



UNIVERSITI  
TEKNOLOGI  
MARA



# Globalising Knowledge and Information

## SCIENCE TECHNOLOGY

## NATIONAL SEMINAR ON

## SCIENCE TECHNOLOGY & SOCIAL SCIENCES

## 2006

30-31 May 2006

Swiss Garden Resort & Spa  
Kuantan, Pahang



## Kajian Penyingkiran Besi dan Mangan di dalam Air Sungai Menggunakan Zeolit

Asmadi Ali  
Azhar Mohd Sinin  
Ahmad Jusoh  
Mohd Yumaimi Ali

### ABSTRAK

*Kajian yang dilakukan adalah untuk menentukan keberkesanan zeolit sebagai bahan bantu pengental dalam rawatan air sungai untuk menyingkirkan kekeruhan, besi dan mangan. Sampel air mentah diperolehi daripada Loji Rawatan Air Kepong yang diambil dari Sungai Terengganu. Parameter-parameter yang diuji adalah seperti pH, kekeruhan, besi dan mangan. Kaedah ujian balang telah dijalankan bagi menguji keberkesanan zeolit di dalam merawat air mentah ini. Berdasarkan kepada keputusan yang diperolehi daripada kajian ini, secara purata keseluruhannya, penyingkiran kekeruhan, besi dan mangan menggunakan zeolit sebagai bahan bantu pengental adalah paling berkesan dengan masing-masing sebanyak 95.23%, 94.79% dan 88.22% berbanding dengan menggunakan aluminium sulfat (alum) sahaja ataupun campuran alum dan polielektrolit*

**Kata kunci :** air mentah, besi, mangan, alum, polielektrolit, zeolit.

### Pengenalan

Bekalan air yang mencukupi dan selamat untuk digunakan telah menjadi salah satu keperluan yang penting pada masa kini. Air dikatakan tercemar apabila ianya mengandungi bahan-bahan yang boleh mendatangkan bahaya kepada kesihatan ataupun kerosakan kepada peralatan-peralatan apabila digunakan samada dalam jangkamasa pendek ataupun panjang. Istilah pencemaran merujuk kepada penurunan kualiti air tersebut samada disebabkan oleh aktiviti manusia ataupun secara semulajadi (Hemond 1994). Pada mulanya, manusia hanya mementingkan kuantiti bekalan air sahaja tanpa menghiraukan kualitinya. Pada masa kini, dengan kepesatan pembangunan dari segi ilmu pengetahuan, penyelidikan dan teknologi, manusia telah mula menyedari bahawa bekalan air yang berkualiti, yakni bebas daripada semua bahan pencemar, telah menjadi keutamaan dan bukannya hanya tertumpu kepada kuantitinya sahaja.

Oleh itu rawatan air mentah yang digunakan sebagai sumber bekalan air mestilah dilakukan sebaiknya dengan menggunakan teknologi terkini untuk menghasilkan air yang berkualiti tinggi. Rawatan air adalah bertujuan untuk mengubah kualiti fizikal, kimia, dan biologi di dalam air untuk mendapatkan air yang berkualiti dan selamat digunakan (Ray 1995). Oleh itu air yang telah dirawat hendaklah selamat dan boleh diterima dari segi kekeruhan, bau, rasa dan warna serta mengikut piawaian yang telah ditetapkan. Analisa ke atas air mentah hendaklah dilakukan terlebih dahulu sebelum sesebuah loji dibina. Ini kerana sifat fizikal, kimia, dan biologi air adalah berbeza-beza bergantung kepada sumber air mentah yang digunakan (Ann 1997).

Kualiti air mentah air mentah yang hendak dirawat mestilah dilakukan pemantauan pada setiap masa untuk memastikan sumber air mentah yang diperolehi sentiasa berada di dalam keadaan terkawal dari segi kualitinya. Di antara parameter-parameter utama yang sentiasa diberi perhatian dalam penganalisan air mentah ialah nilai pH, kekeruhan, kandungan besi dan mangan. Besi dan mangan biasanya hadir bersama dalam air semulajadi. Kehadiran besi dan mangan dalam air dalam jumlah yang kecil sekalipun akan menyebabkan masalah warna pada air. Kepekatan oksida besi sebanyak 0.3 mg/L akan menyebabkan air berwarna merah-kemerahan manakala kehadiran oksida mangan serendah 0.05 mg/L menyebabkan air berwarna keperangan atau kehitaman (Peavy et. al 1985).

Kebanyakan loji-loji rawatan air yang terdapat di Malaysia menggunakan bahan-bahan kimia seperti aluminium sulfat dan polielektrolit untuk membantu proses pengentalan dan pemberbukuan dalam proses rawatan air mentah bagi menyingkirkan pepejal terampai dan bahan terlarut. Bahan-bahan kimia ini bertindak untuk meneutralkan cas-cas negatif bahan terampai dan seterusnya membentuk flok yang akan termendap dan seterusnya menjernihkan air. Zeolit semulajadi berpotensi dijadikan sebagai bahan bantu pengental kerana sifat zeolit itu sendiri sebagai penyerap, pemangkin, dan pertukaran ion. Kajian ini dilakukan untuk menguji sejauh manakah keberkesanan zeolit semulajadi jenis mordenit di dalam rawatan air minuman untuk menyingkirkan kekeruhan, besi dan mangan dibandingkan menggunakan alum sahaja atau campuran alum dan polielektrolit.

### Bahan dan Kaedah

Sampel air mentah diambil daripada Loji Air Kepong, Kuala Terengganu. Bekalan sumber air yang digunakan oleh loji tersebut datang dari Sungai Terengganu. Sebanyak tiga kali pensampelan dilakukan. Kaedah ujian balang digunakan untuk merawat sampel air mentah. Di antara parameter-parameter yang dianalisa adalah pH, kekeruhan,

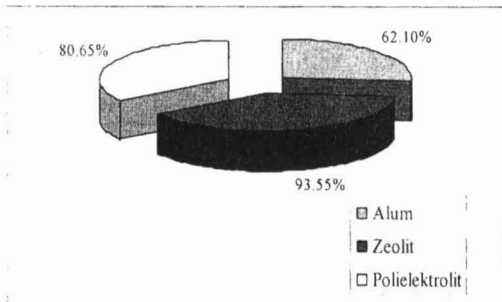
besi dan mangan. Besi dan mangan terlarut di dalam sampel diekstrak terlebih dahulu menggunakan ammonium pyrolydine dithiocarbamate (APDC), methyl isobutyl ketone (MIBK) dan asid nitrik sebelum dianalisis menggunakan mesin *Inductively Couple Plasma* (ICP).

**Keputusan Analisis Besi dan Mangan**

Keputusan analisis kandungan besi dan mangan diperolehi daripada analisis ke atas air mentah dan juga air yang telah dirawat dengan menggunakan alum, campuran zeolit dengan alum dan campuran polielektrolit dengan alum melalui kaedah ujian balang. Hasil analisis kandungan besi dan mangan dalam air mentah bagi pensampelan pertama adalah masing-masing 1.24 mg/L dan 0.183 mg/L. Jadual 1 menunjukkan data analisis kandungan besi dan mangan dalam air mentah dan air mentah yang telah dirawat.

Jadual 1: Data Kandungan Besi dan Mangan (mg/L) bagi Pensampelan Pertama.

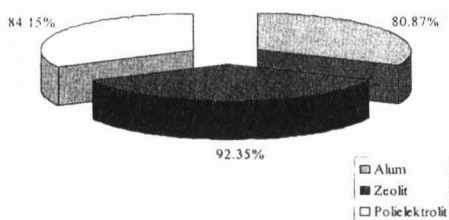
Sampel	Besi	Mangan	Kekeruhan
Air mentah	1.240	0.183	76.94
Air mentah + alum	0.470	0.035	4.52
Air mentah + alum + zeolit	0.080	0.014	2.99
Air mentah + alum + polielektrolit	0.240	0.029	3.56



Rajah 1: Peratusan penyingkiran kandungan besi bagi pensampelan pertama

Rajah 1 menunjukkan peratusan penyingkiran kandungan besi daripada air mentah yang telah dirawat dengan menggunakan alum, campuran zeolit dengan alum, dan campuran polielektrolit dengan alum bagi pensampelan pertama. Penyingkiran kandungan besi daripada air mentah yang telah dirawat dengan menggunakan campuran zeolit dan alum adalah sebanyak 93.55% manakala dengan menggunakan alum, dan campuran polielektrolit dengan alum pula masing-masing adalah sebanyak 62.10% dan 80.65%.

Rajah 2 pula menunjukkan peratusan penyingkiran kandungan mangan daripada air mentah yang telah dirawat. Campuran zeolit dengan alum dapat menyingkirkan kandungan mangan daripada air mentah sebanyak 92.35% manakala dengan menggunakan alum, dan campuran polielektrolit dengan alum pula masing-masing adalah sebanyak 80.87% dan 84.15%.



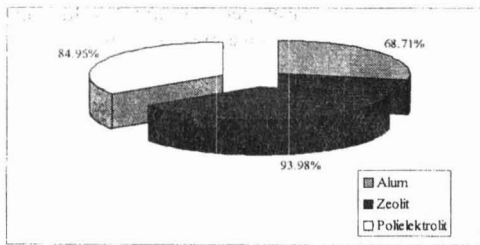
Rajah 2: Peratusan penyingkiran kandungan mangan bagi pensampelan pertama

Hasil analisis kandungan besi dan mangan bagi air mentah untuk pensampelan kedua adalah masing-masing 0.831 mg/L dan 0.116 mg/L. Jadual 2 menunjukkan data kandungan besi dan mangan dalam air mentah dan air mentah yang telah dirawat.

Jadual 2: Data Kandungan Besi dan Mangan (mg/L) bagi Pensampelan Kedua.

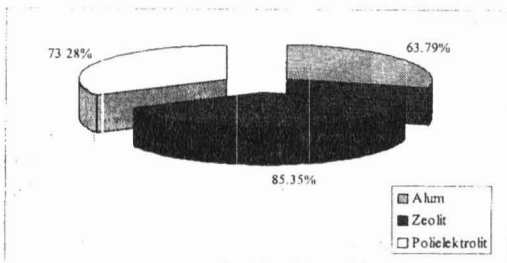
Sampel	Besi	Mangan	Kekeruhan (NTU)
Air mentah	0.831	0.116	42.37
Air mentah + alum	0.260	0.042	3.11
Air mentah + alum + zeolit	0.050	0.017	2.24
Air mentah + alum + polielektrolit	0.130	0.031	2.96

Rajah 3 menunjukkan peratusan penyingkiran kandungan besi daripada air mentah yang telah dirawat bagi pensampelan kedua. Penyingkiran kandungan besi daripada air mentah yang telah dirawat dengan menggunakan campuran zeolit dan alum adalah sebanyak 93.98% manakala dengan menggunakan alum, dan campuran polielektrolit dengan alum pula masing-masing mencatat 68.71% dan 84.96%.



Rajah 3: Peratusan penyingkiran kandungan besi bagi pensampelan kedua

Manakala Rajah 4 pula menunjukkan peratusan penyingkiran kandungan mangan daripada air mentah yang telah dirawat. Campuran zeolit dengan alum dapat menyingkirkan kandungan mangan daripada air mentah sebanyak 85.35% manakala dengan menggunakan alum, dan campuran polielektrolit dengan alum pula masing-masing adalah sebanyak 63.79% dan 73.28%.



Rajah 4 : Peratusan penyingkiran kandungan mangan bagi pensampelan kedua

Hasil analisis kandungan besi dan mangan terhadap air mentah bagi pensampelan ketiga adalah masing-masing 0.946 mg/L dan 0.092 mg/L. Jadual 3 menunjukkan data daripada analisis besi dan mangan terhadap air mentah dan air yang telah dirawat dengan menggunakan alum, campuran zeolit dengan alum, dan campuran polielektrolit dengan alum bagi pensampelan ketiga.

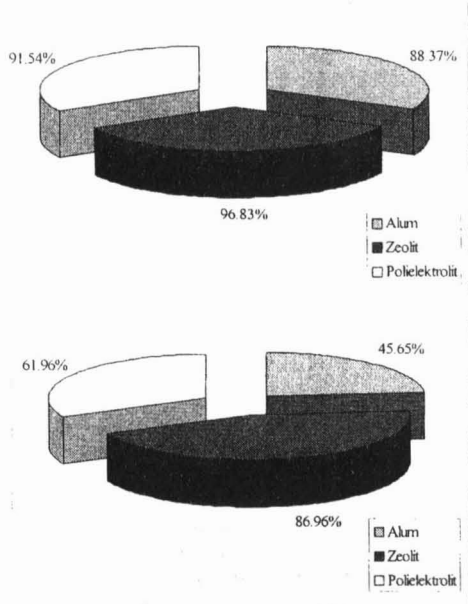
Jadual 3: Data kandungan besi dan mangan (mg/L) bagi pensampelan ketiga.

Sampel	Besi	Mangan	Kekeruhan (NTU)
Air mentah	0.946	0.092	60.71
Air mentah + alum	0.110	0.050	4.99
Air mentah + alum + zeolit	0.030	0.012	2.83
Air mentah + alum + polielektrolit	0.080	0.035	4.32

Rajah 5 menunjukkan peratusan penyingkiran kandungan besi daripada air mentah yang telah dirawat bagi pensampelan ketiga. Penyingkiran kandungan besi daripada air mentah yang telah dirawat dengan menggunakan

campuran zeolit dengan alum adalah sebanyak 96.83% manakala dengan menggunakan alum, dan campuran polielektrolit dan alum pula masing-masing adalah sebanyak 88.37% dan 91.54%.

Rajah 6 menunjukkan peratusan penyingkiran kandungan mangan daripada air mentah yang telah dirawat. Campuran zeolit dengan alum dapat menyingkirkan kandungan mangan daripada air mentah sebanyak 86.96% manakala dengan menggunakan alum, dan campuran polielektrolit dengan alum pula masing-masing adalah sebanyak 45.65% dan 61.96%.



Rajah 5: Peratusan penyingkiran kandungan besi bagi pensampelan ketiga

Rajah 6: Peratusan penyingkiran kandungan mangan bagi pensampelan ketiga

**Perbincangan Analisis**

Pada pensampelan pertama dilakukan, kekeruhan air mentah adalah paling tinggi iaitu dengan kekeruhan sebanyak 76.94 NTU berbanding dengan persampelan kedua dan ketiga dengan kekeruhan masing-masing adalah 42.37 NTU dan 60.71 NTU. Ini disebabkan oleh faktor hujan yang berlaku beberapa hari sebelum pensampelan dilakukan. Ujian balang pada pensampelan pertama, kedua dan ketiga menunjukkan penyingkiran kekeruhan dari air mentah menggunakan campuran zeolit dan aluminium sulfat adalah paling tinggi berbanding dengan air yang dirawat dengan menggunakan campuran polielektrolit dengan aluminium sulfat ataupun menggunakan aluminium sulfat sahaja.

Kandungan besi di dalam air mentah pada pensampelan pertama adalah 1.24 mg/L dan ia lebih tinggi daripada nilai bacaan pada pensampelan kedua dan ketiga dengan masing-masing mencatat 0.831 mg/L dan 0.946 mg/L. Semasa pensampelan pertama dijalankan, hujan telah turun beberapa hari sebelum pensampelan dilakukan. Faktor hujan menyebabkan kandungan besi yang terdapat di dalam tanah akan melarut di dalam air dan dibawa bersama dalam aliran air permukaan ke sungai. Banyak kajian menunjukkan bahawa hujan yang lebat dan pengaliran air yang banyak boleh menyebabkan kandungan besi terlarut di dalam sungai menjadi lebih tinggi berbanding keadaan sebelum hujan. Menurut Thornton & Walsh (2001), kepekatan kandungan besi terlarut adalah tinggi dalam air Sungai Nant-y-Fendrod semasa musim hujan antara bulan Julai dan Ogos 1997. Neal et. al (2000) juga mengatakan bahawa aliran air yang banyak menyebabkan paras kepekatan kandungan besi terlarut yang tinggi dalam air sungai.

Hasil daripada ujikaji yang dijalankan untuk pensampelan pertama, kedua dan ketiga, didapati bahawa purata peratusan penyingkiran kandungan besi dan mangan dari air mentah adalah paling tinggi apabila ia dirawat dengan menggunakan campuran zeolit dengan aluminium sulfat berbanding dua kaedah yang lain. Purata peratusan penyingkiran campuran alum dan zeolit bagi kandungan besi adalah 94.79% dan 88.22% bagi mangan. Manakala campuran polielektrolit dengan alum pula mencatatkan purata penyingkiran sebanyak 85.72% bagi besi dan mangan sebanyak 73.13%. Bagi rawatan hanya menggunakan aluminium sulfat sahaja mencatatkan 73.06% bagi besi dan 63.44% bagi mangan.

Dalam ujian balang, apabila aluminium sulfat ditambah ke dalam air mentah, ia bertindak dengan kealkalian air mentah dan membentuk partikel jeli aluminium hidroksida (Al(OH)<sub>3</sub>). Kealkalian pada kepekatan tertentu diperlukan untuk tindak balas tersebut berlaku. Sekiranya kealkalian tidak mencukupi di dalam air mentah tersebut, kapur perlu ditambah ke dalam air mentah untuk meningkatkan pH (Roland et. al 1996)



Cas positif trivalent aluminium meneutralkan cas negatif partikel. Keadaan ini berlaku di antara 1 atau 2 saat selepas aluminium sulfat ditambah ke dalam air mentah. Selepas itu, partikel mula melekat antara satu sama lain untuk membentuk partikel yang lebih besar. Flok yang terhasil dalam bentuk mikroflok masih mempunyai cas positif dan seterusnya bertindakbalas lagi dengan partikel yang mempunyai cas negatif sehingga ianya menjadi neutral (AWWA 1995). Flok neutral akan termendak dan menjernihkan air serta menurunkan bacaan kekeruhan (NTU). Melalui kaedah pencampuran aluminium sulfat, kandungan besi dan mangan juga dapat disingkirkan dari air mentah semasa proses penghasilan, pembentukan dan pemendakan flok tadi.

Dalam kajian ini, zeolit jenis mordenit digunakan sebagai bahan bantu pengental yang membantu proses pembubukuan bersama aluminium sulfat. Ini kerana, sifat-sifat struktur kristalnya yang unik dan kebolehan di dalam pertukaran ion. Kebiasaanya diameter rongga zeolit ini berbeza iaitu di antara 0.3µm hingga 0.6µm. Keadaan ini menyebabkan berlakunya pemilihan dalam penyerapan molekul di dalamnya (Tsitsishvili et. al 1992). Berikut merupakan komposisi kimia bagi zeolit jenis mordenit (Roland et. al. 1996).



Keberkesanan penyingkiran besi dan mangan di dalam kajian ini bergantung kepada sifat-sifat ion yang terdapat di dalam larutan dan sifat-sifat zeolit itu sendiri sebagai medium penukaran. 'Ligands' tak organik akan membentuk kompleks dengan logam bergantung kepada pH, komposisi ion dan sifat logam itu sendiri (Oiki & Kavannagh 1999). Menurut Ortiz & Santiago (2001), semakin rendah pH sesuatu larutan, semakin banyak ion H<sup>+</sup> yang akan bersaing dengan ion logam bercas positif untuk tujuan penyerapan. Ini akan mengurangkan penyerapan ion logam tersebut. Kenyataan di atas berlawanan dengan keadaan ujikaji yang dilakukan. Larutan yang digunakan adalah menghampiri alkali menyebabkan kandungan ion H<sup>+</sup> adalah kurang. Maka ion-ion logam yang bercas positif ini iaitu Fe<sup>2+</sup> dan Mn<sup>2+</sup> lebih senang untuk dijerap oleh zeolit berbanding ion H<sup>+</sup> di dalam air sampel yang dirawat.

Polimer boleh mempunyai cas positif (kation), cas negatif (anion), cas positif dan negatif (polyemphototype) atau tidak bercas (nonionic) (Davis & Cornwell 1998). Polimer yang digunakan di dalam kajian ini adalah daripada jenis polielektrolit yang bercas positif. Walaupun telah terbukti keberkesanannya di dalam proses pembentukan flok dan penyingkiran kekeruhan (Zhao 2003), namun penggunaannya untuk tujuan penyingkiran besi dan mangan adalah kurang berkesan berbanding dengan menggunakan zeolit. Struktur polimer yang berantai panjang dan terikat antara satu sama lain menjadikan jumlah molekul lain yang boleh terikat padanya berkurangan. Seterusnya, secara hipotesisnya proses pertukaran atau pejerapan ion menjadi lebih sukar. Oleh itu peratus penyingkiran besi dan mangan dalam campuran bahan pengental aluminium sulfat dan polielektrolit adalah lebih rendah berbanding dengan campuran aluminium sulfat dan zeolit.

## Kesimpulan

Penggunaan campuran zeolit dan alum adalah paling baik dan berkesan dalam proses pembentukan flok, pembubukuan dan penyingkiran bahan-bahan terampai yang terdapat di dalam air mentah berbanding dengan menggunakan alum sahaja atau campuran polielektrolit dan alum untuk rawatan air sungai. Campuran zeolit dengan alum sebagai bahan bantu pengental juga didapati paling baik dan berkesan menyingkirkan kekeruhan, besi dan mangan dengan masing-masing purata peratusan penyingkiran adalah sebanyak 95.23%, 94.79% dan 88.22% berbanding dengan menggunakan alum sahaja ataupun campuran polielektrolit dan alum.

## Rujukan

- Ann, B. (1997). *Introduction To Environmental Technology*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.: pp. 230-253.
- AWWA. (1995) *Water Treatment: Principles and Practice of Water Supply Operation*. USA: American Water Works Association.
- Davis M.L & Cornwell D.A. (1998). *Introduction to Environmental Engineering*. 3<sup>rd</sup> ed. New York: McGraw-Hill.
- Hemond H. F. & Fechner E. J. (1994). *Chemical Fate and Transport in the Environment*. California: Academic Press Inc.: pp. 52-55.
- Neal, C., Jarvie, H. P., Whitton, B. A., & Gemmel, J. (2000). *The Water Quality of the River Wear, North East England*. The Science of The Total Environment, 251/252: pp. 153-172.

- Ortiz H.T & Santiago I. (2001). *Adsorption Of Copper From Water Using Zeolit*. Retrieved on 4th Januari 2004. [On-line] Available: <http://www.ece.uprm.edu>.
- Ouki S.K. & Kavannsgn M. (1999). *Treatment Of Metals-Contaminated Wastewater by Use Natural Zeolit*. *Water Science Technology*, 39 (10-11): pp. 115-122.
- Peavy, H. S., Rowe, D. R. & Tchobanoglous, G. (1985). *Environmental Engineering*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Ray B.T. (1995). *Environmental Engineering*. London: PWS Publishing Company.
- Roland E., Kleinschmit P., AG D., & Wolfgang Z. (1996). *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry: Zeolit (Volume A28)*. Germany: Federal Republic Of Germany: pp. 475 – 504.
- Thornton G. J. P & Walsh R. P. D. (2001). *Heavy Metals in the Waters Of Nant-y-Frendrod: Change In Pollution Levels And Dynamics Associated With The Redevelopment Of Lower Swensea Vally, South Wales UK*. *The Science of the Total Environment*, 278: pp. 441-457.
- Tsitsishvili G.V., Andronikashvili. T.G., Kirov G.N., & Filizova L. D. (1992). *Natural Zeolites*. England: Ellis Horwood Limited.
- Zhao Y.Q. (2003). *Settling Behaviour Of Polymer Flocculated Water-Treatment Sludge II: Effects Of Floc Structure And Floc Packing*. *Separation and Purification Technology* 2004, 35: pp. 175-183.

---

ASMADI ALI, AHMAD JUSOH & MOHD YUMAIMI ALI, Jabatan Sains Kejuruteraan, Kolej Universiti Sains dan Teknologi Malaysia. [asmadi@kustem.edu.my](mailto:asmadi@kustem.edu.my)

AZHAR MOHD SININ, Jabatan Sains Fizik, Fakulti Sains dan Teknologi, Kolej Universiti Sains dan Teknologi Malaysia.