

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Teori**

##### **1. Pengertian Air**

Air merupakan bagian yang penting dan tidak terpisahkan dari kehidupan makhluk hidup khususnya manusia. Air merupakan kebutuhan sehari-hari yang diperlukan terus-menerus untuk memenuhi kebutuhan primer setiap individu. Air merupakan zat cair yang tidak mempunyai rasa, bau, dan warna.

Menurut Permenkes Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar 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 yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya berbeda dengan kualitas air minum (Permenkes, 2017).

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

Menurut Chandra (2012), air yang diperuntukkan bagi konsumsi manusia berasal dari sumber yang bersih dan aman. Batasan-batasan sumber air yang bersih dan aman tersebut, antara lain :

- a. Bebas dari kontaminasi atau bibit penyakit.
- b. Bebas dari substansi kimia yang berbahaya dan beracun.
- c. Tidak berasa dan berbau.

- d. Dapat digunakan untuk mencukupi kebutuhan domestik dan rumah tangga.
- e. Memenuhi standar minimal yang ditentukan oleh WHO dan Kementerian Kesehatan RI.

Air dinyatakan tercemar bila mengandung bibit penyakit, parasit, bahan-bahan kimia berbahaya, dan sampah atau limbah industri. Air yang berada dari permukaan bumi ini dapat berasal dari berbagai sumber. Berdasarkan letak sumbernya, air dapat dibagi menjadi air angkasa (hujan), air permukaan, dan air tanah (Chandra, 2012).

- a. Air Angkasa

Air angkasa atau air hujan merupakan sumber air utama di bumi. Pada dasarnya air angkasa (air hujan) merupakan air yang paling bersih, namun 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.

- b. Air Permukaan

Air permukaan yang meliputi badan-badan air semacam sungai, danau, telaga, waduk, rawa, 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.

c. Air tanah

Air tanah (*gramound water*) berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi yang kemudian mengalami perkolasi atau penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses filtrasi secara alamiah. Proses-proses yang telah dialami air hujan tersebut dalam perjalannya ke bawah tanah, membuat tanah menjadi lebih baik dan lebih murni dibandingkan air permukaan.

Air tanah memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan sumber lain. Pertama, air tanah biasanya bebas dari kuman penyakit dan tidak perlu proses purifikasi atau penjernihan. Persediaan air tanah juga cukup tersedia sepanjang tahun, saat musim kemarau sekalipun. Sementara itu, air tanah juga memiliki beberapa kerugian atau kelemahan dibandingkan sumber lainnya. Air tanah mengandung zat-zat mineral dalam konsentrasi yang tinggi. Konsentrasi yang tinggi dari zat-zat mineral semacam magnesium, kalium, dan logam berat seperti besi.

### 3. Persyaratan Air Bersih

Menurut Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, dan Pemandian Umum, standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk media air untuk keperluan higiene sanitasi meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia yang dapat berupa parameter yang harus diperiksa secara berkala

sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan (Permenkes, 2017).

Sifat fisik air dapat dianalisa secara visual dengan panca indera. Misalnya, air keruh atau berwarna dapat dilihat, air berbau dapat dicium. Penilaian tersebut tentunya bersifat kualitatif. Misalnya, bila tercium bau berbeda, rasa air pun akan berbeda, rasa air pun berbeda atau bila air berwarna merah, bau yang akan tercium pun pasti sudah dapat ditebak. Cara ini dapat digunakan untuk menganalisis air secara sederhana karena sifat-sifat air saling berkaitan (Kusnaedi, 2010)

Ada beberapa persyaratan utama yang harus dipenuhi dalam sistem penyediaan air bersih. Persyaratan tersebut meliputi syarat kuantitatif dan syarat kualitatif (Kusnaedi, 2010).

a. Syarat Kuantitatif

Persyaratan kuantitatif dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan jumlah penduduk yang akan dilayani. Selain itu, jumlah air yang dibutuhkan sangat tergantung pada tingkat kemajuan teknologi dan sosial ekonomi masyarakat setempat.

b. Syarat Kualitatif

Menggambarkan mutu atau kualitas dari air baku air bersih. Persyaratan ini meliputi syarat fisik, kimia, dan bakteriologi.

### 1) Syarat Fisik

Secara fisik air bersih harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Warna dipersyaratkan dalam air bersih untuk masyarakat karena pertimbangan estetika. Rasa asin, manis, pahit, asam dan sebagainya tidak boleh terdapat dalam air bersih untuk masyarakat. Bau yang bisa terdapat pada air adalah bau busuk, amis, dan sebagainya. Bau dan rasa biasanya terdapat bersama-sama dalam air. Suhu air sebaiknya sama dengan suhu udara atau kurang lebih 25°C. Sedangkan untuk jernih atau tidaknya air dikarenakan adanya butiran-butiran koloid dari bahan tanah liat. Semakin banyak mengandung koloid maka air semakin keruh

### 2) Syarat Kimia

Air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Secara kimia, air bersih tidak boleh terdapat zat-zat yang beracun, tidak boleh ada zat-zat yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan, serta tidak mengandung zat-zat yang melebihi kadar tertentu sehingga menimbulkan gangguan teknis dan ekonomis. Salah satu peralatan kimia air bersih adalah kesadahan. Menurut Chandra (2012), air untuk keperluan air minum dan masak hanya diperbolehkan dengan batasan kesadahan 50-150 mg/L. Kadar kesadahan diatas 300 mg/L sudah termasuk air sangat keras.

### 3) Syarat Bakteriologi

Air bersih tidak boleh mengandung kuman-kuman patogen dan parasit seperti kuman-kuman typhus, kolera, disentri, dan gastroenteritis. Apabila bakteri patogen dijumpai pada air minum, maka akan mengganggu kesehatan atau timbul penyakit. Untuk mengetahui adanya bakteri patogen dapat dilakukan dengan pengamatan terhadap ada tidaknya bakteri *E. coli* yang merupakan bakteri indikator pencemaran air. Secara bakteriologi, total Coliform yang diperbolehkan pada air bersih yaitu 50 koloni per 100 mL air bersih. Air bersih yang mengandung golongan Coli lebih dari kadar tersebut dianggap terkontaminasi oleh kotoran manusia.

## 4. Sumur Gali

Sumur adalah sumber utama persediaan air bersih baik itu untuk masyarakat pedesaan maupun perkotaan (Chandra, 2012). 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 Chandra (2012), 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.

Menurut Joko (2010), bentuk dan tipe sumur gali yaitu :

- a. Bentuk sumur gali

Bentuk sumur gali dalam spesifikasi ini sesuai dengan penampang lubangnya yaitu bulat.

- b. Tipe sumur gali ada 2 macam yaitu :

- 1) Tipe 1: Dipilih apabila keadaan tanah tidak menunjukkan gejala atau runtuh. Dinding atas terbuat dari pasangan bata atau batako atau batu belah dengan tinggi 80 cm dari permukaan lantai. Dinding bawah yang sama atau pipa beton ke dalam minimal 300 cm dari permukaan lantai.
- 2) Tipe 2: Dipilih apabila keadaan tanah menunjukkan gejala mudah retak dan runtuh. Dinding atas terbuat dari pasangan bata atau batako atau batu belah setinggi 60 cm dari permukaan lantai. Dinding bawah sampai ke dalam sumur dari pipa beton, 18 minimal sedalam 300 cm dari permukaan lantai dari pipa beton kedap air dan sisa dari pipa beton berlubang.

## 5. 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 (Chandra, 2012).

Menurut Sumantri (2010), beberapa batasan kesadahan pada air adalah sebagai berikut :

- 1) Lunak : <1 mEq/L (50 ppm)
- 2) Agak keras : 1-3 mEq/L (50-150 ppm)
- 3) Keras : 3-6 mEq/L (150-300 ppm)
- 4) Sangat keras : >6 mEq/L (>300 ppm)

#### **b. Jenis-Jenis Kesadahan**

Menurut Chandra (2012), kesadahan pada prinsipnya terdiri dari dua jenis, yaitu air sadah sementara dan air sadah tetap.

##### 1) Air sadah sementara

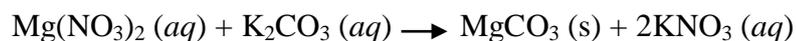
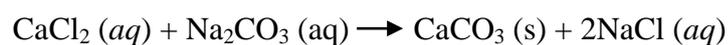
Air sadah sementara adalah air sadah yang mengandung ion bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), atau boleh jadi air tersebut mengandung senyawa kalsium bikarbonat ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) dan atau magnesium bikarbonat ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ). Air yang mengandung ion atau senyawa-senyawa tersebut disebut air sadah sementara karena kesadahannya dapat dihilangkan dengan pemanasan air, sehingga air tersebut terbebas dari ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan/atau  $\text{Mg}^{2+}$ . Dengan jalan pemanasan senyawa-senyawa tersebut akan mengendap pada dasar ketel. Reaksi yang terjadi adalah :



##### 2) Air sadah tetap

Air sadah tetap adalah air sadah yang mengandung anion selain ion bikarbonat, misalnya dapat berupa ion  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  dan

$\text{SO}_4^{2-}$ . Dengan demikian senyawa yang terlarut 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 sadah tetap, karena kesadahnya tidak bisa dihilangkan hanya dengan cara pemanasan. Untuk membebaskan air tersebut dari kesadahan, harus dilakukan dengan cara kimia, yaitu dengan mereaksikan air tersebut dengan zat-zat kimia tertentu. Pereaksi yang digunakan adalah larutan Karbonat, yaitu  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (*aq*) atau  $\text{K}_2\text{CO}_3$  (*aq*). Penambahan larutan karbonat dimaksudkan untuk mengendapkan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan/atau  $\text{Mg}^{2+}$ .



Dengan terbentuknya endapan  $\text{CaCO}_3$  atau  $\text{MgCO}_3$  berarti air tersebut telah terbebas dari ion  $\text{Ca}^{2+}$  atau  $\text{Mg}^{2+}$  atau dengan demikian air tersebut telah terbebas dari kesadahan.

## 6. Dampak Kesadahan Air

Menurut Chandra (2012), air yang digunakan untuk kebutuhan rumah tangga hanya diperbolehkan antara 50-150 mg/L. Jika air yang dikonsumsi melebihi 150 mg/L dapat mengakibatkan berbagai gangguan kesehatan dan gangguan teknis seperti :

a. Dampak Teknis

- 1) Pemborosan penggunaan sabun.
- 2) Menimbulkan kerak pada alat yang digunakan untuk merebus air atau ketel.
- 3) Penggunaan bahan bakar menjadi meningkat, tidak efisien, dan dapat meledakkan boiler.

(Chandra, 2012)

b. Dampak Kesehatan

- 1) Menurut Asmadi & Kasjono (2011), kesadahan yang lebih dari 300 mg/L dapat mengakibatkan gangguan pada ginjal.
- 2) Menurut Sengupta (2013), kesadahan dapat menyebabkan penyumbatan pembuluh darah jantung, kanker, kerusakan pada sistem saraf pusat, penyakit alzheimer, diabetes, batu ginjal, kesehatan reproduksi, dan tulang keropos.

## 7. Pengolahan Air Sadah

Air yang mengandung kadar kesadahan yang tinggi perlu dilakukan pengolahan, agar kesadahan tidak menyebabkan dampak bagi penggunaannya. Menurut Chandra (2012), kesadahan air dapat dikurangi bahkan dihilangkan. Metode yang dapat digunakan untuk mengolah air sadah yaitu pemanasan, pengendapan kimia, dan pertukaran ion.

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.

## 8. Resin

Resin adalah senyawa hidrokarbon yang memiliki kemampuan untuk menukar ion. Pengolahan air dengan resin ini merupakan salah satu metode pemisahan menurut perubahan kimia dengan cara menukar ion. Prinsip dari pengolahan air dengan resin adalah menukar ion yang terikat pada polimer pengisi resin dengan ion yang ada di air (Kusnaedi, 2010).

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 ekuivalen (Paramita, 2015).

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

Menurut Budiyo & Sumardiono (2013), resin penukar ion dibedakan menjadi 2, yaitu :

a. Resin Kation

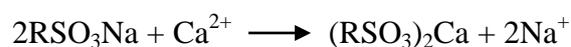
Resin ini mengandung gugus fungsi seperti Sulfonat ( $R-SO_3H$ ), Fosfonat ( $R-PO_3H_2$ ), Fenolat ( $R-OH$ ), atau Karboksilat ( $R-COOH$ ), dengan R menyatakan resin. Resin penukar kation terdiri dari resin penukar kation asam kuat dan resin penukar kation asam lemah. Resin penukar kation memiliki ion positif.

b. Resin Anion

Gugus fungsi pada resin penukar anion adalah senyawa amina (Primer/R-NH<sub>2</sub>), (sekunder/R-N<sub>2</sub>H), (tersier/R-R'<sub>2</sub>N) dan gugus kuartener (R-NR'<sub>3</sub>/tipe I, R-R'OH) tipe II), dengan R' menyatakan radikal organik seperti CH<sub>3</sub>, resin penukar anion terdiri dari resin penukar anion basa kuat dan resin penukar anion basa lemah.

Resin yang akan digunakan dalam pertukaran ion adalah resin kation. Resin kation merupakan resin yang akan menukar atau mengambil kation dari larutan. Resin kation ini memiliki gugus ion yang dapat melepaskan ion positif pada suatu larutan. Resin kation ini mengandung gugus Karboksilat, Sulfonat atau gugus lain dan sejumlah kation ekuivalen (Kusnaedi, 2010).

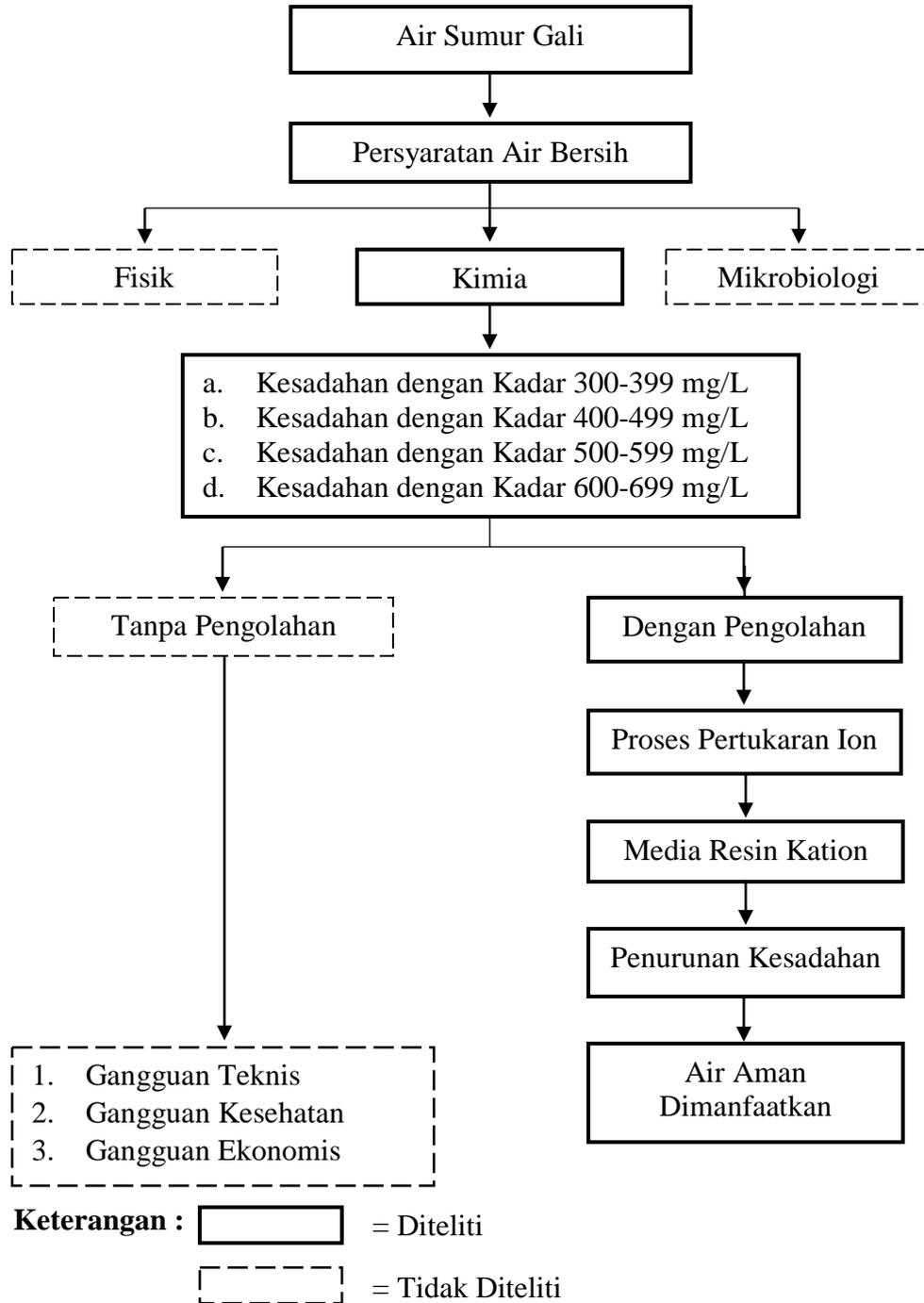
Proses pertukaran ion terjadi ketika air sadah dikontakkan secara langsung dengan resin. Ion kalsium dan Ion magnesium dalam air sadah ditukar dengan ion yang ada dalam resin (Budiyono & Sumardiono, 2013). Resin kation mengandung ion positif yaitu Na<sup>+</sup> yang terikat pada gugus-gugus fungsional asam yaitu SO<sup>3-</sup>, sehingga saat air sadah dikontakkan dengan resin kation, maka resin kation akan melepaskan ion Na<sup>+</sup> untuk menggantikan ion Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> dalam air sadah. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Dalam proses pertukaran ion apabila elektrolit terjadi kontak langsung dengan resin penukar ion akan terjadi pertukaran secara stoikiometri yaitu sejumlah ion-ion yang dipertukarkan dengan ion-ion yang muatannya sama pula dengan jumlah yang sebanding.

Proses pertukaran ion tersebut bersifat reversibel, artinya media penukar ion atau resin dapat diaktifkan kembali atau regenerasi. Resin akan jenuh apabila dipakai secara terus menerus dan dapat diaktifkan kembali dengan mereaksikan pada larutan garam dapur pekat (NaCl). Pada reaksi antara resin dengan NaCl terjadi pertukaran ion dari dalam larutan NaCl dengan ion  $\text{Ca}^+$  dan  $\text{Mg}^+$  dalam resin.

## B. Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 1. Kerangka Konsep Penelitian

**C. Pertanyaan Penelitian**

1. Berapakah penurunan kesadahan air sumur sampel 1 setelah dilakukan perendaman resin sachet?
2. Berapakah penurunan kesadahan air sumur sampel 2 setelah dilakukan perendaman resin sachet?
3. Berapakah penurunan kesadahan air sumur sampel 3 setelah dilakukan perendaman resin sachet?
4. Berapakah penurunan kesadahan air sumur sampel 4 setelah dilakukan perendaman resin sachet?
5. Berapakah tingkatan kesadahan yang efektif diturunkan media resin sachet?