

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Telaah Pustaka**

##### **1. Air Bersih**

###### **a. Pengertian Air Bersih**

Menurut Theresia Pynkyawatati (2014), air bersih (*clean water*) adalah air yang memenuhi syarat secara fisik dan dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari – hari.

Menurut Patni (2012), air bersih (*sanitation water*) adalah air yang dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan pada sektor rumah tangga seperti untuk mandi, mencuci dan kakus dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu.

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak (Timpanometri, 2012).

Dari beberapa pengertian di atas, yang dimaksud dengan air bersih oleh penulis adalah air yang dapat digunakan untuk keperluan rumah tangga yang kualitasnya memenuhi persyaratan fisik, biologi, dan kimia sehingga dapat diminum apabila dimasak.

###### **b. Sumber Air Bersih**

Sumber-sumber air bersih menurut Patni (2012) adalah air tanah, air hujan, air permukaan, dan mata air. Air tanah adalah air

yang bergerak dalam tanah, terdapat dalam ruang-ruang antara butir-butir tanah yang membentuk itu, dan dalam retak-retak dari batuan. Air bawah tanah (*groundwater*) atau dikenal juga sebagai air tanah merupakan bagian dari siklus hidrologi, yaitu air permukaan di sekitar bumi termasuk air laut karena pengaruh panas matahari berubah menjadi uap air, oleh angin sebahagian ditiup ke arah daratan, dan pada tempat tertentu (umumnya berelevasi tinggi) uap tersebut akan mengalami pemampatan setelah titik jenuh terlampaui akan berubah menjadi kumpulan air dan jatuh ke bumi sebagai air hujan. Air tanah terdiri dari dua kategori yaitu air tanah dangkal dan air tanah dalam, air tanah dangkal adalah air tanah berada pada kedalaman maksimal 15 m di bawah permukaan tanah sedangkan air tanah dalam adalah air tanah yang berada minimal 15 meter di bawah permukaan tanah. Tanah di zone air tanah dangkal berada di dalam keadaan tidak jenuh, kecuali kadang-kadang bila terdapat banyak air di permukaan tanah seperti berasal dari curah hujan dan irigasi. Zona tersebut dimulai dari permukaan tanah sampai ke zona perakaran utama (*major root zone*) tebalnya beragam menurut jenis tanaman dan jenis tanah.

c. Persyaratan Air Bersih

Kriteria air bersih meliputi tiga aspek, yaitu kualitas, kuantitas, dan kontinuitas. Agar dapat dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari maka air bersih harus memenuhi syarat

secara kualitas menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017, Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi yang digunakan untuk pemeliharaan kebersihan perorangan seperti mandi dan sikat gigi, serta untuk keperluan cuci bahan pangan, peralatan makan, pakaian, dan sebagai air baku air minum harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan, yaitu sebagai berikut (Permenkes, 2017):

#### 1) Parameter fisik

Tabel 2. Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

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

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017

#### 2) Parameter biologi

Tabel 3. Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (Kadar Maksimum)
1	Total coliform	CFU/100ml	50
2	E. Coli	CFU/100ml	0

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017

## 3) Parameter kimia

Tabel 4. Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (Kadar Maksimum)
<b>Wajib</b>			
1	pH	mg/l	6,5 – 8,5
2	Besi	mg/l	1
3	Fluorida	mg/l	1,5
4	Kesadahan (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	500
5	Mangan	mg/l	0,5
6	Nitrat, sebagai N	mg/l	10
7	Nitrit, sebagai N	mg/l	1
8	Sianida	mg/l	0,1
9	Deterjen	mg/l	0,05
10	Pestisida total	mg/l	0,1
<b>Tambahan</b>			
1	Air raksa	mg/l	0,001
2	Arsen	mg/l	0,05
3	Kadmium	mg/l	0,005
4	Kromium (valensi 6)	mg/l	0,05
5	Selenium	mg/l	0,01
6	Seng	mg/l	15
7	Sulfat	mg/l	400
8	Timbal	mg/l	0,05

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017

## 2. Kesadahan

## a. Pengertian Kesadahan

Di dalam *International Standart of Drinking Water* tahun 1971 dari WHO, Kesadahan air dinyatakan dalam satuan *Milli-Equivalent* per liter (mEq/l), selain itu, 1 mEq/l dari ion penghasil Kesadahan pada air sebanding dengan 50 mg CaCO<sub>3</sub> (50 ppm) di dalam 1 liter air (Sumantri, 2010).

Air sadah adalah istilah yang digunakan pada air yang mengandung kation penyebab Kesadahan. Pada umumnya Kesadahan disebabkan oleh adanya logam-logam atau kation-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).

Kesadahan merupakan salah satu parameter tentang kualitas air bersih, karena Kesadahan total menunjukkan ukuran pencemaran air oleh mineral-mineral terlarut seperti  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ . Menurut WHO, Kesadahan adalah ukuran kapasitas air untuk bereaksi dengan sabun, air sadah memerlukan banyak sabun dalam menghasilkan busa (Manalu, 2013).

b. Karakteristik Kesadahan

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)

### c. Faktor Penyebab Kesadahan

Kesadahan air disebabkan oleh banyaknya mineral dalam air yang berasal dari batuan dalam tanah, baik dalam bentuk ion maupun ikatan molekul. Elemen terbesar (*major elemen*) yang terkandung dalam air adalah Kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), Natrium ( $\text{Na}^+$ ), dan Kalium ( $\text{K}^+$ ). Ion-ion tersebut dapat berikatan dengan  $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , dan  $\text{PO}_4^-$ . Kadar mineral tersebut dalam tanah sangat bervariasi, tergantung jenis tanahnya. Kandungan mineral inilah yang menentukan parameter kekerasan air atau Kesadahan air (Tancung, Adi Baso, 2007).

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

- 1) Persenyawaan dari Kalsium dan Magnesium dengan Bikarbonat.
- 2) Persenyawaan dari Kalsium dan Magnesium dengan Sulfat, Nitrat, dan Klorida.
- 3) Garam – garam Besi, Zink, dan Silika.

### d. Dampak Kesadahan

Air untuk keperluan minum dan masak hanya diperbolehkan dengan batasan Kesadahan antara 1-3 ml Eq/l (50-150 ppm).

Konsumsi air yang batas Kesadahannya lebih dari 3 ml Eq/l (150 ppm) akan menimbulkan kerugian-kerugian sebagai berikut:

- 1) Pemakaian sabun yang meningkat karena sabun sulit larut dan sulit berbusa.
- 2) Air sadah bila didihkan akan membentuk endapan dan kerak pada cerek (*boiler*).
- 3) Penggunaan bahan bakar menjadi meningkat, tidak efisien, dan dapat meledakkan *boiler*.
- 4) Biaya produksi yang tinggi (*high cost production*) pada industri yang menggunakan air sadah.

(Sudarmadji, 2014)

e. Cara Mengatasi Kesadahan

Kesadahan pada air dapat dihilangkan. Metode yang dapat digunakan untuk menghilangkan Kesadahan tersebut, antara lain :

1) Pemasakan

Pemasakan air menyebabkan terlepasnya atau dikeluarkannya CO<sub>2</sub> dari dalam air dan terbentuknya endapan CaCO<sub>3</sub> yang tidak terlarut.



Cara ini sangat mahal jika digunakan untuk skala yang besar (Sudarmadji, 2014).

2) Penambahan kapur

Penambahan kapur (Metode Clark) pada air yang sifat Kesadahannya sementara dapat mengabsorpsi CO<sub>2</sub> dan mengendapkan CaCO<sub>3</sub> yang tidak terlarut. (Sudarmadji, 2014).

Untuk menghilangkan Kesadahan sementara Kalsium, ditambahkan kapur. Reaksi yang terjadi :



Untuk menghilangkan Kesadahan tetap Kalsium, ditambahkan soda abu. Reaksi yang terjadi :



Untuk menghilangkan Kesadahan Magnesium sementara, ditambahkan kapur + kapur

Tahap 1:

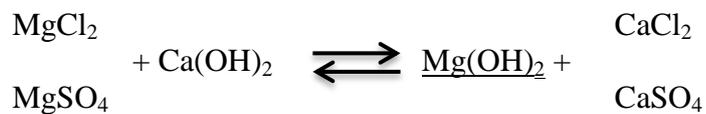


Tahap 2 :

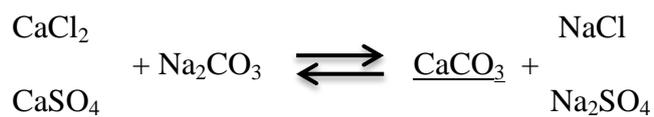


Untuk menghilangkan Kesadahan Magnesium tetap ditambahkan kapur + soda abu

Tahap 1



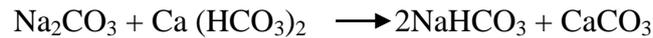
Tahap 2



(Marsidi, 2001)

- 3) Penambahan Natrium Karbonat dapat menghilangkan Kesadahan sementara atau menetap

Reaksi berikut berlangsung di dalam penambahan Natrium Karbonat (Sudarmadji, 2014) :



- 4) Proses pertukaran basa (*base exchange process*)

Dalam melakukan pelunakan terhadap persediaan air ukuran besar, digunakan proses permutit. Natrium Permutit merupakan persenyawaan kompleks dari Natrium, Aluminium, dan Silika ( $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10} \cdot \text{XH}_2\text{O}$ ) (Sudarmadji, 2014).

- 5) Pertukaran ion

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 (Marsidi, 2001).

### 3. Sistem Saringan Pasir Lambat *Up Flow*

Teknologi saringan pasir lambat dari segi arah alirannya dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu aliran dari atas ke bawah (*down*

*flow*), aliran dari bawah ke atas (*up flow*), dan kombinasi keduanya dengan kecepatan aliran 5-10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/hari. Umumnya yang banyak diterapkan di Indonesia adalah saringan pasir lambat konvensional dengan aliran dari atas ke bawah (*down flow*). Hal ini disebabkan karena konstruksinya dapat dibuat dengan cara sederhana dan hasilnya cukup baik sehingga biaya konstruksinya juga relative lebih murah. Tetapi untuk penyaringan dari atas ke bawah (*down flow*) mempunyai permasalahan yang sering muncul, yaitu kotoran yang tersaring akan membentuk suatu lapisan kotoran lumpur yang makin lama makin tebal dan padat yang dapat menyebabkan terganggunya sistem penyaringan pasir lambat sehingga pencucian perlu dilakukan manual dengan cara mengeruk media dan dicuci, setelah bersih dipasang lagi seperti semula.

Untuk mengatasi problem tersebut dapat dilakukan modifikasi desain saringan pasir lambat yaitu menggunakan proses saringan pasir lambat *up flow* (penyaringan dengan aliran dari bawah ke atas). Dengan sistem saringan penyaringan dengan aliran dari bawah ke atas maka waktu operasi menjadi lebih panjang, dan cara pencucian media penyaringnya lebih mudah. (N. I. Said, 2008)

Sistem saringan pasir lambat dengan arah aliran dari bawah ke atas (*Up Flow*) dilakukan dengan memanfaatkan sistem gravitasi atau tanpa menggunakan pompa. Saringan pasir lambat “*Up Flow*” ini mempunyai keunggulan dalam hal pencucian media saringan yang

konvensional. Kapasitas pengolahan dapat dirancang dengan berbagai macam ukuran sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

Keunggulan pengeolahan air bersih menggunakan sistem saringan lambat dengan arah aliran dari bawah ke atas adalah tidak memerlukan bahan kimia sehingga biaya operasinya sangat murah, sangat cocok untuk daerah pedesaan dan proses pengolahan sangat sederhana, perawatan mudah (Said & Heru, 1999).

Dengan sistem penyaringan dari arah bawah ke atas (*Up Flow*) , jika saringan telah jenuh atau buntu, dapat dilakukan pencucian dengan cara membuka kran penguras. Air bersih dimasukkan dari atas kemudian endapan akan turun dengan sendirinya dan keluar melalui kran. Dengan demikian pencucian tidak memerlukan tenaga untuk mengeruk dan memasangnya kembali serta dapat dilakukan kapan saja. Kapasitas dapat dirancang sesuai dengan kebutuhan (Heltina, 2012).

#### 4. Penurunan Kesadahan dengan Pertukaran Ion

##### a. Zeolit

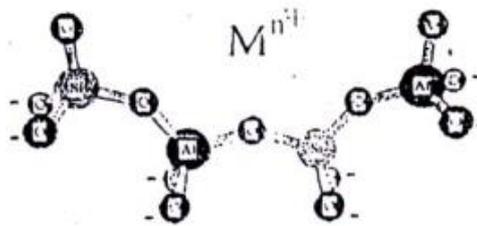
##### 1) Pengertian Zeolit

Kata “zeolit” berasal dari kata Yunani *zein* yang berarti membuih dan *lithos* yang berarti batu. Zeolit merupakan mineral hasil tambang yang bersifat lunak dan mudah kering. Warna dari zeolit adalah putih keabu-abuan, putih kehijau-

hijauan, atau putih kekuning-kuningan. Ukuran kristal zeolit kebanyakan tidak lebih dari 10–15 mikron (Srihapsari, 2006).

## 2) Struktur Zeolit

Menurut Barrer, Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral  $[AlO_4]$  dan  $[SiO_4]$  yang saling berhubungan melalui atom O (Srihapsari, 2006).



Gambar 1. Kerangka Utama Zeolit

Menurut Lesley, dkk (2001) dalam struktur tersebut  $Si^{4+}$  dapat diganti  $Al^{3+}$ , sehingga rumus umum komposisi zeolit dapat dinyatakan sebagai berikut (Srihapsari, 2006) :



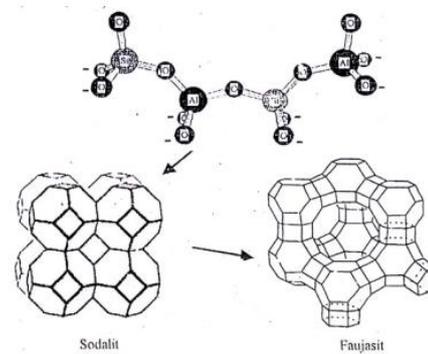
Dimana : n = Valensi kation M (alkali / alkali tanah)

x,y = Jumlah tetrahedron per unit sel

m = Jumlah molekul air per unit sel

M = Kation alkali / alkali tanah

Sedangkan struktur penyusun zeolit dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 2. Struktur Penyusun Zeolit

### 3) Sifat-Sifat Zeolit

#### a) Dehidrasi

Sifat dehidrasi dari zeolit akan berpengaruh terhadap sifat adsorsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam rongga permukaan yang menyebabkan medan listrik meluas kedalam rongga utama dan akan efektif terinteraksi dengan molekul yang akan diadsorpsi, jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori ruang hampa yang akan terbentuk bila unit sel kristal zeolit tersebut dipanaskan (M. Said, Prawati, & Murenda, 1995).

#### b) Adsorpsi

Dalam keadaan normal ruang hampa dalam Kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada di sekitar kation. Bila Kristal zeolit dipanaskan pada suhu 30°C-40 °C maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Selain

mampu menyerap gas atau cairan, zeolit juga mampu memisahkan molekul dan kepolarannya, meskipun ada 2 molekul atau lebih yang dapat melintas tetapi hanya sebuah saja yang dapat lolos. Hal ini dikarenakan faktor selektivitas dari mineral zeolit tersebut yang tidak ditemukan pada adsorbent padat lainnya (M. Said et al., 1995).

c) Pertukaran ion (*ion exchange*)

Pertukaran ion adalah proses menghilangkan kation maupun anion yang tidak diinginkan pada air buangan. Kation akan ditukar oleh ion Hydrogen atau Natrium dan anion ditukar dengan ion-ion Hidroksil.

Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya (M. Said et al., 1995).

d) Katalis

Ciri paling khusus dari zeolit yang secara praktis akan menentukan sifat khusus mineral ini adalah adanya ruang kosong yang akan membentuk saluran di dalam strukturnya.

Bila zeolit digunakan pada proses penyerapan atau katalis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas diantara kristal. Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang maksimum. (M. Said et al., 1995)

e) Penyaring atau pemisah

Meskipun banyak media berpori yang dapat digunakan sebagai penyaring atau pemisah campuran uap atau cairan, tetapi distribusi diameter dari pori-pori media tersebut tidak cukup efektif seperti halnya penyaring molekular zeolit yang mampu memisahkan campuran berdasarkan perbedaan ukuran, bentuk dan polaritas dari molekul yang disaring. Zeolit dapat memisahkan molekul gas atau zat lain dari suatu campuran tertentu karena mempunyai ruang hampa yang cukup besar dengan garis tengah yang bermacam – macam berkisar antara  $2\text{Å}$  hingga  $8\text{Å}$ , tergantung dari jenis zeolit (M. Said et al., 1995).

4) Jenis – Jenis Zeolit

a) Zeolit alam

Mineral zeolit telah diketahui sejak tahun 1756 oleh ahli mineralogy berkebangsaan Swedia bernama F.A.F Constedt. Di alam banyak dijumpai zeolit dalam lubang-

lubang batuan lava dan dalam batuan sedimen terutama sedimen piroklastik halus. Telah diketahui lebih dari 40 jenis mineral zeolit di alam, dari jumlah tersebut hanya 20 jenis yang terdapat dalam batuan sedimen terutama sedimen piroklastik (M. Said et al., 1995).

b) Zeolit sintetis

Karena sifat zeolit yang unik yaitu susunan atom maupun komposisinya dapat dimodifikasi, maka para peneliti berupaya untuk membuat zeolit sintetis yang mempunyai sifat khusus sesuai dengan keperluannya. Dari usaha itu dapat direkayasa bermacam-macam zeolit sintetis, antara lain : Zeolit kadar Si rendah (kaya Al), Zeolit Si sedang, Zeolit Si tinggi, Zeolit Si (M. Said et al., 1995).

5) Zeolit Alam dari Gunung Kidul

a) Keadaan Geologi

Di Wilayah Kabupaten Gunungkidul terdapat zona fisiografi yang terbagi menjadi 4 zona fisiografi, yaitu Pegunungan Batur Agung, Pegunungan Masif, Plato Wonosari, dan Karst G. Sewu. Daerah Gedang Sari masuk ke dalam zona Pegunungan Batur Agung. Secara dominan wilayah tersebut berupa perbukitan-

pegunungan, dengan ketinggian berkisar 200 – 700 m dan kelerengan berkisar 8-> 40% (Pokja Sanitasi Kabupaten Gunungkidul, 2010).

Sedangkan topografi Kabupaten Gunungkidul dibagi menjadi 3 zona, yaitu zona utara, zona tengah, dan zona selatan. Daerah Gedang Sari masuk ke dalam zona utara. Zona Utara disebut wilayah Batur Agung dengan ketinggian 200 m-700 m di atas permukaan laut. Keadaannya berbukit-bukit dan terdapat sumber-sumber air tanah dengan kedalaman 6 m-12 m dari permukaan tanah. Jenis tanah didominasi latosol dengan batuan induk vulkanik dan sedimen taufan.

Kondisi geologi mempengaruhi pembentukan tanah yang beragam, yaitu latosol, kompleks latosol, asosiasi medeteran merah dan renzenia, grumosol, dan asosiasi latosol merah dan litosol. Jenis tanah latosol, dengan batuan induk kompleks sedimen tufan dan batuan vulkanik, yang terletak pada wilayah bergunung-gunung, tersebar di wilayah Kecamatan Patuk bagian utara dan selatan, Gedang Sari, Ngawen, Semin bagian timur, dan Ponjong bagian utara (BPRD Gunungkidul, 2014).

Zeolit yang ditemukan dalam batuan tufa atau tuff di Daerah Gunung Kidul merupakan endapan zeolit yang

berasal dari sedimen debu vulkanik. Zeolit yang ditemukan di Daerah Gunung Kidul termasuk dalam Formasi Semilir dengan ketebalan 460 cm.

b) Karakter batuan zeolit

Batuan zeolit yang ada di Daerah Gedang sari secara morfologi tampak luar berwarna putih krem sedangkan bagian dalam batu berwarna agak kehijauan.

Sedangkan secara kimia, Zeolit dari Gunung Kidul memiliki kadar senyawa silikat cukup tinggi (mengandung Ca silikat pada kisaran 45,65 % sampai 52,75 %), sehingga diduga memiliki kemampuan sorpsi yang tinggi (Kismolo & Suyatno, 2008).

Dalam Jurnal Kinetika Reaksi Proses Adsorpsi Campuran Uranium dan Molibdenum Dalam Zeolit karya Subagiono, dkk (2006), disebutkan bahwa zeolit alam dari Gedang Sari, Kabupaten Gunung Kidul mempunyai kandungan  $\text{SiO}_2 = 62,75\%$  ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 13,63\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 2,12\%$ ,  $\text{CaO} = 3,42\%$ ,  $\text{MgO} = 0,87\%$ ,  $\text{Na}_2\text{O} = 1,32\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 1,39\%$  (Subagiono, R; Biyantoro, 2006).

Dari data kandungan mineral tersebut dapat diketahui Si/Al dengan rumus sebagai berikut :

(1) Mencari kandungan Si

Kandungan  $\text{SiO}_2$  (62,75%)

Ar Si = 28, Mr  $\text{SiO}_2$  = 60

$$\begin{aligned}\text{Kandungan Si} &= (\text{Ar Si} / \text{Mr SiO}_2) \times \% \text{SiO}_2 \\ &= (28/60) \times 62,75\% \\ &= 29,28 \%\end{aligned}$$

(2) Mencari kandungan Al

Kandungan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (3,94%)

Ar Al = 27, Mr  $\text{Al}_2\text{O}_3$  = 102

$$\begin{aligned}\text{Kandungan Al} &= (2 \times \text{Ar Al} / \text{Mr Al}_2\text{O}_3) \times \% \text{Al}_2\text{O}_3 \\ &= (2 \times 27/102) \times 3,94\% \\ &= 7,22 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(3) \text{Si/Al} &= 29,28 \% / 7,22 \% \\ &= 29,28 / 7,22 \\ &= 4,06\end{aligned}$$

Sehingga dapat diketahui bahwa kandungan Si/Al dari zeolit dari Gedang Sari, Gunung Kidul adalah 29,28 / 7,22 (4,06) .

6) Zeolit dari toko kimia

Zeolit yang dijual dipasaran mempunyai morfologi berwarna hijau kebiruan dengan kandungan kimia adalah sebagai berikut :  $\text{SiO}_2$  = 67,43% ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  = 11,104%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  = 0,997%,  $\text{CaO}$  = 0,139%,  $\text{MgO}$  = 0,176%,  $\text{Na}_2\text{O}$  = 3,064%,  $\text{K}_2\text{O}$  = 0,966%.

Dari data kandungan mineral tersebut dapat diketahui Si/Al dengan rumus sebagai berikut :

(1) Mencari kandungan Si

Kandungan  $\text{SiO}_2$  (67,43%)

Ar Si = 28, Mr  $\text{SiO}_2$  = 60

$$\begin{aligned} \text{Kandungan Si} &= (\text{Ar Si} / \text{Mr SiO}_2) \times \% \text{SiO}_2 \\ &= (28/60) \times 67,43\% \\ &= 31,47\% \end{aligned}$$

(2) Mencari kandungan Al

Kandungan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (11,104%)

Ar Al = 27, Mr  $\text{Al}_2\text{O}_3$  = 102

$$\begin{aligned} \text{Kandungan Al} &= (2 \times \text{Ar Al} / \text{Mr Al}_2\text{O}_3) \times \% \text{Al}_2\text{O}_3 \\ &= (2 \times 27/102) \times 11,104\% \\ &= 5,88 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (3) \text{ Si/Al} &= 31,47\% / 5,88 \% \\ &= 31,47/ 5,88 \\ &= 5,35 \end{aligned}$$

Sehingga dapat diketahui bahwa kandungan Si/Al dari zeolit dari toko kimia adalah 31,47/ 5,88 (5,35).

7) Bentonit Alam dari Kulon Progo

a) Keadaan Geologi

Berdasarkan Berdasarkan relief dan genesanya, wilayah kabupaten Kulon Progo dibagi menjadi beberapa

satuan geomorfologi antara lain, yaitu satuan Pegunungan Kulon Progo, satuan Perbukitan Sentolo, satuan Teras Progo, satuan Dataran Alluvial, dan satuan Dataran Pantai. Sedangkan Daerah Nanggulan masuk ke dalam satuan teras Progo yang terletak disebelah utara satuan Perbukitan Sentolo dan disebelah timur satuan Pegunungan Kulon Progo.

Menurut Van Bemellen Pegunungan Kulon Progo dikelompokkan menjadi beberapa formasi berdasarkan batuan penyusunnya. Formasi tersebut dimulai dari yang paling tua yaitu formasi Nanggulan, formasi Andesit Tua, formasi jonggrangan, formasi Sentolo, dan formasi Alluvial dan guduk pasir. Formasi Nanggulan mempunyai penyusun yang terdiri dari batu pasir, sisipan lignit, napal pasiran dan batu lempungan dengan konkresi limonit, batu gamping dan tuff, kaya akan fosil foraminifera dan moluska dengan ketebalan 300 m. berdasarkan penelitian tentang umur batuanya didapat umur formasi nanggulan sekitar eosen tengah sampai oligosen atas. Formasi ini tersingkap di daerah Kali Puru dan Kali Sogo di bagian timur Kali Progo. Formasin Nanggulan dibagi menjadi 3, yaitu yang pertama Axinea Beds, Formasi paling bawah dengan ketebalan lapisan

sekitar 40 m, terdiri dari abut pasir, dan batu lempung dengan sisipan lignit yang semuanya berfasies litoral, axiena bed ini memiliki banyak fosil pelecypoda. Yang kedua Yogyakarta beds, Formasi yang berada di atas axiena beds ini diendapkan secara selaras dengan ketebalan sekitar 60 m. terdiri dari batu lempung yang mengkonkresi nodule, napal, batu lempung, dan batu pasir. Yogyakarta beds mengandung banyak fosil poraminifera besar dan gastropoda. Yang ketiga Discocyclina beds, Formasi paling atas ini juga diendapkan secara selaras diatas Yogyakarta beds dengan ketebalan sekitar 200m. Terdiri dari batu napal yang terinterklasi dengan batu gamping dan tuff vulkanik, kemudian terinterklasi lagi dengan batuan arkose. Fosil yang terdapat pada discocyclina beds adalah discocyclina (Geologiftugm, 2012).

Dalam batuan tufa atau tuff pada Formasi Nanggulan terdapat jenis batuan bentonit yang berasal dari proses pengendapan batuan dengan ketebalan 200 m

#### b) Karakteristik Batuan Bentonit

Menurut Peraturan Daerah Kabupaten Kulon Progo Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Pertambangan Mineral dan Batubara, salah satu mineral

bukan logam yang ditambang di Daerah Kulon Progo adalah Bentonit (Perda Kabupaten Kulon Progo, 2014).

Batuan zeolit di daerah Nanggulan lebih mengarah ke jenis batuan Bentonit. Kandungan kimia batuan Bentonit ada beberapa unsur yang sama dengan kandungan kimia zeolit. Sehingga dalam penelitian ini, peneliti menggunakan batuan Bentonit.

Batuan Bentonit yang ada di Daerah Nanggulan secara morfologi tampak luar berwarna putih kekuningan hingga abu-abu. Sedangkan secara kimia, Bentonit terdiri dari  $\text{SiO}_2$  62,12%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  17,33%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  5,30%,  $\text{MgO}$  3,30%,  $\text{CaO}$  3,68%,  $\text{K}_2\text{O}$  0,55%,  $\text{Na}_2\text{O}$  0,50%,  $\text{H}_2\text{O}$  7,22% (Ratnasari,2017).

Dari data kandungan mineral tersebut dapat diketahui Si/Al dengan rumus sebagai berikut :

(4) Mencari kandungan Si

Kandungan  $\text{SiO}_2$  (62,12%)

$\text{Ar Si} = 28$ ,  $\text{Mr SiO}_2 = 60$

Kandungan Si =  $(\text{Ar Si} / \text{Mr SiO}_2) \times \% \text{SiO}_2$

=  $(28/60) \times 62,12\%$

= 28,99%

(5) Mencari kandungan Al

Kandungan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (17,33%)

$$\text{Ar Al} = 27, \text{Mr Al}_2\text{O}_3 = 102$$

$$\begin{aligned} \text{Kandungan Al} &= (2 \times \text{Ar Al} / \text{Mr Al}_2\text{O}_3) \times \% \text{ Al}_2\text{O}_3 \\ &= (2 \times 27/102) \times 17,33\% \\ &= 9,17 \% \end{aligned}$$

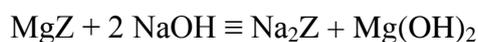
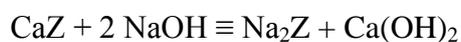
$$\begin{aligned} (6) \text{ Si/Al} &= 28,99\% / 9,17 \% \\ &= 28,99/ 9,17 \\ &= 3,16 \end{aligned}$$

Sehingga dapat diketahui bahwa kandungan Si/Al dari Bentonit dari Nanggulan, Kulon Progo adalah 28,99/9,17 (3,16).

#### 8) Aktivasi Media Penukar Ion

Menurut Galesa Sanowari Sakti, setiap 1 Kg media dicampur dengan larutan NaOH 1 N dan direndam selama 2 hari. Setelah itu, cuci bersih zeolit yang telah direndam dengan aquades hingga pH netral. Keringkan zeolit dengan pemanas matahari dan 150<sup>0</sup>C (Sakti, 2014)

Reaksi kimia pengaktivasi zeolit alam :



#### 9) Proses Pertukaran Ion

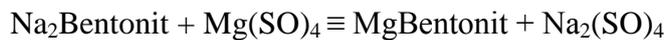
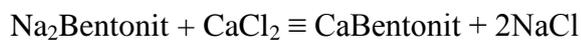
Air sadah yang dialirkan melalui media penukar ion akan mengalami pertukaran ion-ion, ion Ca dan ion Mg dalam air sadah ditukar dengan ion Na dalam media. Hal tersebut

berlangsung terus sampai suatu saat ion Na dalam media sudah habis ditukar dengan ion Ca dan Mg dari dalam air, pada keadaan ini media tersebut dinamakan telah jenuh yang berarti media tidak mampu lagi melakukan pertukaran ion.

Adapun reaksi yang terjadi pada saat proses pelunakan air sadah menggunakan media zeolit adalah sebagai berikut (Marsidi, 2001) :



Adapun reaksi yang terjadi pada saat proses pelunakan air sadah menggunakan media bentonit adalah sebagai berikut (Sulistyaningsih, 2016) :



Pertukaran ion dalam media merupakan proses pertukaran kation yang ada dalam sistem pori intra kristalin dengan kation lain yang berasal dari larutan. Pertukaran ion tidak berlangsung sempurna jika konsentrasi larutan tidak cukup besar. Kekuatan media sebagai penjerap, katalis, dan penukar ion sangat tergantung dari perbandingan Al dan Si, sehingga dikelompokkan menjadi 3 (Srihapsari, 2006) :

a) Media dengan kadar Si rendah

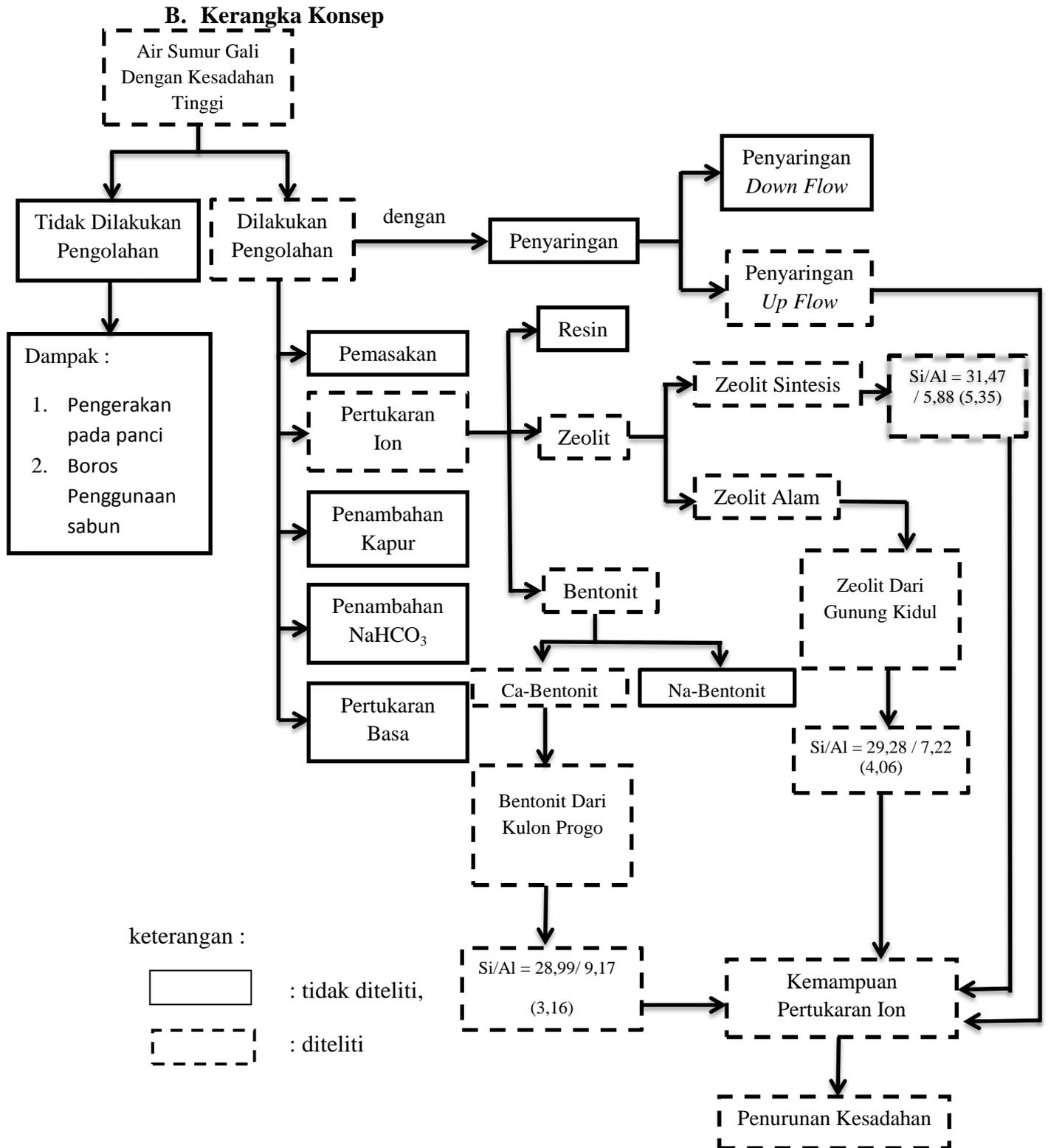
Media jenis ini banyak mengandung Al (kaya Al), berpori, mempunyai nilai ekonomi tinggi karena efektif untuk pemisahan atau pemurnian dengan kapasitas besar. Volume porinya dapat mencapai 0,5 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> volume media. Kadar maksimum Al dicapai jika perbandingan Si/Al mendekati 1 dan keadaan ini mengakibatkan daya penukaran ion maksimum.

b) Media dengan kadar Si sedang

Kerangka tetrahedral Al dari suatu media tidak stabil terhadap pengaruh asam dan panas. Jenis media ini mempunyai perbandingan Si/Al = 5 sangat stabil.

c) Media dengan kadar Si tinggi

Media ini mempunyai perbandingan Si/Al = 10-100 sehingga sifat permukaannya tidak dapat diperkirakan lebih awal. Sangat higroskopis dan menyerap molekul non-polar sehingga baik digunakan sebagai katalisator asam untuk hidrokarbon.



Gambar 3. Kerangka Konsep Penelitian

### **C. Hipotesis**

Ada perbedaan kemampuan menurunkan Kesadahan air setelah dilakukan penyaringan menggunakan media penukar ion zeolit alam dari Gunung Kidul, bentonit dari Kulon Progo, dan zeolit dari toko kimia.