

BAB II

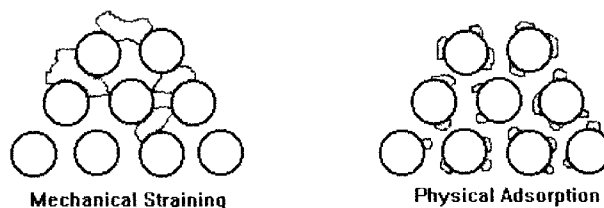
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Filtrasi

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan bahan tersuspensi dari air dengan cara melewatkan air pada media berpori. Media ini dapat berupa pasir, antrasit, zeolit atau saringan lembut lainnya. Dari pengalaman telah diketahui bahwa melewatkan air ke dalam lapisan pasir/sejenisnya yang berpori, bahan-bahan terlarut dan koloid hampir seluruhnya dapat dihilangkan, bahan kimia berubah dan jumlah bakteri berkurang dari dalam air. Hal-hal tersebut dapat terjadi karena di dalam pengaliran tersebut terjadi proses penapisan, pengendapan dan adsorpsi dan sedikit terjadi perubahan biologis.

Pada filtrasi dengan media berbutir, terdapat tiga fenomena proses, yaitu :

- a. Transportasi : meliputi proses gerak Brown, sedimentasi, dan gaya tarik antar partikel.
- b. Kemampuan menempel : meliputi proses *mechanical straining*, *physical adsorption*, biologis.



Gambar 2.1. Mechanical straining dan physical adsorption²

² Kemitraan Air Indonesia, 2002

- c. Kemampuan menolak : meliputi tumbukan antar partikel dan gaya tolak menolak.

Berdasarkan pada kapasitas produksi air yang terolah maupun kecepatan aliran di dalam media filter, filtrasi dapat dibedakan menjadi dua yaitu Saringan Pasir Lambat (*slow sand filtration*) dan Saringan Pasir Cepat (*rapid sand filtration*). Dimana dalam penelitian ini akan menggunakan saringan pasir cepat sebagai media penyaring air baku menjadi air bersih.

Saringan pasir cepat dapat dibedakan dalam beberapa kategori :

- a. Menurut jenis media yang dipakai.
- b. Menurut sistem kontrol kecepatan filtrasi.
- c. Menurut arah aliran.
- d. Menurut kaidah grafitasi/dengan tekanan.
- e. Menurut *pretreatment* yang diperlukan.

Berdasarkan sistem alirannya, saringan pasir cepat dibedakan menjadi 3 sistem aliran, yaitu :

- a. Aliran *down flow*

Yaitu pengaliran air melalui media filter dari atas ke bawah secara gravitasi, sistem aliran ini merupakan suatu sistem yang banyak digunakan untuk pengolahan air minum, dimana memerlukan perawatan atau pengelolaan yang mudah. Kelebihan dari sistem ini adalah dalam proses filtrasi relatif lebih mudah dan murah, sedangkan kekurangannya jika air yang akan disaring tersebut kekeruhannya tinggi, beban filter menjadi besar. Sehingga sering terjadi kebuntuan dan selang waktu pencucian filter semakin pendek,

kecepatan penyaringan juga relatif rendah sehingga memerlukan ruang yang luas.

b. Aliran *up flow*

Yaitu pengaliran air melalui media filter dari bawah ke atas, dalam sistem ini biasanya diterapkan secara gravitasi maupun dengan penggunaan pompa untuk menghasilkan aliran air ke atas. Kelebihan dari sistem ini adalah beban filter dalam penyaringan partikel terlarut tidak begitu besar walaupun kekeruhannya tinggi, disebabkan karena kandungan partikel terlarut tertinggal pada bagian lapisan bawah filter, sehingga kecepatan penyaringan relatif lebih tinggi dan selang waktu pencucian filter semakin panjang. Kerugian dari sistem ini adalah memerlukan *headloss* yang besar serta dalam prosesnya kadang memerlukan pompa, dan tergolong mahal dalam perawatan.

c. Aliran *horizontal*

Yaitu pengaliran air melalui media filter secara mendatar, dimana perbedaan tinggi permukaan air diperhitungkan dalam sistem ini.

Pada saringan pasir cepat ini digunakan filter dengan single media yaitu dari zeolit dengan arah aliran ke atas (*upflow*) secara gravitasi menggunakan perbedaan tekanan.

Selama proses filtrasi akan terjadi kehilangan tekanan (*headloss*) yang dapat diprediksikan dengan menggunakan persamaan Carman-Kozeny (*Ali Masduqi & Agus Slamet, 2002*).

Perhitungan headloss menggunakan persamaan Carman-Kozeny :

$$h_l = f' \frac{L}{\phi \cdot d} \left(\frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \frac{V_a^2}{g} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

f' = fungsi NRe

L = tebal media, satuan cm

ϕ = faktor bentuk pasir

d = diameter butiran media rata-rata, satuan cm

ε = porositas media pasir

V_a = rate filtrasi, satuan cm/detik

g = gaya gravitasi

$$f' = 150 \left(\frac{1 - \varepsilon}{N \text{ Re}} \right) + 1,75 \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

ε = porositas media pasir

NRe = bilangan Reynold

$$N \text{ Re} = \frac{(\phi \cdot \rho \cdot d \cdot V_a)}{\mu} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

ϕ = faktor bentuk pasir

ρ = berat jenis

d = diameter butiran rata-rata

V_a = rate filtrasi

μ = viskositas kinematis

2.2 Pemanfaatan Zeolit Sebagai Media Filter

Mineral alam zeolit yang merupakan senyawa alumino-silikat dengan struktur sangkar terdapat di Indonesia dalam jumlah besar dengan bentuk hampir murni dan harga murah. Mineral zeolit mempunyai struktur "*framework*" tiga dimensi dan menunjukkan sifat penukar ion, sorpsi, "*molecular sieving*" dan katalis sehingga memungkinkan digunakan dalam pengolahan limbah industri dan limbah nuklir.

Mineral alam zeolit biasanya masih tercampur dengan mineral lainnya seperti kalsit, gipsum, feldspar serta kuarsa dan ditemukan di daerah sekitar gunung berapi atau mengendap pada daerah sumber air panas (*hot spring*). Zeolit juga ditemukan sebagai batuan endapan pada bagian tanah jenis basalt dan komposisi kimianya tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti suhu, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah lokasi kejadiannya. Hal itu menjadikan zeolit dengan warna dan tekstur yang sama mungkin berbeda komposisi kimianya bila diambil dari lokasi yang berbeda, disebabkan karena kombinasi mineral yang berupa partikel halus dengan impuritis lainnya.

Di Indonesia, zeolit ditemukan pada tahun 1985 oleh PPTM Bandung dalam jumlah besar, diantaranya tersebar di beberapa daerah pulau Sumatera dan Jawa. Namun dari 46 lokasi zeolit, baru beberapa lokasi yang ditambang secara intensif, antara lain di Bayah, Banten, Cikalong, Tasikmalaya, Cikembar, Sukabumi, Nanggung, Bogor dan Lampung.

Pemanfaatan zeolit masih belum banyak diketahui secara luas, yang pada saat ini zeolit di Indonesia dipasarkan masih dalam bentuk alami terutama banyak digunakan pada pemupukan di bidang pertanian (www.batan.go.id/p2plr)

2.3 Pengertian, Sifat Dan Struktur Zeolit

2.3.1 Pengertian zeolit

Mineral zeolit merupakan mineral alam, di Indonesia pada saat ini sudah banyak dipelajari dan dikembangkan pemanfaatannya. Nama zeolit berasal dari kata *Zein* yang berarti mendidih dan *Lithos* yang berarti batuan. Dengan demikian zeolit dapat diartikan sebagai batuan yang bersifat mendidih dan mengembang bila dipanaskan. Komposisi zeolit terdiri dari SiO_2 , AlO_3 , FeO_3 , CaO , H_2O , MgO , MnO , Na_2O , K_2O , dan TiO_2 . Mineral zeolit terbentuk dari reaksi antara debu vulkanis dan air garam. Disamping itu ada juga beberapa jenis zeolit yang dihasilkan dari metamorfose batuan yang terdapat di laut (*Barrer, 1978*).

Menurut proses pembentukannya zeolit dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu :

1. Zeolit alam

Mineral zeolit alam sebenarnya dikenal sejak zaman Romawi kuno, tetapi terbatas pada pemanfaatan untuk bangunan, ornamen, dan plester. Terbentuk karena adanya proses perubahan alam (Zeolitisasi) dari batuan vulkanituf. Mineral zeolit alam ditemukan dalam bentuk sedimentasi yang terjadi karena alterasi (ubahan) dari debu-debu vulkanik yang mengandung gelas silikon dan air asin. Zeolit yang terbentuk dengan cara ini strukturnya kompleks dan

seragam. Sedimentasi zeolit ini berlangsung secara kontinyu pada dasar-dasar larutan.

2. Zeolit Sintetis

Jenis zeolit ini direkayasa oleh manusia secara proses kimia. Zeolit sintetik pembuatannya mula-mula meniru proses hidrotermal seperti terjadinya zeolit alam. Sekarang sintesa zeolit didasarkan pada penggunaan gel alumina silikat yang sangat reaktif atau hidrogel yang masih segar. Pada dasarnya penggunaan zeolit alam sama dengan zeolit sintetik. Hal ini disebabkan karena persamaan sifat fisik dan kimia kedua sifat zeolit tersebut, perbedaannya adalah zeolit sintetis lebih murni daripada zeolit alam (Komar, dkk.1985).

2.3.2 Sifat Zeolit

Zeolit memiliki berbagai macam sifat yaitu :

a. Dehidrasi

Sifat dehidrasi dari zeolit akan berpengaruh terhadap sifat adsorbsinya. 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-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila zeolit tersebut dipanaskan.

b. Adsorpsi

Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada disekitar kation. Bila kristal zeolit dipanaskan pada suhu

300 °C – 400 °C maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan.

c. Pertukaran Ion

Pertukaran ion adalah suatu proses ion-ion yang berada pada suatu media berelektron ditukar dengan ion-ion yang berada pada larutan. Pertukaran ion resin atau zeolit mempunyai pertukaran tempat terbatas dengan nomor terbatas dan fase konsentrasi total padat. Selama proses penukaran harus dalam kondisi netral, semua tempat penukaran harus menempati cukup kation untuk keseimbangan beban negatif dari penukar. Ion-ion rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi 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 stabilitas terhadap panas, sifat adsorpsi dan aktifitas katalis. Yang perlu diperhatikan dalam mineral zeolit adalah perbandingan Al dan Si. Perbandingan Al dan Si dalam suatu zeolit menentukan kerapatan muatan di dalam struktur kristal. Jika perbandingan Al dan Si lebih besar maka kerapatan muatannya tinggi dan molekulnya lebih besar. Dengan kata lain zeolit dengan perbandingan Al dan Si tinggi maka kapasitas penukar ion juga tinggi.

d. Katalis

Ciri paling khusus dari zeolit yang secara praktis akan menentukan sifat khusus mineral ini adalah adanya ruang kosong yang akan membentuk saluran didalam strukturnya. Bila zeolit akan digunakan pada proses penyerapan atau

katalis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas diantara kristal. Dengan demikian dimensi serta lokasi saluran sangat penting. Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang maksimum.

e. Penyaring atau Pemisah

Zeolit dapat memisahkan molekul gas atau zat lain dari suatu campuran tertentu karena mempunyai ruang hampa yang cukup besar dengan garis tengah bermacam-macam tergantung jenis zeolitnya (www.wikipedia.org).

Zeolit mempunyai beberapa sifat yang lain yaitu; mudah melepas air akibat pemanasan, tetapi juga mudah mengikat kembali molekul air dalam udara lembab. Oleh sebab sifatnya tersebut maka zeolit banyak digunakan sebagai bahan pengering. Disamping itu zeolit juga mudah melepas kation dan diganti dengan kation lainnya, misal zeolit melepas Natrium dan digantikan dengan mengikat Kalsium atau Magnesium. Sifat ini pula menyebabkan zeolit dimanfaatkan untuk melunakkan air. Zeolit dengan ukuran rongga tertentu digunakan pula sebagai katalis untuk mengubah alkohol menjadi hidrokarbon sehingga alkohol dapat digunakan sebagai bensin. Zeolit alam banyak juga ditemukan di India, Siprus, Jerman dan Amerika Serikat (www.wikipedia.org).

2.3.3 Struktur Zeolit

Mineral zeolit terdiri dari kumpulan (SiO_4) dan (AlO_4^-) tetrahedral dengan perbandingan Si : Al berkisar antara 1 : 1 dan 100 : 1. Dengan demikian maka kita kenal jenis-jenis mineral zeolit yang berlainan. Struktur paling stabil adalah

mineral zeolit yang perbandingan Si : Al adalah 1 : 1. Untuk menetralkan muatan listrik negatif mineral zeolit dibutuhkan ion-ion alkali atau alkali tanah yang biasa diwakili oleh ion-ion Na, K, Ca, Ba dan Mg.

Struktur zeolit adalah terbuka dan mengandung rongga-rongga yang diisi oleh ion-ion dan molekul air. Rongga-rongga dapat saling berhubungan dan membentuk sistem saluran ke segala arah.

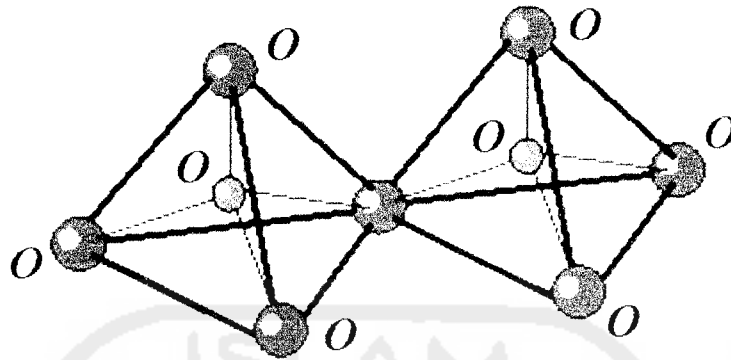
Pada tahun 1984 Professor Joseph V. Smith ahli kristalografi Amerika Serikat mendefinisikan zeolit sebagai :

"A zeolite is an aluminosilicate with a framework structure enclosing cavities occupied by large ions and water molecules, both of which have considerable freedom of movement, permitting ion-exchange and reversible dehydration".

Dengan demikian, zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Ion-ion logam tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversibel.

Zeolit biasanya ditulis dengan rumus kimia oksida atau berdasarkan satuan sel kristal $M_{2/n}O \cdot Al_2O_3 \cdot a SiO_2 \cdot b H_2O$ atau $M_{c/n} \{ (AlO_2)_c (SiO_2)_d \} \cdot b H_2O$. Dimana n adalah valensi logam, a dan b adalah molekul silikat dan air, c dan d adalah jumlah tetrahedra alumina dan silika. Rasio d/c atau SiO_2/Al_2O bervariasi dari 1 s/d 5. Zeolit tidak dapat diidentifikasi hanya berdasarkan analisa komposisi kimianya saja, melainkan harus dianalisa strukturnya. Struktur kristal zeolit dimana semua atom Si dan Al dalam bentuk tetrahedra (TO_4) disebut Unit Bangun

Primer, zeolit hanya dapat diidentifikasi berdasarkan Unit Bangun Sekunder (UBS) sebagaimana terlihat pada Gambar berikut.



Gambar 2.2. Tetrahedra alumina dan silika (TO_4) pada struktur zeolit.

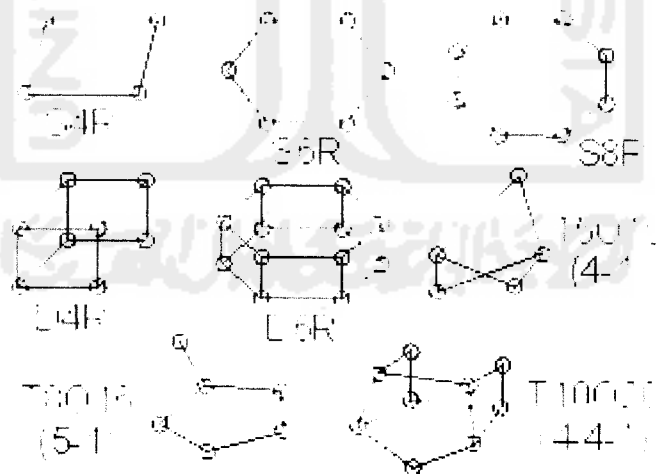
Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa struktur zeolit berbentuk tetrahedron berantai tiga dimensi. Pada kristal zeolit, kedudukan atom pusat tetrahedron ditempati oleh atom Si dan Al, sedangkan atom oksigen berada pada sudut-sudutnya. Oleh sebab itu keadaan atom Al pada tetrahedral memerlukan tambahan muatan positif seperti kation logam alkali dan alkali tanah yang diperlukan untuk menetralkan muatan listriknya. Keadaan ini yang menyebabkan zeolit bersifat sebagai penukar kation, sedangkan pori-pori yang terdapat di dalam struktur zeolit berisi molekul air.

Pada saat ini dikenal sekitar 40 jenis zeolit alam, meskipun yang mempunyai nilai komersial ada sekitar 12 jenis, diantaranya klinoptilolit, mordenit, filipsit, kabasit dan erionit. Zeolit sintetik dihasilkan dari beberapa perusahaan seperti *Union Carbide*, *ICI* dan *Mobil Oil* dan lebih dari 100 jenis telah dikenal strukturnya antara lain zeolit A, X, Y, grup ZSM/AlPO₄ (*Zeolite Sieving Materials/Aluminium Phosphate*) dan bahkan akhir-akhir ini dikenal grup Zeotip, yaitu material seperti zeolit tetapi bukan senyawa alumino-silikat.

Berdasarkan Unit Bangunan Sekunder (UBS) semua zeolit baik dalam bentuk alami atau sintetik dapat dibagi atas 9 grup yaitu :

1. single 4-ring (S4R)
2. single 6-ring (S6R)
3. single 8-ring (S8R)
4. double 4-ring (D4R)
5. double 6-ring (D6R)
6. double 8-ring (D8R)
7. complex 4-1 (T_5O_{10})
8. complex 5-1 (T_8O_{16})
9. complex 4-4-1 ($T_{10}O_{20}$)

Berikut ini digambarkan beberapa unit bangunan sekunder struktur zeolit :



Gambar 2.3. Unit Bangun Sekunder Struktur Zeolit

Dari semua jenis zeolit di alam, maka dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Tabel 2.1. Klasifikasi zeolit

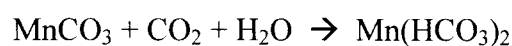
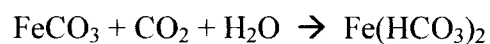
Zeolit	Rumus kimia	UBS
Grup Analsim		
Analsim	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{31}\text{O}_{96}]6\text{H}_2\text{O}$	S4R
Wairakit	$\text{Ca}_8[\text{Al}_{16}\text{Si}_{31}\text{O}_{96}] 6\text{H}_2\text{O}$	S4R
Grup Natrolit		
Natrolit	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}]6 \text{H}_2\text{O}$	T_5O_{10} (4-1)
Thomsonit	$\text{Na}_{16}\text{Ca}_8[\text{Al}_{20}\text{Si}_{20}\text{O}_{80}]24 \text{H}_2\text{O}$	T_5O_{10}
Grup Heulandit		
Heulandit	$\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}] 24\text{H}_2\text{O}$	$\text{T}_{10}\text{O}_{20}$ (4-4-1)
Klinoptilolit	$\text{Na}_6[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}]24 \text{H}_2\text{O}$	$\text{T}_{10}\text{O}_{20}$
Grup Filipsit		
Filipsit	$\text{K}_2\text{Ca}_{1.5}[\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}]12\text{H}_2\text{O}$	S4R
Zeolit Na-P-1	$\text{Na}_8[\text{Al}_3\text{SiO}_{16}] 16\text{H}_2\text{O}$	S4R
Grup Mordernit		
Mordernit	$\text{Na}_8[\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}]24 \text{H}_2\text{O}$	T_8O_{16} (5-1)
Ferrierit	$\text{NaCa}_{0.5}\text{Mg}_2[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}]24 \text{H}_2\text{O}$	T_8O_{16}
Grup Kabazit		
Kabazit	$\text{Ca}_2[\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24}] 13\text{H}_2\text{O}$	D4R,D6R
Zeolit L	$\text{K}_6\text{Na}_3[\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}] 21\text{H}_2\text{O}$	S6R
Grup Faujasit		
Faujasit	$\text{Na}_{12}\text{Ca}_{12}\text{Mg}_{11}[\text{Al}_{58}\text{Si}_{134}\text{O}_{384}]235\text{H}_2\text{O}$	D4R,D6R
Zeolit A	$\text{Na}_{12}[\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}] 27 \text{H}_2\text{O}$	D4R, D6R
Grup Laumontit		
Laumontit	$\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{46}] 16\text{H}_2\text{O}$	S4R,S6R,S8R
Grup Pentasil		
ZSM-5	$\text{Na}_n[\text{Al}_n\text{Si}_{96}\text{O}_{192}] 16 \text{H}_2\text{O}$	1-May
Grup Zeotype		
ALPO4-5	$[\text{Al}_{12} \text{P}_{12}\text{O}_{48}] (\text{C}_3\text{H}_7)_4 \text{NOH} \text{ q} \text{H}_2\text{O}$	S4R, S6R

Pada struktur zeolit, semua atom Al dalam bentuk tetrahedral sehingga atom Al akan bermuatan negatif karena berkoordinasi dengan 4 atom oksigen dan selalu dinetralkan oleh kation alkali atau alkali tanah untuk mencapai senyawa yang stabil, dan secara umum zeolit ditemukan dalam jenis klinoptilolit ($\text{Na}_6[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}]24 \text{H}_2\text{O}$). Lain halnya dengan batuan lempung (*clay materials*) dengan struktur lapisan, dimana sifat pertukaran ionnya disebabkan oleh :

- 1) *Brokend bonds* yaitu makin kecil partikel, penyerapan makin besar.
- 2) Gugus hidroksid yang mana atom hidrogen dapat digantikan dengan kation lain.
- 3) Substitusi isomorf Al pada tetrahedra Si menyebabkan ikatan Al-Si cukup kuat dan dapat mengurangi *swelling*. (DR. Thamzil Las dalam www.batan.go.id/p2plr/artikel/zeolit.html).

2.4 Kandungan Fe Dan Mn Dalam Air

Kehadiran Fe dan Mn dalam air untuk keperluan sehari-hari sangat besar pengaruhnya baik dari segi kesehatan maupun estetika. Dalam jumlah yang sedikit Fe dan Mn diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan unsur tersebut. Fe dan Mn dalam tanah berfungsi sebagai mineral tanah dan penting bagi tumbuhan. Fe dan Mn yang terkandung dalam tanah tersebut berasal dari proses pembentukan tanah baik proses pelapukan batuan secara fisik maupun kimia yang sudah berlangsung sangat lama. Selain itu Fe dan Mn juga terakumulasi melalui proses air hujan sebelum jatuh ke dalam tanah, di angkasa mengalami penurunan suhu sehingga melarutkan CO₂ yang ada di angkasa. Akibatnya air hujan bersifat agresif dan asam. Pada saat jatuh ke tanah kadar CO₂ dalam air hujan tidak hilang karena ikut meresap (absorpsi) ke dalam tanah, apabila di dalam tanah terdapat senyawa besi dan mangan maka akan ikut terlarut dalam pembentukan senyawa bikarbonat sesuai dengan reaksi;



Batuan yang banyak mengandung besi dan mangan adalah bahan-bahan basa yang memiliki 40 – 45 % silika seperti pada batuan gabro basal, batu kapur, dan basal.

2.4.1 Besi (Fe)

Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air (sungai).

Pada umumnya, besi yang berada di air bersifat :

- Terlarut sebagai Fe^{2+} (fero) atau Fe^{3+} (feri).
- Tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter $< 1 \mu\text{m}$) atau lebih besar, seperti Fe_2O_3 , FeO , FeOOH , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan sebagainya.
- Tergabung dengan zat organik atau zat padat yang anorganik (seperti tanah liat).

Pada air permukaan jarang ditemui kadar Fe lebih besar dari 1 mg/l, tetapi di dalam air tanah kadar Fe dapat jauh lebih tinggi. Konsentrasi Fe yang tinggi ini dapat dirasakan dan dapat menodai kain dan perkakas dapur. Pada air yang tidak mengandung O_2 , seperti seringkali air tanah, besi berada sebagai Fe^{2+} yang cukup dapat terlarut, sedangkan pada air sungai yang mengalir dan terjadi aerasi, Fe^{2+} teroksidasi menjadi Fe^{3+} , Fe^{3+} ini sulit larut dalam pH 6 sampai 8 (kelarutannya hanya di bawah beberapa $\mu\text{g/l}$, bahkan dapat menjadi ferihidroksida $\text{Fe}(\text{OH})_3$, atau salah satu jenis oksida yang merupakan zat padat dan bisa mengendap. Demikian dalam air sungai, besi berada sebagai Fe^{2+} , Fe^{3+} terlarut dan Fe^{3+} dalam bentuk senyawa organik berupa koloidal (G Alaerts dan Sri Sumestri Santika, 1984).

Zat besi (Fe) merupakan unsur yang sangat penting dan berguna untuk metabolisme tubuh dan juga berguna untuk pembentukan sel-sel darah merah,

tubuh membutuhkan 7 – 35 mg/hari yang tidak hanya diperoleh dari air (Sutrisno dan Suciastuti, 1987).

Akan tetapi dalam dosis besar besi dapat merusak usus, garam besi dapat mengiritasi mukosa lambung dan usus terutama pada saat perut dalam keadaan kosong. Debu besi juga dapat terakumulasi di dalam alveolus dan menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru.

(Sugiharto, 1985), Besi dalam bentuk ion Fe^{2+} menjadi $Fe(OH)_3$ yang merupakan endapan (presipitat) yang mengakibatkan kekeruhan dalam air bersih sehingga dapat menimbulkan berbagai gangguan yaitu :

- Menimbulkan warna kuning dalam air.
- Pada konsentrasi tinggi menimbulkan rasa dan bau logam.
- Menimbulkan noda-noda pada pakaian yang berwarna terang dan alat-alat sanitasi.
- Menyokong pertumbuhan bakteri-bakteri besi.
- Pada konsentrasi tinggi dapat beracun bagi manusia.

2.4.2 Mangan (Mn)

Mangan (Mn) kurang banyak terdapat di alam dibandingkan dengan Fe, Mn di dalam air dapat bersifat :

- Larut sebagai Mn^{2+} dan Mn^{4+}
- Mn zat terlarut dapat dioksidasi oleh O_2 terlarut sehingga senyawa berubah dan dapat mengendap.

Mangan seperti halnya besi selalu bermuatan lebih dari 1 (satu) valensi. Dalam air baku kebanyakan berbentuk bivalensi (Mn^{2+}) dan Mangan Quadralensi (Mn^{4+}). Unsur ini lebih sulit dioksidasi dibandingkan besi dan tidak selalu menimbulkan warna pada air tetapi akan menyebabkan noda pada pakaian dan peralatan medis.

Mangan bersama-sama Cobalt (Co), Tembaga (Cu), Moritderum (Mo) bertindak sebagai katalisator dalam pembentukan Hb darah.

Seperti halnya besi, Mangan apabila terhirup melalui pernafasan berupa debu dan uap mangan akan menimbulkan gejala seperti gangguan susunan syaraf, insomnia, kemudian lemah pada kaki dan otot mata, sehingga ekspresi muka menjadi kaku. Apabila berlanjut maka gejalanya akan lambat dan monoton, terjadi hiper refleksi, clonus pada patella dan tumit serta berjalan seperti penderita parkinsis (Yudono, 1984).

2.5 Penelitian Yang Pernah Dilakukan

2.5.1 Pemakaian zeolit sebagai media filter

Seperti dalam penelitian sebelumnya bahwa zeolit yang diaktifkan dengan cara dipanaskan maupun dengan zat kimia (H_2SO_4 , NaOH, atau $KMnO_4$ 1%) mampu menurunkan kadar Fe dan Mn dalam air dengan ketebalan media efektif 60 cm (Eko Yudy Nofianto, 2000).

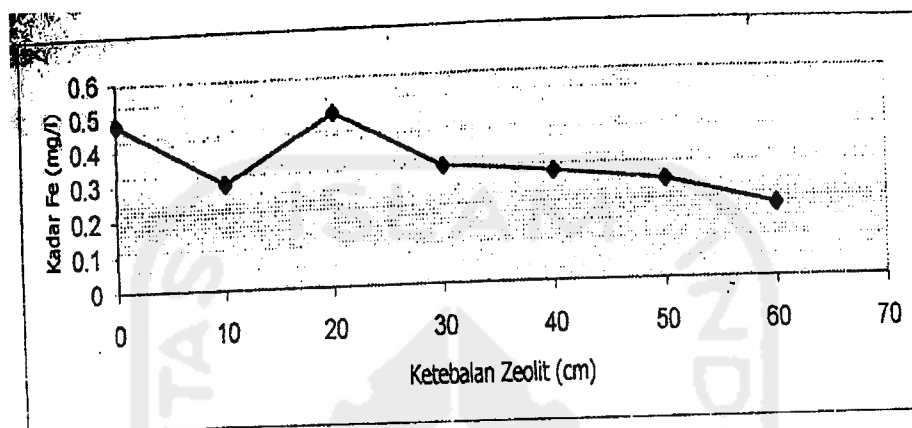
Berikut ini akan dipaparkan hasil penelitian yang pernah dilakukan di salah satu sumur gali penduduk Dusun Jopaten Desa Poncosari, Kecamatan Srandakan, Kabupaten Bantul dengan sistem saringan menggunakan media zeolit dan pasir sebagai media tambahan :

Tabel 2.2. Hubungan antara ketebalan media zeolit dengan hasil analisa kadar Besi (Fe) sebelum dan sesudah proses pengolahan dengan alat saringan menggunakan media zeolit dan pasir.

No.	Ketebalan Zeolit	Hasil analisa Fe (mg/l)				Efisiensi Penurunan (%)	Baku Mutu (mg/l)
		I	II	II	Rata-rata		
1	Air baku	2,01	1,80	2,22	2,01	0	1,0
2	0 cm	0,403	0,445	0,396	0,418	79,20	1,0
3	10 cm	0,384	0,219	0,275	0,291	85,52	1,0
4	20 cm	0,575	0,467	0,445	0,495	75,37	1,0
5	30 cm	0,327	0,364	0,293	0,328	83,68	1,0
6	40 cm	0,285	0,334	0,290	0,303	84,92	1,0
7	50 cm	0,226	0,278	0,315	0,273	86,41	1,0
8	60 cm	0,204	0,209	0,189	0,200	90,04	1,0

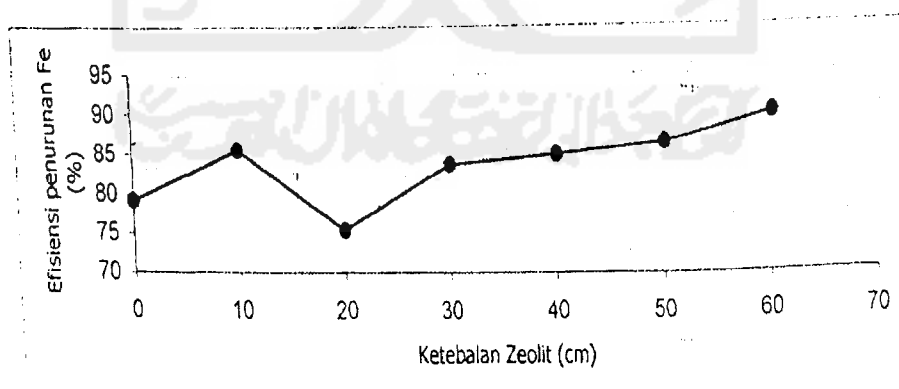
Dari tabel 2.2. di atas menunjukkan hasil perhitungan dari efisiensi penurunan kadar Besi (Fe) setelah proses filtrasi. Penurunan terbesar terjadi pada ketebalan media zeolit 60 cm dengan kadar besi (Fe) sebesar 0,2 mg/l atau terjadi penurunan sebesar 90,04 %. Penurunan terkecil terjadi pada ketebalan media zeolit 20 cm dengan kadar Besi (Fe) sebesar 0,495 atau terjadi penurunan sebesar 75,37 %.

Dari tabel 2.2 dibuat grafik hubungan antara efisiensi penurunan kadar Besi (Fe) dengan variasi ketebalan zeolit setelah proses pengolahan, seperti dapat dilihat dalam gambar 2.4 berikut ini.



Gambar 2.4. Grafik hubungan antara variasi ketebalan zeolit terhadap penurunan kadar Fe.

Dari tabel 2.2 juga dapat dibuat grafik efisiensi penurunan kadar Besi (Fe) setelah proses filtrasi menggunakan media zeolit dan pasir, seperti pada gambar 2.5 berikut ini.

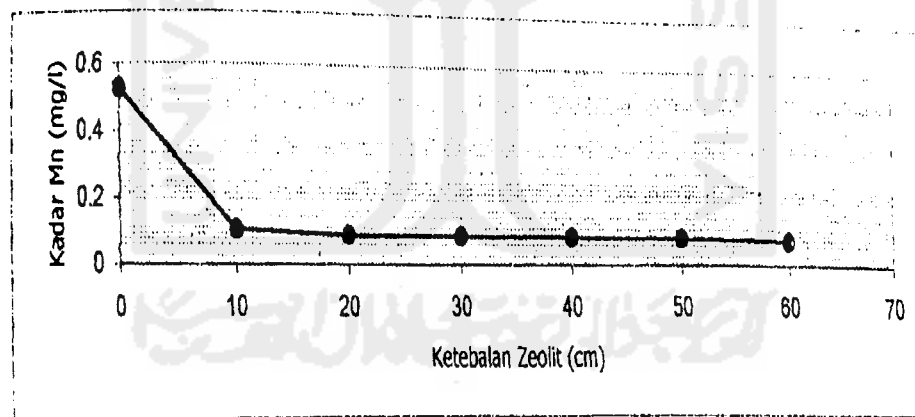


Gambar 2.5. Grafik hubungan antara variasi ketebalan media zeolit terhadap efisiensi penurunan kadar Fe.

Tabel 2.3. Hubungan antara ketebalan media zeolit dengan hasil analisa kadar Besi (Mn) sebelum dan sesudah proses pengolahan dengan alat saringan menggunakan media zeolit dan pasir.

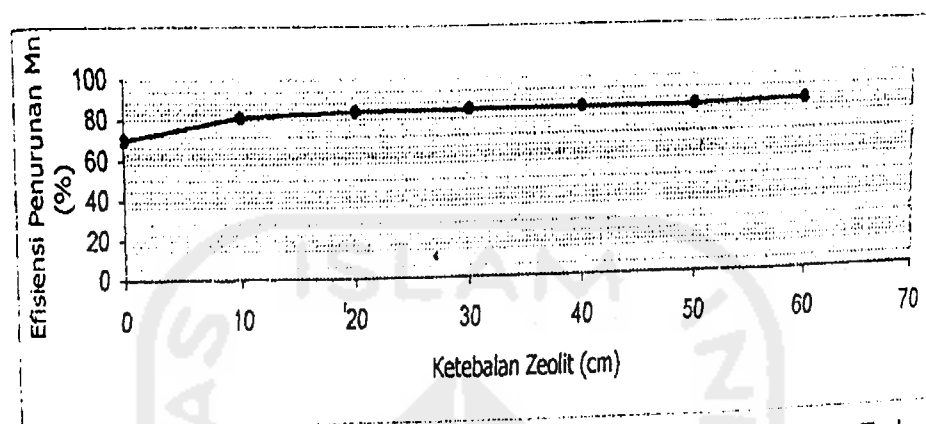
No.	Ketebalan Zeolit	Hasil analisa Mn (mg/l)				Efisiensi Penurunan (%)	Baku Mutu (mg/l)
		I	II	II	Rata-rata		
1	Air baku	0,580	0,560	0,580	0,57	0	0,5
2	0 cm	0,560	0,540	0,490	0,530	70,17	0,5
3	10 cm	0,103	0,114	0,103	0,107	81,40	0,5
4	20 cm	0,093	0,098	0,081	0,091	84,21	0,5
5	30 cm	0,087	0,092	0,081	0,087	84,91	0,5
6	40 cm	0,081	0,087	0,087	0,085	85,08	0,5
7	50 cm	0,081	0,081	0,087	0,083	85,43	0,5
8	60 cm	0,071	0,081	0,071	0,074	87,01	0,5

Berdasarkan pada tabel 2.3. di atas dapat dibuat grafik hubungan antara kadar Mangan (Mn) dengan variasi ketebalan zeolit setelah proses pengolahan dan dapat dilihat pada Gambar 2.6. berikut ini.



Gambar 2.6. Grafik hubungan antara variasi ketebalan media zeolit terhadap penurunan kadar Mn..

Pada tabel 2.3. dapat pula ditunjukkan efisiensi penurunan kadar Mangan (Mn) setelah proses filtrasi menggunakan media zeolit dan pasir, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.7. berikut ini.



Gambar 2.7. Grafik hubungan antara variasi ketebalan media zeolit terhadap efisiensi penurunan kadar Mn.

Akan tetapi penelitian tersebut hanya sebatas variasi ketebalan media tanpa memperhitungkan variasi pengaliran air baku, untuk itu akan dilakukan suatu penelitian terhadap penurunan kandungan Fe total dan Mn menggunakan filter dengan media zeolit (*Effective Size* : $0,5 - 0,7 \text{ mm}$)³ tanpa adanya pengaktifan media dengan zat kimia dengan memperhitungkan variasi waktu aliran.

2.5.2 Pemakaian arah aliran *up flow*

Tim Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair BPPT telah membuktikan dengan diluncurkannya suatu unit filtrasi (dengan media kerikil, pasir, batu kuarsa) dengan arah aliran ke atas (*up flow*). Alat ini, telah diujikan

³ Satuan Operasi, Ali Masduqi dan Agus Slamet, 2002.

disejumlah tempat, antara lain di Pesantren La Tansa, Lebak, Jawa Barat, dan Desa Dantar, Kecamatan Padang Cermin, Teluk Ratai, Lampung dan terbukti dapat mengatasi keluhan-keluhan masyarakat tentang fenomena air bersih (*Kemitraan Air Bersih, 20 Maret 2002*).

