ZEOLIT UNTUK MENGURANGI KESADAHAN AIR

Oleh : Ruliasih Marsidi *)

Abstrak

Dalam penggunaannya, air mempunyai persyaratan tertentu, baik untuk air rumah tangga maupun air industri. Salah satu syarat yang harus dipenuhi adalah angka kesadahan air, yaitu angka yang berhubungan dengan jumlah kandungan calsium dan magnesium. Kedua unsur ini khususnya pada air minum diperlukan, namun hanya sampai dengan batas tertentu, karena kelebihan unsur ini dapat berakibat pada kesehatan. Pada penggunaan air untuk cuci dan mandi kelebihan unsur calsium dan magnesium akan mengurangi efektifitas sabun/detergen, bahkan untuk air industri kandungan unsur-unsur tersebut sebaiknya nol, karena adanya kedua unsur ini dapat merusak peralatan pemanas pada industri.

Untuk membantu masyarakat, terutama pelaku industri kecil dan industri rumah tangga, telah dilakukan penelitian mengenai cara penghilangan kandungan unsur calsium dan magnesium dari dalam air . Dalam tulisan ini diinformasikan beberapa cara penghilangan kesadahan air atau biasa disebut dengan pelunakan air, namun percobaan yang dilakukan hanya terbatas pada cara pelunakan air sadah dengan metoda penukar ion. Bahan penukar ion yang digunakan adalah zeolit alam, karena zeolit alam mudah diperoleh dan harganya relatif murah. Hasil percobaan menunjukkan adanya penurunan kadar kesadahan, namun zeolit alam ini cepat sekali mencapai jenuh, sehingga harus sering dilakukan proses regenerasi.

Kata kunci : Kesadahan, Zeolit, Alumino Silikat

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan yang sangat utama bagi kehidupan manusia, oleh karena itu jika kebutuhan air belum terpenuhi baik secara kuantitas maupun kualitas, maka akan menimbulkan dampak yang besar terhadap kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat. Dari segi pemanfaat-an, penggunaan air dapat dikatagorikan dalam 2 katagori, yaitu air rumah tangga dan air industri yang masing-masing mempunyai persyaratan tertentu. Persya-ratan tersebut meliputi persyaratan fisik, kimia dan bakteriologis, ketiga persyaratan tersebut merupakan suatu kesatuan, sehingga apabila ada satu parameter yang tidak memenuhi syarat, maka air tersebut tidak layak untuk digunakan.

Salah satu parameter kimia dalam persyaratan kualitas air adalah jumlah kandungan unsur Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam air, yang keberadaannya biasa disebut dengan kesadahan air. Kesadahan dalam air sangat tidak dikehendaki baik untuk penggunaan rumah tangga maupun untuk penggunaan industri. Bagi air rumah tangga tingkat kesadahan yang tinggi mengakibatkan konsumsi sabun lebih banyak karena sabun menjadi kurang efektif akibat salah satu bagian dari molekul sabun diikat oleh unsur Ca/Mg.

Bagi air industri unsur Ca dapat menyebabkan kerak pada dinding peralatan sistem pemanasan sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan industri, disamping itu dapat menghambat proses pemanasan. Masalah ini dapat mengakibatkan penurunan kinerja industri yang pada akhirnya dapat menimbulkan kerugian. Oleh karena itu persyaratan kesa-dahan pada air industri sangat diperhatikan. Pada umumnya jumlah kesadahan dalam air

*) *Staf Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih Dan Limbah Cair, Pusat Pengkajian dan Pererapan Teknologi Lingkungan, BPPT.*

industri harus nol, berarti unsur Ca dan Mg dihilangkan sama sekali.

Berdasarkan kenyataan ini maka perlu kiranya dilakukan suatu pengkajian teknologi untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan kesadahan dalam air. Agar teknologi ini dapat diterapkan pada industri kecil atau industri rumah tangga, maka sistem yang dipilih adalah sistem penukar ion yaitu sistem yang cukup sederhana, dan disamping itu bahan penukar ion yang digunakan adalah bahan yang relatif murah yaitu zeolit, sehingga secara keseluruhan ditinjau dari segi teknis dan ekonomi dapat terjangkau oleh pelaku industri kecil dan industri rumah tangga.

1.2. Tujuan dan Sasaran

Mengkaji suatu teknologi pengurangan kadar kesadahan dalam air, guna memperoleh data dan kinerja suatu sistem pengurangan kadar kesadahan dalam air. Dalam hal ini sistem yang dikaji adalah suatu sitem yang sederhana yaitu sistem penukar ion dengan menggunakan bahan penukar ion yang relatif murah yaitu zeolit.

2. TINJAUAN UMUM TENTANG ZEOLIT

Zeolit berasal dari mineral Alumino silikat yang terdehidrasi dengan kation-kation alkali dan alkali tanah, memiliki struktur dalam tiga dimensi yang tidak terbatas dengan rongga-rongga. Adanya perbandingan silika dan aluminium yang bervariasi, menghasilkan banyak jenis mineral zeolit yang terdapat di alam.

Zeolit merupakan kristal yang agak lunak dengan berat jenis yang bervariasi antara 2 – 24 gr/cm^3. Air kristalnya mudah dilepaskan dengan cara pemanasan, apabila terpapar dengan udara akan cepat kembali ke keadaan semula karena mudah menyerap air dari udara. Mudah melakukan pertukaran ion-ion alkalinya dengan ion-ion elemen lain.

Zeolit dalam penggunaannya telah berkembang disebabkan oleh sifat-sifat yang dimilikinya yaitu sebagai penyerap dan penyaring molekul, katalis dan penukar ion. Menurut Breck terdapat 9 jenis zeolit yang telah ditemukan di alam yaitu :

Zeolit	Struktu kimia
Klabosit	$Ca_2(AlO_2)_4\ (SiO_2)_8$ / 18 H_2O
Analsim	$Na_{16}(AlO_2)_{16}\ (SiO_2)_{32}$ / 16 H_2O
Leomonfit	$Ca_4(Al_8\ Si_{28}\ O_{72})_{24}\ H_2O$
Philipsit	$(K, Na)_{10}$ / $(AlO_2)_{10}\ (SiO_2)_{22}$ / H_2O
Heulandit	$Ca_4\ Al_8\ Si_{16}\ O_{48}\ 16H_2O$
Mordenit	$Na_8\ (AlO_2)_8\ (SiO_2)_{40}$ / 24 H_2O
Klinoptilotit	Na_6 / $(AlO_2)_6\ (SiO_2)_{30}$ / 24 H_2O
Erinoit	$(Ca, Mg, K_2, Na)_4$ / $(AlO_2)_9\ (SiO_2)_{27}$ / $27H_2O$
Ferrinit	$(K, Na)_2\ (Ca, Mg)_2\ (Al_6Si_{30}O_{72})$ / $18H_2O$

Berdasarkan pada sumbernya, zeolit terbagi menjadi dua, pertama yaitu zeolit yang berasal dari alam selanjutnya disebut zeolit alam, kedua adalah zeolit buatan yaitu zeolit yang dibuat oleh manusia.

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

Zeolit buatan dibuat dengan cara meniru proses hidrotermal yang terjadi pada mineral zeolit alam. Zeolit buatan dibuat dari gel alumino silikat yaitu suatu jenis gel yang terbuat dari larutan natrium aluminal, natrium silikat dan natrium hidroksida. Struktur gel terbentuk karena polimerisasi anion-anion aluminat dan silikat.

Perbedaan pada komposisi kimia dan distribusi berat molekul dari larutan, akan menyebabkan perbedaan struktur zeolit yang terjadi. Saat ini lebih kurang terdapat 30 jenis zeolit buatan, sebagai hasil dari variasi parameter seperti temperatur, kristalisasi dan komposisi awal gel.

Indonesia sebagai daerah vulkanis, memiliki produk gunung berapi, berupa mineral zeolit yang cukup banyak. Menurut Direktorat Sumber Daya Minneral, tidak kurang dari 6 lokasi endapan yang telah diketahui serta sekitar 40 lokasi endapan yang masih diperkirakan, menghasilkan mineral zeolit. Keenam lokasi yang telah diketahui adalah :

-Daerah Nanggung, Jawa Barat
-Daerah Cikotok, Jawa Barat
-Daerah Naggreg, Jawa barat
-Daerah Pacitan, Jawa Timur
-Daerah Sidomulyo, Jawa Timur
-Daerah Cikembar, Jawa barat

3. KESADAHAN

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.

Kesadahan dibagi atas dua jenis kesadahan, yaitu kesadahan sementara dan kesadahan tetap. Air yang mengandung kesadahan kalsium karbonat dan magnesium karbonat disebut kesadahan karbonat atau kesadahan sementara, karena kesadahan tersebut dapat dihilangkan dengan cara pemanasan atau dengan cara pembubuhan kapur. Sementara itu Air yang mengandung kesadahan kalsium sulfat, kalsium khlorida, magnesium sulfat dan magnesium khlorida, disebut kesadahan tetap karena tidak dapat dihilangkan dengan cara pemanasan, tetapi dapat dengan cara lain dan salah satunya adalah proses penukar ion.

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

Tabel 1 : Klasifikasi tingkat kesadahan

Mg/l Ca CO_3	Tingkat Kesadahan
0 – 75	Lunak (soft)
75 - 150	Sedang (moderately hard)
150 - 300	Tinggi (hard)
>300	Tinggi sekali (very hard)

Tingkat kesadahan air dapat dinyatakan dalam satuan mg/l $CaCO_3$ atau ppm $CaCO_3$ atau dalam satuan Grain atau derajat. Hubungan antara satuan-satuan tersebut adalah sebagai berikut :

1 grain per US galon = 1° (derajat)
= 17,1 ppm $CaCO_3$
100 ppm $CaCO_3$ = 40 ppm kalsium
1 derajat (Inggris) = 10 mg $CaCO_3$/ 0,7 l air
= 14,3 mg $CaCO_3$/ l air
1 derajat (Jerman) = 10 mg $CaCO_3$
= 17,8 mg $CaCO_3$/ l air
1 derajat (perancis) = 10 mg $CaCO_3$/ l air

Metoda penentuan kesadahan

Kesadahan air dinyatakan dengan mg/liter $CaCO_3$. Metoda yang dapat digunakan dalam menentukan kesadahan air adalah dengan metoda perhitungan dan metoda titrasi EDTA.

Metoda perhitungan didasarkan atas perhitungan dari ion-ion yang bervalensi 2 yang didapat dari hasil analisis. Perhitungan kesadahan dilakukan dengan menggunakan rumus umum berikut ini.

$$\text{Kesadahan (mg/l } CaCO_3) = M^2(\text{ mg/l}) \times \frac{50}{\text{Berat ekivalen } M^{2+}}$$

M^{2+} = mewakili ion logam bervalensi 2

Metoda titrasi EDTA banyak digunakan di laboratorium untuk penentuan kesadahan. Metoda ini berhubungan dengan penggunaan larutan EDTA (Ethylen Diamine Tetra Acetic) atau garam sodium sebagai agen titrasi. Indikator yang digunakan adalah Eriochroma Blak T.

4. PELUNAKAN KESADAHAN

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

1. Pemanasan,
2. Proses pengendapan atau proses kapur soda,
3. Pertukaran ion (Ion Exchange).

4.1. Pemanasan

Garam $MgCO_3$ bersifat larut dalam air dingin, namun semakin tinggi temperatur air, kelarutan $MgCO_3$ semakin kecil, bahkan hingga menjadi tidak larut dan dapat mengendap. Garam $CaCO_3$ kelarutannya lebih kecil dari pada $MgCO_3$, sehingga pada air dinginpun sebagian $CaCO_3$ mengendap, pada air panas pengendapannya akan lebih banyak lagi. Berdasarkan sifat ini, kesadahan

yang disebabban oleh kation Mg^{2+} dan Ca^{2+} dapat dihilangkan dengan cara pemanasan.

Dikarenakan sifat ini maka air sadah tidak dikehendaki pada air industri karena dapat menimbulkan endapan/kerak pada peralatan pemanas seperti boiler dan lain sebagainya.

4.2. Proses Kapur Soda

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

- Kalsium Karbonat ($CaCO_3$)
- Magnesium Hidroksida ($Mg(OH)_2$)

Untuk menghilangkan kesadahan sementara kalsium, ditambahkan kapur. Reaksi yang terjadi :

$$Ca(HCO_3) + Ca(O) \rightleftharpoons \underline{2\,CaCO_3} + 2\,H_2O$$

Untuk menghilangkan kesadahan tetap kalsium, ditambahkan soda abu. Reaksi yang terjadi :

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \rightleftharpoons \underline{CaCO_3} + Na_2SO_4$$

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightleftharpoons \underline{CaCO_3} + 2\,NaCl$$

Untuk menghilangkan kesadahan magnesium sementara, ditambahkan kapur + kapur

Tahap 1 :

$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightleftharpoons MgCO_3 + \underline{CaCO_3} + H_2O$$

Tahap 2 :

$$MgCO_3 + Ca(OH)_2 \rightleftharpoons \underline{Mg(OH)_2} + \underline{CaCO_3}$$

Untuk menghilangkan kesadahan magnesium tetap ditambahkan kapur + soda abu

Tahap 1 :

$$\begin{matrix} MgCl_2 \\ MgSO_4 \end{matrix} + Ca(OH)_2 \rightleftharpoons \underline{Mg(OH)_2} + \begin{matrix} CaCl_2 \\ CaSO_4 \end{matrix}$$

Tahap 2 :

$$\begin{matrix} CaCl_2 \\ CaSO_4 \end{matrix} + Na_2CO_3 \rightleftharpoons \underline{CaCO_3} + \begin{matrix} NaCl \\ Na_2SO_4 \end{matrix}$$

4.3. 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 zeoilt buatan dan yang saat ini sering digunakan adalah bahan penukar ion yang disebut resin penukar ion.

Resin penukar ion umumnya terbuat dari partikel cross-linked polystyrene. Terdapat beberapa resin penukar ion yang diproduksi oleh berbagai pabrik dan dipasaran masing-masing mempunyai nama dagang tersendiri. Untuk proses penghilangan kesadahan atau pelunakan, resin yang digunakan adalah resin penukar kation yang mengandung sodium.

5. PERTUKARAN ION DENGAN ZEOLIT

Air sadah yang dialirkan melalui kolom zeolit akan mengalami pertukaran ion-ion, ion Ca dan ion Mg dalam air sadah ditukar dengan ion Na dalam zeolit. Hal tersebut berlangsung terus sampai suatu saat ion Na dalam zeolit sudah habis ditukar dengan ion Ca dan Mg dari dalam air, pada keadaan ini zeolit tersebut dinamakan telah jenuh yang berarti zeolit tidak mampu lagi melakukan pertukaran ion.

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

$$Na_2Z + Ca^{2+} \longrightarrow CaZ + 2\,Na^+$$

$$Na_2Z + Mg^{2+} \longrightarrow MgZ + 2\,Na^+$$

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

$$CaZ + 2\,NaCl \longrightarrow Na_2Z + CaCl$$

$$MgZ + 2\,NaCl \longrightarrow Na_2Z + MgCl$$

Keunggulan menggunakan zeolit sebagai bahan untuk pelunakan air sadah, antara lain :

- Mempunyai sistem yang kompak sehingga mudah dioperasikan
- Dapat dibuat kontinu
- Presentasi pengurangan kesadahan relatif besar
- Harganya relatif murah dan mudah didapat

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

- Tidak dapat digunakan pada air yang mengandung kekeruhan air lebih dari 10mg/l
- Efisiensi zeolit akan berkurang apabila air mengandung unsur-unsur sebagai berikut : minyak, H_2S, mengandung ion Fe^{2+} atau Mn^{2+} lebih dari 2 mg/l dan mengandung sodium yang tinggi.
- Tidak dapat dioperasikan pada air yang mempunyai kesadahan lebih dari 800 mg/l.

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

6. PERCOBAAN PROSES PERTUKARAN ION DENGAN ZEOLIT

6.1. Metoda Penelitian

Penelitian ini bersifat experimen, dengan menggunakan sistem penelitian pretest-posttest, yaitu penelitian dengan melakukan pengukuran kesadahan air sebelum dan sesudah melewati alat pelunak air yang berupa unggun zeolit. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui pengaruh faktor-faktor fisik terhadap efisiensi zeolit alam dalam menurunkan tingkat kesadahan air baku.

Zeolit alam yang digunakan sebagai bahan penukar ion adalah jenis Klinoptilotit, yang diperoleh dari daerah Bogor, Jawa Barat. Adapun karakteristik zeolit ini adalah sebagai berikut :

- Rumus molekul : $Na_6/(AlO_2)_6(SiO_2)_{30}/24H_2O$
- Sifat Asam/Basa : Asam kuat
- Kapasitas pertukaran ion (meq/g) : 2,26 – 3,10
- Kepadatan (g/cm^3) : 2,16
- Perbandingan Si dan Al : 4,25 – 5,25
- Diameter partikel (nm) : 0,44 x 0,72
- Jumlah total volume pori-pori (%) : 34 %
- Regenerasi :

Cara kimia (dengan larutan NaCl 10-25 %)
Pemanasan (600°C)
Cara biologi (aerasi)

Sementara itu air baku yang akan diolah adalah air tanah yang kemudian diberikan perlakuan sehingga mengandung tingkat kesadahan melebihi persyaratan kualitas air bersih yang tercantum pada Permenkes RI Nomor 416/Menkes/Per/IX/ 1990. Adapun unsur yang ditambahkan kedalam air baku adalah senyawa penyebab kesadahan yaitu $CaCl_2$ dan $MgSO_4$.

Di dalam percobaan ini ditinjau beberapa variabel yang diperkirakan akan mempengaruhi efisiensi penurunan kesadahan oleh bahan zeolit. Variabel-variabel tersebut adalah ketebalan zeolit dan waktu operasi/lamanya pemakaian zeolit. Kecepatan aliran selama proses percobaan dibuat tetap yaitu 2,55 cm/detik.

Percobaan dilakukan dalam skala pilot. Pada skala ini alat dibuat dari bahan pralon PVC berbentuk kolom dengan diameter 3 inchi dan tinggi 1,25 m, gambar alat dapat dilihat pada gambar 1. Ke dalam kolom diisi bahan zeolit dengan ketebalan 80 cm. Sepanjang kolom di beberapa titik yaitu pada ketebalan zeolit 20 cm, 40 cm, 60 cm dan 80 cm, dipasang kran yang berfungsi sebagai fasilitas untuk mengeluarkan sampel air yang telah mengalami proses pelunakan untuk kemudian diperiksa.

Pemeriksaan air pada beberapa ketebalan untuk mengetahui pengaruh ketebalan media zeolit terhadap prosentasi pengurangan kesadahan. Untuk mengetahui pengaruh waktu operasi zeolit atau pengaruh lamanya pemakaian media zeolit terhadap prosentasi pengurangan kesadahan, pemeriksaan air dilakukan setelah pemakaian media selama 24 jam, 48 jam, 72 jam dan 96 jam, dengan menggunakan kecepatan aliran yang tetap yaitu 2,55 cm/detik.

6.2. Proses Percobaan

Air baku yang mempunyai kadar kesadahan tertentu, ditempatkan dalam reservoir volume 100 liter. Reservoir ditempatkan pada tower dengan ketinggian 2 meter, dengan demikian proses pengaliran air baku ke dalam alat pengolah, berjalan dengan tenaga gravitasi.

Proses pelunakan dilakukan dengan melewatkan air baku kedalam alat yang telah diisi dengan bahan zeolit sebagai bahan pelunak. Proses dimulai dengan memasukkan air baku dari titik inlet yang terletak di bagian atas alat dan keluar melalui titik outlet di bagian bawah alat.

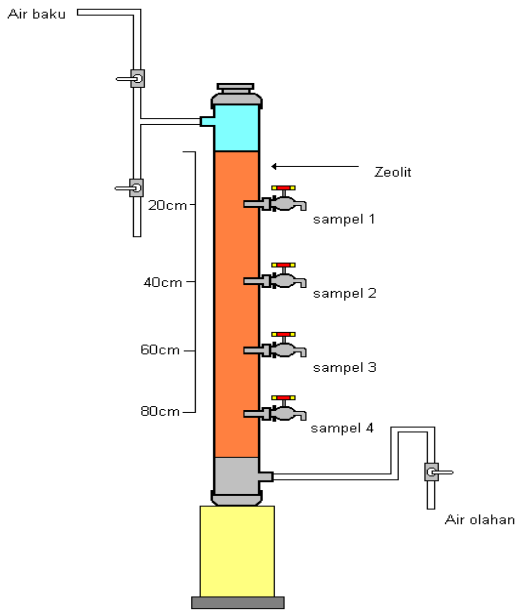
Untuk mengetahui pengaruh ketebalan zeolit terhadap efisiensi pelunakan, sampel air dikeluarkan dari alat pelunak melalui kran yang terletak pada ketebalan zeolit 20 cm, dan seterusnya pada ketebalan 40 cm, 60 cm dan 80 cm.

Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh waktu operasi atau lamanya pemakaian zeolit terhadap efisiensi pelunakan, sampel air diambil setelah pengoperasian selama 24 jam dan seterusnya setelah 48 jam, 72 jam dan 96 jam.

Parameter tetap selama percobaan adalah :

- Kecepatan aliran air dalam percobaan dibuat tetap yaitu 2,55 cm/detik.
- Kadar kesadahan total air baku dibuat tetap yaitu 680 mg/l.

Skema percobaan dapat dilihat pada gmbr 1.



Gambar 1 : Diagram alat pengolah air sadah

6.3. Hasil Percobaan

Tabel 1 : Prosentase penurunan kesadahan $CaCO_3$ (total) air tanah setelah melalui zeolit dengan ketebalan 20 cm

No	Waktu operasi/lama pemakaian zeolit (jam)	Kesadahan total (mg/l)	Prosentase penurunan (%)
1	0	680	
2	24	21	96,91
3	48	94	86,18
4	72	565	16,91
5	96	660	2,94
	Rata-rata	335	50,74

Tabel 2 : Prosentase penurunan kesadahan $CaCO_3$ (total) air tanah setelah melalui zeolit dengan ketebalan 40 cm

No	Waktu operasi/lama pemakaian zeolit (jam)	Kesadahan total (mg/l)	Prosentase penurunan (%)
1	0	680	-
2	24	8	99,26
3	48	68	91,47
4	72	550	30,88
5	96	610	13,24
	Rata-rata	309	58,71

Tabel 3 : Prosentase penurunan kesadahan $CaCO_3$ (total) air tanah setelah melalui zeolit dengan ketebalan 60 cm

No	Waktu operasi/lama pemakaian zeolit (jam)	Kesadahan total (mg/l)	Prosentase penurunan (%)
1	0	680	-
2	24	5	99,26
3	48	58	91,47
4	72	470	30,88
5	96	590	13,24
	Rata-rata	280,75	58,71

Tabel 4 : Prosentase penurunan kesadahan $CaCO_3$ (total) air tanah setelah melalui zeolit dengan ketebalan 80 cm

No	Waktu operasi/lama pemakaian zeolit (jam)	Kesadahan total (mg/l)	Prosentase penurunan (%)
1	0	680	-
2	24	3	99,56
3	48	34	95,00
4	72	300	55,88
5	96	490	27,94
	Rata-rata	206,75	69,60

Tabel 5 : Prosentase penurunan kesadahan $CaCO_3$ (total) air tanah setelah melalui alat pelunak air, dengan waktu operasi/lama pemakaian zeolit 24 jam

No	Ketebalan Zeolit (cm)	Kesadahan t otal (mg/l)	Prosentase penurunan (%)
1	Air baku	680	-
2	20	21	96,91
3	40	8	98,82
4	60	5	99,26
5	80	3	99,56
	Rata-rata	9,25	98,64

Tabel 6: Prosentase penurunan kesadahan $CaCO_3$ setelah melalui alat pelunak air pada waktu operasi/lama pemakaian zeolit 48 jam

No	Ketebalan Zeolit (cm)	Kesadahan t otal (mg/l)	Prosentase penurunan (%)
1	Air baku	680	-
2	20	94	86,18
3	40	68	90,00
4	60	58	91,47
5	80	34	95,00
	Rata-rata	63,5	90,66

Tabel 7: Prosentase penurunan kesadahan $CaCO_3$ setelah melalui alat pelunak air pada waktu operasi/lama pemakaian zeolit 72 jam

No	Ketebalan Zeolit (cm)	Kesadahan t otal (mg/l)	Prosentase penurunan (%)
1	Air baku	680	-
2	20	565	16,91
3	40	550	19,12
4	60	470	30,88
5	80	300	55,88
	Rata-rata	471,25	30,70

Tabel 8: Prosentase penurunan kesadahan $CaCO_3$ setelah melalui alat pelunak air pada waktu operasi/lama pemakaian zeolit 96 jam

No	Ketebalan Zeolit (cm)	Kesadahan t otal (mg/l)	Prosentase penurunan (%)
1	Air baku	680	-
2	20	660	2,94
3	40	610	10,29
4	60	590	13,24
5	80	490	27,94
	Rata-rata	587,5	13,60

Tabel 9 : Prosentase penurunan kesadahan $CaCO_3$ setelah melalui alat pelunak air menurut waktu operasi/lamanya pemakaian zeolit dan ketebalan zeolit

Waktu operasi (jam)	KETEBALAN ZEOLIT				Rata-rata Prosentase (%)
	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	
	Prosentase (%)	Prosentase (%)	Prosentase (%)	Prosentase (%)	
24	96,91	98,82	99,26	99,56	98,64
48	86,18	90,00	91,47	95,00	90,66
72	16,91	19,12	30,88	55,88	30,70
96	2,94	10,29	13,24	27,94	13,60
Rata-rata	50,74	54,56	58,71	69,60	

Hasil perhitungan prosentase penurunan kesadahan dari semua hasil percobaan dapat dilihat pada tabel 9.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin tinggi unggun zeolit yang dilalui air baku, maka semakin besar prosentase penurunan kesadahan, dengan kecepatan aliran air baku sebesar 2,55 cm/detik, prosentase penurunan kesadahan tertinggi dicapai pada ketebalan 80 cm dan lama pemakaian zeolit (waktu operasi) maksimal 24 jam, yaitu 99,56%. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa dengan ketebalan 80 cm dan pengoperasian zeolit dibawah 24 jam, penurunan kesadahan hampir mencapai 100 %. Prosentase penurunan kesadahan terkecil terjadi pada ketebalan zeolit 20 cm, dan lama pemakaian zeolit (waktu operasi) 96 jam yaitu 2,94 %.

Dari angka-angka hasil percobaan tersebut diatas dapatlah diperkirakan efektivitas zeolit apabila digunakan sebagai pelunak air sadah. Dengan berpatokan pada kapasitas dan kualitas air yang akan diolah, maka dapat diperkirakan jumlah zeolit yang diperlukan untuk memperoleh kualitas air yang diinginkan, demikian pula dapat diperkirakan waktu jenuh zeolit.

Dengan jumlah kesadahan air baku 680 mg/l $CaCO_3$, dan laju alir air baku 6,8 l/menit, maka pemakaian zeolit sejumlah 3,5 liter dapat menurunkan kesadahan air hingga mencapai 90 % selama 48 jam waktu pengoperasian. Setelah pemakaian zeolit selama 48 jam, penurunan kesadahan berkurang, sehingga zeolit perlu diregenerasi.

7. PENUTUP

Kesadahan sangat dirasakan akibatnya terutama pada penggunaan air industri, karena kesadahan dapat menyebabkan kerusakan pada alat-alat pemanas, oleh karena itu persyaratan air industri untuk parameter nilai kesadahan sebaiknya nol, sehingga dapat menjamin tidak akan terjadi pengerakan pada alat-alat pemanas. Berdasarkan hal ini, di industri-industri yang menggunakan alat pemanas, merupakan hal yang mutlak harus dilakukan terlebih dahulu pelunakan terhadap air yang digunakan.

Dari beberapa proses pelunakan yang telah dibahas, proses pelunakan dengan sistem ion exchange merupakan yang paling

praktis. Kelebihan proses ini antara lain tidak menghasilkan buangan bahan padat yang dapat menimbulkan masalah lain, disamping itu bahan pelunak yang digunakan tidak hanya sekali pakai namun dapat digunakan kembali dengan cara diregenerasi. Dalam hal rancang bangun alat, untuk sistem ion exchange dapat dilakukan berdasarkan karakteristik bahan penuar ion yang digunakan.

Pada proses ion exchange yang perlu diperhatikan adalah siklus waktu pengoperasian yang harus tepat, yaitu waktu pergantian antara proses pelunakan, pencucian dan cuci balik/regenerasi. Apabila siklus waktu ini dilakukan secara tepat dan teratur, maka air olahan yang dihasilkan akan sesuai dengan yang direncanakan.

Melalui percobaan ini dapat diketahui waktu/lamanya ion exchanger, yang dalam hal ini zoelit, mencapai titik jenuh, sehingga dapat diperkirakan saat untukk melakukan pencucian dan regenerasi.

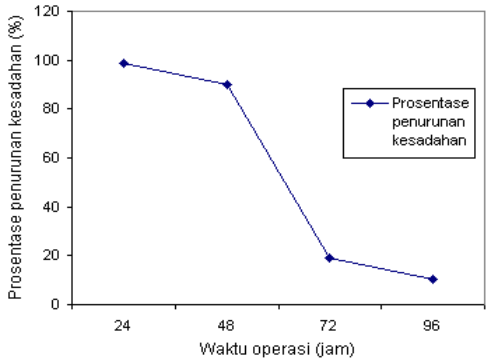
DAFTAR PUSTAKA

1. Murti, S dan Rahmawati, Minta, *Zeolit Tinjauan Literatur*, Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah LIPI, Jakarta 1994.
2. Tchobanoglouus, George & Schroeder, D.Edward, *Water Quality*, Addison-Wesley Publishing Company, United States of America, 1987.
3. Hammer, Mark J.,*Water and Wastewater* Technology, John Wiley & Sons, Inc., 1975.
4. *Water Treatment Handbook*, Lavoisier Publishing, Sixth Edition, 1991.
5. *Design Criteria for Waterworks Facilities*, Japan Water Works Association, 1978.

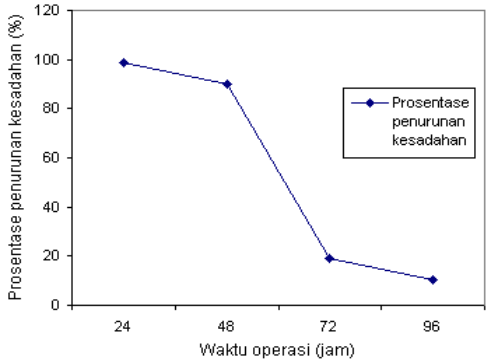
RIWAYAT PENULIS

Ir. Ruliasih Marsidi, lahir di kota Bandung, Jawa Barat pada tanggal 24 September 1956. Telah menamatkan pendidikan sarjana di bidang Teknik Kimia di Institut Teknologi Bandung. Mulai bekerja sebagai staf peneliti pada tanggal 1 Juli 1970 di Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Material dan Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.

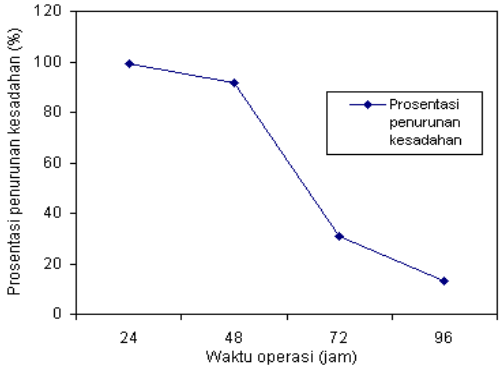
LAMPIRAN



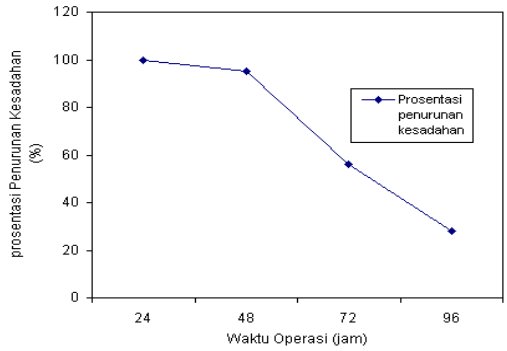
Gambar 2 : Prosentasi penurunan kesadahan pada ketebalan zeolit 20 cm.



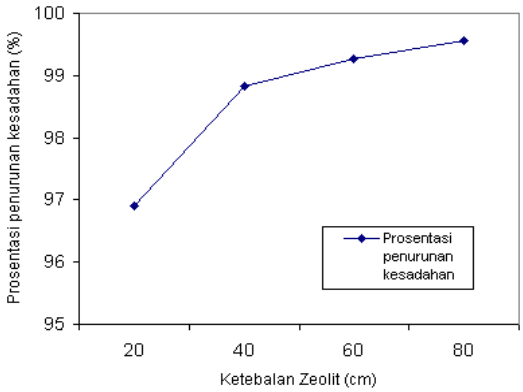
Gambar 3 : Prosentasi penurunan kesadahan pada ketebalan zeolit 40 cm.



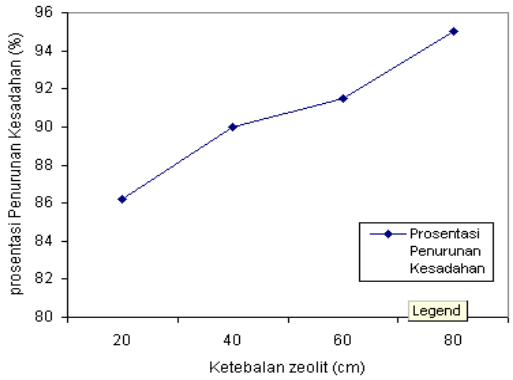
Gambar 4 : Prosentasi penurunan kesadahan pada ketebalan zeolit 60 cm.



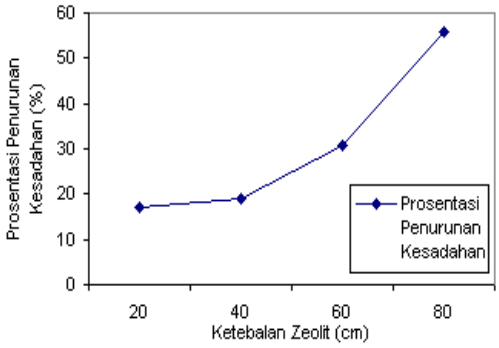
Gambar 5 : Prosentasi penurunan kesadahan pada ketebalan zeolit 80 cm.



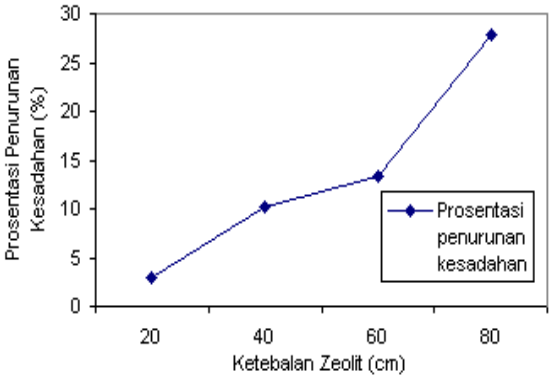
Gambar 6 : Prosentasi penurunan kesadahan pada waktu operasi 24 jam.



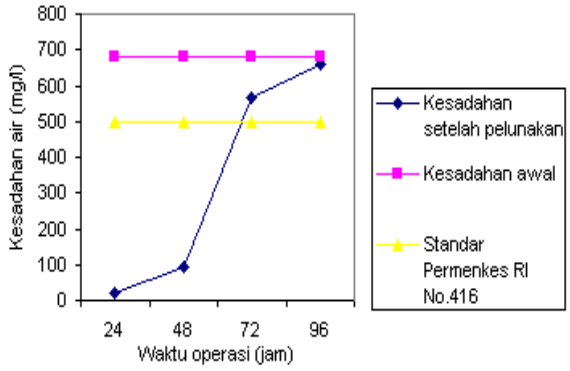
Gambar 7 : Prosentasi penurunan kesadahan pada waktu operasi 48 jam.



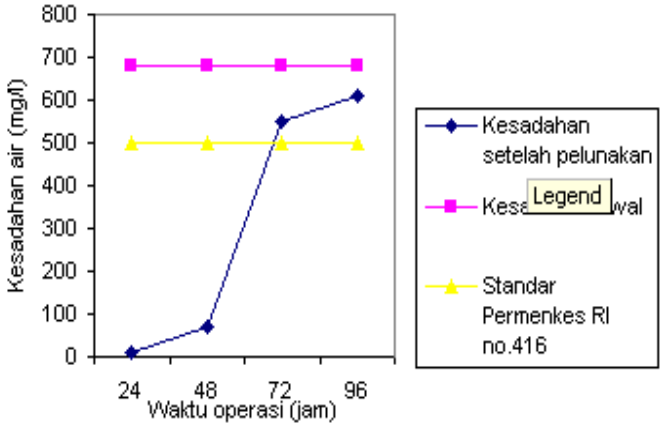
Gambar 8 : Prosentasi penurunan kesadahan pada waktu operasi 72 jam.



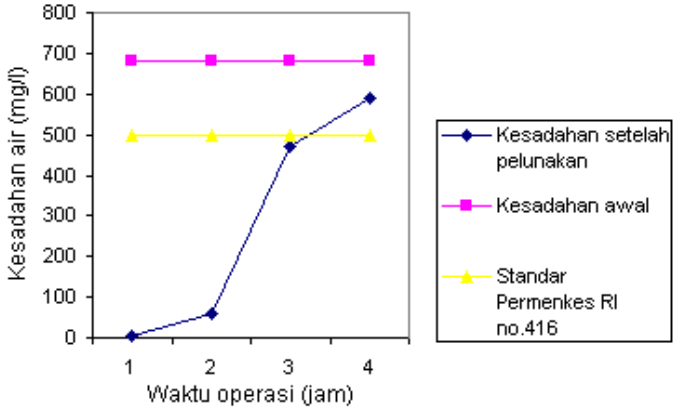
Gambar 9 : Prosentasi penurunan kesadahan pada waktu operasi 96 jam.



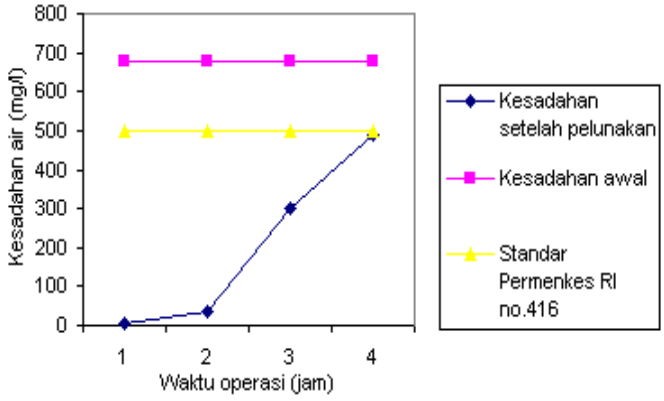
Gambar 10 : Kesadahan setelah melalui alat pelunak air, pada ketebalan zeolit 20 cm.



Gambar 11 : Kesadahan setelah melalui alat pelunak air, pada ketebalan zeolit 40 cm.



Gambar 12 : Kesadahan setelah melalui alat pelunak air, pada ketebalan zeolit 60 cm.



Gambar 13 : Kesadahan setelah melalui alat pelunak air, pada ketebalan zeolit 80 cm.