

**STUDI KASUS : PELUNAKKAN AIR MENGGUNAKAN PENUKAR KATION  
AMBERLITE IR – 120****Abubakar Tuhuloula**

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Unlam

Jl. A. Yani Km. 35,8 Kampus Unlam Banjarbaru

Telp : (0511) 7404878 Email : [Abubakarkulur@yahoo.com](mailto:Abubakarkulur@yahoo.com)**ABSTRAK**

*Air adalah senyawa anorganik dengan rumus kimia  $H_2O$ . Air mempunyai bentuk yang berbeda – beda yaitu gas, padat dan cair. Ketiganya dipengaruhi oleh suhu dan tekanan udara. Kesadahan air diakibatkan oleh adanya ion kalsium dan magnesium. Penetapan kesadahan hanya diharapkan pada penetapan kadar Ca dan Mg dalam air. Dalam proses penetapan kesadahan digunakan resin penukar kation sebagai pengikat  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$ .*

*Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Penukar Ion dengan resin yang digunakan adalah jenis Polystirene Divinyl Benzene (SDVB) yaitu Amberlite IR – 120. Proses ini menggunakan cara kromatografi kolom sederhana. Dari hasil penelitian ternyata Amberlite mempunyai kemampuan yang cukup tinggi untuk melunakkan air sampai 80%.*

*Kata kunci : Air sadah, Penukar ion, Amberlite*

**Latar Belakang**

Bagi industri kimia, air adalah bahan yang relatif murah dan tak tergantikan yang dalam jumlah besar dipakai sebagai bahan pelarut, sebagai pembawa panas pada pemanasan dan pendingin, sebagai bahan pembersih dan reaktan bagi sejumlah proses-proses kimia. Pengolahan air alam menjadi air ketel uap (*boiler*) atau untuk air pendingin pemakaian pada reaksi-reaksi kimia, setelah pemisahan air alam secara mekanik dari zat-zat suspensi dan kotoran-kotoran padat lainnya untuk beberapa tujuan cukup dibuat tidak *sadah*, dihilangkan garamnya dan kadang-kadang dibuang gasnya. (Vollrath, H, 1985)

Air merupakan unsur penting dalam kehidupan. Hampir seluruh kehidupan di dunia ini tidak terlepas dari adanya unsur air ini. Sumber utama air yang mendukung kehidupan di bumi ini adalah laut, dan semua air akhirnya akan kembali ke laut yang bertindak sebagai “reservoir” atau penampung. Air dapat mengalami daur hidrologi. Selama menjalani daur itu air selalu menyerap zat-zat yang menyebabkan air itu tidak lagi murni. Oleh karena itu, pada hakekatnya tidak ada air yang betul-betul murni.

Zat-zat yang diserap oleh air alam dapat diklasifikasikan sebagai padatan terlarut, gas terlarut dan padatan tersuspensi. Pada umumnya, jenis zat pengotor yang terkandung dalam air bergantung pada jenis bahan yang berkontak dengan air itu, sedangkan banyaknya zat pengotor bergantung pada waktu kontak. Bahan-bahan mineral yang dapat

terkandung dalam air karena kontak dengan batu-batuan terutama terdiri dari : kalsium karbonat ( $CaCO_3$ ), magnesium karbonat ( $MgCO_3$ ), kalsium sulfat ( $CaSO_4$ ), magnesium sulfat ( $MgSO_4$ ), dan sebagainya.

Air yang banyak mengandung mineral kalsium dan magnesium dikenal sebagai “air sadah”, atau air yang sukar untuk dipakai mencuci. Senyawa kalsium dan magnesium bereaksi dengan sabun membentuk endapan dan mencegah terjadinya busa dalam air. Oleh karena senyawa-senyawa kalsium dan magnesium relatif sukar larut dalam air, maka senyawa-senyawa itu cenderung untuk memisah dari larutan dalam bentuk endapan atau presipitat yang akhirnya menjadi kerak.

Dengan cara-cara pengolahan yang khusus, persediaan air tawar juga dapat diambil dari air laut atau air payau (*brackish water*). Perbedaan utama antara air laut dan air tawar adalah kadar garamnya. Air laut mengandung sekitar 35.000 mg mineral per kg air, sedangkan kadar maksimum kalsium dalam air tawar adalah 1000 mg per kg air. Oleh karena itu pengolahan air laut dapat lebih kompleks dan lebih mahal. Untuk memperoleh air bersih yang layak konsumsi diperlukan suatu cara yang lebih baik. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah filtrasi (penyaringan). Metode ini dapat diterapkan di

daerah pedesaan yang berada di tepi sungai ataupun sumber air lain. (Praswasti, dkk)

Perlu diketahui bahwa dalam air banyak mengandung mineral-mineral seperti garam Ca, Mg, Fe yang sifatnya agresif untuk mengadakan korosi terhadap suatu bahan (besi). Oleh karena itu air bersifat merusak, dengan demikian bagaimana supaya melunakkan air tersebut sehingga menjadi air yang siap dipakai dalam proses industri. Kesadahan air diakibatkan oleh hadirnya ion Ca dan Mg, dan dalam proses penetapan kesadahan ini digunakan Resin Penukar Kation (Amberlite IR-120) sebagai pengikat  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ . Dengan demikian diharapkan air yang keluar dari kolom memenuhi persyaratan untuk air industri yang bebas kation.

Industri sebagai suatu tempat dilaksanakannya proses produksi maupun pengolahan bahan-bahan, memerlukan air untuk berbagai keperluan khusus, misalnya sebagai bahan baku proses, bahan pelarut, media pendingin, steam pemanas, steam pembangkit listrik, pencucian peralatan, pemadam kebakaran dan sebagainya. Supply atas kebutuhan air untuk industri dapat di cukupi dengan jalan mengolah air yang ada di alam, misalnya air sumur, air sungai dan air laut, dengan *treatment* sesuai dengan bahan bakunya dan tujuan akhir penggunaan di industri. Air yang di dapat dari sumber air tanah, air hujan dll, tidak dengan serta merta dapat digunakan untuk kebutuhan air pendingin, air boiler, dan air proses. Supaya air tersebut dapat di gunakan untuk keperluan industri, maka air tersebut perlu di hilangkan "kesadahan" atau hardness-nya.

Air yang di gunakan dalam industri dapat di bagi dalam :

- Air proses 20%
- Air boiler 80 %
- Air pendingin

Kesadahan air dikarenakan adanya garam-garam Ca, Mg, sebagai bikarbonat, sulfat, klorida, dan nitrat yang larut dalam air tersebut. Besi, alumunium, mangan juga dapat menyebabkan kesadahan air, namun unsur-unsur ini tidal lazim ada dalam air alam, walaupun ada hanya dalam jumlah yang sedikit sehingga tidak banyak berpengaruh pada air industri. Bahaya kesadahan air untuk boiler adalah pembentukan lapisan garam kompleks  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  pada dinding-dinding badan pemanas atau pipa boiler. Terbentuknya lapisan tersebut merupakan penghambat pemindahan panas. Kandungan-kandungan pengotor dalam air yang tidak memenuhi persyaratan, memungkinkan terjadinya :

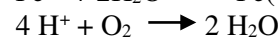
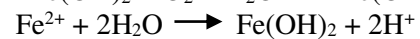
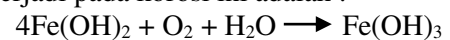
➤ **Kerak (Scale)**

Kerak dapat disebabkan oleh Ca dan Mg yang terdapat dalam air dan kerak ini akan mengendap atau menempel kuat pada dinding alat yang merupakan tahanan panas yang

merugikan. Kerak yang terbentuk akan menyebabkan : isolasi terhadap panas sehingga energi dari bahan bakar tertolak, kerak ini kadang pecah tiba-tiba, sehingga air langsung berhubungan dengan boiler yang akan menimbulkan pecahan (kebocoran) karena boiler mendapatkan tekanan yang kuat.

➤ **Korosi**

Korosi dapat disebabkan oleh oksigen yang larut dalam air,  $\text{CO}_2$  dan ion-ion asam yang dapat menurunkan pH. Perusakan yang cukup besar bisa menyebabkan reparasi yang berat bahkan kadang-kadang boiler tersebut diberhentikan pemakaiannya. Reaksi yang terjadi pada korosi ini adalah :



➤ **Foaming (Buih atau Busa)**

Foaming yaitu timbulnya buih pada permukaan air, disebabkan oleh konsentrasi tinggi dari garam anorganik atau organik, baik berupa suspensi maupun yang terlarut. Yang menyebabkan terjadinya busa yaitu: *solid matter*, *suspended matter*, suatu kebasahan yang tinggi sekali. Karena buih dapat menyebabkan percikan yang kuat sehingga mengakibatkan adanya solid yang menempel dan akan mengakibatkan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut.

➤ **Priming**

Priming yaitu kondisi dimana buih yang terdapat di permukaan air dapat masuk ke saluran uap yang menyebabkan uap basah (*wet steam*). Priming sering juga disebut sebagai keluarnya iar bersama-sama dengan uap secara tiba-tiba dan keras dari boiler. Priming disebabkan oleh persoalan mekanis dan sebagian persoalan kimia yang dapat di simpulkan sebagai berikut : ketinggian air dalam boiler cukup tinggi, konsentrasi tinggi dari bahan kimia dalam air, kotoran-kotoran yang menyebabkan naiknya tegangan permukaan dan pembukaan katup uap terlalu cepat.

Kesadahan adalah karakteristik fisik atau kimia atau parameter dari air. Kesadahan akibat sabun dan deterjen sangat berperan untuk merusak ketel uap dan pipa. Kesadahan air dapat dikurangi dengan kapur atau dengan pertukaran ion. Kesadahan rendah berperan untuk kecenderungan air yang bersifat

menghancurkan. Kadar alkali dan Kesadahan sering terjadi bersama-sama, sebab beberapa campuran dapat menyokong kedua-duanya kadar alkali dan kesadahan ion. Kesadahan dapat digolongkan berdasarkan tabel dibawah ini :

**Tabel. 1 Kesadahan Air**

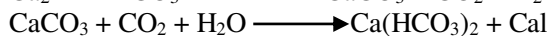
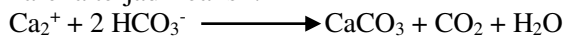
Karakteristik	mg/liter CaCO <sub>3</sub>
Lembut	0 – 75
Sedang	75 – 150
Keras	150 – 300
Sangat keras	> 300

Sumber : Spellman, F.R., "The Science of Water"

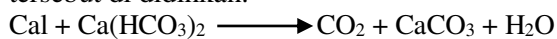
Dengan demikian kesadahan dapat dibedakan atas dua jenis utama yaitu :

**a. Kesadahan Sementara (*Temporer Hardness* atau *Bicarbonate Hardness*)**

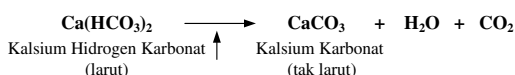
Kesadahan sementara disebabkan oleh adanya ion-ion kalsium dan bicarbonat dalam air dan dapat dihilangkan dengan jalan mendidihkan air tersebut karena terjadi reaksi :



Untuk menghilangkan sebagian kekerasan, air tersebut di didihkan.



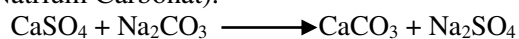
Kesadahan sementara atau Kesadahan Sementara yang disebabkan oleh garam bikarbonat dari Ca dan Mg yaitu, Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dan Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, dapat juga disebabkan oleh hidrogenkarbonat logam alkali tanah yang terlarut, yang apabila air dimasak berubah menjadi karbonat yang tak larut dalam air dan mengeras berupa kerak ketel atau batu air, misalnya:



**b. Kesadahan Tetap (*Permanen Hardness* atau *Non-carbonate Hardness*).**

Kesadahan tetap disebabkan oleh adanya kalsium atau magnesium sulfat yang proses pelunakkannya melalui proses kapur-soda abu, proses zeolit dan proses resin organik. Banyaknya ahli masak yang merasa terganggu oleh endapan putih kalsium karbonat, CaCO<sub>3</sub> yang terbentuk dalam tempat pendidihan air yang mempunyai kesdahan sementara.

Kesadahan ini juga disebabkan oleh CaSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub> atau MgCO<sub>3</sub> yang tetap larut meskipun dipanaskan dan harus dijadikan karbonat yang mengendap dengan menggunakan soda ash Natrium Carbonat).



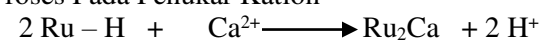
Untuk mengisi air pada alat proses, adanya garam-garam tersebut diatas akan menimbulkan kerak yang menempel kuat pada alat proses. Kesadahan tetap atau juga disebut kesadahan sisa pada dasarnya

disebabkan oleh adanya Calsium Sulfat dan Magnesium Sulfat (CaSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>).

Dalam proses pertukaran ion ini digunakan resin asam kuat dan basa kuat. Resin adalah polimer buatan padatan dan berpori-pori dengan luas permukaan yang cukup besar persatuan berat. Pada permukaan yang berpori-pori terdapat gugus aktif yang mempunyai kapasitas penukaran terhadap kation dan anion. Istilah penukaran ion mula-mula digunakan pertamakali oleh **Way** pada tahun 1852, pada saat itu Resin yang digunakan berupa *zeolit* anorganik, seperti *aluminium silikat* yang mempunyai kapasitas penukar ion yang sangat rendah. Indikator atau tanda bahwa air lingkungan telah tercemar adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati melalui :

- ❖ Adanya perubahan suhu air
- ❖ Adanya perubahan pH atau konsentrasi ion hidrogen
- ❖ Adanya perubahan warna, bau dan rasa
- ❖ Timbulnya endapan, koloidal, bahan terlarut
- ❖ Adanya mikroorganisme
- ❖ Meningkatnya radioaktivitas air lingkungan

Proses Pada Penukar Kation



untuk proses pelunakkan air dikenal beberapa cara yaitu :

**External Water Softening**

*External water softening* adalah suatu proses pelunakkan air yang dilakukan di luar sistim di mana air tersebut di gunakan dalam suatu operasi industri maupun dalam boiler. Pelunakan jenis ini dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu : *cold process softening by chemicals*, *hot process softening by chemicals* dan *softening and demineralization by ion exchange*.

**Internal Water Softening**

*Internal water softening* adalah proses pelunakkan air yang dilakukan di dalam sistim di mana air tersebut di pakai dalam suatu proses industri terutama pelunakkan air di dalam boiler.

**Perumusan Masalah**

Dari latar belakang permasalahan dapat dibuat suatu perumusana masalah sebagai berikut :

- ✚ Bagaimana pengaruh resin dalam menetralkan air dan sejauh mana kemampuan resin mengikat garam-garam yang terkandung dalam air.

✚ Bagaimana kualitas air yang diperoleh setelah dilewatkan pada resin.

### Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sejauh mana kemampuan Resin dalam mengikat kation yang terlarut dalam air, sehingga memperoleh air yang terbebas dari garam-garam mineral.

### Manfaat Penelitian

Dengan mempelajari kemampuan Amberlite (Resin Penukar Ion) ini, maka manfaat yang dipetik adalah alternatif penggunaan resin penukar ion dalam melunakkan air untuk kebutuhan air industri (sebagai pemanas dan pendingin pada pabrik).

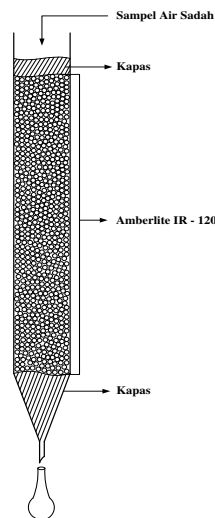
### Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisa dengan menggunakan metode *Penukar Ion*. Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua buah alat *Kromatografi Kolom Sederhana* yang mana pada kolom di isi dengan resin Amberlite IR-120. Sampel yang digunakan dalam

penelitian ini yaitu, Air yang mengandung  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{Cl}^-$  yang berfungsi sebagai fase gerak dan Resin penukar kation Amberlite IR-120 yang berfungsi sebagai fase diam. Dalam penelitian ini variabel yang diteliti meliputi : komposisi sampel masuk, komposisi sampel keluar, regenerasi penukar kation. Air yang dilewatkan pada resin terlebih dahulu dilakukan analisa pengujian  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ . Setelah itu sampel dilewatkan pada kolom kromatografi yang akan diambil sebagai produk, selanjutnya kembali dilakukan tahap pengujian analisa air dengan menggunakan titrasi EDTA (titrasi EDTA untuk menentukan kadar ion Ca dan Mg sisa).

Di samping kromatografi, alat yang digunakan adalah beuret, gelas ukur, batang pengaduk, corong, erlenmeyer, neraca analitis, pipet volum. Sedangkan yang digunakan adalah larutan EDTA, indikator EBT, NaCl, NaOH,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , ZnO, MgO,  $\text{HNO}_3$  pekat,  $\text{AgNO}_3$  dan Aquadest.

### Deskripsi Alat :



Gambar. 1 Rangkaian Alat Kromatografi Kolom Sederhana

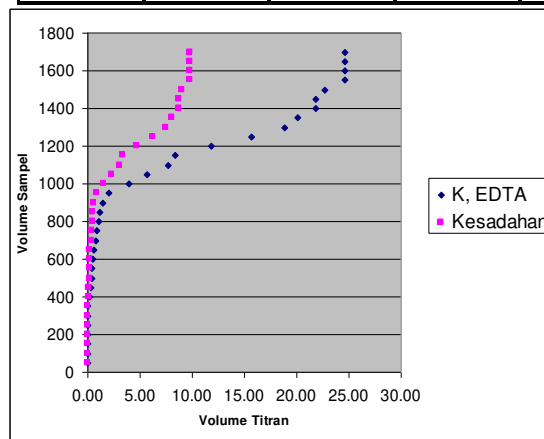
### Hasil dan Pembahasan

#### Analisis Data Hasil Penelitian

Dari hasil analisa penelitian pelunakkan air dengan menggunakan Resin Penukar Ion untuk kebutuhan air Industri tercantum pada tabel dibawah ini :

Tabel. 2 Amberlite IR – 120 (Diuji dengan sampel 100 ppm Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup>)  
Aquadest + CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O + MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O

No.	Volume (ml)	Waktu (dt) Kation	K (Vol. EDTA)	Kesadahan Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>
1	50	55	-	-
2	100	100	-	-
3	150	163	-	-
4	200	217	-	-
5	250	271	-	-
6	300	325	-	-
7	350	379	-	-
8	400	435	0,2	0,08
9	450	485	0,3	0,12
10	500	538	0,4	0,16
11	550	591	0,4	0,16
12	600	643	0,5	0,2
13	650	695	0,6	0,24
14	700	747	0,8	0,34
15	750	800	0,9	0,36
16	800	853	1,1	0,44
17	850	906	1,2	0,48
18	900	960	1,4	0,56
19	950	1014	2	0,84
20	1000	1068	3,9	1,56
21	1050	1122	5,7	2,28
22	1100	1173	7,7	3,08
23	1150	1222	8,4	3,36
24	1200	1270	11,7	4,72
25	1250	1318	15,7	6,28
26	1300	1366	18,8	7,52
27	1350	1413	20,1	8,04
28	1400	1461	21,8	8,72
29	1450	1510	21,8	8,72
30	1500	1559	22,7	9,08
31	1550	1612	24,6	9,84
32	1600	1666	24,6	9,84
33	1650	1722	24,6	9,84
34	1700	1780	24,6	9,84



Hasil penelitian yang disajikan pada tabel 1, serta grafik diatas dalam menentukan kapasitas Resin Penukar Kation dengan volume konstan dan volume sampel yang diambil setiap 50 ml menunjukan bahwa sampai pada volume 1600 ml ternyata volume titrasi EDTA untuk pengujian Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> dalam analisa kesadahan telah konstan. Hal ini dikarenakan Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> sudah banyak yang terikat oleh Amberlite IR-120 yang berada pada kolom kromatografi, sehingga membuktikan bahwa Amberlite telah jenuh. Dengan demikian menunjukan bahwasanya Amberlite mempunyai kemampuan yang cukup tinggi untuk melunakkan air sadah sebelum mengalami regenerasi.

**Kesimpulan dan Saran**

**Kesimpulan**

Dari hasil penelitian disimpulkan :

- ✚ Kapasitas Resin Penukar Kation meningkat dengan berkurangnya kesadahan Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> dalam larutan sampel.
- ✚ Amberlite IR-120 dengan berat 250 gr mampu bereaksi sempurna dengan air yang mempunyai kesadahan 100 ppm Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup>.

**Saran**

Perlu penelitian lanjutan terhadap variasi air dengan tingkat kesadahan yang berbeda-beda serta melakukan penelitian pelunakkan

air dengan kesadahan dari kation setelah diregenerasi dan anion.

#### Daftar Pustaka

- Austin, G.T., 1984, "*Shreve's : Chemical Process Industries*," McGraw – Hill Book Co. Inc. New York.
- F.G. Suratmo, 1991, "*Analisa Mengenai Dampak Lingkungan*," UGM – Press, Indonesia, p – 103.
- G. Alaerts, dkk, 1984, "*Metoda Penelitian Air*," Penerbit Usaha Nasional, Surabaya, Indonesia, p.72 & 79.
- Viktor Futanto, 1994, "*Analisa Mutu Air Ketel Uap Dan Air Sistik Pendingin*," Akademi Kimia Analisis, Departemen Perindustrian, Bogor.
- Vollrath Hopp, 1985, "*Dasar-Dasar Teknologi Kimia*," PT. Sastra Hudaya, Indonesia, p. 42 – 44.
- Wisnu, A.W., 2004, "*Dampak Pencemaran Lingkungan*," Penerbit Andi Yogyakarta, Indonesia.