

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

1. Penelitian Oktavionata Wiyant Chaniago tahun 2018 yang berjudul **“Pengaruh Filtrasi *Double Up Flow* dengan Media Batu Zeolit Untuk Menurunkan Kesadahan Air Sumur di Desa Kuncen Kecamatan Taman Kota Madiun”** dilaksanakan di laboratorium kimia Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya Prodi DIII Sanitasi Kampus Magetan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penurunan tingkat kesadahan air sumur dengan filtrasi ganda ke atas menggunakan media zeolit dengan filtrasi *double up flow* dengan menggunakan media zeolit. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen semu (*quasy experiment*) dengan desain *The equivalen material grup, pretest-postest 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 proses filtrasi 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 floiow* 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.
2. Penelitian oleh Mega Sartika (2019) tentang **“Variasi Ketebalan Batu Zeolit dalam Menurunkan Kadar Kesadahan Air”** di laboratorium kimia Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya Prodi DIII Sanitasi Kampus Magetan mengenai penurunan kadar kesadahan pada air sumur

dengan kombinasi ketebalan media filter pasir dan zeolit dengan ketebalan 30 cm, 40 cm, dan 50 cm serta ukuran batu zeolit ± 3 mm. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas ketebalan batu zeolit (30 cm, 40 cm, dan 50 cm) dalam menurunkan kadar kesadahan air menggunakan metode adsorpsi dan filtrasi di Dusun Pelang Garem, Desa Pelang Lor, Kecamatan Kedunggalar, Kabupaten Ngawi. Dalam penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen deskriptif dengan desain *The Equivalent Material Group, Pretest-Posttest Design*. Spesimen air sadah diambil dari air sumur di Dusun Pelang Garem, Desa Pelang Lor, Kabupaten Ngawi. Hasil uji laboratorium menunjukkan rata-rata kadar kesadahan air sumur penduduk Dusun Pelang Garem, Desa Pelang Lor, Kecamatan Kedunggalar, Kabupaten Ngawi sesudah perlakuan dengan metode filtrasi adsorpsi menggunakan batu zeolit dengan ketebalan batu zeolit 30 cm adalah sebesar 576,5 mg/L sehingga persentase penurunan sebesar 5,8%. Pada ketebalan batu zeolit 40 cm adalah sebesar 530,6 mg/L sehingga persentase penurunan sebesar 13,3%. Sedangkan pada ketebalan batu zeolit 50 cm adalah sebesar 477,5 mg/L sehingga persentase penurunan sebesar 22,1%.

Tabel II.1
Matriks Perbedaan Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Desain Penelitian dan Uji	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Oktavionata Wiyant Chaniago	Pengaruh Filtrasi <i>Double Up Flow</i> Dengan Media Batu Zeolit Untuk Menurunkan Kesadahan Air Sumur di Desa Kuncen Kecamatan Taman Kota Madiun	Eksperimen semu (<i>quasi experiment</i>) dengan desain <i>The equivalent material grup, pretest-posttest design.</i> Penelitian Analitik, Uji yang digunakan adalah Uji Paired Sample T-Test	Variabel bebas yaitu kadar kesadahan sebelum perlakuan dengan filtrasi <i>double Up Flow</i> dengan penambahan media zeolit, variabel terikat yaitu kadar kesadahan setelah perlakuan dengan filtrasi <i>double Up Flow</i> dengan penambahan media zeolit, dan variabel pengganggu yaitu pH dan suhu	Kadar Kesadahan setelah dilakukan filtrasi <i>double up flow</i> dengan media zeolit diperoleh rata-rata 143,3 mg/L dengan persentase penurunan 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 H_0 ditolak 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

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Desain Penelitian dan Uji	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
2.	Mega Sartika	Variasi Ketebalan Batu Zeolit dalam Menurunkan Kadar Kesadahan Air	Eksperimen deskriptif dengan desain <i>The Equivalent Material Group, Pretest-Posttest Desig</i>	Variasi ketebalan batu zeolit (ketebalan 30 cm, 40 cm, dan 50 cm) untuk menurunkan kadar kesadahan menggunakan filtrasi <i>up flow</i> di Dusun Pelang Gareng, Desa Pelang Lor, Kecamatan Kedunggalar, Kabupaten Ngawi	Hasil penurunan kadar kesadahan air sumur setelah perlakuan dengan metode filtrasi adsorpsi menggunakan batu zeolit yaitu pada ketebalan batu zeolit 30 cm sebesar 35,7 mg/L persentase penurunan 5,8%, pada ketebalan batu zeolit 40 cm sebesar 69,1 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 13,3% dan pada ketebalan batu zeolit 50 cm sebesar 134,7 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 22,1%.

Peneliti tertarik untuk melanjutkan penelitian terdahulu oleh Mega Sartika dari Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya Program Studi Santasi pada tahun 2019 yang terdapat dalam penelitian yang berjudul “Variasi Ketebalan Batu Zeolit dalam Menurunkan Kadar Kesadahan Air”. Perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu adalah penggunaan ukuran batu zeolit yang berbeda yaitu dengan ukuran, 0,1-1 mm, 1-2 mm, dan 2-3 mm serta ketebalan batu zeolit 50 cm untuk menurunkan

kadar kesadahan pada air sumur di Dusun Ngambong, Desa Pitu, Kecamatan Pitu, Kabupaten Ngawi.

B. Landasan Teori

1. Air Bersih

a. Sumber Air Bersih

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 416 Tahun 1990 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air, air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak. Menurut Alamsyah (2007) bahwa sumber air bersih berasal dari air laut, air hujan, air permukaan, dan air tanah.

1) Air laut

Air laut memiliki rasa asin karena mengandung senyawa garam murni (NaCl) yang cukup tinggi. Menurut beberapa sumber penelitian, kadar garam murni air laut berkisar 3% dari jumlah total keseluruhan air laut. Dengan kondisi ini maka air laut tidak memenuhi syarat sebagai sumber air bersih (Alamsyah, 2007).

2) Air Hujan

Air hujan disebabkan oleh pemanasan sinar matahari melalui proses penguapan. Dalam kondisi ideal, air hujan merupakan air bersih yang dapat langsung dikonsumsi oleh manusia. Namun, pada saat proses penguapan, air yang menguap tercemar oleh polusi udara yang mengakibatkan bersifat asam pada air hujan. Sifat asam pada hujan dapat menyebabkan benda berbau logam menjadi berkarat. Selain sifat asam, air hujan mengandung kalsium dan magnesium yang tinggi sehingga bersifat. Indikasi air sadah adalah tidak terdapat sabun atau detergen meskipun telah dilarutkan dengan air. Maka, penggunaan sabun mandi atau sabun cuci menjadi boros. Selain kalsium dan magnesium, air hujan juga mengandung

beberapa senyawa dan unsur mineral, antara lain SO_4 , Cl , NH_3 , N_2 , dan O_2 (Alamsyah, 2007).

Dalam buku yang berjudul Kesehatan Lingkungan Sarudji (2006) menyatakan bahwa sifat-sifat air hujan sebagai berikut:

- a) Bersifat lunak (*soft water*), karena tidak mengandung garam-garam dan mineral.
 - b) Dapat mengandung zat-zat yang terdapat di udara seperti NH_3 dan CO_2 agresif ataupun SO_2 sehingga menyebabkan karat.
 - c) Air hujan memiliki kandungan bakteri yang lebih sedikit.
 - d) Curah hujan mempengaruhi jumlah air hujan. Daerah-daerah yang kekurangan sumber air bersih pada musim kemarau, persediaan air bersih berasal dari air hujan dan digunakan untuk keperluan sehari-hari. Penampungan Air Hujan (PAH) merupakan bak atau tempat untuk menyimpan air hujan.
- 3) Air permukaan

Air permukaan merupakan semua air yang berada di permukaan tanah seperti sumur, sungai, rawa, dan danau. Air permukaan merupakan proses peresapan dari air hujan. Air permukaan banyak digunakan untuk berbagai kepentingan antara lain untuk minum, kebutuhan rumah tangga, irigasi, pembangkit listrik, industri, dan sebagainya. Air permukaan harus dikelola terlebih dahulu sebelum dikonsumsi baik pengelolaan fisika, kimia, dan biologi. Terdapat dua jenis air permukaan yaitu air sungai dan air danau atau rawa (Alamsyah, 2007).

a) Air Sungai

Air yang mengalir di permukaan tanah disebut dengan air sungai. Air berwarna coklat, kekeruhan tinggi merupakan sifat fisik air yang disebabkan karena

percampuran antara air dengan pasir, lumpur, kayu, dan kotoran lain. Lingkungan sekitar air sungai mempengaruhi kualitas air sungai. Secara umum, kualitas air sungai di daerah hilir lebih rendah dibanding di daerah hulu yang diakibatkan oleh limbah rumah tangga dan industri yang tanpa pengelolaan langsung dibuang ke sungai. maka secara kualitas fisika, kimia, maupun biologi air di daerah hilir sungai rendah dan tidak layak dijadikan sumber air bersih (Alamsyah, 2007).

b) Air Danau atau Rawa

Air danau atau rawa adalah air permukaan yang terakumulasi di permukaan tanah dan membentuk cekungan. Terdapat warna hijau kebiruan pada permukaan air danau yang disebabkan pada permukaan dan dasar danau banyak ditumbuhi lumut. Selain lumut, warna air danau juga dipengaruhi oleh zat organik seperti kayu, daun, dan zat organik lainnya yang terurai oleh proses penguraian mikroorganisme di dalam air. Akibat proses dekomposisi, air waduk mengandung kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) yang relatif tinggi. Dalam kebanyakan kasus, air di danau memiliki kualitas yang lebih baik daripada air sungai. Tingkat polusi di danau relatif lebih rendah daripada di sungai (Alamsyah, 2007).

4) Air Tanah

Air tanah adalah air yang terdapat pada lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Selama osmosis air tanah mengalami penyaringan oleh lapisan-lapisan tanah. Air tanah lebih jernih dari air permukaan. Air tanah memiliki kandungan mineral yang cukup tinggi. Sifat dan kandungan mineral air tanah dipengaruhi oleh lapisan tanah yang dilaluinya. Kandungan mineral tanah antara lain Na Mg Ca Fe dan O₂. Kondisi tanah yang erkapur menyebabkan tingkat kesadahan air

tanahnya relatif tinggi air tanah di daerah erkapur mengandung ionion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam jumlah yang cukup besar. Kondisi tanah yang mengandung batu granit air tanahnya memiliki derajat kesadahan yang rendah karena mengandung unsur CO_2 dan $\text{Mn}(\text{HCO}_3)$ (Alamsyah, 2007).

Menurut Alamsyah (2007) air tanah diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu air tanah dangkal, air tanah dalam, dan mata air. Kelompok ini berkaitan dengan kualitas, kuantitas dan mineral yang ada dalam air tanah..

a) Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal memiliki kedalaman sekitar 15 meter di awah permukaan tanah. Jumlah air yang terkandung pada kedalaman ini cukup terbatas. Biasanya hanya digunakan untuk keperluan hidup seperti air minum mandi. pemanfaatan air tanah dangkal berupa sumur bor berdinding semen. Secara fisik air tanah tampak jernih dan tidak berwarna karena telah mengalami penyaringan oleh lapisan tanah. Kualitas air tanah di akuifer dangkal cukup baik, dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku air bersih. Jumlah air tanah dangkal dipengaruhi oleh musim dalam setahun. Pada musim hujan air tanah melimpah tetapi terbatas pada musim kemarau.(Asshofi, 2016).

b) Air Tanah Dalam

Air tanah dalam ditemukan pada kedalaman antara 100 dan 300 meter di bawah permukaan bumi. Air tanah dalam memiliki warna yang terang dan sangat cocok sebagai sumber air bersih karena telah banyak mengalami proses filtrasi oleh lapisan tanah. Kualitas air tanah dalam lebih baik daripada air tanah dangkal. Penyaringan air tanah dalam lebih lama, lebih lama dan lebih sempurna daripada air tanah dangkal. Jumlah airtanah dalam cukup besar dan tidak terlalu dipengaruhi oleh musim, sehingga airtanah

dalam dapat digunakan dalam waktu yang lama (Asshofi, 2016).

c) Mata Air

Mata air adalah air tanah yang diambil langsung dari permukaan bumi. Mata air banyak terdapat di lereng gunung yang mengalir keluar di dataran rendah. Mata air memiliki kualitas yang mendekati air tanah dalam dan sangat baik untuk sumbu air domestik. Mata air tersebut dapat digunakan sebagai sumber air minum untuk keperluan rumah tangga. Selain digunakan untuk keperluan rumah tangga seperti mandi dan mencuci kualitas air yang dihasilkan dari mata air tersebut cukup tinggi tidak terpengaruh oleh musim sehingga dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama untuk keperluan umum (Asshofi, 2016).

b. Persyaratan Air Bersih

Jeklin (2016) menyatakan bahwa persyaratan air bersih meliputi tiga aspek yaitu kualitas, kuantitas dan kontinuitas.

1) Kualitas

Air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan sistem penyediaan air domestik. Persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologi dan radiologis agar konsumsi air tidak menimbulkan reaksi yang merugikan (Jeklin, 2016).

a) Fisik

(1) Bau dan Rasa

Air yang berkualitas baik tidak berbau dan tidak berasa. Bau merupakan indikasi bahwa telah atau sedang terjadi proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme di dalam air. Bau dan rasa dapat disebabkan oleh fenol dalam air (Wiyono *et al*, 2017).

(2) TDS

Air yang baik dan layak adalah air bersih yang tidak mengandung padatan terlarut melebihi batas maksimum yang diperbolehkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 416 tahun 1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih yaitu 1000 mg/L (Wiyono *et al*,2017).

(3) Kekeruhan

Batas maksimal kekeruhan pada air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 416 tahun 1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih yaitu 5 NTU. Kekeruhan disebabkan oleh partikel yang tersuspensi di dalam air sehingga air menjadi keruh dan kotor. bahan yang dapat menyebabkan air keruh antara lain tanah liat, pasir, dan lumpur (Wiyono *et al*, 2017).

(4) Suhu

Air mempunyai suhu normal menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 416 tahun 1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih yaitu kurang lebih 3°C. Suhu air yang melebihi baku mutu menunjukkan indikasi terdapat zat kimia terlarut atau dekomposisi mikroba bahan organik sedang berlangsung (Wiyono *et al*, 2017).

(5) Warna

Warna air disebabkan oleh bahan kimia atau mikroorganisme yang terlarut dalam air. Warna yang dihasilkan oleh bahan kimia disebut *apparent colour* yang berbahaya bagi tubuh manusia. *True colour* merupakan warna yang disebabkan oleh mikroorganisme dan tidak berbahaya bagi kesehatan. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.

416 tahun 1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas menyatakan bahwa batas maksimal warna pada air yaitu sebesar 15 TCU (Wiyono *et al*, 2017).

b) Kimia

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 416 tahun 1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas menyatakan bahwa persyaratan kimia terbagi menjadi dua yaitu kimia anorganik dan kimia organik.

c) Biologi (Mikrobiologi)

Persyaratan mikrobiologi kualitas air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 416 tahun 1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih antara lain Total Koliform (MPN) dan Koliform tinja belum diperiksa dengan kadar maksimum yang diperbolehkan 0 dalam jumlah per 1000 ml.

d) Radio Aktivitas

Persyaratan mikrobiologi kualitas air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 416 tahun 1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih antara lain alpha (*Gross alpha activity*) dengan kadar maksimum yang diperbolehkan 0,1 Bg/L dan Aktivitas beta (*Gross beta activity*) dengan kadar maksimum yang diperbolehkan 1,0 Bg/L.

2) Kuantitas

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih dipertimbangkan dari ketersediaan air baku. Artinya air baku tersebut dapat memenuhi kebutuhan pelayanan masyarakat. Jumlah air yang dibutuhkan sangat tergantung pada tingkat kemajuan teknologi dan sosial ekonomi masyarakat setempat Berdasarkan pada Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 23 tahun 2006 tentang Pedoman Teknis dan Tata Cara Pengaturan Tarif Air Minum, standar kebutuhan pokok air sebesar 60

liter/orang/hari. Penyediaan air bersih harus memenuhi kebutuhan masyarakat karena keterbatasan sumber air minum menciptakan wabah penyakit di masyarakat. Kebutuhan air berbeda untuk setiap individu dan tergantung pada kondisi iklim, standar hidup dan kebiasaan masyarakat (Damayanti, 2018).

3) Kontinuitas

Persyaratan kontinuitas penyediaan air bersih sangat erat kaitannya dengan ketersediaan air baku yang ada di alam. Dengan kata lain kontinuitas disini adalah air baku untuk air bersih tersebut dapat diambil secara terus menerus dengan aliran fluktuatif yang relative stabil, baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan (Jeklin, 2016).

2. Kesadahan Air

a. Definisi Kesadahan Air

Kesadahan merupakan salah satu sifat kimia air dimana pengertian kesadahan adalah sifat kimia air yang mengandung beberapa mineral yang biasanya terdiri dari kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Kalsium dan magnesium adalah bentuk kontaminan air yang mempengaruhi kesadahan. Kedua ion ini mudah larut di dalam air yang dapat menyebabkan air menjadi keras (Saptati et al., 2016).

Setyowati (2018) menyatakan bahwa ada lima derajat kesadahan pada air berdasarkan kandungan kalsiumnya, yaitu kesadahan lunak sebesar 0-50 mg/L, kesadahan medium sebesar 50-150 mg/L, kesadahan keras sebesar 150-300 mg/L, dan kesadahan sangat keras sebesar >300 mg/L. Kesadahan air diklasifikasikan menjadi dua, yaitu kesadahan sementara (*temporary*) dan kesadahan tetap (*permanent*).

1. Kesadahan Sementara (*temporary*)

Air dengan kesadahan sementara merupakan air sadah yang mengandung ion bikarbonat (HCO_3^-) dari kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) atau garam-garam Karbonat (CO_3^{2-}). Air yang mengandung ion atau senyawa tersebut kesadahannya dapat diturunkan dengan pemanasan, dengan demikian air terbebas dari ion Ca^{2+} dan atau Mg^{2+} . Pada kondisi itulah air disebut dengan kesadahan sementara (Setyowati, 2018).

2. Air sadah tetap (*permanent*)

Anion kecuali ion bikarbonat yang terkandung dalam air disebut dengan kesadahan tetap, seperti ion Cl^- , NO_3^- dan SO_4^{2-} . Artinya senyawa yang terlarut 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). Karena kesadahan pada senyawa tersebut tidak bias hilang dengan pemanasan, air tersebut disebut dengan air dengan kesadahan tetap. Penghilangan kesadahan tetap dapat dilakukan dengan kimia, yaitu dengan mereaksikan air tersebut dengan bahan kimia tertentu. Reagen yang digunakan adalah larutan karbonat yaitu Na_2CO_3 atau K_2CO_3 . Tujuan penambahan larutan karbonat adalah untuk mengendapkan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} (Setyowati, 2018).

b. Faktor Penyebab Kesadahan Air

Menurut Fitriana, (2018) kesadahan air disebabkan banyaknya mineral di dalam air yang berasal dari batuan di dalam tanah, dalam bentuk ion dan ikatan molekul. Unsur terbesar (*major elemen*) yang ada dalam air adalah kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), natrium (Na^+), dan kalium (K^+). Ion-ion tersebut dapat berikatan dengan CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , dan PO_4^{3-} . Kandungan mineral dalam tanah berbeda-beda tergantung jenis tanahnya. Kandungan mineral tersebut menentukan kesadahan dalam air.

Menurut Sudarmadji, (2014), kesadahan pada air ini dapat terjadi karena air mengandung :

1. Senyawa kalsium dan magnesium dengan bikarbonat.
2. Senyawa Kalsium dan Magnesium dengan Sulfat, Nitrat, dan Klorida.
3. Garam Besi, zink, dan Silika.

c. Proses Terjadinya Kesadahan Air

Menurut Asmadi dan Kasjono, (2011) menyatakan bahwa biasanya kesadahan diakibatkan oleh adanya logam atau kation divalen, seperti Fe, Sr, Mn, Ca, dan Mg, dan penyebab utama kesadahan adalah kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg). Proses terjadinya kesadahan tidak terlepas dari siklus hidrologi. Sebagian air hujan yang mencapai dataran mengalir keluar (*overflow*) dan sebagian lagi meresap (*infiltrate*) kemudian meresap ke lapisan tanah yang lebih dalam. Saat mengalir di lapisan tanah atas (*top-soil*), aktivitas mikroba terjadi di dalam air, menghasilkan CO₂ dalam bentuk gas. Air dan CO₂ ini kemudian terbentuk menjadi asam karbonat (H₂CO₃). Asam karbonat ini bereaksi dengan batu kapur atau gamping (CaCO₃, MgCO₃) menjadi kalsium bikarbonat, Ca(HCO₃)² dan magnesium bikarbonat, Mg(HCO₃)².

d. Metode Penurunan Kadar Kesadahan Air

Pelunakan air sadah adalah proses untuk menghilangkan atau mengurangi kandungan Ca²⁺ dan Mg²⁺ di dalam air (Marsidi, 2001). Penyebab kesadahan dapat dikurangi atau dihilangkan dengan proses berikut :

1. Filtrasi

Filtrasi adalah proses pemisahan padatan terlarut dari air. Dalam proses ini, filter membran berperan memisahkan air dari partikel padat. Padatan disaring dari air termasuk kayu, daun, pasir, dan lumpur. Media yang digunakan untuk media filter memiliki persyaratan, yaitu ukuran pori-pori yang berukuran sesuai dengan ukuran padatan yang akan disaring dan

tahan lapuk. Bahan yang digunakan media filter antara lain pasir, ijuk, arang, kerikil, dan batu. Pasir digunakan untuk mengurangi kandungan lumpur dan bahan padat yang ada pada air. Arang tempurung, juga dikenal sebagai karbon aktif, dapat menghilangkan warna dan bau air yang disebabkan oleh polusi kimia. Untuk menyaring bahan padat yang berukuran kecil menggunakan ijuk sedangkan untuk menyaring bahan padat berukuran sedang dan besar menggunakan kerikil dan batu (Alamsyah, 2007).

Menurut Sartika, (2019) berdasarkan ukuran susunan media dibedakan menjadi 3 yaitu:

- a) *Uniform* (seragam) adalah partikel-partikel media filter dengan ukuran sama dalam satu unit
- b) *Stratified* (gradasi) adalah partikel media filter yang ukurannya yang tidak sama dan disusun berlapis-lapis
- c) *Mixed* (tercampur) adalah partikel media filter yang ukurannya yang tidak sama dan tercampur

Menurut Dawan, (2009) Teknologi filter yang banyak digunakan di Indonesia adalah filter saringan pasir lambat konvensional dengan arah aliran *down flow* yaitu arah aliran dari atas ke bawah, sehingga jika terjadi peningkatan kekeruhan air, terutama saat hujan, maka filter akan tersumbat, sehingga perlu dilakukan mencuci manual dengan cara media pasir dikeruk dan dibilas, setelah bersih dilakukan pemasangan ulang, sehingga membutuhkan tenaga yang cukup banyak. Kriteria yang membedakan antara sistem filtrasi *up flow* dan *down flow* sebagai berikut :

- a) Sistem filtrasi *down flow* memiliki masa pakai yang pendek dibandingkan dengan filtrasi *up flow*.
- b) Pemeliharaan sistem filtrasi *down flow* lebih sulit daripada sistem filtrasi *up 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.

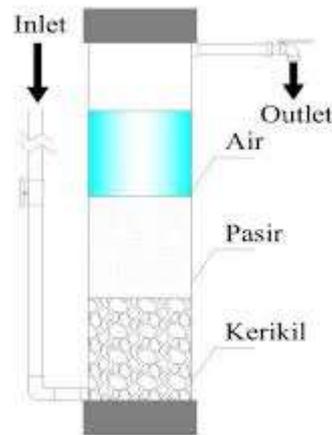
- c) Sistem filtrasi *down flow* memiliki tekanan yang lebih cepat dibanding metode *up flow*, dimana metode *up flow* air didistribusikan ke dalam alat penyaringan dengan arah aliran air dari bawah ke atas, sedangkan metode *down flow* dimana air didistribusikan ke dalam alat penyaringan dengan arah aliran air dari atas ke bawah.

Berdasarkan laju penyaringan, filtrasi dibagi menjadi dua yaitu:

- a) Saringan Pasir Cepat

Saringan pasir cepat terdiri dari lapisan pasir di bagian atas dan kerikil pada bagian bawah. Arah filter air adalah dari bawah ke atas (*up flow*). Air bersih diperoleh dengan penyaringan kasar terlebih dahulu melalui lapisan kerikil kemudian melalui lapisan pasir. Keuntungan saringan pasir cepat adalah dapat mengeluarkan air hasil penyaringan yang lebih banyak dari pada saringan pasir lambat, selain itu pada saringan pasir cepat umumnya dapat melakukan pencucian ulang saringan tanpa harus membongkar seluruhnya. Kerugian saringan pasir cepat Kerugian dari saringan pasir cepat adalah kurang efektif dalam menghilangkan bau dan rasa dengan adanya air yang disaring. Selain itu, karena aliran air yang cepat, lapisan bakteri yang berguna untuk menghilangkan patogen tidak akan terbentuk seperti yang terjadi pada saringan pasir lambat. Ini akan membutuhkan proses pembasmian kuman yang lebih intensif. Saringan pasir cepat, seperti saringan

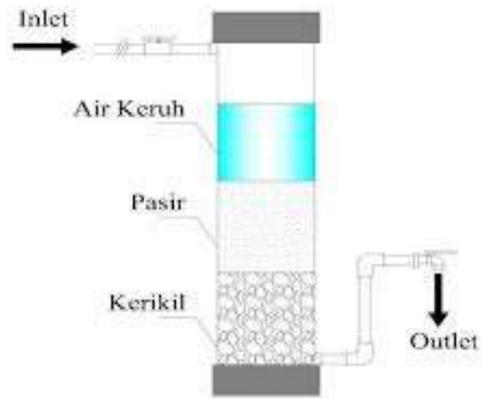
pasir lambat, terdiri dari lapisan pasir di bagian atas dan kerikil di bagian bawah. Akan tetapi, arah filtrasi air berbanding terbalik dengan filtrasi pasir lambat, yaitu aliran dari bawah keatas (*upflow*). Air bersih diperoleh dengan penyaringan kasar terlebih dahulu melalui lapisan kerikil kemudian melalui lapisan pasir (*Autoridad Nacional del Servicio Civil, 2021*).



Gambar II.1 Saringan Pasir Cepat

b) Saringan Pasir Lambat

Untuk memenuhi kebutuhan akan air bersih, saringan pasir lambat dapat digunakan untuk menyaring air keruh atau air kotor. Saringan pasir lambat sangat cocok untuk memenuhi kebutuhan air bersih di masyarakat kecil atau rumah tangga. Sistem saringan pasir lambat adalah teknologi pengolahan air yang sangat sederhana yang menghasilkan air bersih dan berkualitas baik. Sistem saringan pasir lambat ini memiliki keunggulan tidak memerlukan bahan kimia (koloid) yang merupakan kendala umum dalam proses pengolahan air pedesaan. Dalam sistem perawatan ini, proses utama adalah penyaringan dengan media (*Autoridad Nacional del Servicio Civil, 2021*).



Gambar II.2 Saringan Pasir Lambat

2. Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses penyerapan suatu bahan untuk membuat air menjadi jernih karena zat-zat yang ada di dalamnya terikat satu sama lain oleh bahan penyerap. Penyerapan (adsorpsi) adalah proses penyerapan ion-ion bebas dalam air oleh penyerap. Misalnya, penyerapan ion oleh karbon aktif. Adsorben yang umum digunakan adalah karbon aktif karena cocok untuk mengolah air olahan yang mengandung fenol dan bahan dengan berat molekul tinggi. Contoh zat lain yang dapat digunakan untuk adsorpsi adalah zeolit dan resin yang merupakan polimerisasi polihidrat fenol dengan formaldehida. Zeolit memiliki kapasitas tinggi sebagai adsorben dengan menggunakan mekanisme adsorpsi fisik (melibatkan *Van der Waals*), adsorpsi kimia (melibatkan gaya elektrostatik), ikatan hidrogen, dan pembentukan zeolit menjadi kompleks koordinasi. Zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga dapat menyerap sejumlah besar molekul yang lebih kecil atau tergantung pada ukuran rongga (Sartika, 2019).

Menurut Pratiwi, (2016) faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi adalah:

a) Jenis adsorbat

Jenis adsorbat meliputi ukuran molekul adsorbat.

Ukuran molekul yang sesuai dari molekul adsorbat penting untuk terjadinya adsorpsi, karena molekul yang dapat diadsorpsi adalah molekul yang berdiameter lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben (Pratiwi, 2016).

b) Suhu

Ketika molekul adsorbat menempel pada permukaan adsorben, sejumlah energi dilepaskan sehingga adsorpsi disebut dengan eksotermik. Eksotermik adalah reaksi kimia yang menghasilkan panas. Pada reaksi ini, kalor dipindahkan dari sistem ke lingkungan sehingga lingkungan menjadi lebih panas. Ketika suhu rendah, kapasitas adsorpsi meningkat sehingga adsorbat meningkat (Pratiwi, 2016).

c) Karakteristik adsorben

Ukuran pori dan luas permukaan adsorben merupakan karakteristik penting penyerap. Ukuran pori berhubungan dengan luas permukaan, semakin kecil ukuran pori adsorben maka semakin tinggi luas permukaannya. Jadi jumlahnya molekul yang teradsorpsi akan meningkat. Selain itu, kemurnian adsorben juga merupakan karakterisasi utama di mana fungsi adsorben lebih murni yang lebih diinginkan karena kemampuan adsorpsinya yang tinggi bagus (Pratiwi, 2016).

d) Ukuran Media

Semakin kecil ukuran batu zeolit maka semakin besar penurunan kesadahan pada air sumur dan semakin besar ukuran batu zeolit maka semakin kecil atau semakin berkurang penurunan kesadahan pada air sumur. Menurut Yamliha, (2013) ukuran yang lebih kecil memiliki luas kontak yang lebih besar, sehingga dapat mengadsorpsi kesadahan lebih banyak dibandingkan dengan ukuran yang lebih besar. Karena laju adsorpsi sebanding dengan luas

kontak adsorben, semakin besar luas kontak adsorben maka laju adsorpsi juga akan semakin besar.

e) Ketebalan Media

Semakin tebal batu zeolit maka semakin besar penurunan kesadahan pada air dan semakin tipis ukuran batu zeolit maka semakin kecil atau semakin berkurang penurunan kesadahan pada air. Proses penambahan ketebalan batu zeolit dapat menghasilkan penurunan kesadahan yang besar, karena luas permukaan serapan yang lebih besar mampu menyerap partikel kesadahan lebih banyak.

f) Waktu Kontak

Waktu kontak adalah lama waktu paparan batu zeolit dengan air sadah yang akan diolah. Semakin lama waktu kontak yang terjadi pada batu zeolit dan air sadah maka semakin besar pula penurunan kesadahan yang terjadi. Waktu kontak berbanding lurus dengan penurunan kesadahan karena waktu kontak mempengaruhi kinerja batu zeolit dimana terjadi adsorpsi.

g) Debit Air

Debit adalah banyaknya air yang mengalir dalam satuan waktu. Menurut Wiyono, (2017) Aliran air atau debit yang terlalu cepat memungkinkan struktur adsorben cepat rusak sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

3) Pertukaran Ion

Pada tahapan pertukaran ion, ion kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) mengalami pertukaran dengan ion sodium. Proses pertukaran ini terjadi dengan cara air sadah melewati bagian dalam butiran ungun yang terbuat dari bahan berkemampuan sebagai pertukaran ion. Ada beberapa bahan untuk pertukaran ion yaitu penukar ion alam disebutkan zeolit atau (*greensand*), lalu material penukar ion buatan yang

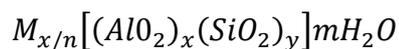
umumnya disebut dengan resin penukar ion. Resin penukar ion biasanya berasal dari partikel *cross-linked polystyrene*. Resin penukar ion diproduksi banyak oleh pabrik yang berbeda dan dijual di pasar masing-masing dan memiliki nama dagang secara terpisah. Untuk proses pengurangan kesadahan atau pelunakan, resin digunakan sebagai resin penukar kation mengandung yang mengandung sodium (Marsidi, 2001).

e. Media dalam Unit Penurunan Kesadahan

Sartika, (2019) menyatakan bahwa dalam pengelolaan air bersih media pengelolaan sangat penting untuk mendukung kelancaran karena dapat menyerap ion dalam air yang mengakibatkan terjadinya air bebas dari unsur logam dan jernih sehingga tidak menimbulkan bahaya kesehatan. Dalam fitrasi penurunan kadar kesadahan media yang digunakan antara lain:

1. Zeolit

Kata zeolit berasal dari kata Yunani *zein* yang berarti buih dan *lithos* yang berarti batu. Zeolit adalah mineral hasil proses tambang yang lunak dan mudah kering. Warna dari zeolit adalah putih keabu-abuan, putih kehijau-hijauan, atau putih kekuning-kuningan (Srihapsari, 2006). Rumus komposisi zeolit dapat dinyatakan sebagai berikut:



- Dimana :
- n : Valensi kation M (alkali / alkali tanah)
- x, y : Jumlah tetrahedron per unit sel
- m : Jumlah molekul air per unit sel
- M : Kation alkali / alkali tanah

Menurut Sartika, (2019) zeolit dapat digunakan untuk mengikat kation pada air, seperti besi (Fe), aluminium (Al), atau magnesium (Mg). Selain itu, zeolit juga mudah melepaskan kation dan digantikan oleh kation lain, misalnya zeolit melepas

natrium dan digantikan dengan mengikat kalsium (Ca) atau magnesium (Mg) yang terkandung pada kesadahan air.

Menurut Marsidi, (2001) Air sadah yang mengalir 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.

2. Pasir kuarsa

Menurut Sartika, (2019) pasir kuarsa biasa dikenal dengan pasir putih atau pasir silika yang merupakan hasil pelapukan mineral utama pada batuan, seperti kuarsa dan *feldspar*. Butiran pasir kuarsa ini memiliki rongga dan pori yang mampu melakukan penyerapan dan penahanan partikel pada air. Pasir kuarsa memiliki fungsi sebagai penghilang sifat fisik air seperti kekeruhan atau kerak dan bau dengan penyaringan pada kotoran dan air, memisahkan endapan flok dan memisahkan partikel besi yang terbentuk setelah terpapar udara. Selama penyaringan koloid suspensi dalam air akan dipertahankan dalam media berpori untuk meningkatkan kualitas air.

3. Kerikil

Menurut Kusnaedi (2006), kerikil adalah batuan yang berukuran lebih dari 2 mm. Kerikil memiliki bentuk yang tidak beraturan tetapi proses pengayakan kerikil dapat menghasilkan ukuran yang sama. Kerikil yang digunakan dalam proses filtrasi

berfungsi sebagai media penyangga agar media pasir tidak terbawa aliran hasil penyaringan, sehingga penyumbatan dapat dihindari

f. Dampak Kesadahan

Dengan adanya kesadahan pada air bersih dapat menimbulkan dampak positif maupun negatif bagi manusia diantaranya:

1. Dampak Positif

Dampak positif dari kesadahan pada air yaitu tersedianya kalsium (Ca) yang diperlukan tubuh untuk pertumbuhan tulang dan gigi. Selain itu senyawa timbal dari pipa air lebih sulit larut dalam air sadah yang dapat mengurangi kemungkinan kontaminasi logam berat pada air (Sartika, 2019)

2. Dampak Negatif

Menurut Sartika, (2019) dampak negatif dari kesadahan antara lain:

a. Kerugian Terhadap Kondisi Ekonomi

Kerak pada panci dan ketel akan menyebabkan penghantaran panas yang lama sehingga meningkatkan biaya pemanasan. Dalam kegiatan sehari-hari air dengan kesadahan tinggi juga menyebabkan pemakaian sabun menjadi boros sehingga tidak ekonomis. Sabun natrium (*sodium soap*) terlebih dahulu bereaksi dengan kation penyebab kesadahan dan membentuk endapan sehingga tidak dapat berbusa sampai ion kesadahannya habis bereaksi (Sartika, 2019).

b. Kerugian Terhadap Kesehatan

Menurut *World Health Organization* (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. Kesadahan

yang tinggi dapat menyumbat pori-pori sehingga kulit terasa kasar dan tidak nyaman (Analís et al., 2016).

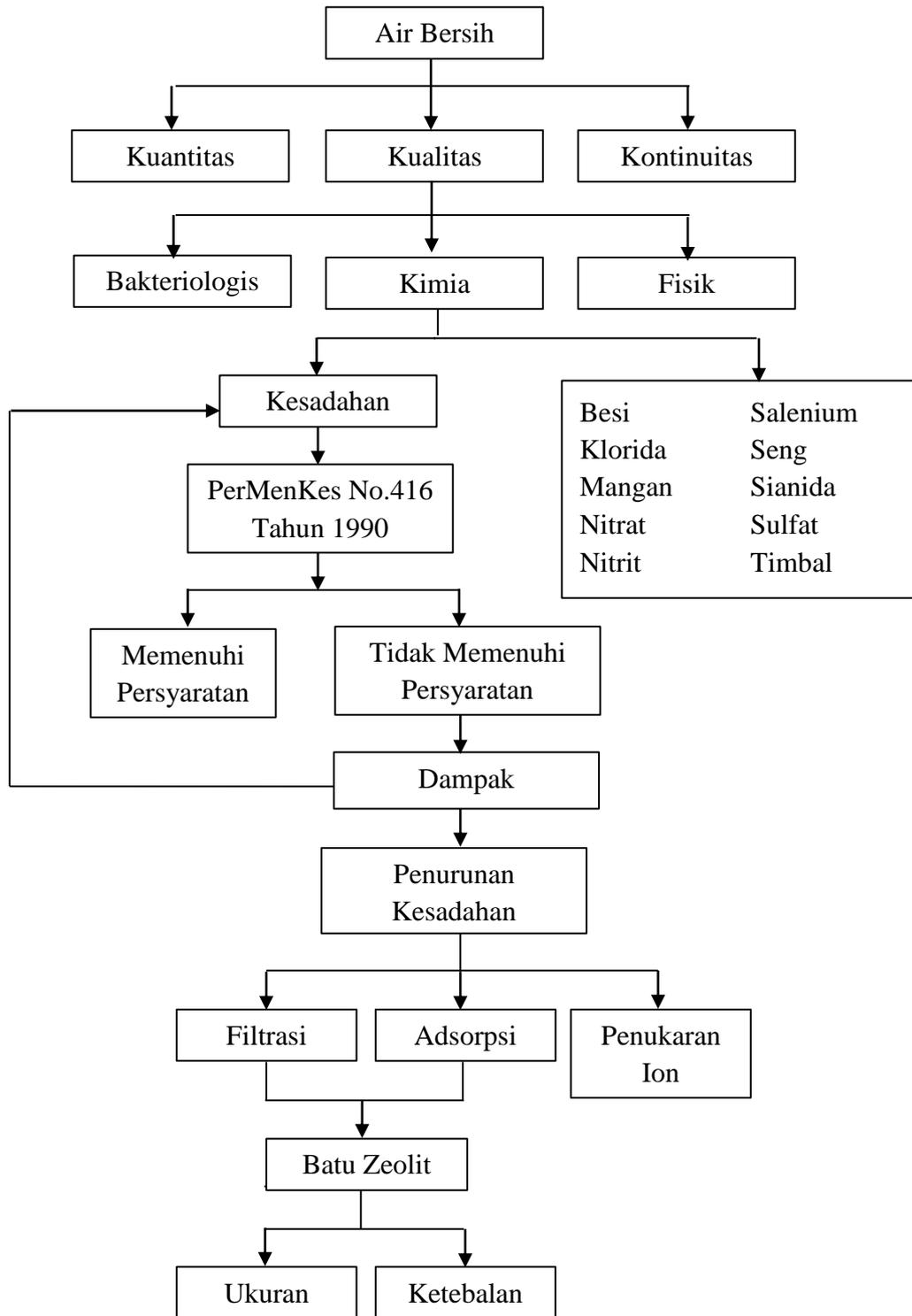
c. Efek Kesadahan Terhadap Teknis

Kesadahan yang terlalu tinggi akan menambah pH larutan sehingga daya kerja aluminat tidak efektif karena ion aluminium yang bersifat amfoter akan mengikuti lingkungannya dimana akan terbentuk senyawa aluminium yang sukar mengendap. Apabila kesadahan terlalu rendah, secara simultan alkalinitas juga cenderung rendah. Hal ini akan mengganggu penyusunan ikatan koloida dengan aluminat dimana gugus hidrofobik koloida akan tetap melayang dan sukar bereaksi dengan koagulan yang mengakibatkan masa atom relatif ringan sehingga sukar mengendap. Air sadah tidak menguntungkan atau mengganggu proses pencucian menggunakan sabun. Apabila sabun digunakan pada air sadah, mula-mula sabun harus bereaksi terlebih dahulu dengan setiap ion kalsium dan magnesium yang terdapat dalam air sebelum sabun dapat berfungsi menurunkan tegangan permukaan. Hal ini bukan hanya memboroskan penggunaan sabun, tetapi gumpalan-gumpalan yang terjadi akan mengendap menjadi lapisan tipis pada alat-alat yang dicuci sehingga mengganggu pembersihan dan pembilasan oleh air.

Air sadah juga 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, dan pipa penyaluran (Sartika, 2019).

B. Kerangka Teori

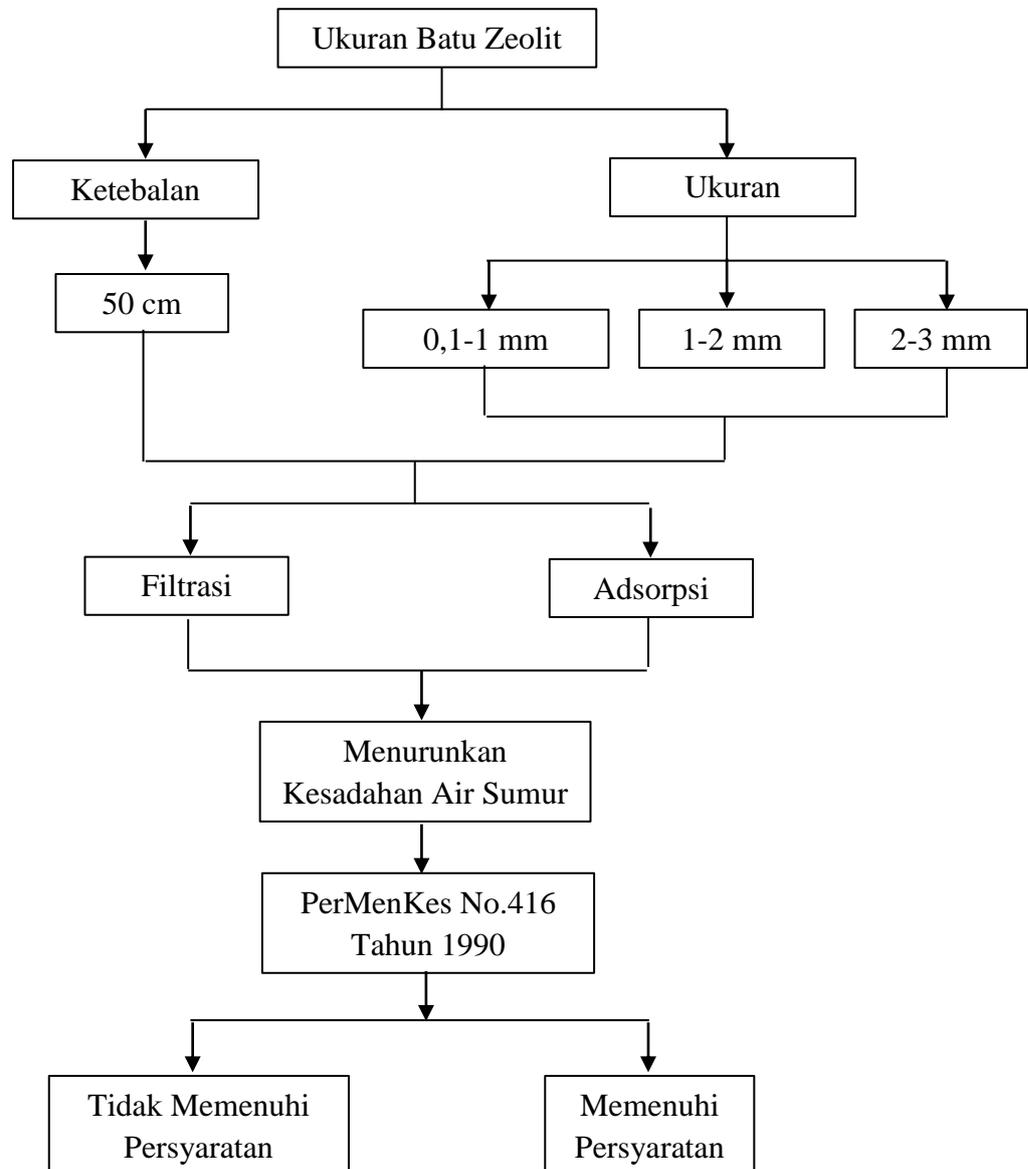
Kerangka teori penelitian dengan judul “Variasi Ukuran Batu Zeolit dalam Menurunkan Kesadahan Pada Air Sumur di Dusun Ngambong, Desa Pitu, Kecamatan Pitu, Kabupaten Ngawi” sebagai berikut:



Gambar II.3 Kerangka Teori

C. Kerangka Konsep

Kerangka konsep penelitian dengan judul “Variasi Ukuran Batu Zeolit dalam Menurunkan Kesadahan Pada Air Sumur di Dusun Ngambang, Desa Pitu, Kecamatan Pitu, Kabupaten Ngawi” sebagai berikut:



Gambar II.4 Kerangka Konsep