahulu.

Air bersih memiliki beberapa parameter yang harus terpenuhi sebelum digunakan untuk kegiatan sehari-hari. Parameter air bersih meliputi parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi.

a. Parameter fisika

Parameter fisik air bersih adalah air harus tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau. Warna dipertimbangkan dalam persyaratan air bersih karena pertimbangan estetika bagi masyarakat. Air bersih tidak diperbolehkan memiliki rasa manis, pahit, asam, ataupun asin. Air bersih juga harus bebas dari bau-bau yang biasanya ada pada air seperti bau busuk, amis dan sebagainya. Tabel 2. menunjukkan standar baku mutu parameter kualitas fisik air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017.

Tabel 2. Parameter Kualitas Fisik Air Bersih

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

b. Parameter kimia

Air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia yang melampaui batas menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017. Berikut adalah parameter kimia yang harus diperhatikan dalam air bersih (Tabel 3.):

Tabel 3. Parameter Kimia Wajib dalam Air Bersih

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
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

c. Parameter mikrobiologi

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017, parameter biologi yang harus diperiksa untuk air bersih meliputi *Total Coliform* dan *Escherichia Coli* dengan satuan/*colony forming unit* dalam 100 ml sampel air. Berikut ini adalah Paramameter Mikrobiologi Air bersih (Tabel 4.):

Tabel 4. Parameter Mikrobiologi Air Bersih

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

#### 4. Kesadahan Air

##### a. Pengertian kesadahan

Kesadahan atau *hardness* adalah salah satu sifat kimia yang dimiliki oleh air. Kesadahan air terjadi karena adanya ion-ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , atau dapat juga disebabkan adanya ion-ion lain dari *polyvalent metal* (logam bervalensi banyak) seperti Al, Fe, Mn, Sr dan Zn dalam bentuk garam sulfat, klorida dan bikarbonat dalam jumlah kecil. Air yang memiliki sifat sadah ditemukan pada wilayah yang menggunakan sumber air tanah/sumur dimana pada daerah tersebut memiliki lapisan tanah yang mengandung deposit garam mineral, kapur, dan kalsium (Candra, 2007). Berdasarkan kadar kalsium terdapat lima tingkatan kesadahan air, berikut adalah tingkat kesadahan air berdasarkan kadungan kalsium:

- 1) Kesadahan Lunak : 0-50 mg/L
- 2) Kesadahan Medium : 50-150 mg/L
- 3) Kesadahan Keras : 150-300 mg/L
- 4) Kesadahan Sangat Keras : >300 mg/L

##### b. Jenis kesadahan air

Kesadahan air dibagi menjadi dua sifat, yaitu kesadahan sementara (*temporary*) dan kesadahan tetap (*permanent*)

##### 1) Kesadahan sementara (*temporary*)

Air yang memiliki kesadahan sementara adalah air sadah yang mengandung ion bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) dari Kalsium (Ca) dan

Magnesium (Mg) atau garam-garam Karbonat ( $\text{CO}_3^{3-}$ ). Air yang mengandung ion atau senyawa-senyawa tersebut disebut air dengan kesadahan sementara karena kesadahannya dapat dihilangkan dengan pemanasan air, sehingga air tersebut terbebas dari ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan atau  $\text{Mg}^{2+}$ .

2) Kesadahan tetap (*permanent*)

Air dengan kesadahan tetap adalah air yang mengandung anion selain ion bikarbonat, misalnya dapat berupa ion  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$ . Berarti senyawa yang terlarut boleh jadi berupa 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 ( $\text{MgSO}_4$ ). Air yang mengandung senyawa-senyawa tersebut disebut air dengan kesadahan tetap, karena kesadahannya tidak bisa dihilangkan hanya dengan cara pemanasan.

Untuk menghilangkan kesadahan tetap dapat dilakukan dengan cara kimia, yaitu dengan mereaksikan air tersebut dengan zat-zat kimia tertentu. Pereaksi yang digunakan adalah larutan karbonat yaitu  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  atau  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . Penambahan larutan karbonat dimaksudkan untuk mengendapkan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ .



## 5. Pengolahan Air Sadah

Air yang mengandung kadar kesadahan yang tinggi perlu dilakukan pengolahan, agar kesadahan tidak menyebabkan dampak bagi pgunanya. Menurut Candra (2007) kesadahan air dapat dikurangi bahkan dihilangkan. Metode yang dapat digunakan untuk mengolah air sadah yaitu

### a. Pemanasan

Proses pengolahan air sadah dengan pemanasan hanya dapat dilakukan untuk air yang memiliki kesadahan sementara.

### b. Pengendapan Kimia

Pengendapan kimia menjadi salah satu cara untuk proses menghilangkan kesadahan pada air. Tujuan dari pengendapan kimia ini untuk membentuk garam-garam kalsium dan magnesium menjadi garam-garam yang tidak larut, sehingga dapat dipisahkan dengan air. Pengendapan kimia yang dilakukan untuk menghilangkan kesadahan dapat dilakukan dengan proses soda kaustik.

### c. Pertukaran ion

Ion exchanger adalah proses penyerapan ion – ion oleh resin dengan cara Ion-ion dalam fasa cair (biasanya dengan pelarut air) diserap lewat ikatan kimiawi karena bereaksi dengan padatan resin. Resin sendiri melepaskan ion lain sebagai ganti ion yang diserap. Selama operasi berlangsung setiap ion akan dipertukarkan dengan ion penggantinya hingga seluruh resin jenuh dengan ion yang diserap. Beberapa bahan penukar ion antara lain resin, zeolit, dan bentonit.

## 6. Resin

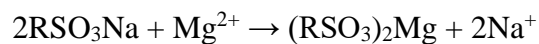
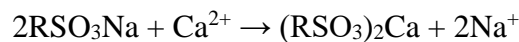
Resin penukar ion adalah senyawa hidrokarbon terpolimerisasi sampai tingkat tinggi yang mengandung ikatan-ikatan hubung silang (*cross-linking*) serta gugusan yang mengandung ion-ion yang dapat dipertukarkan (Dewi, 2012). Resin penukar ion umumnya terbuat dari partikel *cross-linked polystyrene*. Sebagai zat penukar ion, resin mempunyai karakteristik yang berguna dalam analisis kimia, antara lain kemampuan menggelembung, kapasitas pertukaran dan selektivitas pertukaran. Pada saat dikontakkan dengan resin penukar ion, maka ion terlarut dalam air akan terserap ke resin penukar ion dan resin akan melepaskan ion lain dalam kesetaraan ekivalen (Paramita, 2015). Proses pertukaran ion tidak membutuhkan energi yang besar karena sederhana dalam desain dan pengoperasiannya. Mekanisme pertukaran ion dalam resin mirip dengan pertukaran ion-ion kisi kristal. Pertukaran ion dalam resin terjadi pada keseluruhan struktur gel dari resin dan tidak hanya terbatas pada efek permukaan. (Dewi, 2012).

Pertukaran ion dengan menggunakan resin sintesis memiliki beberapa keunggulan diantaranya kecepatan pertukaran yang lebih cepat dibandingkan dengan bahan alam seperti zeolit, tahan lama, tidak mudah rusak oleh tekanan serta pengaruh asam dan basa, serta memiliki kapasitas pertukaran yang tinggi (Partuti, 2014).

Resin penukar ion dibedakan menjadi 2, yaitu:

a. Resin kation

Resin kation adalah resin penukar ion positif atau kation yang pada umumnya dibuat dengan cara polimerisasi stirena dan divinil benzana yang dilanjutkan dengan proses sulfonasi membentuk suatu molekul polystirena yang saling menyilang. Resin penukar ion positif yang digunakan pada umumnya bersifat asam kuat dan lemah. Resin penukar ion kation asam kuat digunakan untuk menghilangkan seluruh kation yang berada di air. Adapun resin penukar ion kation asam lemah hanya dapat digunakan pada air yang memiliki kesadahan yang berhubungan karbntak onat. Berikut ini adalah reaksi yang terjadi pada resin kation pada saat kontak dengan air sadah:



Resin kation memiliki gugus fungsi seperti sulfonat ( $\text{RSO}_3\text{H}$ ), fofonat ( $\text{R-PO}_3\text{H}_2$ ), fenolat ( $\text{R-OH}$ ), atau karboksilat ( $\text{RCOOH}$ ) dengan R adalah resin.

Pada reaksi pertukaran ion pada resin kation, resin mengikat  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dan melepaskan  $\text{Na}^+$  ke air.

b. Resin Anion

Resin penukar ion anion yang digunakan pada umumnya bersifat basa kuat dan lemah (Sulistyowati, 2015). Resin anion dapat

terjadi pertukaran ion karena terjadi absorpsi kovalen yang bersifat asam.

Gugus fungsi pada resin anion adalah senyawa amina (Primer/R-NH<sub>2</sub>), (Sekunder/N<sub>2</sub>H), (Tersier/R-R'<sub>2</sub>N), dan gugus kuartener (R-NR'<sub>3</sub>/tipe I, R-R'<sub>3</sub>N+OH)/tipe II. Dengan R' adalah radikal organik seperti CH<sub>3</sub>.

Sebagai media penukar ion, maka resin penukar ion harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

a. Kapasitas total yang tinggi

Resin memiliki kapasitas pertukaran ion yang tinggi dibandingkan dengan media penukar ion lainnya.

b. Kelarutan yang rendah

Resin memiliki kelarutan yang rendah sehingga dapat digunakan berulang-ulang. Resin akan bekerja dalam cairan yang mempunyai sifat melarutkan, karena itu resin harus tahan terhadap air.

c. Kestabilan kimia yang tinggi

Resin diharapkan memiliki kestabilan kimia yang tinggi untuk dapat bekerja pada range pH yang luas serta tahan terhadap asam dan basa

d. Kestabilan fisik yang tinggi

Resin diharapkan memiliki kestabilan fisik yang tinggi agar tahan terhadap tekanan mekanis, tekanan hidrostatis cair, dan tekanan osmosis.

Dalam proses pertukaran ion terdapat hal-hal yang mempengaruhi kerja resin, seperti:

a. Waktu kontak

Waktu kontak adalah lama waktu paparan resin dengan air sadah yang akan diolah. Semakin lama waktu kontak yang terjadi pada resin dan air sadah maka semakin besar pula penurunan kesadahan yang terjadi. Waktu kontak berbanding lurus dengan penurunan kesadahan karena waktu kontak mempengaruhi kinerja resin dimana terjadi pertukaran ion. Seraya dengan berjalannya waktu apabila resin digunakan berulang-ulang maka kemampuan pertukaran ion semakin menurun dan semakin lama tidak mampu mempertukarkan ion-ion dalam air sadah, sehingga perlu dilakukan regenerasi. Regenerasi resin bertujuan untuk menghilangkan ion kalsium dan magnesium. Resin dapat diregenerasi dengan cara menrendam dalam larutan garam. Larutan garam yang dibutuhkan sebesar 50 gram per 1 liter resin ( 20.000 ppm).

b. Ukuran partikel

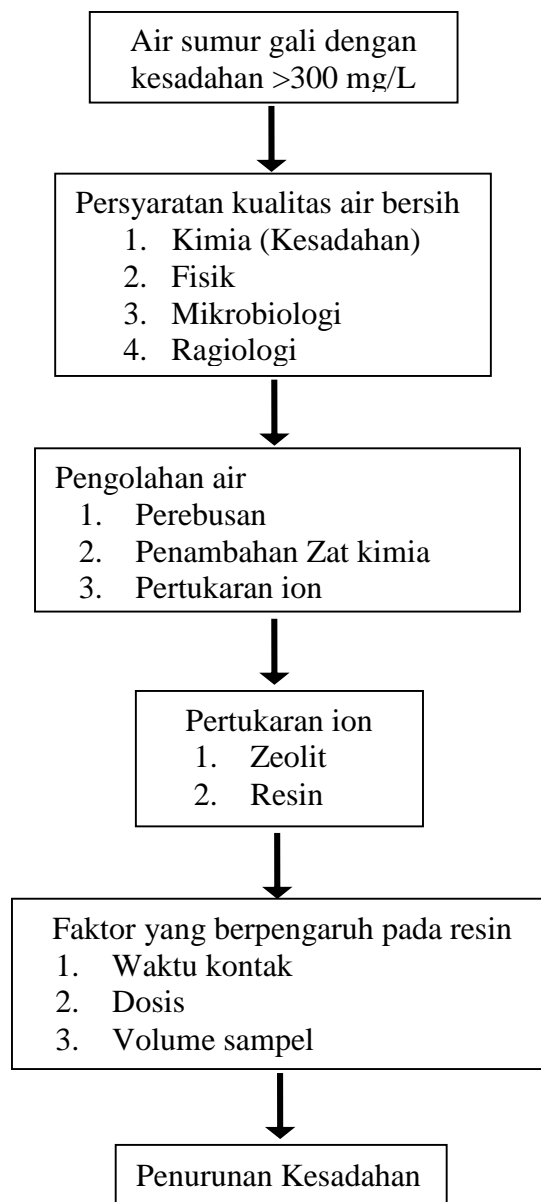
Semakin kecil ukuran partikel akan semakin besar luas permukaan, akan semakin besar luasan kontak yang terjadi.

c. Kapasitas penukar ion

Kapasitas penukaran ion ditentukan oleh jumlah gugus fungsional per-satuan massa resin (Dewi, 2012). Penukar ion positif (resin kation) ialah resin yang dapat mempertukarkan ion-ion positif dan penukar ion negatif ialah resin yang dapat mempertukarkan ion-ion negatif.

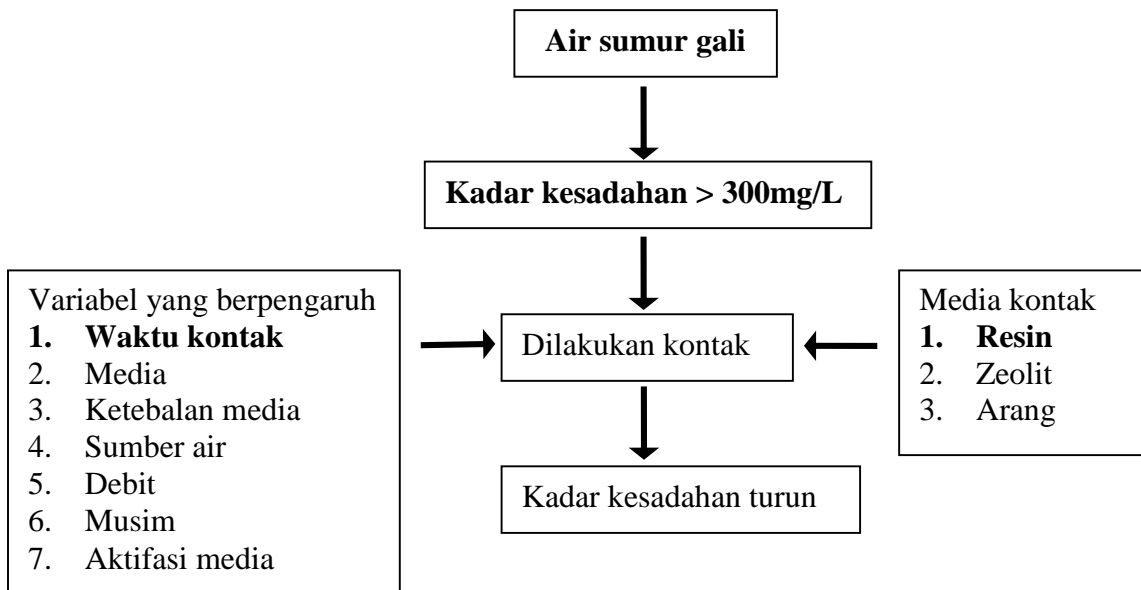
Pertukaran ion bersifat stokiometri, yakni satu  $H^+$  diganti oleh suatu  $Na^+$ . masuk. Ion dapat ditukar yakni ion yang tidak terikat pada matriks polimer disebut ion lawan (Counterion).

## B. Kerangka Teori



Gambar 1. Kerangka Teori

### C. Kerangka Konsep



Gambar 2. Kerangka Konsep

Keterangan:

Cetak tebal = Diteliti

### D. Hipotesis

#### 1. Hipotesis Mayor

Ada pengaruh waktu perendaman resin saset terhadap kesadahan air sumur gali.

#### 2. Hipotesis Minor

a. Ada perbedaan kesadahan sebelum dan sesudah perendaman resin saset 6 gram dalam 600 ml air sumur gali selama 5 menit.

b. Ada perbedaan kesadahan sebelum dan sesudah perendaman resin saset 6 gram dalam 600 ml air sumur gali selama 10 menit.

c. Ada perbedaan kesadahan sebelum dan sesudah perendaman resin saset 6 gram dalam 600 ml air sumur gali selama 15 menit.

- d. Ada perbedaan kesadahan sebelum dan sesudah perendaman resin saset 6 gram dalam 600 ml air sumur gali selama 20 menit.
- e. Ada perbedaan kesadahan sebelum dan sesudah perendaman resin saset 6 gram dalam 600 ml air sumur gali selama 25 menit.
- f. Ada waktu yang paling banyak menurunkan kesadahan untuk menurunkan kesadahan dengan menggunakan 6 gram resin dalam 600 ml air sumur gali.