

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

1. Penelitian oleh Ana Istiqomah (2014) tentang **“Pengaruh Kombinasi Ketebalan Media Filter Pasir Dan Zeolit Terhadap Penurunan Kadar Kesadahan Pada Air Sumur Di Desa Kismoyoso Ngemplak Boyolali”** di Laboratorium Prodi Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta mengenai penurunan kadar kesadahan pada air sumur dengan kombinasi ketebalan media filter pasir dan zeolit dengan perbandingan 1:1. Yaitu pada ketebalan 50 cm (zeolit 12,5 cm bagian paling bawah, pasir 25 cm bagian tengah dan zeolit 12,5 cm bagian atas). Pada ketebalan 55 cm (zeolit 13,75 cm bagian bawah, pasir 27,5 cm pada bagian tengah dan zeolit 13,75 cm bagian bawah). Pada ketebalan 60 cm (zeolit 15 cm bagian paling bawah, pasir 30 cm bagian tengah dan zeolit 15 cm bagian atas).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kombinasi ketebalan media filter pasir dan zeolit terhadap penurunan kadar kesadahan air sumur. Metode penelitian ini eksperimen dengan menggunakan rancangan *pretest-posttest* dengan kelompok kontrol. Populasi penelitian ini adalah seluruh sumur gali yang ada di Desa Kismoyoso. Jumlah sampel yang digunakan sebanyak 72 liter, air sumur diambil dari rumah Bapak Burhan ditentukan dengan teknik purposive sampling.

Hasil uji laboratorium menunjukkan pada kontrol kadar kesadahan rata-rata sebesar 562 mg/l. Perlakuan dengan ketebalan 50 cm rata-rata penurunan sebesar 366 mg/l, ketebalan 55 cm sebesar 417 mg/l, dan ketebalan 60 cm sebesar 445 mg/l. Ketebalan yang paling efektif adalah ketebalan 60 cm dengan efektivitas sebesar 79,18%. Uji statistik menggunakan anova satu jalur menunjukkan bahwa ada pengaruh kombinasi ketebalan media filter pasir dan zeolit terhadap penurunan

kadar kesadahan air sumur ($p = 0,000 \leq \alpha = 0,01$). Masyarakat diharapkan dapat menerapkan pengolahan air sumur secara mandiri.

2. Penelitian dengan judul **“Pengaruh Filtrasi *Double Up Flow* Dengan Media Batu Zeolit Untuk Menurunkan Kesadahan Air Sumur di Desa Kuncen Kecamatan Taman Kota Madiun”** Oleh Oktavionata Wiyang Chaniago, 2018 di Laboratorium Kimia Poltekkes Kemenkes Surabaya Jurusan Kesehatan Lingkungan Kamps Magetan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penurunan kadar kesadahan dalam air sumur dengan filtrasi *double up flow* dengan menggunakan media zeolit. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen semu (*quasi experiment*) dengan desain *The equivalent material grup, pretest-posttest design*. Dianalisa dengan Analitik, Uji yang digunakan adalah Uji Paired Sample T-Test. Metode sampling yang digunakan adalah dengan cara grapsample dalam 16x replikasi sebelum dan sesudah perlakuan.

Dari hasil penelitian dapat diketahui kadar kesadahan sebelum diperoleh rata-rata yaitu 153,2 mg/l. Hasil Kadar Kesadahan setelah dilakukan filtrasi *double up flow* dengan media zeolit diperoleh rata-rata 143,3 mg/l. Prosentase penurunan kadar kesadahan pada sampel yang dilakukan filtrasi *double up floiw* dengan media zeolit yaitu 5,4%. Dari Hasil Uji Paired Sample T-Test yaitu nilai probabilitas (*p-value*) yang tercantum pada kolom Sig. adalah $0.012 < \alpha = 0.025$, sehingga kesimpulannya H_0 ditolak ada perbedaan pengaruh penurunan kadar kesadahan dalam air sumur dengan filtrasi *double up flow* dengan menggunakan media zeolit dalam menurunkan kadar kesadahan total, air sumur di kelurahan Kuncen Taman Madiun.

Tabel II.1
Komponen Penelitian Terdahulu

No.	Perbedaan	Ana Istiqomah (2014)	Oktavionata Wiyant Chaniago (2018)	Penelitian sekarang
1.	Judul	Pengaruh Kombinasi Ketebalan Media Filter Pasir Dan Zeolit Terhadap Penurunan Kadar Kesadahan Pada Air Sumur Di Desa Kismoyoso Ngemplak Boyolali	Pengaruh Filtrasi <i>Double Up Flow</i> Dengan Media Batu Zeolit Untuk Menurunkan Kesadahan Air Sumur di Desa Kuncen Kecamatan Taman Kota Madiun	Variasi Ketebalan Batu Zeolit dalam Menurunkan Kadar Kesadahan air
2.	Tujuan	Mengetahui pengaruh kombinasi ketebalan media filter pasir dan zeolit terhadap penurunan kadar kesadahan air sumur.	Mengetahui pengaruh penurunan kadar kesadahan dalam air sumur dengan filtrasi <i>double up flow</i> dengan menggunakan media zeolit.	Mengetahui efektivitas ketebalan zeolit dalam penurunan kadar kesadahan air sumur menggunakan metode filtrasi dan adsorpsi
3.	Ketebalan media	Pada ketebalan 50 cm (zeolit 12,5 cm, pasir 25 cm dan zeolit 12,5 cm) Pada ketebalan 55 cm (zeolit 13,75 cm, pasir 27,5 cm dan zeolit 13,75 cm) Pada ketebalan 60 cm (zeolit 15 cm, pasir 30 cm dan zeolit 15).	Zeolit	Batu zeolit (± 30 cm, ± 40cm, ± 50 cm) Pasir kuarsa (± 20 cm) Ijuk (± 2,5 cm) Kerikil (± 10 cm)

No.	Perbedaan	Ana Istiqomah (2014)	Oktavionata Wiyant Chaniago (2018)	Penelitian Sekarang
4.	Tempat pengambilan sampel	Air sumur di Desa Kismoyoso Ngeplak Boyolali	Air sumur di kelurahan Kuncen Taman Madiun	Dari Dusun Pelang Garem, Desa Pelang Lor, Kecamatan Kedunggal, Kabupaten Ngawi
5.	Jenis penelitian	Metode penelitian ini eksperimen dengan menggunakan rancangan <i>pretest-posttest</i> dengan kelompok kontrol	Penelitian eksperimen semu (<i>quasi experiment</i>) dengan desain <i>The equivalen material grup, pretest-posttest design</i> .	Penelitian eksperimen semu (<i>quasi experiment</i>) dengan desain <i>The equivalen material grup, pretest-posttest design</i> .
6.	Uji sampel	Uji statistik menggunakan anova satu jalur	Uji Paired Sample T-Test	Tabel deskriptif
7.	Kesimpulan	Ketebalan yang paling efektif adalah ketebalan 60 cm dengan efektivitas sebesar 79,18%.	Ada perbedaan pengaruh penurunan kadar kesadahan dalam air sumur dengan filtrasi <i>double up flow</i> dengan menggunakan media zeolit dalam menurunkan kadar kesadahan total, air sumur di kelurahan Kuncen Taman Madiun	-

B. Telaah Pustaka

1. Air Bersih

a. Sumber Air Bersih

Air bersih adalah air yang bebas dari kontaminan fisik, kimia maupun mikrobiologis yang langsung dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari dan juga sebagai air minum setelah diolah terlebih dahulu.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan 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 yang kualitasnya tertentu yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya berbeda dengan kualitas air minum.

Sumber-sumber air menurut Sutrisno (2004), terdiri dari air laut, air atmosfer, air meteorologik, air permukaan, dan air tanah :

1) Air laut

Mempunyai sifat asin, karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut 3%. Dengan keadaan ini maka air laut tak memenuhi syarat untuk air minum.

2) Air atmosfer, air meteorologik

Dalam keadaan murni, sangat bersih, karena dengan adanya pengotoran udara yang disebabkan oleh kotoran-kotoran industri, debu dan lain sebagainya. Maka untuk menjadikan air hujan sebagai sumber air minum hendaknya pada waktu menampung air hujan jangan dimulai pada saat hujan mulai turun, karena masih mengandung banyak kotoran. Air hujan mempunyai sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir, sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi (karatan). Air hujan juga mempunyai sifat lunak, sehingga akan boros terhadap pemakaian sabun.

3) Air permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Air permukaan umumnya akan mendapat pengotoran selama pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri kota, dan sebagainya. Air permukaan terdiri dari air sungai, rawa, danau, telaga, waduk, dan sebagainya. Air permukaan secara alami cenderung mengandung padatan tanah tersuspensi, bakteri, dan bahan organik hasil pembusukan tanaman dan hewan (Suprihatin dan Ono Suparno, 2013).

4) Air tanah

Air tanah umumnya bebas dari bakteri dan padatan tersuspensi/koloid akibat filtrasi alami selama perpindahan di dalam struktur tanah. Air tanah mengandung mineral karena kontak langsung dengan tanah / batu-batuan, seperti kalsium dan besi (Suprihatin dan Ono Suparno, 2013).

b. Persyaratan Dalam Penyediaan Air Bersih

Sistem penyediaan air bersih harus memenuhi dalam persyaratan yang meliputi persyaratan kuantitas, kualitas dan kontinuitas (Joko, T 2010).

1) Persyaratan Kuantitas

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih sangat dipengaruhi sekali oleh jumlah air baku yang tersedia artinya, kapasitas produksi dari instalasi pengolahan air harus memenuhi kebutuhan air dari banyaknya penduduk dalam suatu wilayah pada umumnya debit air dari tiap sumber air akan mengalami perubahan-perubahan dari suatu waktu ke waktu yang lain.

2) Persyaratan Kualitas

Persyaratan dari penyediaan air bersih harus memenuhi baku mutu atau standart kualitas kesehatan lingkungan sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia 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.. Persyaratan kesehatan ini meliputi persyaratan fisik, persyaratan kimia, persyaratan mikrobiologis.

Tabel II.2

Standar Baku Mutu Parameter Fisik

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

Sumber: Permenkes RI No. 32 Tahun 2017

Tabel II.3

Standar Baku Mutu Parameter Kimia

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 ₃)	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
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

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
6.	Seng	mg/l	15
7.	Sulfat	mg/l	400
8.	Timbal	mg/l	0,05
9.	Benzena	mg/l	0,01
10.	Zat organik (KMNO ₄)	mg/l	10

Sumber: Permenkes RI No. 32 Tahun 2017

Tabel II.4

Standar Baku Mutu Parameter Biologi

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

Sumber: Permenkes RI No. 32 Tahun 2017

3) Persyaratan Kontinuitas

Persyaratan dari kontinuitas adalah bahwa air baku untuk air bersih tersebut dapat diambil secara terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada musim hujan maupun pada musim kemarau. Sehingga dapat digunakan secara terus menerus dan tidak akan habis.

2. Kesadahan Air

a. Definisi Kesadahan Air

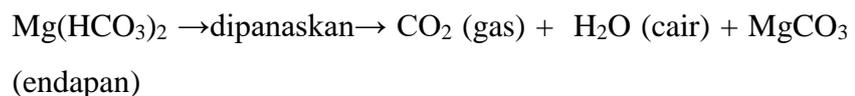
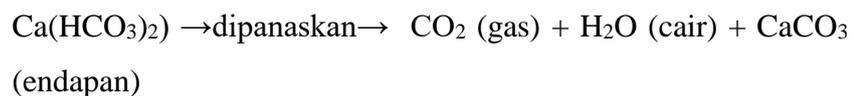
Air sadah adalah istilah yang digunakan pada air yang mengandung kation penyebab kesadahan. Pada umumnya kesadahan disebabkan oleh adanya logam atau kation yang bervalensi 2, seperti Fe, Sr, Mn, Ca dan Mg, tetapi penyebab utama dari kesadahan adalah kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Kalsium dalam air mempunyai kemungkinan bersenyawa dengan bikarbonat, sulfat, khlorida dan nitrat, sementara itu magnesium dalam air kemungkinan bersenyawa dengan bikarbonat, sulfat dan khlorida (Marsidi, 2001).

Berdasarkan sifatnya kesadahan dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu :

1) Air sadah sementara

Air sadah sementara air sadah yang mengandung ion bikarbonat (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 Ca^{2+} dan atau Mg^{2+} .

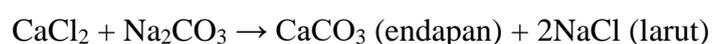
Reaksinya:



2) Air sadah tetap

Air sadah tetap adalah air sadah yang mengandung anion selain ion bikarbonat, misalnya dapat berupa ion Cl^- , NO_3^- dan SO_4^{2-} , Berarti senyawa yang terlarut boleh jadi berupa kalsium klorida (CaCl_2), kalsium nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), kalsium sulfat (CaSO_4), magnesium klorida (MgCl_2), magnesium nitrat ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$), dan magnesium sulfat (MgSO_4). Air yang mengandung senyawa-senyawa tersebut disebut air sadah tetap, karena kesadahannya 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 Na_2CO_3 (aq) atau K_2CO_3 (aq). Penambahan larutan karbonat dimaksudkan untuk mengendapkan ion Ca^{2+} dan atau Mg^{2+} .

Reaksinya:





Dengan terbentuknya endapan CaCO_3 atau MgCO_3 berarti air tersebut telah terbebas dari ion Ca^{2+} atau Mg^{2+} atau dengan kata lain air tersebut telah terbebas dari kesadahan.

Ketika kesadahan kadarnya adalah lebih besar dibandingkan penjumlahan dari kadar alkali karbonat dan bikarbonat, yang kadar kesadahannya ekuivalen dengan total kadar alkali disebut kesadahan karbonat; apabila kadar kesadahan lebih dari ini disebut kesadahan non-karbonat. Ketika kesadahan kadarnya sama atau kurang dari penjumlahan dari kadar alkali karbonat dan bikarbonat, semua kesadahan adalah kesadahan karbonat dan kesadahan nonkarbonat tidak ada.

Tingkat kesadahan di berbagai tempat perairan berbeda-beda, pada umumnya air tanah mempunyai tingkat kesadahan yang tinggi, hal ini terjadi karena air tanah mengalami kontak dengan batuan kapur yang ada pada lapisan tanah yang dilalui air. Air permukaan tingkat kesadahannya rendah (air lunak), kesadahan non karbonat dalam air permukaan bersumber dari kalsium sulfat yang terdapat dalam tanah liat dan endapan lainnya

Tingkat kesadahan air biasanya digolongkan seperti pada tabel berikut ini :

Tabel II.5
Klasifikasi Tingkat Kadar Kesadahan

kesadahan air (mg/L CaCO_3)	Tingkat kesadahan
0-75	Lunak
75-150	Sedang
150-300	Tinggi
>300	Sangat Tinggi

Sumber: sawyer, 2003

b. Proses Terjadinya Air Sadah

Pada umumnya kesadahan disebabkan oleh adanya logam-logam atau kation-kation yang bervalensi dua, seperti Fe, Sr, Mn, Ca, dan Mg, tetapi penyebab utama dari kesadahan adalah kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg).

Menurut Tua, (2015) proses terjadinya air sadah tidak lepas dari siklus hidrologi. Air hujan yang sampai ke daratan ada yang melimpas (*run-off*) ada juga yang meresap (infiltrasi) ke dalam tanah lalu mengalami perkolasi (menyusup) di lapisan tanah dalam. Ketika mengalir di lapisan tanah atas (*top-soil*), di dalam air terjadi aktivitas mikroba yang menghasilkan gas karbondioksida (CO_2). Air dan CO_2 ini lantas membentuk asam karbonat (H_2CO_3). Asam karbonat inilah yang kemudian bereaksi dengan batu kapur atau gamping (CaCO_3 , MgCO_3) menjadi kalsium bikarbonat, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan magnesium bikarbonat, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$.

c. Metode Penurunan Kadar Kesadahan Air

Pelunakan kesadahan air adalah suatu proses untuk menghilangkan atau mengurangi kandungan kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} dari dalam air (Marsidi, 2001). Kation penyebab kesadahan dapat dikurangi atau dihilangkan dengan proses- proses sebagai berikut :

1) Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses penyerapan bahan-bahan tertentu untuk menjadikan air jernih karena zat-zat di dalamnya diikat oleh absorben. Proses kerja penyerapan (adsorpsi) yaitu penyerapan ion-ion bebas di dalam air yang dilakukan oleh absorben. Sebagai contoh, penyerapan ion oleh karbon aktif. Adsorben yang umum digunakan adalah karbon aktif karena cocok untuk pengolahan air olahan yang mengandung fenol dan bahan yang memiliki berat molekul tinggi. Contoh lain zat yang dapat digunakan untuk proses adsorpsi adalah zeolit dan resin yang merupakan polimerasi dari

polihidrik fenol dengan formaldehid. Zeolit mempunyai kapasitas yang tinggi sebagai media penyerap (adsorben) dengan menggunakan mekanisme adsorpsi fisika (melibatkan gaya Van der Waals), adsorpsi kimia (melibatkan gaya elektrostatik), ikatan hidrogen dan pembentukan kompleks koordinasi. Zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya.

Daya serap (adsorbansi) zeolit tergantung dari jumlah pori-pori dan luas permukaan. Molekul-molekul dengan ukuran lebih kecil dari pori-pori zeolit dapat melintas sedangkan yang berukuran lebih besar dari pori-pori zeolit akan tertahan (Tua, 2015)

Kriteria adsorben yang baik :

- a) Adsorben-adsorben digunakan biasanya dalam wujud butir berbentuk bola, belakang dan depan, papan hias tembok, atau monolit-monolit dengan garis tengah yang hidrodinamik antara 05 dan 10 juta.
- b) Harus mempunyai hambatan abrasi tinggi
- c) Kemantapan termal tinggi
- d) Diameter pori kecil, yang mengakibatkan luas permukaan yang diunjukkan yang lebih tinggi dan kapasitas permukaan tinggi karenanya untuk adsorpsi
- e) Adsorben-adsorben itu harus pula mempunyai suatu struktur pori yang terpisah jelas yang memungkinkan dengan cepat pengangkutan dari uap air yang berupa gas.

Secara umum, menurut Syauqiah Isna,dkk (2011) faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut:

a) Luas permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben.

b) Jenis adsorbat

Peningkatan polarisabilitas adsorbat akan meningkatkan kemampuan adsorpsi molekul yang mempunyai polarisabilitas yang tinggi (polar) memiliki kemampuan tarik menarik terhadap molekul lain dibandingkan molekul yang tidak dapat membentuk dipol (non polar); Peningkatan berat molekul adsorbat dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi. Adsorbat dengan rantai yang bercabang biasanya lebih mudah diadsorpsi dibandingkan rantai yang lurus.

c) Struktur molekul adsorbat

Hidroksil dan amino mengakibatkan mengurangi kemampuan penyisihan sedangkan Nitrogen meningkatkan kemampuan penyisihan.

d) Konsentrasi Adsorbat

Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben.

e) Temperatur

Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun.

f) pH

pH larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi.

g) Kecepatan aliran atau debit

Menentukan kecepatan waktu kontak adsorben dan adsorbat. Bila aliran terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula, tetapi bila aliran terlalu cepat kemungkinan struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

h) Waktu Kontak

Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan.

Waktu kesetimbangan dipengaruhi oleh:

- (1) Tipe biomasa (jumlah dan jenis ruang pengikatan),
- (2) Ukuran dan fisiologi biomasa (aktif atau tidak aktif),
- (3) Ion yang terlibat dalam sistem biosorpsi
- (4) Konsentrasi ion logam.

Porositas adsorben juga mempengaruhi daya adsorbs dari suatu adsorben. Adsorben dengan porositas yang besar mempunyai kemampuan menyerap yang lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben yang memiliki porositas kecil. Untuk meningkatkan porositas dapat dilakukan dengan mengaktivasi secara fisika seperti mengalirkan uap air panas ke dalam pori-pori adsorben atau mengaktivasi secara kimia

2) Filtrasi

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan zat padat dari fluida (cair maupun gas) yang membawanya menggunakan suatu medium berpori atau bahan berpori lain untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid. Secara umum filtrasi adalah proses yang digunakan pada pengolahan air

bersih untuk memisahkan bahan pengotor (partikulat) yang terdapat dalam air. Pada prosesnya air merembes dan melewati media filter sehingga akan terakumulasi pada permukaan filter dan terkumpul sepanjang kedalaman media yang dilewatinya. Filter juga mempunyai kemampuan untuk memisahkan partikulat semua ukuran termasuk didalamnya algae, virus, dan koloid-koloid tanah. Pada filtrasi dengan media berbutir, terdapat mekanisme filtrasi sebagai berikut:

- a) Penyaringan secara mekanis (mechanical straining)
- b) Sedimentasi
- c) Adsorpsi atau gaya elektrokinetik
- d) Koagulasi dalam filter bed
- e) Aktivitas biologis

Susunan media berdasarkan ukurannya dibedakan menjadi:

- a) Seragam (*uniform*), ukuran butiran media filter relatif sama dalam satu bak
- b) Gradasi (*stratified*), ukuran butiran media tidak sama dan tersusun bertingkat
- c) Tercampur (*mixed*), ukuran butiran media tidak sama dan bercampur.

Teknologi saringan yang banyak diterapkan di Indonesia biasanya adalah saringan pasir lambat konvensional dengan arah aliran dari atas ke bawah (*Down Flow*), sehingga jika kekeruhan air baku naik, terutama pada waktu hujan, maka sering terjadi penyumbatan pada saringan pasir, sehingga perlu dilakukan pencucian secara manual dengan cara mengeruk media pasirnya dan dicuci, setelah bersih dipasang lagi seperti semula, sehingga memerlukan tenaga yang cukup banyak.

Kriteria-kriteria yang membedakan antara sistem filtrasi *Up Flow* dan *Down Flow* sebagai berikut :

- a) Sistem filtrasi *Up Flow* mempunyai umur operasi yang lebih lama daripada sistem filtrasi *Down Flow*.
- b) Perawatan sistem filtrasi *Up Flow* lebih mudah daripada sistem filtrasi *Down Flow*, karena metode *Up Flow* pencucian media penyaring (pasir) dilakukan dengan cara membuka kran penguras, sehingga air hasil saringan yang berada diatas lapisan pasir berfungsi sebagai air pencuci, sehingga pencuciannya dapat dilakukan kapan saja, sedangkan metode *Down Flow* harus dilakukan dengan cara manual yaitu dengan pengeluaran atau pengerukan media penyaringannya.
- c) Sistem filtrasi *Up Flow* memiliki tekanan yang lambat dibanding metode *Down Flow*, dimana metode *Up Flow* air didistribusikan ke dalam alat penyaringan dengan arah aliran air dari bawah ke atas, sedangkan metode *Down Flow* dimana air didistribusikan ke dalam alat penyaringan dengan arah aliran air dari atas ke bawah.

Selain dengan adsorpsi dan filtrasi, proses yang dapat dilakukan untuk melunakkan air sadaha adalah dengan :

- 1) Pemanasan

Garam $MgCO_3$ bersifat larut dalam air dingin, namun semakin tinggi temperatur air, kelarutan $MgCO_3$ semakin kecil, bahkan hingga menjadi tidak larut dan dapat mengendap. Garam $CaCO_3$ kelarutannya lebih kecil dari pada $MgCO_3$, sehingga pada air dinginpun sebagian $CaCO_3$ mengendap, pada air panas pengendapannya akan lebih banyak lagi. Berdasarkan sifat ini, kesadahan yang disebabkan oleh kation Mg^{2+} dan Ca^{2+} dapat dihilangkan dengan cara pemanasan. Dikarenakan sifat ini maka air sadah tidak dikehendaki pada air industri

karena dapat menimbulkan endapan/kerak pada peralatan pemanas seperti boiler dan lain sebagainya

2) Penyulingan (*Distillation*)

Pelunakkan dengan cara ini dilakukan dengan penguapan air. Air yang diuapkan meninggalkan semua senyawa kesadahan

3) Proses pengendapan atau proses kapur soda

Pada proses ini tujuannya adalah untuk membentuk garam-garam kalsium dan magnesium menjadi bentuk garam-garam yang tidak larut, sehingga dapat diendapkan dan dapat dipisahkan dari air. Bentuk garam kalsium dan magnesium yang tidak larut dalam air adalah :

a) Kalsium Karbonat (CaCO_3)

b) Magnesium Hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH})_2$)

Untuk menghilangkan kesadahan sementara kalsium, ditambahkan kapur

4) Pertukaran ion (*Ion Exchange*)

Pada proses pertukaran ion, ion kalsium dan magnesium ditukar dengan ion sodium. Pertukaran ini berlangsung dengan cara melewatkan air sadah ke dalam unggun butiran yang terbuat dari bahan yang mempunyai kemampuan menukarkan ion. Terdapat beberapa bahan penukar ion yaitu : Bahan penukar ion alam yang disebut greensand atau zeolit, kemudian bahan penukar ion zeolit buatan dan yang saat ini sering digunakan adalah bahan penukar ion yang disebut resin penukar ion. Resin penukar ion umumnya terbuat dari partikel *cross-linked polystyrene*. Terdapat beberapa resin penukar ion yang diproduksi oleh berbagai pabrik dan dipasarkan masing-masing mempunyai nama dagang tersendiri. Untuk proses penghilangan kesadahan atau pelunakan, resin yang digunakan adalah resin penukar kation yang mengandung sodium.

5) Elektrodialisis

Pelunakkan dengan cara ini air dilewatkan diantara dua plat dengan muatan listrik. Metal-metal di dalam air ditarik ke plat dengan muatan negatif sementara yang non metal ditarik ke plat dengan muatan positif. Kedua jenis ion ini dapat ditangani dengan plat. Elektrodialisis sering digunakan pada air yang sangat sadah, dengan kesadahan lebih dari 500 mg/L sebagai CaCO

6) Reverse-Osmosis (*Reverse-osmosis softening*)

Pelunakkan ini mengalirkan air dengan tekanan melalui suatu selaput *semi-permeable*. Kalsium, magnesium, dan padatan terlarut (*dissolved solid*) ditangkap ketika air yang dilunakkan dilewatkan melalui membran tersebut.

d. Media dalam Unit Penurunan Kesadahan

Dalam pengolahan air bersih media pengolahan sangat diperlukan untuk mendukung kelancaran proses pengolahan karena mampu menyerap ion-ion dalam air yang menjadikan air bebas dari unsur logam serta jernih sehingga tidak membahayakan kesehatan.

Dalam fitrasi penurunan kadar kesadahan media yang digunakan antara lain:

1) Zeolit

Zeolit adalah senyawa aluminium silikat berhidrat dengan kation natrium, kalium, dan barium. Secara kimia zeolit dapat dituliskan dengan rumus empirik $M_{2/n}O \cdot Al_2O_3 \cdot ySiO_2 \cdot wH_2O$. y adalah 2 atau lebih besar, n adalah valensi kation, dan w melambangkan air yang terkandung di dalamnya. Keberadaan atom aluminium ini secara keseluruhan akan menyebabkan zeolit bermuatan negatif yang mampu mengikat kation. Dengan demikian dapat digunakan untuk mengikat kation-kation pada air, seperti besi (Fe), aluminium (Al), atau magnesium (Mg).

Disamping itu, zeolit juga mudah melepas kation dan diganti dengan kation lainnya, misalnya zeolit melepas natrium dan digantikan dengan mengikat kalsium atau magnesium.

Menurut Marsidi, (2001) sumber zeolit terbagi menjadi dua, pertama yaitu zeolit yang berasal dari alam selanjutnya disebut zeolit alam, kedua adalah zeolit buatan yaitu zeolit yang dibuat oleh manusia.

Zeolit alam ditemukan dalam bentuk sedimentasi yang terjadi akibat proses alterasi debu-debu vulkanik oleh air. Pada kenyataannya sedimentasi zeolit berlangsung secara berkesinambungan pada dasar lautan. Dari studi kelautan diketahui bahwa zeolit tipe Philipsit adalah mineral yang terbanyak di alam.

Zeolit buatan dibuat dengan cara meniru proses hidrotermal yang terjadi pada mineral zeolit alam. Zeolit buatan dibuat dari gel alumino silikat yaitu suatu jenis gel yang terbuat dari larutan natrium aluminat, natrium silikat dan natrium hidroksida. Struktur gel terbentuk karena polimerisasi anion-anion aluminat dan silikat. Perbedaan pada komposisi kimia dan distribusi berat molekul dari larutan, akan menyebabkan perbedaan struktur zeolit yang terjadi. Saat ini lebih kurang terdapat 30 jenis zeolit buatan, sebagai hasil dari variasi parameter seperti temperatur, kristalisasi dan komposisi awal gel. Indonesia sebagai daerah vulkanis, memiliki produk gunung berapi, berupa mineral zeolit yang cukup banyak.

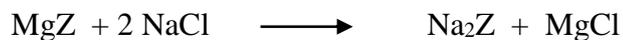
Air sadah yang dialirkan melalui kolom zeolit akan mengalami pertukaran ion, ion Ca dan ion Mg dalam air sadah ditukar dengan ion Na dalam zeolit. Hal tersebut berlangsung terus sampai suatu saat ion Na dalam zeolit sudah habis ditukar dengan ion Ca dan Mg dari dalam air, pada keadaan ini zeolit

tersebut dinamakan telah jenuh yang berarti zeolit tidak mampu lagi melakukan pertukaran ion.

Agar dapat kembali aktif, zeolit yang telah jenuh harus di regenerasi dengan cara mengalirkan larutan garam dapur (NaCl 10-25 %) ke dalam unggun zeolit yang telah jenuh tersebut. Pada proses regenerasi ini akan terjadi pertukaran ion Na dari dalam larutan air garam, masuk ke dalam zeolit untuk menggantikan ion Ca dan Mg dari dalam zeolit. Adapun reaksi yang terjadi pada saat proses pelunakan air sadah berlangsung adalah sebagai berikut :



Sedangkan reaksi yang terjadi pada saat proses regenerasi berlangsung adalah sebagai berikut :



Menurut B, Rahma (2013), Keunggulan menggunakan zeolit sebagai bahan untuk pelunakan air sadah, antara lain :

- a) Mempunyai sistem yang kompak sehingga mudah dioperasikan
- b) Dapat dibuat kontinue
- c) Presentasi pengurangan kesadahan relatif besar
- d) Harganya relatif murah dan mudah didapat

Namun demikian ada juga beberapa kekurangan dalam menggunakan zeolit pada pelunakan air yaitu :

- a) Tidak dapat digunakan pada air yang mengandung kekeruhan air lebih dari 10mg/l
- b) Efisiensi zeolit akan berkurang apabila air mengandung unsur-unsur sebagai berikut : minyak, H₂S, mengandung ion Fe²⁺ atau Mn²⁺ lebih dari 2 mg/l dan mengandung sodium yang tinggi.

- c) Tidak dapat dioperasikan pada air yang mempunyai kesadahan lebih dari 800 mg/l.

Sesuai dengan karakteristik tersebut diatas, maka proses pelunakkan tidak bisa langsung diterapkan pada air keruh atau air yang mengandung kadar besi tinggi. Oleh karena itu kualitas air baku perlu diperhatikan. Untuk air baku yang tidak memenuhi syarat harus dilakukan pre-treatment dahulu yaitu suatu proses pengolahan yang dilakukan sebelum proses penukar ion. Sebagai contoh untuk air baku yang keruh terlebih dahulu dilakukan penyaringan dengan saringan pasir, sementara untuk air baku yang banyak mengandung besi dilakukan penyaringan dengan saringan mangan zeolit.

Menurut Bambang P, dkk, (1995) (dalam Nurhayati, 2009) Zeolit mempunyai sifat-sifat kimia, diantaranya :

- a) Sifat dehidrasi.

Sifat dehidrasi zeolit akan berpengaruh terhadap sifat adsorbsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari rongga permukaan dan menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan akan efektif terinteraksi dengan molekul yang akan diadsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila kristal zeolit tersebut dipanaskan.

- b) Sifat adsorpsi.

Dalam keadaan normal ruang hampa kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada di sekitar kation. Bila kristal zeolit dipanaskan pada suhu 300 - 400°C maka ion tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Beberapa jenis mineral zeolit mampu menyerap gas atau zat, zeolit juga mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran kepolarannya.

c) Sifat penukar ion.

Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit, ion-ion dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion menjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat sebagai penukar ion dari zeolit antara lain tergantung dari : sifat kation, suhu, dan jenis anion. Penukar kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti terhadap panas, sifat adsorpsi dan sifat panas.

d) Katalis berpori

Dengan pori-pori sangat kecil akan memuat molekul-molekul kecil tetapi mencegah molekul besar masuk. Selektivitas molekuler seperti ini disebut *molecular sieve* yang terdapat dalam substansi zeolit alam.

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 (Solikah & Utami, 2014). Penggunaan zeolit sebagai media filter sangat efektif, sebab zeolit dalam bekerja tidak bergantung pada suhu, pH dan tidak terpengaruh oleh desinfektan dan zat kemoterapik.

Dalam fungsinya sebagai filter kimia, zeolit bekerja dengan memanfaatkan kemampuan pertukaran ion. Zeolit adalah penukar kation yang efektif, yang memiliki nilai KTK (kemampuan tukar kation) sebesar 200-500 cmolc/kg. Selain itu dalam sifat sebagai adsorpsi ukuran zeolit sangat berpengaruh terhadap daya serapnya. Ukuran zeolit mempengaruhi kapasitas adsorpsi dari zeolit, karena ukuran yang kecil memiliki luas bidang penyerap yang lebih besar dari pada yang berukuran besar pada berat total

yang sama. Dalam menurunkan kadar kesadahan air, ketebalan media yang digunakan juga akan mempengaruhi hasil penurunan kadar kesadahan, ketebalan media juga akan mempengaruhi lama kontak air dengan media (Rahmah, 2014)

2) Ijuk

Penggunaan ijuk sebagai media filtrasi bertujuan untuk menyaring komponen-komponen halus. Penggunaan ijuk tidak merubah komposisi air yang melewati.

3) Pasir kuarsa

Pasir kuarsa sering disebut pasir putih atau pasir silika yang merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti kuarsa dan feldspar. Pasir kuarsa memiliki komposisi yang merupakan gabungan dari SiO_3 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_3 , CaO , MgO , dan K_2O . Beberapa senyawa tersebut berikatan satu sama lain sehingga dapat menghilangkan sifat fisik air seperti bau dan kekeruhan. Butiran pasir kuarsa ini memiliki pori-pori dan celah yang mampu menyerap dan menahan partikel dalam air. Pasir kuarsa mempunyai fungsi ampuh untuk menghilangkan sifat fisik air seperti kekeruhan atau lumpur serta bau dengan mekanisme menyaring kotoran dan air, pemisah sisa-sisa flok serta pemisah partikel besi yang terbentuk setelah kontak dengan udara. Selama penyaringan koloid suspensi dalam air akan ditahan dalam media porous tersebut sehingga kualitas air akan meningkat.

4) Kerikil

Kerikil yang digunakan dalam proses filtrasi berfungsi sebagai media penyangga agar media pasir tidak terbawa aliran hasil penyaringan, sehingga penyumbatan dapat dihindari.

e. Dampak Kesadahan

1) Dampak Positif

Dampak positif dari adanya kesadahan dalam air adalah tersedianya kalsium yang dibutuhkan tubuh untuk pertumbuhan tulang dan gigi. Selain itu senyawa timbal dari pipa air lebih sukar larut dalam air sadah sehingga kemungkinan terjadinya pencemaran air oleh logam berat ini dapat diminimalkan. Senyawa timbal merupakan racun bagi tubuh manusia.

2) Dampak Negatif

a) Kerugian Terhadap Kondisi Ekonomi

Kerak pada ketel akan menyebabkan penghantaran panas yang lama sehingga meningkatkan biaya pemanasan. Dalam kegiatan sehari-hari air dengan kesadahan tinggi juga menyebabkan pemakaian sabun menjadi tidak ekonomis.

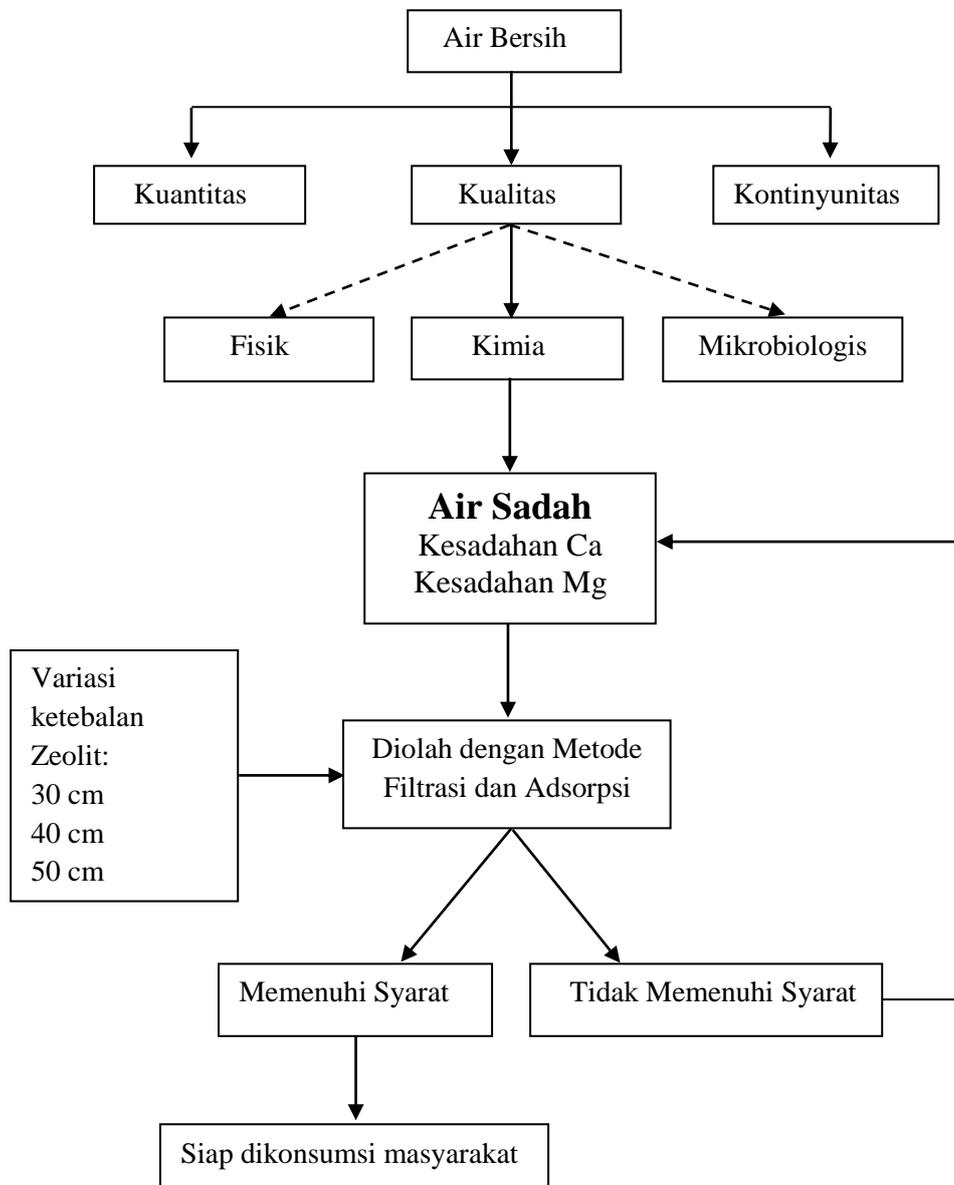
b) Kerugian Terhadap Kesehatan

Menurut WHO air yang tingkat kesadahan tinggi akan menimbulkan dampak terhadap kesehatan yaitu dapat menyebabkan penyumbatan pembuluh darah jantung (cardiovascular disease) dan batu ginjal (urolithiasis) disamping itu kelebihan kalsium akan mengakibatkan jaringan otot menjadi rusak.

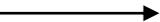
c) Efek Kalsium Terhadap Teknis

Air sadah dapat merusak peralatan yang terbuat dari besi, yaitu melalui proses pengkaratan (korosi) serta mudah menimbulkan endapan atau kerak pada peralatan seperti tangki/bejana air, ketel uap, pipa penyaluran dan lain sebagainya.

C. Kerangka Teori



Gambar 2.1 Kerangka Teori

Keterangan :  = Diteliti
 = Tidak diteliti