

**EFISIENSI FILTER PASIR-ZEOLIT DAN FILTER PASIR-ARANG TEMPURUNG KELAPA  
DALAM RANGKAIAN UNIT PENGOLAHAN AIR UNTUK MENGURANGI KANDUNGAN  
MANGAN DARI DALAM AIR**  
THE EFISIENSI OF FILTER OF SAND-ZEOLIT AND FILTER OF SAND-COAL OF SHELL OF  
COCONUT IN NETWORK PROCESSING UNIT IRRIGATES TO LESSEN THE MANGANESE  
CONTENT FROM WITHIN WATER

**ANIS RAHMAWATI**

Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan FKIP Universitas Sebelas Maret, Jalan A.Yani No. 200 Pabelan  
Surakarta

**Abstrak**

Various processing method irrigate to lessen the manganese content from within its branch water follow the elementary steps oxidation, sedimentation, and filtration. Various materials serve the purpose of media filter, so that require to do a research to obtain the effective media filter alternative relate to the amount of manganese content able to be reduced, availability of materials in location, and also its execution amenity. Research was done using filter dual media with two variation of materials that are sand-coal of shell of coconut, and sand-zeolit. Those materials choosed because of the avaibility of materials in location. Total variation of attempt is 18 variation, that are 3 obstetrical variation of Mn early ( 1, 3, and 5 mg / lt), 3 variation of addition of chemicals oxidant (  $KMnO_4$ ,  $Ca(OCl)_2$  and without chemical addition of oksidant), and 2 variation of type filter ( filter of sand-coal of shell of coconut, and filter of sand-zeolit). Result obtained from this research is filter of sand-zeolit more effieience thand filter of sand-coal of shell of coconut to lessen the manganese content from within water. Mount this efficiency is determined by characteristic of every materials of compiler of media filter influencing ability of screening and adsorption.

Key Words : Manganese ( Mn), filtration, filter dual media.

**Pendahuluan**

Air merupakan unsur utama bagi kehidupan mahluk hidup di planet ini. Manusia mampu bertahan hidup tanpa makan dalam beberapa minggu, namun tanpa air akan mati dalam beberapa hari saja. Karena merupakan kebutuhan yang sangat vital bagi kehidupan manusia, maka jika kebutuhan akan air tersebut belum tercukupi dapat memberikan dampak yang besar terhadap kerawanan kesehatan maupun sosial. Air yang layak diminum, mempunyai standar persyaratan tertentu yakni persyaratan fisis, kimiawi dan bakteriologis, dan syarat tersebut merupakan satu kesatuan. Jadi jika ada satu saja parameter yang tidak memenuhi syarat maka air tersebut tidak layak untuk diminum. Di Indonesia standar kualitas air tersebut dinyatakan sebagai baku mutu air yang tertuang dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No.416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air.

Secara umum keterdapatannya air di bumi yang dapat dikonsumsi oleh manusia terdiri dari air hujan, air permukaan, dan air tanah. Dari ketiga macam air tersebut, yang dapat langsung dikonsumsi oleh manusia adalah air hujan dan air tanah dengan kriteria tertentu. Dari segi kualitas air tanah layak digunakan sebagai air minum, karena pada umumnya tidak mengandung bahan pencemar. Namun karena kualitas air tanah tergantung pada kondisi struktur geologis dalam tanah maka sering pula air tanah membawa mineral-mineral terlarut seperti besi dan mangan terutama untuk air tanah dalam (Kamulyan, B, 1996).

Unsur mangan dalam jumlah kecil diperlukan oleh tubuh manusia dalam metabolismenya. Walaupun tidak berpengaruh pada kesehatan namun dalam konsentrasi yang melebihi ambang batas unsur mangan dapat menyebabkan air berwarna kemerahan, kuning dan kehitaman, memberi rasa tidak enak pada minuman, menimbulkan noda dalam cucian serta bila teroksidasi akan menimbulkan endapan pada jaringan pipa. Standar kualitas air minum yang berlaku di Indonesia mensyaratkan batas maksimal kandungan mangan yang diperbolehkan sebesar 0.1 mg/L.

Peavy, dkk., (1985) menyatakan bahwa mangan terlarut hanya pada kondisi oksidasi +2 ( $Mn^{2+}$ ). Jika terjadi kontak dengan oksigen atau agen oksidasi lainnya, Mn akan dioksidasi ke valensi yang lebih tinggi dan membentuk ion kompleks baru yang tidak terlarut. Reaksi yang terjadi pada proses oksidasi mangan adalah  $2 Mn^{2+} + O_2 + 2H_2O = 2MnO_2 + 4H^+$ .  $MnO_2$  yang dihasilkan bersifat tidak terlarut dalam air sehingga akan terbentuk menjadi flok-flok yang dapat dipisahkan dengan air melalui proses sedimentasi dan filtrasi.

Metode pengolahan air untuk mengurangi kandungan mangan dari dalam air yang biasa digunakan mengikuti langkah-langkah dasar yaitu oksidasi, sedimentasi, dan filtrasi.

Menurut Hofkes (1983) aerasi adalah proses pengolahan air dengan mengusahakan adanya kontak langsung dengan udara dengan tujuan untuk menaikkan kandungan oksigen dalam air dan mengurangi karbon dioksida, menghilangkan hidrogen sulfida, metana, dan berbagai macam bahan organik yang

mempengaruhi bau dan rasa. Sedimentasi adalah proses pemisahan partikel-partikel yang tersuspensi atau terkoagulasi dari dalam air baik oleh beratnya sendiri maupun karena pengaruh gravitasi bumi. (Asriningtyas,1999).

Oksidasi dengan  $\text{KMnO}_4$  menyebabkan terjadinya transfer tiga elektron dengan mereduksi permanganat ( $\text{MnO}_4^-$ ) menjadi mangan dioksida yang tidak larut,  $\text{MnO}_2(\text{s})$ , yang merupakan adsorbent yang efektif untuk manganous manganese ( $\text{Mn}^{2+}$ ). Dosis  $\text{KMnO}_4$  yang diperlukan sebesar 1.92 mg/(mg  $\text{Mn}^{2+}$ ). Kalsium Hipoklorit ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ) atau biasa disebut kaporit merupakan salah satu bentuk oksidan klorin yang telah banyak digunakan sebagai bahan pengoksidasi mangan dengan dosis teoritis yang diperlukan 1.29 mg/(mg  $\text{Mn}^{2+}$ ) (Wong, 1984).

Filtrasi adalah proses pengolahan air secara fisik untuk menghilangkan partikel padat dalam air dengan melewati air tersebut melalui material berpori dengan diameter butiran dan ketebalan tertentu.

Khumyahd (1991) menjelaskan bahwa media filter yang biasa digunakan dalam pembuangan mangan adalah filter dual media. Pada filter dual media, media dengan ukuran lebih besar dan berat jenis lebih kecil ditempatkan di atas media yang lebih kecil dengan berat jenis lebih besar. Partikel flok yang lebih besar diserap dan tertahan di lapisan permukaan media atas, sedangkan material yang lebih kecil akan ditahan lapisan di bawahnya.

Karakteristik media filter yang berpengaruh penting pada kualitas filtrasi adalah ukuran butir yang dinyatakan dalam gradasi butiran, bentuk, berat jenis, kekerasan dan porositas lapisan granular yang dibentuk oleh butiran-butiran media tersebut. Bentuk butiran akan berpengaruh pada luas permukaan dan tipikal porositasnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan filter dual media dengan dua variasi media yaitu pasir-zeolit dan pasir-arang tempurung kelapa dalam mengurangi kandungan mangan dari dalam air. Selain itu melalui penelitian ini juga dapat diketahui efisiensi penggunaan bahan oksidan kimia  $\text{KMnO}_4$  dan  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  yang digunakan dalam proses oksidasi lanjutan setelah aerasi. Dalam penelitian ini juga dilihat pengaruh tiap proses pengolahan air terhadap perubahan nilai pH dan DHL yang termasuk dalam parameter kualitas air sebagai parameter pendukung. Melalui penelitian ini diharapkan dapat diperoleh alternatif media filter yang digunakan untuk mengurangi kandungan mangan dari dalam air dengan mempertimbangkan efektifitas media tersebut berkaitan dengan jumlah kandungan mangan yang dapat direduksi, ketersediaan bahan di lokasi, serta kemudahan pelaksanaannya.

Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah yang dapat dipertukarkan dengan ion lain tanpa merusak struktur zeolit. Zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring, penukar ion, penyerap bahan, dan katalisator (Borneviot dan Kaliaquine, 1995 dalam Wahyu, A, 2000).

Arang adalah termasuk dalam kelompok karbon aktif jenis GAC (*Granular Activated Carbon*). Karbon aktif dapat digunakan untuk menghilangkan zat beracun yang berada dalam air maupun udara. Kecepatan dan kapasitas adsorpsi karbon aktif dipengaruhi oleh luas permukaan, distribusi ukuran pori, serta sifat kimia alami permukaannya. Keberadaan kelompok-kelompok rantai karbon pada karbon aktif dapat meningkatkan kekuatan daya serapnya terhadap beberapa adsorbat (Ray, 1995 dalam Wahyu, A, 2000).

## Bahan Dan Metode

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan meliputi :

- 1) bahan filter yang terdiri dari pasir, zeolit, dan arang tempurung kelapa
- 2) air simulasi
- 3) bahan kimia oksidan yang terdiri dari Kalium Permanganate ( $\text{KMnO}_4$ ) dan Kaporit ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ )
- 4) Reagen pemeriksaan kandungan mangan yang terdiri dari :
  - a. reagen khusus yang terbuat dari campuran :
    - Asam nitrit ( $\text{HNO}_3$ )
    - Merkuri sulfat ( $\text{HgSO}_4$ )
    - Silver nitrate ( $\text{AgNO}_3$ )
    - Asam fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) 85 %
    - Aquadest
 Cara pembuatan reagen khusus adalah dengan melarutkan  $\text{HgSO}_4$  75 gram dalam 400 ml  $\text{HNO}_3$  pekat dan 200 ml aquadest, kemudian ditambahkan 200 ml  $\text{H}_3\text{PO}_4$  85 % dan 35 mg  $\text{AgNO}_3$ . Larutan yang telah didinginkan kemudian diencerkan sampai 1 liter.
  - b. Ammonium Persulfat ( $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) padat.

Pembuatan reagen khusus dan metode pemeriksaan kandungan mangan mengacu pada *Standard Method American Public Health Association* (1969).

### Alat

Alat yang digunakan berupa:

- 1) rangkaian unit pengolahan air yang terdiri dari bak penyiap air kotor, aerator, bak penampung bahan kimia, *dozing pump*, bak pencampur, bak sedimentasi, dan kolom filter
- 2) *Spechtrophotometer* untuk pemeriksaan kandungan mangan
- 3) Stop watch, botol sample, labu Erlenmeyer, gelas ukur, kompor listrik, oven, dan timbangan.

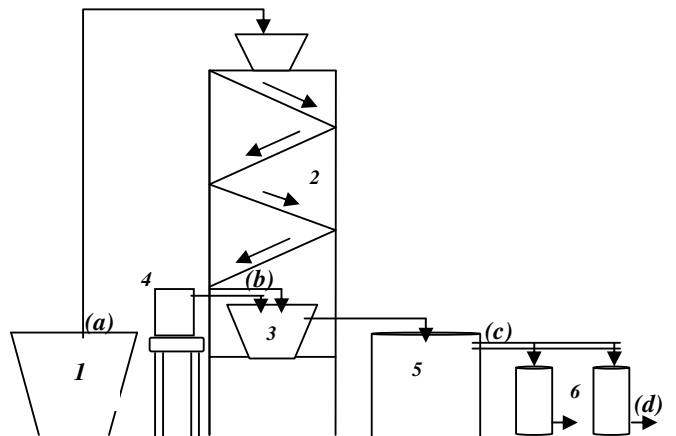
#### Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam 9 kali putaran proses pengoperasian instalasi pengolahan air dengan 18 variasi percobaan, yaitu dengan 3 variasi kandungan Mn awal (1, 3, dan 5 mg/Lt), 3 variasi penambahan bahan kimia oksidan ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  dan tanpa penambahan kimia oksidan), dan 2 variasi jenis filter.

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan mengikuti prosedur sebagai berikut :

- 1) pembuatan air simulasi dengan kandungan mangan sesuai yang diinginkan
- 2) air kotor dipompa ke atas tray aerator. Debit air diatur sehingga air yang berlebih dialirkan kembali ke bak penampung air kotor melalui pipa aliran balik. Debit yang digunakan antara 0.06 lt/dt sampai 0.07 lt/dt, dengan kecepatan filtrasi minimal 2 m/jam
- 3) pengukuran debit dilakukan dengan gelas ukur dan stop watch
- 4) air akan melewati 4 papan-papan miring pada tray aerator berupa lapisan-lapisan tipis air yang akan mengalami kontak dengan udara sehingga terjadi aerasi
- 5) setelah diaerasi, air dicampurkan dengan bahan kimia oksidan dalam bak pencampur. Banyaknya bahan kimia oksidan yang diberikan diatur menggunakan *dozing pump*
- 6) air hasil pencampuran dialirkan ke dalam bak sedimentasi, dan dibiarkan selama kurang lebih 35-40 menit untuk terjadinya proses sedimentasi
- 7) dari bak sedimentasi air dialirkan ke kolom-kolom filter. Debit yang masuk ke kolom filter diatur dengan mengatur bukaan pada kran
- 8) pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan botol-botol sampel pada inlet (bak penyiap air kotor), plat terbawah dari aerator, outlet bak sedimentasi dan pada outlet filter. Waktu pengambilan sampel sesuai waktu optimal kerja alat yang diperoleh dari percobaan pendahuluan
- 9) air sampel diperiksa kandungan mangan, pH dan DHL.

Setiap selesai satu kali putaran proses pengoperasian instalasi pengolahan air, air dikeluarkan dari rangkaian alat percobaan dan semua alat dibersihkan. Media filter dikeluarkan dan diganti dengan yang baru. Media yang telah digunakan dicuci bersih dan dikeringkan untuk digunakan lagi pada putaran berikutnya.



Gambar 1. Skema prosedur pelaksanaan penelitian

Keterangan :

- |   |   |
|---|---|
| → Arah aliran air dalam penelitian :      | Pengambilan sampel dilakukan pada :         |
| 1. bak penyiap air kotor                  | (a) air simulasi pada bak penyiap air kotor |
| 2. aerator plat miring 4 tingkat          | (b) hasil aerasi                            |
| 3. bak pencampur                          | (c) hasil sedimentasi                       |
| 4. bak kimia oksidan+ <i>doozing pump</i> | (d) hasil filtrasi                          |
| 5. bak sedimentasi                        |   |
| 6. kolom-kolom filter                     |   |

## Hasil Dan Pembahasan Aerasi

Data hasil proses aerasi berupa perubahan konsentrasi Mn, pH, DHL serta efisiensi proses aerasi dalam menurunkan kandungan mangan dari dalam air disajikan dalam tabel 1.

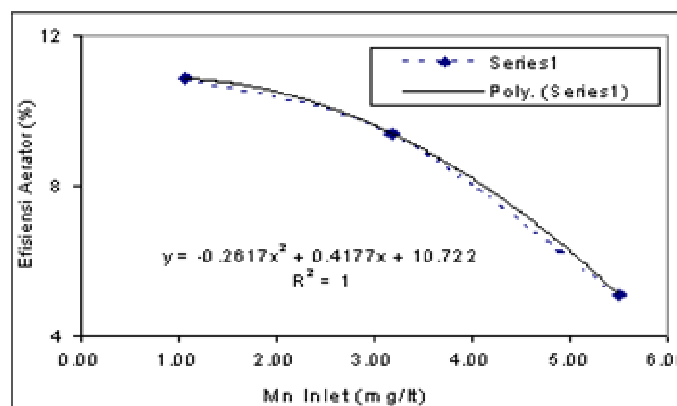
Tabel 1. Data hasil aerasi

Inlet			Hasil Aerasi			Efisiensi Aerasi (%)	<i>konsentras i Mn outlet</i>	<i>pH outlet</i>	<i>DHL outlet</i>
Mn (mg/l)	pH	DHL	Mn (mg/l)	pH	DHL		<i>konsentras i Mn inlet</i>	<i>pH inlet</i>	<i>DHL inlet</i>
0.86	6.9	336	0.76	7.33	324	11.63	0.88	1.06	0.96
1.08	7.09	344	0.98	7.30	326	9.26	0.91	1.03	0.95
1.28	6.67	359	1.13	7.29	348	11.72	0.88	1.09	0.97
2.84	6.97	341	2.45	7.02	333	13.73	0.86	1.01	0.98
3.00	7.34	348	2.89	7.47	332	3.66	0.96	1.02	0.95
3.70	7.17	352	3.30	7.25	335	10.80	0.89	1.01	0.95
5.31	6.98	346	5.26	7.11	343	0.94	0.99	1.02	0.99
5.40	7.02	.343	4.72	7.03	340	12.59	0.87	1.00	0.99
5.81	7.15	352	5.71	7.26	332	1.75	0.98	1.02	0.94

Dari tabel di atas tampak bahwa proses aerasi akan menurunkan kandungan Mn meskipun tingkat penurunannya kecil. Begitu juga angka DHL air hasil aerasi mengalami penurunan, sedangkan nilai pH nya akan meningkat.

Gambar 2 menyajikan grafik yang memperlihatkan pengaruh konsentrasi Mn inlet terhadap efisiensi aerator rerata. Nilai pada grafik merupakan rerata dari tiga kali percobaan untuk tiga variasi bahan kimia oksidan. Dari gambar tersebut diketahui bahwa semakin besar kandungan Mn inlet maka efisiensi aerasi semakin menurun. Kecepatan reaksi dipengaruhi oleh konsentrasi pereaksi, dimana dalam reaksi oksidasi ini adalah oksigen. Agar diperoleh kecepatan reaksi yang sama, maka semakin besar konsentrasi bahan yang akan direaksikan, maka diperlukan pereaksi yang jumlahnya lebih besar pula. Karena pada percobaan ini proses aerasi untuk semua tingkat konsentrasi Mn sama, baik metode maupun lamanya aerasi, maka dianggap oksigen yang diserap jumlahnya juga sama untuk tiap kali pelaksanaan percobaan. Oleh karena itu pada konsentrasi Mn yang lebih tinggi kecepatan reaksi menjadi lebih lambat, dan efisiensinya menjadi kecil.

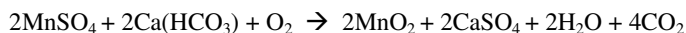
Efisiensi proses aerasi dalam penghilangan Mn cukup rendah, dimana efisiensi maksimal adalah 13.73%. Hal ini mungkin terjadi karena menurut teori yang ada, oksidasi untuk penghilangan Mn dapat berhasil baik pada air dengan pH tinggi (diatas 9), sedangkan pH rerata air inlet pada percobaan ini hanya 7.03. Selain itu waktu aerasi yang hanya sekitar 5 detik, yaitu waktu yang diperlukan air untuk melewati plat-plat miring pada tray aerator, belum mencukupi waktu kontak yang diperlukan untuk terjadinya reaksi antara Mn dengan oksigen.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Kandungan Mangan Inlet Terhadap Hasil Aerasi

Hubungan antara konsentrasi Mn inlet dengan efisiensi aerasi berdasar hasil regresi polinomial seperti ditunjukkan pada gambar di atas mengikuti persamaan  $y = -0.2617x^2 + 0.4177x + 10.722$ .

Proses aerasi menyebabkan kenaikan pH pada air hasil aerasi. Proses aerasi akan menyebabkan mangan teroksidasi oleh oksigen. Dari persamaan reaksi oksidasi mangan seperti yang tercantum di pendahuluan,



dapat dilihat bahwa Mn terikat dengan  $\text{SO}_4^-$  yang bersifat asam sehingga jika  $\text{SO}_4^-$  dihilangkan dengan menguapnya  $\text{CaSO}_4$  yang merupakan gas bersifat asam, maka pH larutan akan naik.

Proses aerasi menghasilkan penurunan angka DHL pada air hasil aerasi. Penurunan ini disebabkan karena zat-zat elektrolit tertinggal pada aerator selama proses aerasi.

Aerator yang digunakan adalah plat aerator miring terbuat dari plastic dengan kondisi alat baik. Sistem aerator sendiri tidak memberikan pengaruh pada perubahan DHL, pH air maupun konsentrasi mangan. Yang berpengaruh terhadap perubahan nilai-nilai tersebut adalah proses aerasinya.

### Penambahan Bahan Kimia Oksidan

Bahan kimia oksidan digunakan untuk proses oksidasi lanjutan setelah sebelumnya air diaerasi secara fisik dengan menggunakan aerator. Penambahan bahan kimia oksidan tersebut akan berpengaruh pada efisiensi proses berikutnya di dalam rangkaian unit pengolahan air yang digunakan, yaitu proses sedimentasi dan filtrasi. Data pengaruh penggunaan bahan kimia oksidan pada efisiensi sedimentasi dan efisiensi filtrasi disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Rerata Penggunaan Bahan Kimia Oksidan

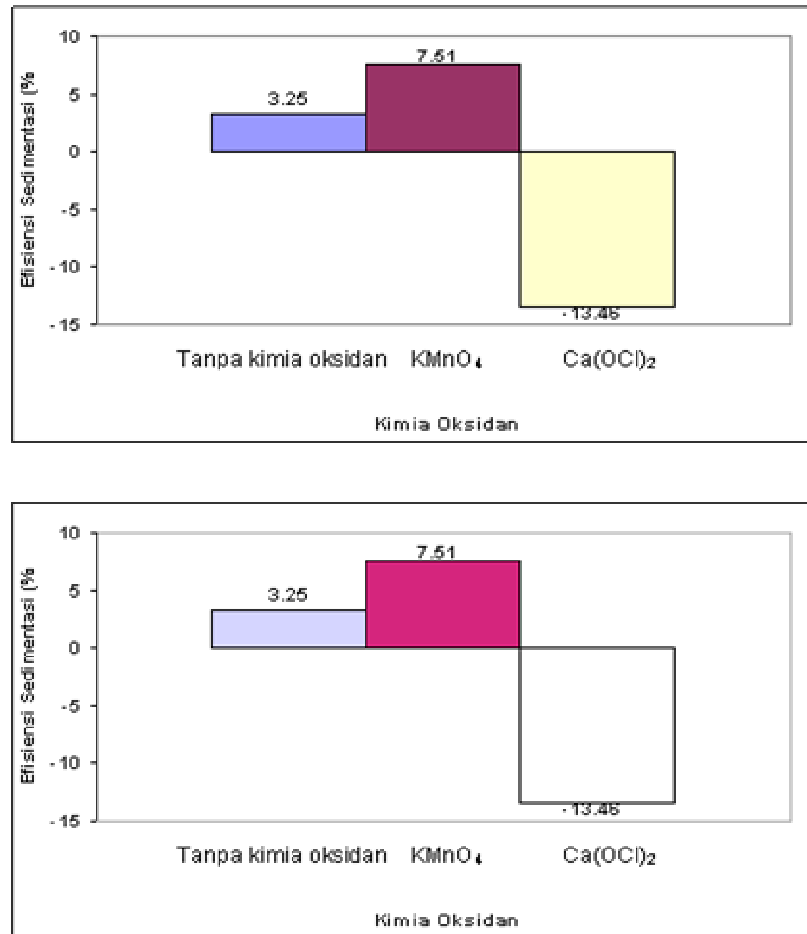
Kimia Oksidan Tambahan	Mn Inlet (mg/l)	Efisiensi Sedimentasi (%)	Efisiensi Filtrasi (%)	
			Pasir-Zeolit	Pasir-Arang
Tanpa Kimia Oksidan	1.28	4.18	74.37	35.63
	3.00	1.73	79.00	38.25
	5.31	3.83	86.89	55.05
$\text{KMnO}_4$	1.08	-20.76	66.62	38.27
	3.70	33.64	85.79	71.24
	5.81	9.65	90.11	95.54
$\text{Ca}(\text{OCl})_2$	0.86	-22.60	77.35	67.41
	2.84	-20.19	82.80	58.14
	5.40	2.43	91.33	65.36

Tujuan penggunaan bahan kimia oksidan adalah untuk meningkatkan terjadinya reaksi oksidasi yang akan mengubah Mn terlarut menjadi tidak terlarut untuk kemudian dihilangkan dengan sedimentasi dan filtrasi. Dari data pada tabel di atas terlihat bahwa penambahan bahan kimia oksidan justru menyebabkan terjadinya beberapa nilai efisiensi sedimentasi bernilai negatif. Hal ini disebabkan reaksi oksidasi oleh bahan kimia oksidan yang terjadi di dalam bak sedimentasi kemungkinan belum berlangsung sempurna, sehingga masih ada bahan kimia oksidan yang belum bereaksi. Bahan kimia oksidan yang mengandung Mn tersebut akan menyebabkan peningkatan kandungan Mn dalam air.

Gambar 3 menunjukkan grafik efisiensi sedimentasi rerata untuk masing-masing variasi kimia oksidan. Nilai pada grafik tersebut adalah rerata hasil dari tiga konsentrasi Mn inlet.

Dari grafik pada gambar 3 tersebut terlihat bahwa efisiensi sedimentasi berubah untuk masing-masing variasi kimia oksidan, dan efisiensi rerata kimia oksidan  $\text{KMnO}_4$  lebih tinggi dibandingkan dengan  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ . Menurut Wong (1984), oksidasi Mn oleh  $\text{KMnO}_4$  menghasilkan endapan  $\text{MnO}_2$  sebanyak 2.64 lb/lb Mn(II), lebih besar jika dibandingkan dengan Chlorine yaitu sebesar 1.58 lb/lb Mn(II). Semakin banyak endapan yang terbentuk dan mengendap di dalam bak sedimentasi menghasilkan efisiensi sedimentasi yang makin besar pula.

Secara keseluruhan efisiensi sedimentasi yang diperoleh tidak cukup besar, bahkan terdapat nilai negatif. Mungkin ini terjadi karena desain bak sedimentasi yang kurang optimum, dimana air yang keluar dari bagian bawah pipa tengah mengganggu proses pengendapan ataupun merusak hasil endapan yang telah terjadi di dasar bak sedimentasi. Selain itu waktu sedimentasi yang diambil mungkin kurang lama. Karena setelah dibiarkan lima jam dalam kondisi diam, air hasil sedimentasi tampak lebih bening yang menunjukkan berkurangnya konsentrasi Mn dalam air.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Penambahan Kimia Oksidan pada Efisiensi Sedimentasi

Efisiensi filtrasi rerata setelah ditambahkan bahan kimia oksidan mengalami peningkatan jika dibandingkan ketika tidak ditambahkan bahan kimia oksidan. Dengan penambahan bahan kimia oksidan tersebut  $MnO_2$  yang terbentuk sebagai hasil reaksi oksidasi akan bertambah banyak.  $MnO_2$  yang bersifat tidak larut dalam air tersebut tertahan dalam media filter selama proses filtrasi. Semakin banyak Mn terlarut yang diubah menjadi Mn tidak larut yang kemudian tertahan dalam filter akan meningkatkan efisiensi proses filtrasi dalam menghilangkan kandungan Mn dari dalam air. Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa efisiensi filtrasi rerata paling tinggi terjadi saat digunakan  $KMnO_4$  sebagai kimia oksidan tambahan untuk konsentrasi Mn awal 5.81 mg/l pada filter pasir-arang, dengan efisiensi sebesar 95,54%.

### Filtrasi

#### 1. Pengaruh konsentrasi inlet filter pada efisiensi filtrasi

Konsentrasi Mn inlet yang ditentukan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah konsentrasi inlet awal sebelum melalui unit pengolahan. Setelah melalui unit pengolahan awal yaitu aerasi dan sedimentasi, konsentrasi Mn akan berubah. Konsentrasi Mn pada inlet filter adalah hasil dari pengolahan awal tersebut, dimana konsentrasinya tidak dapat direncanakan atau ditentukan. Tabel 3 berikut menyajikan pengaruh konsentrasi Mn inlet filter pada efisiensi filtrasi.

Tabel 3. Pengaruh konsentrasi inlet filter terhadap efisiensi filtrasi

Mn Inlet Awal (mg/l)	Mn Inlet Filter (mg/l)		Hasil Filtrasi			
	Mn	Rerata	Pasir-Zeolit		Pasir-Arang	
			Mn	Ef	Mn	Ef
0.86	0.81	1.02	0.28	72.55	0.56	45.10
1.08	1.18					
1.28	1.08					
2.84	2.74	2.59	0.46	82.24	1.18	54.44
3.00	2.84					
3.70	2.19					
5.31	5.06	4.82	0.52	89.21	1.33	72.41
5.40	4.34					
5.81	5.16					

Keterangan : Mn : Konsentrasi mangan dalam air (mg/l)

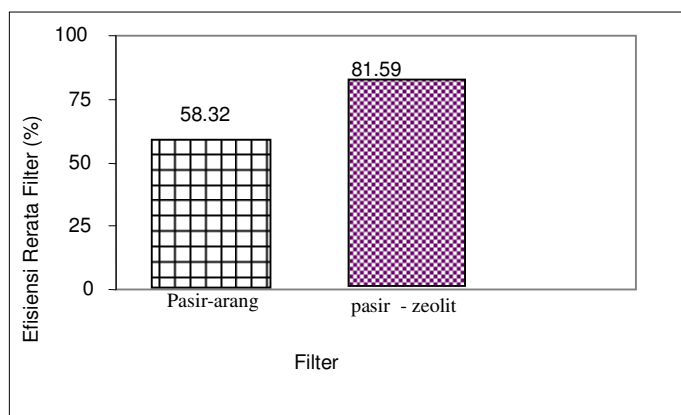
Ef : Efisiensi proses (%)

Dari tabel 3 tersebut terlihat bahwa efisiensi filtrasi menunjukkan peningkatan seiring meningkatnya konsentrasi Mn inlet. Ini menunjukkan persentase Mn yang tertahan oleh media filter terhadap konsentrasi Mn inlet filter semakin besar. Brown (1950) dalam Wahyu (2003) menyebutkan bahwa semakin besar konsentrasi adsorbat dalam inlet menyebabkan terjadinya gaya laju difusi partikel adsorbat yang besar pula. Pada konsentrasi relatif kecil gaya laju difusi partikel adsorbat yang terjadi tidak cukup kuat untuk melawan hambatan difusi sehingga adsorbat tidak dapat mencapai jauh ke dalam partikel adsorben.

Media filter yang digunakan memberikan ruang yang cukup bagi adsorpsi maupun penyaringan Mn sampai tingkat konsentrasi Mn inlet terbesar. Oleh karena itu ketika inlet filter mengandung Mn dalam jumlah yang lebih besar, media filter mampu mengurangi kandungan Mn tersebut dalam prosentase yang lebih besar. Untuk konsentrasi inlet yang lebih kecil tidak semua kandungan Mn tertahan oleh filter kemungkinan dikarenakan Mn yang terkandung masih bersifat terlarut atau belum berubah menjadi flok-flok sehingga sulit tertahan. Kemungkinan lainnya adalah selama proses filtrasi flok-flok partikel Mn yang bersifat tidak terlarut melewati pori-pori yang lebih besar dari ukurannya sehingga membuatnya masih lolos sampai ke outlet filter.

## 2. Efisiensi masing-masing media filter

Filter yang digunakan dalam penelitian ini semuanya merupakan filter dual media. Lapis bawah berfungsi sebagai penyaring mangan tidak terlarut, yaitu berupa pasir. Lapis atas merupakan adsorben yang mampu menyerap mangan terlarut, yaitu berupa arang tempurung kelapa dan zeolit. Seluruh variasi filter disusun dengan ketebalan dan gradasi yang sama untuk tiap lapis. Oleh karena itu perbedaan kemampuan kedua variasi filter ditentukan oleh perbedaan daya serap adsorben pada lapisan atas filter dan kemampuan penyaringan lapisan bawah filter. Gambar 4 berikut menunjukkan grafik perbandingan efisiensi rerata dari masing-masing variasi filter.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Efisiensi Rerata Kedua Variasi Filter

Dari gambar di atas tampak bahwa filter pasir-zeolit memberikan hasil efisiensi rerata lebih tinggi dari filter pasir-arang tempurung kelapa. Pada penelitian ini tidak dilakukan percobaan dengan menggunakan filter dengan satu jenis media untuk masing-masing bahan yang digunakan. Oleh karena itu kemampuan masing-masing bahan media filter dalam mengurangi kandungan Mn dari dalam air tidak dapat dilihat jelas. Kemampuan tiap variasi filter adalah hasil perpaduan dari kemampuan kedua bahan yang tersusun dalam

filter dual media. Namun dari gambar di atas dapat dilihat bahwa kemampuan zeolit sebagai adsorbent untuk menghilangkan mangan dari dalam air lebih besar dibandingkan dengan arang tempurung kelapa.

Sifat adsorptive adsorbent yang berpengaruh besar pada kecepatan dan kapasitas adsorpsi adalah luas permukaan, distribusi ukuran pori, dan sifat kimia alami permukaan adsorbent. Untuk mengetahui luas permukaan dan distribusi ukuran pori tiap bahan perlu kajian tersendiri yang tidak dilakukan dalam penelitian ini.

Sifat dasar karbon pada arang tempurung kelapa memiliki berat jenis yang lebih besar dan distribusi ukuran pori yang lebih besar. Hal ini membuatnya berguna untuk adsorpsi molekul-molekul yang sangat kecil, sehingga lebih cocok untuk adsorpsi gas dari pada untuk pengolahan air (Montgomery, 1985).

Zeolit mempunyai sifat kimia dasar yang membuatnya mampu bertindak sebagai penukar ion yang baik. Selain itu zeolit mempunyai luas permukaan besar dengan distribusi ukuran pori yang kecil. Borneviot dan Kaliaquine (1995) dalam Wahyu (2000) menyebutkan bahwa ukuran pori zeolit berkisar 2Å-8Å. Oleh karena itu zeolit mempunyai kemampuan mengurangi mangan dari dalam air yang besar melalui kemampuan adsorpsinya yang didukung dengan kemampuannya sebagai penukar ion. Efisiensi zeolit yang besar tersebut mungkin juga dikarenakan diameter pori-pori zeolit yang digunakan sesuai untuk penyaringan mangan. Zeolit yang digunakan adalah zeolit alam yang langsung diambil dari tempat penambangan di daerah Gunung Kidul, Yogyakarta, sehingga bersifat murni. Sedangkan arang tempurung kelapa yang digunakan adalah hasil pengolahan pengrajin, dimana kualitas bahan dasar dan proses pembuatannya secara teknis tidak diketahui.

Kemampuan penyaringan pasir ditentukan oleh tingkat porositas dan luas permukaannya. Tingkat porositas yang tinggi dan luas permukaan yang lebar akan menghasilkan kemampuan penyaringan yang tinggi pula. Porositas media filter tergantung pada bagaimana susunan butiran-butiran tersebut di dalam lapisan media filter. Sedangkan karakteristik partikel yang berpengaruh pada porositas dan luas permukaan adalah *sphericity* atau tingkat kebulatan dari partikel tersebut. Partikel dengan *sphericity* yang lebih besar memiliki porositas dan luas permukaan yang lebih kecil (Droste, 1997).

### 3. Pengaruh filtrasi pada perubahan pH dan DHL air

Nilai pH tiap proses ditunjukkan pada tabel 4. Nilai pH pada data tersebut merupakan nilai pH pada inlet, aerasi, sedimentasi dan rerata dari tiga kali pengambilan sampel hasil filtrasi. Nilai pH inlet merupakan nilai pH normal (tidak dikondisikan pada nilai pH tertentu).

Tabel 4. Nilai pH setiap proses

Inlet	Aerasi	Sedimentasi	Filtrasi	
			Pasir-zeolit	Pasir-arang
6.67	7.29	7.37	7.17	7.08
7.34	7.47	7.48	7.23	7.16
6.98	7.11	7.13	7.10	7.10
7.09	7.3	7.37	7.10	7.09
7.17	7.25	7.27	7.13	7.11
7.15	7.26	7.37	7.17	7.16
6.9	7.33	7.34	7.27	7.22
6.97	7.02	7.25	7.05	6.97
7.02	7.03	7.09	7.07	7.07

Dari tabel 4 di atas dapat dilihat bahwa nilai pH mengalami kenaikan setelah melalui proses aerasi dan sedimentasi, kemudian kembali turun setelah melewati kedua jenis filter yang digunakan pada penelitian ini. Namun jika dibandingkan dengan nilai pH inlet, pH hasil filtrasi rata-rata masih lebih tinggi.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai pH air selama proses pengolahan tidak mengalami banyak perubahan, karena dari semua data yang diperoleh nilai pH tetap pada kisaran pH normal yaitu berkisar 6.97 sampai dengan 7.48. Berdasarkan uji statistik diperoleh hasil bahwa  $F_{hitung}$  adalah 7.893, nilai ini lebih besar dari  $F_{tabel}$  pada taraf signifikansi 0.05 yaitu sebesar 2.10. Hal ini berarti hipotesis nihil ( $H_0$ ) yang menyatakan bahwa proses pengolahan air berpengaruh pada perubahan nilai pH air ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses pengolahan air yang digunakan, termasuk proses filtrasi, tidak menyebabkan perubahan nilai pH.

Nilai DHL pada inlet, aerasi, sedimentasi dan rerata dari tiga kali pengambilan sampel hasil filtrasi disajikan pada tabel 5 Tinjauan ini untuk mengetahui pengaruh setiap proses pada instalasi penghilangan unsur mangan dari air yang digunakan terhadap nilai DHL air hasil olahan.



Tabel 5. Angka DHL hasil tiap proses

Inlet	Aerasi	Sedimentasi	Filtrasi	
			Pasir-zeolit	Pasir-arang
359	348	339	333	336
348	332	344	329	338
346	343	340	332	332
344	326	331	323	318
352	335	329	323	322
352	332	345	328	324
336	324	334	330	328
341	333	340	337	336
343	340	349	341	341

Dari tabel 5 terlihat bahwa seluruh angka DHL berada dalam kisaran 312  $\mu$ s sampai dengan 382  $\mu$ s. Syarat nilai DHL bagi air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI adalah dianjurkan maksimum 400  $\mu$ s dan diperbolehkan maksimum 1230  $\mu$ s. Dengan demikian nilai DHL inlet maupun semua hasil proses pengolahan memenuhi standar yang dianjurkan maupun yang diperbolehkan.

Angka DHL salah satunya dipengaruhi oleh banyaknya zat elektrolit yang terdapat pada suatu larutan. Semakin tinggi angka DHLnya berarti larutan tersebut semakin banyak mengandung zat-zat elektrolit. Bila terjadi penambahan ion maka angka DHL pun akan naik (Mansfield Clark, 1952 dalam Wahyu,A,2000). Konsentrasi Mn dalam air menurun setelah difiltrasi, sehingga angka DHLnya pun akan menurun. Namun dari masing-masing tempat pengambilan sampel dan tiap waktu pengambilan sampel diperoleh data yang tidak konsisten untuk penurunan maupun kenaikan angka DHL tersebut. Dalam hal ini perubahan angka DHL kemungkinan terjadi bukan karena ion Mn, namun karena parameter-parameter lain yang tidak diteliti dalam penelitian ini.

Hasil pengujian statistik dari perubahan angka DHL pada setiap proses pengolahan air di atas memberikan hasil F hitung sebesar 10.409, lebih besar dari F tabel yang bernilai 2.10. Hal ini berarti hipotesis nihil ( $H_0$ ) ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses pengolahan air tidak berpengaruh pada perubahan angka DHL.

#### **Efisiensi Total Instalasi Percobaan**

Efisiensi instalasi secara keseluruhan disajikan pada tabel 6. Dari tabel tersebut dapat dilihat efisiensi tiap proses pengolahan, yaitu aerasi, sedimentasi, dan filtrasi.

Nilai efisiensi pada tabel tersebut adalah efisiensi total berdasar perbandingan hasil akhir proses dengan tingkat kandungan mangan awal. Sehingga efisiensi filtrasi pada tabel tersebut adalah hasil akhir proses pengolahan setelah melalui proses aerasi, sedimentasi dan filtrasi. Dari data pada tabel tersebut ternyata efisiensi maksimal dicapai oleh filter kwarsa-zeolit ketika ditambahkan  $KMnO_4$  sebagai bahan kimia oksidan tambahan dengan kandungan mangan awal 5 mg/lit, yaitu sebesar 97.47%. Efisiensi rerata terbesar penggunaan bahan kimia oksidan tambahan adalah 79.60% ketika digunakan  $KMnO_4$ .

Tabel 6. Efisiensi Total Instalasi Pengolahan

Bahan oksidan	Mn inlet	Komposisi media filter	Efisiensi (%)			
			Aerator	Sedimentasi	Filter	
Tanpa Kimia Oksidan Tambahan	1.28	Pasir + zeolit	11.72	15.41	78.32	
		Pasir + arang tempurung kelapa	11.72	15.41	45.55	
	3.00	Pasir + zeolit	3.67	5.33	80.12	
		Pasir + arang tempurung kelapa	3.67	5.33	41.54	
	5.31	Pasir + zeolit	0.94	4.74	87.51	
		Pasir + arang tempurung kelapa	0.94	4.74	57.18	
	Rerata			5.44	8.49	53.65
	KMnO <sub>4</sub>	1.08	Pasir + zeolit	9.26	-9.57	63.43
Pasir + arang tempurung kelapa			9.26	-9.57	32.36	
3.70		Pasir + zeolit	10.81	40.81	91.59	
		Pasir + arang tempurung kelapa	10.81	40.81	82.98	
5.81		Pasir + zeolit	1.72	11.20	91.22	
		Pasir + arang tempurung kelapa	1.72	11.20	96.04	
Rerata			7.26	14.15	79.60	
Ca(OCl) <sub>2</sub>	0.86	Pasir + zeolit	11.63	-8.35	78.68	
		Pasir + arang tempurung kelapa	11.63	-8.35	69.31	
	2.84	Pasir + zeolit	13.73	-3.69	83.39	
		Pasir + arang tempurung kelapa	13.73	-3.69	59.58	
	5.40	Pasir + zeolit	12.59	14.71	93.04	
		Pasir + arang tempurung kelapa	12.59	14.71	72.19	
Rerata			12.65	0.89	79.05	

### Kesimpulan

Proses aerasi dan sedimentasi tidak terlalu berpengaruh dalam penghilangan Mn. Efisiensi rerata kimia oksidan KMnO<sub>4</sub> lebih tinggi dibandingkan dengan Ca(OCl)<sub>2</sub>. pH air dan angka DHL selama proses pengolahan tidak banyak mengalami perubahan. Filter pasir-zeolit menghasilkan efisiensi rerata lebih besar dari filter pasir-arang tempurung kelapa untuk mengurangi kandungan Mangan dari dalam air. Mn inlet filter yang lebih tinggi akan menghasilkan efisiensi filtrasi yang semakin tinggi pula

### Daftar Pustaka

- Anonim, 1969, *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association, New York
- Anonim, 1990, Peraturan Menteri Kesehatan RI No.:416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air, Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Asriningtyas, V., 1999, Pengaruh pH Terhadap Efektifitas Aerator Plat Miring Dengan Filter Dual Media Untuk Pembuangan Besi Dari Dalam Air [Skripsi]. Yogyakarta; Universitas Gadjah Mada.
- Droste, R. L., 1997, *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*, John Wiley & Sons, New York.
- Hofkes, E. H., 1983, *Small Community Water Supplies*, Technology of Small Water Supply System in Developing Countries, John Wiley & Sons, New York.
- Kamulyan, B., 1996, Teknik Penyehatan (Bagian A1 : Teknik Pengolahan Air), Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Khumyahd, L., 1991, *Iron and Manganese Removal in Water Supplies*, Report, University of Wisconsin-Madison, Wisconsin.
- Montgomery, J.M., 1985, *Water Treatment Principles and Design*, John Wiley & Sons, New York
- Peavy, H. S., Rowe, D. R., Tchobanoglous, G., 1985, *Environmental Engineering*, McGraw Hill, USA.
- Wahyu, A., 2000, Penggunaan Filter Pasir – Arang Tempurung Kelapa serta Pasir Zeolit sebagai Proses Lanjutan Pengolahan Air yang Mengandung Besi (Pengolahan Awal Menggunakan Tray Aerator), [Skripsi]. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Wong, J. M., 1984, Chlorination-Filtration for Iron and Manganese Removal, Report, Journal American Water Works Association, USA.