

relatif tinggi dan sangat fluktuatif. Oleh karenanya, diperlukan sebuah alternatif pengolahan air yang tepat, guna menurunkan konsentrasi dari kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) tersebut sampai pada batas yang dianjurkan (sesuai PERMENKES No.902 Tahun 2002). Sehingga nantinya diharapkan, dapat menjadi alternatif sumber air baku air minum yang secara kualitas tergolong baik.

Ada beberapa cara untuk menghilangkan zat besi dan mangan dalam air diantaranya adalah dengan cara oksidasi, dengan cara koagulasi, elektrolitik, pertukaran ion, filtrasi kontak, proses soda lime, pengolahan dengan bakteri besi dan cara lainnya. Pada umumnya proses penghilangan besi dan mangan juga dapat dilakukan dengan tiga cara yakni oksidasi dengan udara atau aerasi, oksidasi dengan khlorine (khlorinasi) dan *oksidasi dengan kalium permanganat*.

Pada umumnya, KMnO_4 yang digunakan pada proses pengolahan air yang mengandung besi dan mangan adalah langsung dibubuhkan kedalam air baku yang akan diolah dan kemudian air tersebut dialirkan melalui media berpori (saringan pasir). Namun, disini peneliti mencoba menggabungkan kedua proses tersebut menjadi satu bagian yakni, dengan cara melapisi media pasir dengan KMnO_4 . Dan kemudian air baku Media pasir ini dinamakan *Pasir Aktif*. Sehingga diharapkan mampu menurunkan kadar besi dan mangan yang terkandung pada air tanah secara efektif.

Penelitian yang dilakukan oleh Saifullah dan Hariwiko Indaryanto dengan variasi tinggi media menunjukkan bahwa terjadi penurunan terhadap kandungan Fe sebelum dan sesudah di *treatment* menggunakan saringan pasir aktif yang diaktifkan dengan KMnO_4 . Semakin tebal media filter air olahan semakin baik,

karena waktu kontak Fe dan Mn dengan KMnO_4 juga semakin lama. Sehingga proses oksidasi dapat berlangsung secara sempurna.

Selain itu, penelitian menggunakan pasir aktif dengan variasi waktu pengaktifan KMnO_4 untuk mengaktifkan pasir kuarsa dapat menurunkan kadar Fe dan Mn yang bervariasi mengikuti penambahan waktu perendaman (Permana, HS, 1994)

Berdasarkan penelitian – penelitian terdahulu diketahui bahwa saringan pasir aktif yang diaktifkan dengan KMnO_4 mampu menurunkan kadar Fe dan Mn yang terkandung dalam air sumur secara efektif.

Namun demikian, masih diperlukan studi lebih lanjut tentang kemampuan dari lapisan KMnO_4 yang melekat pada permukaan pasir kuarsa dalam mengoksidasi Fe dan Mn yang terkandung pada air tanah dan juga kehilangan tekanan yang terjadi selama proses penyaringan berlangsung.

Sehingga nantinya diharapkan saringan pasir aktif yang diaktifkan dengan KMnO_4 dapat digunakan sebagai salah satu alternatif teknologi dalam hal pengolahan air bersih khususnya air tanah dengan kandungan Fe dan Mn tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Menurut latar belakang masalah yang telah dikemukakan diatas maka, dapat ditarik rumusan masalah yaitu :

- a. Seberapa besar laju penurunan kemampuan oksidasi pasir aktif dalam menurunkan kandungan Fe total dan Mn setelah melalui proses filtrasi selama 24 jam.
- b. Kehilangan tekanan yang terjadi pada saat proses filtrasi.
- c. Apakah terjadi perbedaan pada hasil proses filtrasi yang menggunakan pasir yang direndam dengan larutan KMnO_4 dengan saringan pasir kontrol (SPK).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui efisiensi dan efektifitas dari saringan pasir aktif dalam menurunkan kadar Fe total dan Mn yang terkandung dalam air baku dan melihat kemungkinan saringan pasir aktif tersebut disosialisasikan kepada masyarakat luas.
- b. Mengetahui laju penurunan oksidasi pasir aktif dan kehilangan tekanan (*Headloss*) yang terjadi pada saat proses filtrasi berlangsung.

1.4 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah yang ditentukan dan agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan keinginan sehingga tidak terjadi penyimpangan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Jenis pasir yang digunakan sebagai media adalah pasir silika 0,30 mm - 0,4 mm
- b. Metode yang digunakan adalah saringan pasir lambat (*slow sand filter*) dengan media pasir silika yang telah melalui aktivasi dengan larutan KMnO_4 , 10 % serta waktu aktivasi 24 jam.
- c. Sumber air baku adalah air sumur yang mengandung besi (Fe) dan mangan (Mn) di wilayah Kampus Terpadu UII, Yogyakarta
- d. Paramater yang diukur adalah Fe total dan Mn..

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

- a. Memberikan salah satu alternatif teknologi dalam menurunkan kandungan Fe total dan Mn yang terlalu tinggi pada air tanah sebagai sumber air baku yang sering digunakan untuk skala rumah tangga,

- b. Sebagai referensi kepada penelitian berikutnya agar mencoba berbagai variasi percobaan, sehingga nantinya akan mendapatkan data yang lebih lengkap tentang kemampuan saringan pasir aktif dalam menurunkan Fe total dan Mn pada air tanah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

2.1.1 Karakteristik Air Baku

Penyediaan air bersih, selain kuantitasnya, kualitasnya pun harus memenuhi standar yang berlaku. Untuk ini perusahaan air minum selalu memeriksa kualitas air bersih sebelum didistribusikan kepada pelanggan sebagai air minum. Air minum yang ideal seharusnya jernih, tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa. Air minum pun seharusnya tidak mengandung kuman patogen dan segala makhluk yang membahayakan kesehatan manusia. Tidak mengandung zat kimia yang dapat merubah fungsi tubuh, tidak dapat diterima secara estetis dan dapat merugikan secara ekonomis. Air itu seharusnya tidak korosif, tidak meninggalkan endapan pada seluruh jaringan distribusinya. Pada hakekatnya diadakan pengolahan air untuk mencegah hal-hal tersebut diatas serta terjadinya *water borne disease*.

Standar air bersih di setiap negara berbeda sesuai dengan keadaan sosial-ekonomi-budaya setempat. Namun dari manapun asal suatu standar air bersih karakteristiknya dibagi ke dalam beberapa bagian antara lain :

1. Karakteristik fisis
2. Karakteristik kimiawi
3. Karakteristik biologis

Dalam hal air bersih, sudah merupakan praktek umum bahwa dalam menetapkan kualitas dan karakteristik dikaitkan dengan suatu baku mutu air tertentu (standar kualitas air). Untuk memperoleh gambaran yang nyata tentang karakteristik air baku, seringkali diperlukan pengukuran sifat-sifat air atau biasa disebut *parameter kualitas air*, yang beraneka ragam. Formulasi-formulasi yang dikemukakan dalam angka-angka standar tentu saja memerlukan penilaian yang kritis dalam menetapkan sifat-sifat dari tiap parameter kualitas air. Parameter tersebut terbagi dalam :

1. Parameter fisis
2. Parameter kimiawi
3. Parameter biologi
4. Parameter radiologis

Untuk dapat memahami akibat yang dapat terjadi apabila air minum tidak memenuhi standar, berikut pembahasan karakteristik beserta parameter kualitas air bersih berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI, 416/MENKES/PER/IX/2002 :

1. Karakteristik Fisis

Sifat-sifat fisis air adalah relatif mudah untuk diukur dan beberapa diantaranya mungkin dengan cepat dapat dinilai oleh orang awam.

- | | |
|---------|------------------------------------|
| a. Bau | d. Warna |
| b. Rasa | e. Jumlah zat padat terlarut (TDS) |
| c. Suhu | f. Kekeruhan |

2. Karakteristik Kimiawi

Karakteristik kimia cenderung lebih khusus sifatnya dibandingkan dengan karakteristik fisis dan oleh karena itu lebih cepat dan tepat untuk menilai sifat-sifat air dari suatu sampel.

A. Kimia Anorganik

- | | |
|--------------|-------------------|
| a. Air raksa | i. pH |
| b. Aluminium | j. Perak |
| c. Arsen | k. Nitrat, Nitrit |
| d. Barium | l. Seng |
| e. Besi | m. Sulfat |
| f. Kepadatan | n. Tembaga |
| g. Klorida | o. Timbal |
| h. Mangan | p. Sianida |

B. Kimia Organik

- q. Aldrin dan dieldrin
- r. Benzo (a) pyrene (B (a) P)
- s. Chlordane
- t. Chloroform
- u. 2,4-D
- v. Dichloro-diphenyl-trichloroetane (DDT)
- w. Detergen
- x. Zat organik

3. Karakteristik Biologis

Analisis Bakteriologi suatu sampel air bersih biasanya merupakan parameter kualitas yang paling sensitif. Kedalam parameter mikrobiologis ini hanya dicantumkan koliform tinja dan total koliform. Sebetulnya kedua macam parameter ini hanya berupa indikator bagi berbagai mikroba yang dapat berupa parasit (protozoa, metazoa, tungau), bakteri patogen dan virus.

- JPT Coli/100 cc air

Jumlah perkiraan terdekat (JPT) bakteri coliform/100 cc air digunakan sebagai indikator kelompok mikrobiologis. Hal ini tentunya tidak terlalu tepat, tetapi sampai saat ini bakteri inilah yang paling ekonomis dapat digunakan untuk kepentingan tersebut. .

Untuk membuat air menjadi aman untuk diminum, tidak hanya tergantung pada pemeriksaan mikrobiologis, tetapi biasanya juga ditunjang oleh pemeriksaan residu khlor misalnya.

4. Parameter Radioaktivitas

Apapun bentuk radioaktivitas efeknya adalah sama, yakni menimbulkan kerusakan pada sel yang terpapar. Kerusakan dapat berupa kematian dan perubahan komposisi genetik. Perubahan genetik dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti kanker dan mutasi.

Sinar alpha, beta dan gamma berbeda dalam kemampuan menembus jaringan tubuh. Sinar alpha sulit menembus kulit, jadi bila tertelan lewat minuman maka yang

terjadi adalah kerusakan sel-sel pencernaan, sedangkan beta dapat menembus kulit dan gamma dapat menembus sangat dalam. Kerusakan yang terjadi ditentukan oleh intensitas sinar serta frekuensi dan luasnya pemaparan.

2.2 Besi Dan Mangan Didalam Air Tanah

Kehadiran Fe dan Mn dalam air untuk keperluan sehari – hari sangat besar pengaruhnya baik dari segi kesehatan maupun estetika. Dalam jumlah yang sedikit unsur Fe dan Mn diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan unsur tersebut. Zat besi merupakan unsur yang sangat penting dan berguna untuk metabolisme tubuh dan juga berguna untuk pembentukan sel – sel darah merah. Untuk keperluan tersebut, tubuh membutuhkan 7 – 35 mg/hari yang tidak hanya diperoleh di air. Mn diperlukan untuk tubuh 10 mg/hari sebagai nutrient bagi tubuh (Sutrisno dan Suciati, 1978).

Besi di alam dapat ditemukan dalam berbagai bentuk persenyawaan antara lain berbentuk Oksida terhidrat : Hematit (Fe_2O_3), magnetic (FeO_4), grotic ($\text{Fe}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$); karbonat : Siderit (FeCO_3) dan sulfida : (FeS_2). Adapun mangan ditentukan dalam persenyawaan Mn seperti MnCO_3 , MnSiO_3 , Mn(OH)_2 , dan MnS (Rustiawan, 1978).

Besi atau ferrum (Fe) adalah metal berwarna putih keperakan, liat, dapat dibentuk. Di air minum Fe menimbulkan warna (kuning), pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi, dan kekeruhan. Besi dibutuhkan tubuh dalam

pembentukan hemoglobin. Sekalipun dibutuhkan oleh tubuh namun dalam dosis besar dapat menyebabkan rusaknya dinding usus dan berkurangnya fungsi paru-paru.

Pada umumnya besi dalam air dapat bersifat terlarut sebagai Fe^{2+} , atau Fe^{3+} . Ada yang bersifat tersuspensi sebagai butir koloidal (berdiameter $< 1\mu$ meter) atau lebih besar seperti Fe_2O_3 , FeO , $\text{Fe}(\text{OH})$ dan sebagainya. Dan ada kalanya Fe bergabung dengan zat organik atau zat padat yang inorganik seperti tanah liat. Pada air yang tidak mengandung oksigen seperti air tanah, besi berada sebagai Fe^{2+} yang dapat terlarut, sedangkan pada air permukaan yang mengalir dan terjadi aerasi Fe^{2+} teroksidasi menjadi Fe^{3+} yang sukar larut pada pH 6 – 8, bahkan dapat menjadi Ferri Hidrasi (Alaerts dan Santika, 1984).

2.2.1 Efek Besi dan Mangan Dalam Air

2.2.1.1 Efek dari Besi (Fe)

Kehadiran besi didalam air minum menimbulkan beberapa efek yaitu :

1. Presipitasi dari logam ini merubah air menjadi keruh berwarna kuning kecokelatan, kadang – kadang sampai hitam.
2. Kehadiran besi menyebabkan berkembangnya mikroorganisme pada sistem distribusi.

3. Deposit dari presipitat besi kadang – kadang tersuspensi kembali dengan bertambahnya *flow rate* yang dapat menimbulkan kekeruhan cukup tinggi.
4. Besi dalam konsentrasi beberapa mg/l saja sudah akan menyebabkan air berasa logam.
5. Presipitasi dari logam – logam ini menimbulkan kesukaran pada proses pengolahan air misalnya *ion exchange* yang dapat mempercepat habisnya kapasitas penukaran ion.

2.2.1.2 Efek dari Mangan (Mn)

Mangan (Mn) adalah metal kelabu-kemerahan. Keracunan seringkali bersifat kronis sebagai akibat inhalasi debu dan uap logam. Gejala yang timbul berupa gejala susunan syaraf : insomnia, kemudian lemah pada kaki dan otot muka sehingga ekspresi muka menjadi beku dan muka tampak seperti topeng (*mask*). Di dalam penyediaan air seperti halnya Fe, Mn juga menimbulkan masalah warna, hanya warnanya ungu/hitam.

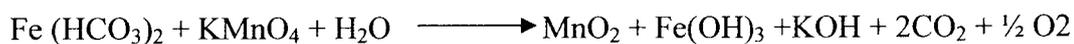
2.3 Oksidasi Besi Dan Mangan

Unsur besi dan mangan yang terdapat dalam air dapat berbentuk terlarut atau tersuspensi. Besi dan mangan ada dalam bentuk terlarut apabila besi dan mangan tersebut ada dalam valensi rendah (Fe^{2+} , Mn^{2+}) dan akan berada dalam bentuk tersuspensi, apabila bervalensi tinggi (Fe^{3+} , Mn^{3+}). Unsur besi dan mangan yang berbentuk tersuspensi tersebut tidak banyak menimbulkan masalah, karena hanya

dengan pengendapan saja maka konsentrasinya akan turun. Lain halnya dengan yang terlarut untuk menurunkannya harus terlebih dahulu diubah valensinya dari Fe^{2+} dan Mn^{2+} menjadi Fe^{3+} dan $\text{Mn}^{3+}, \text{Mn}^{4+}$ untuk besi dan mangan yang ada dalam bentuk terlarut sesuai dengan ketentuan penentuan bilangan oksidasi. Cara mengubah bilangan oksidasi dilakukan dengan cara oksidasi dengan oksidator yang mempunyai bilangan oksidasi lebih tinggi.

Besi dan mangan dioksidasi sehingga bilangan oksidasinya naik dan mengalami perubahan bentuk dari terlarut menjadi tersuspensi berbentuk presipitat sehingga mudah dipisahkan dari air dengan cara filtrasi.

Reaksi oksidasi dari besi dan mangan terlarut oleh kalium permanganat sebagai berikut :



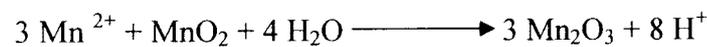
2.3.1 Kalium Permanganat (KMnO_4)

Kalium permanganat merupakan suatu zat kimia yang tidak berbau, berbentuk prisma monokoli kecil langsing berwarna ungu tua hampir tidak tembus cahaya dan warna biru metaliknya menjadi kekilauan, apabila terkena refleksi cahaya. Kalium permanganat mempunyai berat jenis 2.073 dan stabil di udara. Kalium permanganat mempunyai rasa kecut.

Penggunaan kalium permanganat untuk penurunan besi dan mangan sangat menarik karena hanya memerlukan sedikit zat kimia. Secara teoritis 1 mg/l KMnO_4 dapat mereduksi 0,94 mg/l besi terlarut dengan persamaan :



Senyawa kalium permanganat juga sangat efektif untuk mengoksidasi mangan yang terlarut, secara teoritis 1 mg/l kalium permanganat dapat mereduksi 1,92 mg/l mangan terlarut dengan persamaan reaksi :



2.3.2 Pasir Kuarsa

Pasir kuarsa mempunyai beberapa sifat cukup spesifik, sehingga untuk pemanfaatannya yang maksimal diperlukan pengetahuan yang cukup mengenai sifat – sifatnya. Sifat – sifat tersebut antara lain :

a. Bentuk butiran pasir.

Bentuk butiran pasir dapat dibagi 4 (empat) macam yaitu : membulat (*rounded*), menyudut tanggung (*sub – angular*), menyudut (*angular*), dan gabungan (*compound*). Pasir yang berbentuk bundar memberikan kelolosan yang lebih tinggi daripada bentuk yang menyudut.

b. Ukuran butiran pasir.

Butiran pasir yang berukuran besar/kasar memberikan kelolosan yang lebih besar sedangkan yang berbutir halus memberikan kelolosan yang

lebih rendah. Pasir yang berbutir halus mempunyai luas permukaan yang lebih luas.

- c. Sebaran ukuran butiran pasir, dapat dibagi menjadi 4 macam, yaitu :
1. Sebaran ukuran butir sempit. yaitu susunan ukuran butir hanya terdiri dari kurang lebih 2 (dua) macam saja.
 2. Sebaran ukuran butir sangat sempit, yaitu 90 % ukuran butir pasir terdiri dari satu macam saja.
 3. Sebaran butir pasir lebar, yaitu susunan ukuran butir terdiri dari kurang lebih 3 (tiga) macam.
 4. Sebaran ukuran butir pasir sangat lebar, yaitu susunan ukuran butiran pasir terdiri dari lebih dari tiga (tiga) macam.
- d. Susunan kimia, beberapa senyawa kimia yang perlu diperhatikan dalam pasir kuarsa adalah SiO_2 , Na_2O , CaO , Fe_2O_3 . Kandungan SiO_2 dipilih setinggi mungkin dan kandungan senyawa yang lain serendah mungkin.

Secara umum pasir kuarsa Indonesia mempunyai komposisi :

- a. SiO_2 35.50 -99.85 % ;
- b. Fe_2O_3 0.01 – 9.14 % ;
- c. Al_2O_3 0.01 – 18.00 % ;
- d. CaO 0.01 – 0.29 % .

2.4 Jenis Operasi Saringan Pasir

Operasi filtrasi pada alat filter media butiran bertujuan untuk menyisahkan padatan tersuspensi dari dalam air, dimana padatan tersuspensi tersebut paling besar memberikan sifat keruh yang dimiliki air. Pada umumnya operasi unit filter media butiran dibagi menjadi 3 (tiga) jenis yaitu :

1. Filter pasir lambat (*Slow Sand filter*)
2. Filter Pasir Cepat (*Rapid Sand Filter*)
3. Filter Bertekanan

Terdapat banyak perbedaan diantara ketiga unit operasi tersebut baik pada rancangannya ataupun pengoperasiannya. Untuk jenis filter pasir lambat maka ukuran diameter yang digunakan adalah 0,15 – 0,45 mm dengan ketinggian media antara 60 – 120 cm dan laju alir influent dalam besaran kecepatan linier pada rentang 0,1 – 0,2 m/jam, sedang pada filter pasir cepat ukuran media filter 0.40 – 0.70 mm.

Faktor yang mempengaruhi efisiensi penyaringan ada 4 (empat) faktor dan menentukan hasil penyaringan dalam bentuk kualitas *effluent* serta masa operasi saringan yaitu :

- a. *Kualitas air baku*, Semakin baik kualitas air baku yang diolah maka akan baik pula hasil penyaringan yang diperoleh.

- b. *Suhu*, Suhu yang baik yaitu antara 20 – 30 °C, temperatur akan mempengaruhi kecepatan reaksi – reaksi kimia.
- c. *Kecepatan penyaringan*, Pemisahan bahan – bahan tersuspensi dengan penyaringan tidak dipengaruhi oleh kecepatan penyaringan. Berbagai hasil penelitian ternyata kecepatan penyaringan tidak banyak mempengaruhi terhadap kualitas *effluent*. Kecepatan penyaringan lebih banyak berpengaruh terhadap masa operasi saringan (Huisman, 1975).
- d. *Diameter butiran*, Secara umum kualitas efluen yang dihasilkan akan lebih baik dengan bila lapisan saringan pasir terdiri dari butiran – butiran halus. Jika diameter butiran yang digunakan kecil maka endapan yang terbentuk juga kecil. Hal ini akan meningkatkan efisiensi penyaringan.

2.5 Mekanisme Filtrasi

Menurut Razif (1985), proses filtrasi adalah kombinasi dari beberapa fenomena yang berbeda, yang paling penting adalah :

1. *Mechanical Straining*, yaitu proses penyaringan partikel *suspended matter* yang terlalu besar untuk bisa lolos melalui lubang antara butiran pasir, yang berlangsung diseluruh permukaan saringan pasir dan sama sekali tidak bergantung pada kecepatan penyaringan.

2. Sedimentasi, akan mengendapkan partikel *suspended matter* yang lebih halus ukurannya dari lubang pori pada permukaan butiran. Proses pengendapan terjadi pada seluruh permukaan pasir.
3. *Adsorption* adalah proses yang paling penting dalam proses filtrasi. Proses adsorpsi dalam saringan pasir lambat terjadi akibat tumbukan antara partikel – partikel tersuspensi dengan butiran pasir saringan dan dengan bahan pelapis seperti gelatin yang pekat yang terbentuk pada butiran pasir oleh endapan bakteri dan partikel koloid. Proses ini yang lebih penting terjadi sebagai hasil daya tarik menarik elektrostatis, yaitu antara partikel – partikel yang mempunyai muatan listrik yang berlawanan.
4. Aktivitas kimia, beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.
5. Aktivitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter.

2.6 Kehilangan Tekanan (*Headloss*)

Kelancaran hasil filtrasi dipengaruhi oleh tekanan gravitasi yang disebut head. Kehilangan takanan gravitasi atau kehilangan head (H_1) atau disebut kehilangan hidrolis. Kehilangan head disebabkan oleh akumulasi benda – benda tersaring dan tertahan sampai beberapa cm ke dalam pasir. Dengan rumus energi Bernouilly :

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho} + Z_2 + \sum H \dots\dots\dots (1)$$

dimana :	V_1, V_2	=	velositas
	P_1, P_2	=	tekanan
	Z_1, Z_2	=	tinggi tekan
	H_1	=	kehilangan head
	g	=	gravitasi

2.6.1 Hidrolika Filtrasi

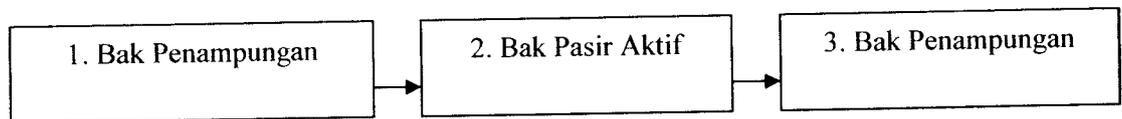
Tahanan atau gesekan suatu cairan melalui media berpori adalah analog dengan aliran melalui pipa kecil dan tahanan yang ditimbulkan oleh suatu fluida terhadap partikel yang mengendap. Dari media saring yang uniform, kehilangan tekanan, *headloss* dapat dihitung melalui rumus Darcy Weisbach berikut :

$$h_1 = f \frac{LV^2}{D2g} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :	h_1	=	raksi kehilangan head
	f	=	faktor friksi (tidak berdimensi)
	L	=	panjang penghantar
	V	=	velositas penghantar
	D	=	diameter
	g	=	akselerasi disebabkan oleh gravitasi

2.7 Saringan Pasir Aktif

Menurut Fajar Hadi (1978), dalam pembuatan saringan pasir aktif, akan lebih baik bila pasir yang digunakan adalah pasir yang kuat dan kompak sehingga proses penyaringan akan lebih baik. Cecep Suhendar pernah melakukan penelitian penurunan kadar besi dan mangan dengan pasir aktif dalam skripsinya yang berjudul “ *Penurunan Kadar Besi dan Mangan Dengan Pasir Aktif* “ dengan lokasi penelitian Perumahan Kopi Bandung Selatan dengan skema pengolahan seperti pada gambar dan dengan hasil penelitian dapat dilihat pada tabel :



Gambar 1. Skema pengolahan dengan pasir aktif

Tabel 2.1. Penurunan konsentrasi Fe dan Mn dengan berbagai kedalaman media filter pasir aktif (Cecep Suhendar, 1991)

No	Tinggi media filter (cm)	Konsentrasi air baku			Air olahan		
		Fe (ppm)	Mn (ppm)	pH	Fe (ppm)	Mn (ppm)	pH
1	10	2	2	4	0,68	0,60	5
2	20	2	2	4	0,43	0,29	5,5
3	30	2	2	4	0,34	0,06	6
4	40	2	2	4	0,23	0,07	6
5	50	2	2	4	0,19	0,08	6
6	60	2	2	4	0,12	0,04	6,5
7	70	2	2	4	0,05	0,07	6,5
8	80	2	2	4	0,08	0,07	7
9	90	2	2	4	0,04	0,07	7
10	100	2	2	4	0,08	0,07	7

Dari data hasil olahan terlihat air olahan yang baik pada pH normal, sedang pada suasana asam hasil olahan kurang baik. Sedangkan ketebalan filter juga sangat mempengaruhi hasil olahan. Semakin tebal media filter air olahan semakin baik, karena waktu kontak Fe dan Mn dengan KMnO_4 juga semakin lama. Sehingga proses oksidasi dapat berlangsung secara sempurna, sehingga air olahan lebih baik pada filter yang tebal.

Hari Setya Permana, juga pernah melakukan penelitiannya yang berjudul “*Penurunan Kadar Fe dan Mn Air Sumur Gali Menggunakan Pasir Kuarsa Yang*”

Diaktifkan Dengan $KMnO_4$ 5 % “ dengan lokasi penelitian di Desa Kranggan, Kecamatan Galur, Kabupaten Kulon Progo, DIY. Hasil penelitiannya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Kadar Fe dan Mn Hasil Variasi Waktu Pengaktifan $KMnO_4$

No	Parameter	Variasi waktu perendaman (Jam)	Satuan	Pengujian		
				I	II	III
1	Fe	0	Mg/l	1,2	1,30	1,25
		1	Mg/l	0,5	0,5	0,5
		2	Mg/l	0,35	0,35	0,5
		3	Mg/l	0,2	0,1	0,3
		4	Mg/l	0,1	0,1	0,1
		5	Mg/l	0,006	0,006	0,03
2	Mn	0	Mg/l	0,95	0,85	0,9
		1	Mg/l	0,8	0,8	0,65
		2	Mg/l	0,65	0,55	0,6
		3	Mg/l	0,25	0,3	0,2
		4	Mg/l	0,08	0,12	0,1
		5	Mg/l	0,055	0,025	0,025

Hasil diatas menunjukkan bahwa variasi waktu pengaktifan $KMnO_4$ untuk mengaktifkan pasir kuarsa menyebabkan penurunan kadar Fe dan Mn yang bervariasi mengikuti penambahan waktu perendaman.

Pasir aktif adalah pembubuhan bahan kimia yang mampu melakukan penempelan partikel – partikel tertentu sehingga partikel mampu tinggal pada pasir, sehingga *effluent* bersih dari kotoran. Disini besi dan mangan tertinggal di pasir dan terjadi proses kimia.

Pasir aktif disini adalah pasir kuarsa (silika) yang diaktifkan dengan cara direndam didalam larutan KMnO_4 . Perendaman dimaksudkan untuk melapisi permukaan pasir agar tertutup oleh KMnO_4 yang nantinya bersifat sebagai oksidator. Untuk mengoksidasi besi dan mangan yang terlarut dalam air baku, sehingga besi dan mangan akan berubah dari terlarut menjadi tersuspensi sesuai dengan persamaan reaksi dibawah ini :



Karena adanya lapisan KMnO_4 pada permukaan pasir yang nantinya berfungsi sebagai oksidator maka pasir ini dinamakan pasir aktif. Unsur Fe dan Mn yang telah berubah menjadi bentuk tersuspensi akan diserap oleh lapisan pasir kuarsa yang juga berfungsi sebagai penyaring (filter), sehingga air hasil olahan selain kandungan Fe dan Mn-nya turun juga akan terlihat jernih.

Efisiensi kerja lapisan KMnO_4 yang melapisi permukaan pasir kuarsa sedikit demi sedikit akan berkurang karena mengoksidasi Fe dan Mn. Apabila efisiensi kerja lapisan KMnO_4 sudah sangat berkurang maka kemampuan oksidasinya akan berkurang pula sehingga perlu ditingkatkan kembali efisiensinya yaitu dengan cara diaktifkan kembali.

2.8. Landasan Teori

2.8.1. Saringan Pasir Aktif

Media filter dalam pengolahan air sumur gali antara lain adalah pasir aktif. Dinamakan pasir aktif karena pasir kuarsa yang digunakan untuk menurunkan kadar besi dan mangan pada air baku telah direndam dengan larutan KMnO_4 , sehingga pada permukaan butiran pasir kuarsa terdapat lapisan KMnO_4 . Reaksi yang terjadi pada pasir kuarsa yang direndam dalam larutan KMnO_4 adalah sebagai berikut :



Selanjutnya kandungan MnO_2 yang melekat pada pasir kuarsa dengan Mn^{4+} -nya akan berfungsi sebagai oksidator, sehingga menyebabkan Fe dan Mn mengalami reaksi oksidasi, sesuai dengan sifatnya sebagai reduktor. Oksidator akan menarik elektron dari reduktor sehingga kemampuan oksidator reduktor Fe^{2+} dan Mn^{2+} , dalam reaksi oksidasi menjadi Fe^{3+} , dan Mn^{3+} , Mn^{4+} dan sangat tergantung pada tebal tipisnya lapisan KMnO_4 yang melekat pada permukaan pasir kuarsa.

Reaksi yang terjadi antar pasir kuarsa silika yang telah diaktifkan dengan air baku yang mengandung Fe^{2+} dan Mn^{2+} dalam bentuk terlarut adalah sebagai berikut



Dari uraian diatas dapat ditarik penjelasan bahwa Fe dan Mn yang berada pada air baku merupakan campuran yang berbentuk tidak jernih. Partikel ini tidak dapat dipisahkan dengan cara penyaringan dan juga tidak dapat mengendap. Dengan kata lain bahwa Fe^{2+} dan Mn^{2+} yang berada pada air baku merupakan koloid.

Selanjutnya keberadaan MnO_2 yang melekat pada pasir kuarsa dan mengubah Fe dan Mn yang berupa koloid menjadi *suspended solid* sehingga Fe dan Mn yang berada pada air baku akan diendapkan dan juga dapat dihilangkan dengan pengeringan. Hal ini menimbulkan gejala presipitasi yakni suatu gejala yang terjadi dimana Fe dan Mn yang berada pada larutan air baku dapat dipisahkan menjadi endapan.

Presipitasi berlangsung dengan menghasilkan perubahan dari koloid menjadi tersuspensi, maka Fe dan Mn dapat disaring dengan saringan pasir aktif. Pasir aktif yang merupakan media atau material porous akan dapat memisahkan campuran solida-liquida sehingga Fe dan Mn dapat tertahan pada pasir kuarsa. Jadi, besi (Fe) dan mangan (Mn) yang berada fase *suspended solid* dapat dipisahkan dari air baku melalui media porous (pasir kuarsa) yang tersusun sebagai saringan pasir (Hari S Permana, 1994).

2.8.2. Hidrolika Filtrasi

Dari rumus (2) diatas, apabila sifat aliran yang tidak reguler, maka D diganti 4.r, yaitu r = radius hidrolis. Rumus berubah menjadi :

$$h_l = f \frac{LV^2}{8.r.g} \dots\dots\dots (3).$$

Jika dalam saringan terdapat n partikel dan volume partikel adalah v_p , maka jumlah volume partikel adalah nv_p . Dan apabila porosity saringan adalah ϵ , maka jumlah volume saringan adalah $nv_p / (1 - \epsilon)$, sedang volume rongga saringan adalah

$n v_p \bar{e}$. Apabila jumlah permukaan basah dari partikel sama dengan jumlah permukaan partikel, s_p adalah permukaan basah per partikel, maka total permukaan partikel basah adalah $n s_p$.

Radius hidrolisik r ditentukan menurut persamaan berikut :

$$r = \left(\frac{2}{1-2} \right) \cdot \frac{v_p}{S_p} \dots\dots\dots (4).$$

Untuk partikel bulat :

$$\frac{v_p}{S_p} = \frac{\pi d^3 / 6}{\pi d^2} = d/6 \dots\dots\dots (5).$$

Untuk partikel yang tidak beraturan :

$$\frac{v_p}{S_p} = \emptyset d/6 \dots\dots\dots (6).$$

Tabel 2.6. Nilai – nilai Tipikal Faktor Bentuk Partikel

Material	Faktor bentuk, \emptyset
Bulat	1
Pasir bulat	0.82
Bubuk arang dan pasir pipih	0.73
Rata - rata pasir	0.75

(Sumber : T.H.Y Tebbutt,1990)

Velositas terkait (V_a) adalah debit Q dibagi luas saringan (A), sehingga velositas melalui pori saringan adalah :

$$V = \frac{Va}{e} \dots\dots\dots (7).$$

Dengan memasukkan persamaan, (4), (6), dan (7) pada (3) akan diperoleh persamaan :

$$h_1 = f \frac{D}{\phi d} \frac{1-e}{e^3} \frac{Va^2}{g} \dots\dots\dots (8).$$

Faktor friksi = f

$$f = 150 \left(\frac{1-e}{N_{Re}} \right) + 1.75 \dots\dots\dots (9).$$

$$N_{Re} = \frac{\phi d Va}{\sqrt{\mu}} = \frac{\rho \phi d Va}{\mu} \dots\dots\dots (10).$$

Dimana : V = viskositas kinematik

μ = viskositas dinamik

ρ = densitas massa

Kehilangan *head* dapat dihitung berdasarkan persamaan Rose sebagai berikut :

$$h_L = \frac{1.067}{\phi} \frac{Cd}{g} D \frac{Va^2}{e^4 \cdot d} \cdot \sum \frac{x}{d} \dots\dots\dots (11).$$

Dimana C_d adalah koefisien hambat, sedang C_d pada $N_{Re} < 1$

$$C_d = 24 / N_{re}$$

Untuk $N_{Re} > 1$ tetapi $< 10^4$, menurut Geyer, 1968

$$C_d = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0.34 \dots \dots \dots (12).$$

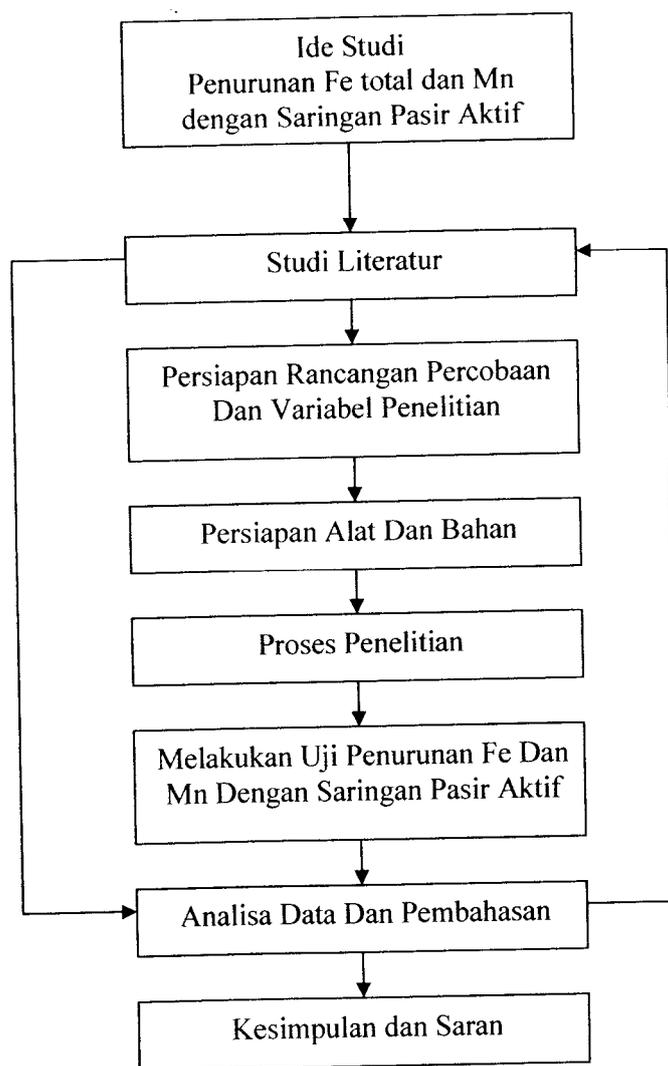
2.9. Hipotesa

Terjadi penurunan terhadap kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) yang terdapat dalam air sumur gali di wilayah Kampus Terpadu, UII, Yogyakarta setelah di *treatment* dengan menggunakan Saringan Pasir Aktif.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Metodologi penelitian disusun berdasarkan diagram alir penelitian seperti terlihat dibawah ini :



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian laboratorium yang dilakukan dengan percobaan dalam batasan waktu tertentu terhadap kandungan besi total (Fe total) dan mangan (Mn) dari sumber air baku air tanah yang berasal dari sumur gali Kampus Terpadu UII Yogyakarta, dengan menggunakan Saringan Pasir Aktif

3.3 Objek Penelitian

Sebagai objek penelitian ini adalah kandungan besi total (Fe total) dan mangan (Mn) dari sumber air baku air tanah serta kehilangan tekanan (*Headloss*) yang terjadi selama proses filtrasi berlangsung

3.4 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian bertempat di Lingkungan Kampus Terpadu UII Yogyakarta. Pengambilan sampel air berasal dari sumur gali yang terdapat di lingkungan Kampus Terpadu UII, Yogyakarta dan sebagai tempat analisa sampel yaitu di Laboratorium Kualitas Air dan Laboratorium Rancang Bangun, Jurusan Teknik Lingkungan UII, Yogyakarta.

3.5 Variabel Penelitian

1. Variabel bebas (*Independent Variable*)
 - Diameter pasir silika 0,30 - 0,4 mm.
 - Tebal media saringan pasir, 100 cm
 - Variasi waktu untuk menghitung laju penurunan KMnO_4 yaitu 24 jam dengan pengambilan sampel tiap 4 jam.

2. Variabel terikat (*Dependent Variable*)

Parameter yang diteliti adalah besi total (Fe total) dan mangan (Mn).

3.6 Bahan dan Alat Penelitian

3.6.1 Bahan dan alat yang digunakan untuk penelitian adalah :

- I. Bahan dan alat untuk membuat pasir aktif :
 - a. Pasir kuarsa (silika) 25 kg ;
 - b. Serbuk KMnO_4 ;
 - c. Air
 - d. Ember
 - e. dan lain - lain.
- II. Pembuatan reaktor
 - a. Pipa PVC 4 inch, 2,5 m
 - b. Dop PVC 4 inch, 4 buah
 - c. Lem PVC
 - d. *Valve* $\frac{3}{4}$ inch
 - e. *Tee* dan *Knee* $\frac{3}{4}$ inch
 - f. Gergaji
 - g. dan lain – lain
- III. Analisa Besi dan Mangan (terlampir)
 - a. Asam Klorida pekat
 - b. Larutan Hidroksilamin hidroklorida
 - c. Larutan penyangga *ammonium acetat*

- d. Larutan standart Fe (1 ml = 0,1 mgr)
- e. Larutan standart siapan (1ml = 0,01mg =10 ppm)
- a. Pereaksi Khusus
- b. Amonium Peroksida
- f. Larutan Fenantrolin
- g. Kuvet yang mempunyai ketebalan tembus cahaya 1 cm atau lebih
- h. Tabung Nessler 50 ml, 100 ml
- i. Labu ukur 50 ml
- j. Labu Erlenmeyer 250 ml
- k. Pipet gondok 5 ml, 10 ml, dan 50 ml
- l. Spektrofotometer
- m. dan lain – lain.

3.7. Pelaksanaan Penelitian

3.7.1 Tahapan Persiapan

1. Persiapan alat dan bahan

Persiapan alat dan bahan yang diperlukan sangat menentukan kelancaran jalannya penelitian oleh karena itu semua alat – alat dan bahan yang diperlukan dipersiapkan terlebih dahulu sebelum penelitian dilaksanakan.

2. Pembuatan Reaktor

Reaktor dibuat menjadi dua jenis yaitu reaktor Saringan Pasir Aktif (SPA) dan Saringan Pasir Kontrol (SPK). Reaktor disini berupa tabung filtrasi yang terbuat dari pipa PVC dengan diameter 4 inchi setinggi 1 meter. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran

3. Mengaktifkan pasir kuarsa

Pasir kuarsa (silika) diaktifkan dengan perendaman dalam larutan KMnO_4 selama 24 jam. Setelah itu ditiriskan dan dijemur dibawah terik matahari sampai kering kemudian dibilas dengan air sampai air bilasan tidak berwarna pink lagi.

4. Penentuan porositas pasir

Penentuan porositas pasir mengikuti langkah–langkah sebagai berikut :

- a. Gelas beker dengan volume 1 liter diisi dengan pasir aktif hingga volumenya 1 liter
- b. Air ditambahkan ke dalam gelas kimia yang berisi pasir hingga permukaan air menunjukkan 1 liter. Pada waktu penambahan. Pada waktu penambahan volume air yang ditambahkan diukur volumenya.
- c. Perhitungan porositas dengan rumus :

$$f = \frac{\text{Volume Air}}{\text{Volume Pasir} + \text{Volume Air}} \dots\dots\dots(13)$$

5. Penentuan berat jenis pasir

$$B_j = \frac{B_k}{B + 500 - B_t} \dots\dots\dots(14)$$

- dimana :
- B_k = Berat pasir kering mutlak, gram
 - B = berat piknometer berisi air, gram
 - B_t = berat piknometer berisi pasir dan air

Hasil perhitungan berat jenis pasir dapat dilihat pada lampiran 6.

6. Pengukuran kecepatan filtrasi

Pengukuran kecepatan filtrasi dilakukan dengan cara mengalirkan sejumlah air kedalam tabung filtrasi secara kontinu dengan cara menampung sejumlah air lalu waktunya dicatat. Tinggi air diatas media pasir dipertahankan tetap dengan cara pengaturan debit masuk dan tinggi pelimpah (*over flow*).

Besarnya debit penyaringan diperoleh dengan pembagian volume air hasil penyaringan dibagi dengan lamanya waktu penyaringan. Besarnya kecepatan filtrasi diperoleh dari debit penyaringan dibagi dengan luas permukaan media filter.

8. Pengambilan sampel air untuk mengetahui efisiensi pengolahan

Pengambilan sampel air untuk mengetahui efisiensi pengolahan dilakukan pada 2 (dua) titik, yaitu :

- a. Sebelum pengolahan : Air dari sumur gali yang mempunyai kadar Fe dan Mn.
- b. Setelah pengolahan : Air yang dihasilkan setelah melalui variasi percobaan yang diambil dari bagian terakhir unit pengolahan.

Tiap sampel air sebelum dan sesudah pengolahan diambil sebanyak 500 ml.

9. Variasi percobaan

Untuk melihat kemampuan oksidasi dari KMnO_4 yang melekat pada pasir, variasi percobaan yang dilakukan adalah dengan cara memeriksa effluen yang keluar secara periodik yaitu tiap 4 jam dengan masa operasi selama 24 jam.

3.7.2 Tahap Pelaksanaan Percobaan

3.7.2.1 Pengoperasian Instalasi

1. Pengambilan sampel awal

Pengambilan sampel air baku dilakukan secara acak dari sumur gali Kampus Terpadu UII yang diduga mengandung besi dan mangan yang tinggi dan akan digunakan sebagai air baku untuk pengolahan.

2. Air baku dari bak penampung dialirkan kedalam kolom filtrasi secara gravitasi dengan kecepatan konstan, $V = 0,2$ m/jam.

3. Air dibiarkan mengalir sampai operasi penyaringan berjalan stabil. Pengaliran dilakukan dari atas kebawah (*downflow*).

4. Kemudian air dari hasil filtrasi tersebut dialirkan ke bak penampung mengikuti waktu yang telah direncanakan dan selanjutnya diambil untuk dianalisa.

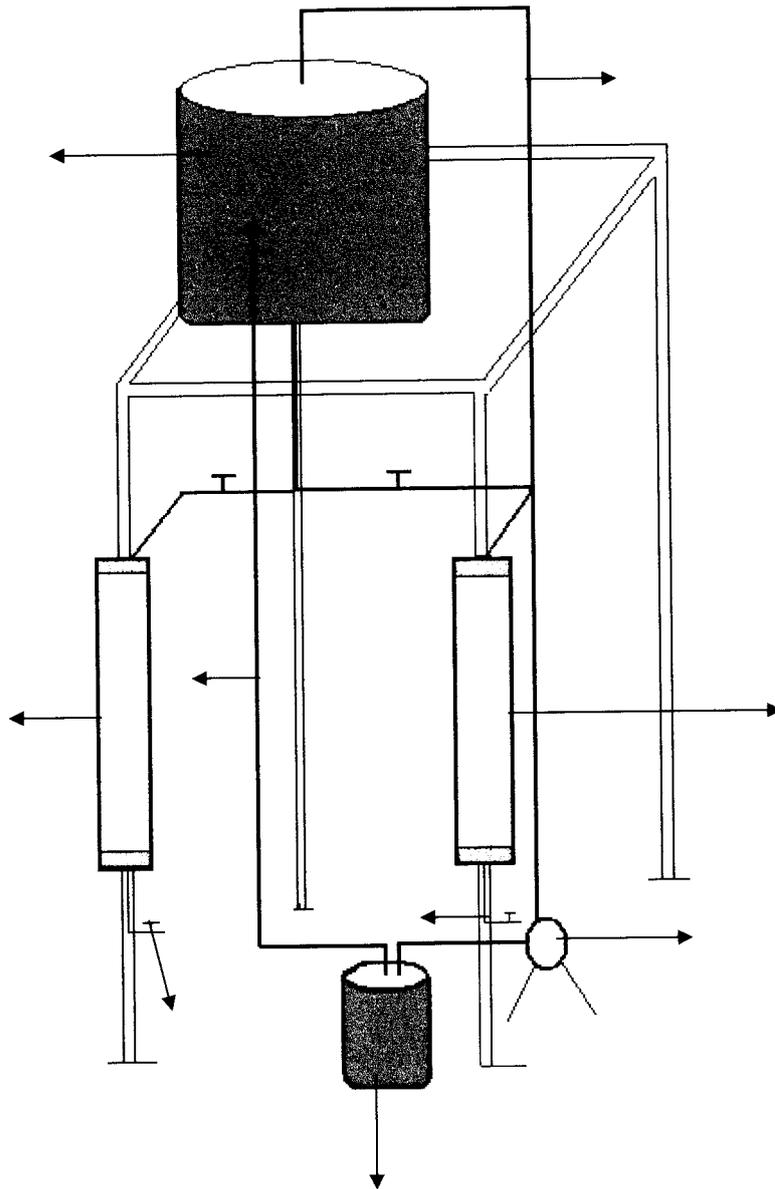
5. Effluent hasil penyaringan diambil, kemudian diukur kadar Fe total dan Mn-nya . Pengambilan dilakukan tiap 4 jam sekali dan selanjutnya dianalisa dengan metode 2 perulangan.

3.8 Analisa Laboratorium

Effluent hasil penyaringan dianalisa di Laboratorium Kualitas Air, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-UII, Yogyakarta. Adapun metode analisa besi menggunakan *Penanthroline Method* (SNI 19-1127-1989 ; AWWA 3500-Fe D). Pada standar ini diuraikan cara kolorimetri fenantrolin. Cara ini dapat dipakai untuk penentuan kadar besi total, besi terlarut, dan ion ferro dalam air dengan batas kadar optimum antara 0,02 – 0,04 mg/liter besi. Deteksi minimum dapat dicapai sampai 0,01 mg/liter besi.

Prinsip kerja dari metode ini adalah ion besi (ferri) dalam suasana asam dan panas direduksi oleh hidroksilamin hidroklorida menjadi ion ferro. Ferro dengan 1,10 – fenantrolin pada pH 3,2 – 3,3 membentuk senyawa fenantrolin khelat yang berwarna merah. Warna yang terbentuk dibandingkan terhadap warna standar yang telah diketahui kadarnya.

Sedangkan metode analisa Mn sendiri menggunakan cara uji kolorimetri Persulfat (SNI 19-113-1989 ; AWWA 3500-Mn D). Prinsip kerja dari metode ini adalah ion mangan dalam suasana asam dan panas dengan bantuan katalis, dioksidasi oleh persulfat menjadi senyawa manganat yang berwarna ungu

Skema Filtrasi

Gambar. 3.2 Skema Filtrasi

Keterangan :

1. Bak penampung II
2. Saringan Pasir Aktif (a)
3. Saringan Pasir Kontrol (b)
4. Keran Efluen (a) dan (b)
5. Pompa
6. Bak penampung air baku I
7. Pipa Pelimpah

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Hasil Penelitian

4.1.1 Kadar Fe Total dan Mn pada air baku

Air baku yang akan digunakan sebagai objek penelitian ini diambil dari sumur gali yang terdapat di wilayah kampus terpadu, tepatnya di samping gedung Fakultas Psikologi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Sebelum penelitian dilakukan, hal terpenting yang harus diketahui adalah menguji kualitas air tanah itu sendiri, guna mendapatkan data primer yang akan dipakai sebagai acuan dalam melaksanakan penelitian selanjutnya. Setelah dilakukan beberapa kali pengujian, diketahui bahwa kandungan Fe maupun Mn yang terdapat dalam sumur gali di wilayah kampus terpadu sangat fluktuatif.

Berdasarkan analisis laboratorium yang dilakukan terhadap air baku yang diambil dari sumur gali di wilayah kampus terpadu, didapatkan data sebagai berikut :

Tabel. 4.1.1. Kadar Fe dan Mn Pada Air Baku yang digunakan Pada Saringan Pasir

Aktif

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1	Fe Total	mg/l	2,865
2	Mn	mg/l	0,084

(Sumber : Data Primer 2005)

Tabel. 4.1.2. Kadar Fe dan Mn Pada Air Baku yang digunakan pada Saringan Pasir

Kontrol

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1	Fe Total	mg/l	1,1628
2	Mn	mg/l	0,068

(Sumber : Data Primer 2005)

Dari data - data yang tersaji diatas, diketahui bahwa kadar Fe yang terdapat pada sumur gali di wilayah kampus terpadu telah melebihi ambang batas yang ditetapkan dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, No : 907/MENKES/SK/VII/2002. tentang persyaratan kualitas air minum yaitu sebesar 0,3 mg/l sehingga perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dimanfaatkan. Sedangkan kadar Mn masih berada dibawah ambang batas yang ditetapkan yakni sebesar 0.1 mg/l.

Pemeriksaan dilakukan terhadap Fe total dan Mn total. Hal ini dikarenakan zat besi dan mangan dalam air berada dalam bentuk Fe^{2+} dan Mn^{2+} berupa senyawa yang larut dan tidak berwarna serta zat besi dan mangan yang berada dalam bentuk ion Fe^{3+} dan Mn^{3+} yang berupa partikel dan tidak larut dalam air. Senyawa – senyawa inilah yang menimbulkan bau tidak sedap dan air berwarna coklat.

Perlu diketahui bahwa data primer yang dijadikan acuan untuk Saringan Pasir Aktif dan Saringan Pasir Kontrol adalah berbeda. Maka perbandingan yang dibuat antara kedua saringan pasir tersebut tidak menggambarkan kondisi sebenarnya yang ingin dicapai dalam penelitian ini. Saringan Pasir Kontrol (SPK) yang dijadikan

- Kecepatan melalui pori saringan

$$V = \frac{Va}{e}$$

- Kecepatan melalui pori saringan (Va)

$$= \frac{Q}{A} = \frac{1666.46 \text{ cm} / \text{jam}}{83.323 \text{ cm}^2} = 20 \text{ cm/jam} = 0,2 \text{ m/jam}$$

maka :
$$V = \frac{Va}{e} = \frac{0,2 \text{ m} / \text{jam}}{0,45} = 0,44 \text{ m/jam}$$

Jika tinggi media 100 cm, maka waktu yang diperlukan air untuk melewati

media pasir : = 100 cm / 44,4 cm/jam

$$= 2,27 \text{ jam}$$

- Jumlah pasir yang dibutuhkan

$$= \frac{\text{Luas kolom}}{\text{Berat jenis pasir}} \times \text{tinggi kolom}$$

$$= \frac{83.323 \text{ cm}^2}{2.62 \text{ cm}^3 / \text{gr}} \times 100 \text{ cm} = 3180,267 \text{ gr}$$

Reaktor sendiri terbuat dari pipa PVC diameter 4 inci dengan panjang 120 cm (sudah termasuk *underdrain* dan *freeboard*) sejumlah dua (2) buah reaktor yang terdiri dari reaktor Saringan Pasir Aktif (SPA) dan Saringan Pasir Kontrol (SPK).

4.1.2.2 Pembuatan Pasir Aktif

Pasir aktif adalah pasir kuarsa (silika) yang diaktifkan dengan cara direndam didalam larutan KMnO_4 . Lamanya perendaman pasir dengan larutan KMnO_4 disini

adalah selama 24 jam dengan tujuan agar penempelan lapisan MnO_2 pada permukaan pasir berlangsung secara sempurna. Perendaman dimaksudkan untuk melapisi permukaan pasir agar tertutup oleh $KMnO_4$ yang nantinya bersifat sebagai oksidator. Untuk mengoksidasi besi dan mangan yang terlarut dalam air baku, sehingga besi dan mangan akan berubah dari terlarut menjadi tersuspensi.

Pemilihan pasir kuarsa (silika) didasarkan pada kekuatan butiran dan daya serap pasir terhadap zat – zat tersuspensi dan kandungan bahan organik yang terkandung didalam air baku (Fajar Hadi, 1978). Pasir yang digunakan sebagai media Saringan Pasir Aktif dan Saringan Pasir Kontrol disini mengacu pada kriteria perencanaan Saringan Pasir Lambat (*Slow Sand Filtration*). Data – data mengenai pasir yang dipakai adalah sebagai berikut :

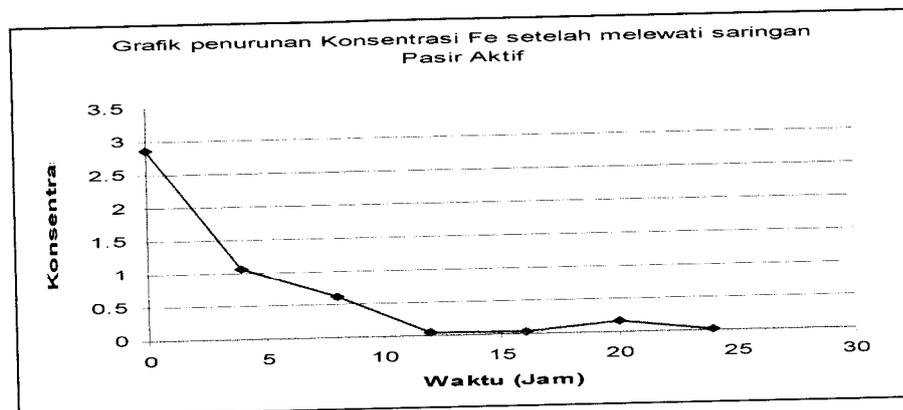
1. Jenis pasir yaitu pasir kuarsa (silika)
2. Diameter butiran, 0,15 – 0,35 mm
3. Berat jenis pasir, 2.62
4. Faktor bentuk, 0,73 untuk pasir dengan bentuk bersudut/runcing
(*Tebbut, 1990*)

Diameter pasir yang diinginkan didapatkan melalui analisis ayakan (*sieve analyze*) dengan menggunakan saringan 16 – 20 mesh. Sedangkan penentuan berat jenis pasir menggunakan alat piknometer. Hasil pengukuran dapat dilihat pada lampiran.

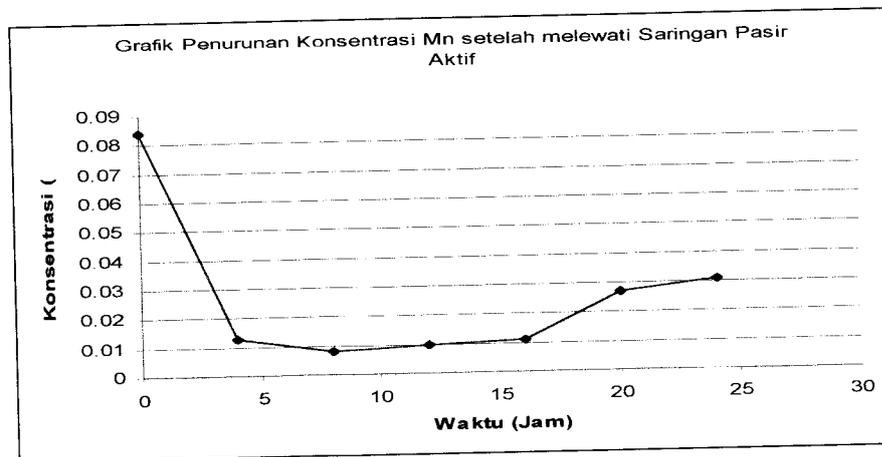


4.2 Hasil Analisa Penurunan Fe Total dan Mn pada Saringan Pasir Aktif (SPA)

Setelah dilakukan pengoperasian SPA selama 24 jam dengan aliran kontinyu dan kemudian dilanjutkan dengan analisa laboratorium, didapat data – data seperti yang terlihat pada gambar grafik berikut :



Gambar. 4.2.1 Grafik Penurunan Konsentrasi Fe Total setelah melewati Saringan Pasir Aktif

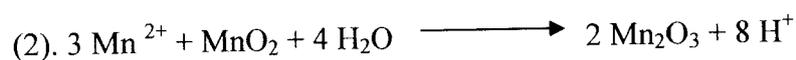


Gambar. 4.2.2 Grafik Penurunan Konsentrasi Mn setelah melewati Saringan Pasir Aktif

Hasil analisa yang tersaji pada grafik diatas menunjukkan bahwa dalam empat jam pertama, efisiensi penurunan konsentrasi Fe total sebesar 62,547 % sedangkan konsentrasi dari Mn sebesar 84,523 %. Setelah itu terjadi lagi peningkatan konsentrasi pada jam – jam berikutnya. Efisiensi penurunan yang terbesar terjadi antara jam ke - 12 sampai jam ke - 16 yakni sebesar 98,359 % - 99, 092 % untuk Fe total dan 88,095 % - 90,476 % untuk Mn. Kemudian kembali mengalami penurunan setelah itu sampai jam ke- 24 .

Setelah jam ke – 16 tersebut, grafik menunjukkan penurunan dalam meremoval kandungan Fe dan Mn. Hal ini mengindikasikan bahwa media pasir yang terdapat dalam reaktor telah berada dalam kondisi jenuh sehingga perlu dicuci dan diaktifkan kembali dengan kalium permanganat (KMnO_4). Dengan demikian, penentuan waktu jenuh dari SPA tersebut dapat perkiraan.

Penurunan kadar Fe total dan Mn dengan proses pasir aktif ini dipengaruhi oleh ketebalan dari lapisan MnO_2 yang melekat pada permukaan pasir kuarsa dan lamanya pemakaian SPA itu sendiri. Lapisan MnO_2 yang melekat pada pasir kuarsa ini berfungsi sebagai oksidator yang akan menyebabkan Fe^{2+} dan Mn^{2+} yang terlarut dalam air baku mengalami reaksi oksidasi. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut



Reaksi (1) dan (2) diatas memperlihatkan bahwa Fe^{2+} dan Mn^{2+} mengalami reaksi oksidasi, sehingga berubah dari Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} dalam senyawanya $\text{Fe}(\text{OH})_3$ sedangkan Mn menjadi Mn^{3+} . Kalium permanganat dalam air akan mengalami

ionisasi kation K^+ dan anion MnO_4^- . Dalam ion permanganat bilangan oksidasi Mn adalah +7 sehingga Mn dapat bertindak sebagai oksidator kuat. MnO_4^- dengan bilangan oksidasi +7 akan mengoksidasi besi dengan bilangan oksidasi +2 menjadi +3.

Terjadinya perubahan bilangan oksidasi dari +2 menjadi +3 yang berada dalam bentuk tersuspensi ini selanjutnya yang akan tersaring oleh media porous saringan (AWWA,1991), yakni pasir kuarsa.

Dari reaksi diatas juga dapat ditarik penjelasan bahwa besi (Fe) dan mangan (Mn) yang berada dalam air baku merupakan partikel terlarut. Partikel ini tidak dapat dipisahkan dengan cara penyaringan dan juga tidak dapat mengendap. Oleh karenanya, keberadaan MnO_2 yang melekat pada permukaan pasir akan mengubah besi (Fe) dan mangan (Mn) tersebut menjadi *suspended solid* sehingga dapat diendapkan dan juga dihilangkan dengan pengeringan. Hal ini yang disebut dengan gejala presipitasi yakni gejala dimana besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air baku dapat dipisahkan menjadi endapan (Hari S Permana,1994)

Secara teoritis, 0,94 mg/l $KMnO_4$ akan mengoksidasi 1mg/l besi dan 1,92 mg/l $KMnO_4$ akan mengoksidasi 1mg/l mangan (Benafield). Tetapi dalam prakteknya, jumlah $KMnO_4$ yang dibutuhkan lebih kecil dibandingkan dengan perhitungan secara stoikometri. Hal ini dikarenakan oleh pengaruh katalis dari MnO_2 dalam reaksi reaksinya (O'Connel,1978).

Kebutuhan $KMnO_4$ adalah sama dengan total jumlah kebutuhan $KMnO_4$ untuk mengoksidasi besi yang terdapat dalam air baku. Lamanya proses oksidasi

yang terjadi adalah 5 sampai 10 menit dengan pH lebih dari 7 (Kawamura,1991). Perhitungan kebutuhan KMnO_4 disini didasarkan pada besarnya konsentrasi besi (Fe) dalam air baku yang akan diolah (Erik J. Pedersen, 2000). Kebutuhan KMnO_4 dapat dihitung dengan mengikuti formula sebagai berikut :

$$\text{Kebutuhan KMnO}_4 = (1 \times \text{mg/L Fe}) + (2 \times \text{mg/L Mn})$$

Dalam hal ini penggunaan dosis KMnO_4 sebesar 10 % (10 gr KMnO_4 dalam 100 ml air) untuk mengaktifkan pasir kuarsa, telah mampu mengoksidasi besi yang terdapat dalam air baku yakni sebesar 2,86 mg/l. Hasil perhitungan mengenai kebutuhan KMnO_4 dalam mengoksidasi besi ini dapat dilihat pada lampiran 3.

Dari data hasil analisa laboratorium yang ditunjukkan pada dan grafik diatas juga terlihat bahwa lamanya waktu penyaringan berpengaruh terhadap penurunan Fe yang terdapat dalam air baku. Semakin lama penyaringan berlangsung, akan menyebabkan turunnya kemampuan oksidasi dari lapisan MnO_2 .

Dapat ditarik kesimpulan, bahwa Saringan Pasir Aktif mencapai titik jenuh setelah melewati 16 jam masa operasi. Sehingga perlu dilakukan pencucian dan pengaktifan kembali dengan larutan kalium permanganat (KMnO_4).

4.3. Hasil Analisa Penurunan Fe Total dan Mn pada Saringan Pasir Kontrol (SPK)

Saringan pasir kontrol (SPK) disini bertujuan untuk melihat apakah terdapat perbedaan kemampuan dengan Saringan Pasir Aktif (SPA) dalam meremoval kandungan Fe dan Mn yang terdapat dalam air baku. SPK hanya berisi media pasir

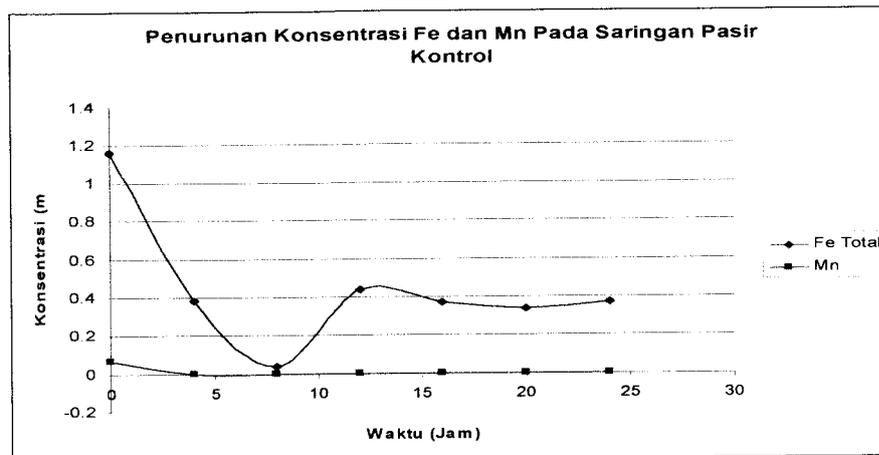
kuarsa (silika) yang tidak dilapisi dengan KMnO_4 . Pada dasarnya dalam SPK proses yang terjadi adalah sama dengan saringan pasir biasa, yaitu *mechanical straining*, sedimentasi, adsorpsi, dsb (M Anis Al-Layla). Namun karena tidak menggunakan tambahan bahan kimia (KMnO_4) maka proses oksidasi terhadap kandungan Fe dan Mn tidak berlangsung secara optimal.

Pada unit SPK, penurunan kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) terlarut yang terdapat dalam air baku lebih disebabkan oleh adanya kontak antara air dengan udara (aerasi) dan adsorpsi. Udara (O_2) berfungsi sebagai oksidator yang akan menarik elektron dari besi dan mangan terlarut sehingga menjadi bentuk tersuspensi. Partikel berbentuk koloidal ini yang kemudian tersaring oleh media porous.

Berdasarkan dari hasil analisa laboratorium yang ditunjukkan pada grafik dibawah ini, terlihat bahwa saringan pasir kontrol hanya efektif menurunkan Fe pada empat jam pertama dan empat jam kedua saja yaitu sebesar 90,476 %. Kemudian setelah itu konstan pada jam- jam berikutnya yakni pada kisaran 60 – 70 %.

Hal yang sama juga terjadi untuk mangan (Mn). Pada empat jam pertama efisiensi yang terjadi hanya 30,96 % dan meningkat pada empat jam berikutnya sebesar 61,76 %. Kemudian menurun sampai mencapai 20,84 % pada akhir operasi saringan.

Setelah melewati delapan jam masa operasi, Saringan Pasir Kontrol (SPK) telah mencapai kondisi jenuh (lihat grafik). Dengan demikian, harus dilakukan pencucian/penggantian media pasir. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut :



Gambar 4.4.2. Grafik Penurunan Konsentrasi Fe Total dan Mn Pada Saringan Pasir Kontrol (SPK)

4.4. Perbandingan Efektifitas Saringan Pasir Aktif (SPA) dengan Saringan Pasir Kontrol (SPK)

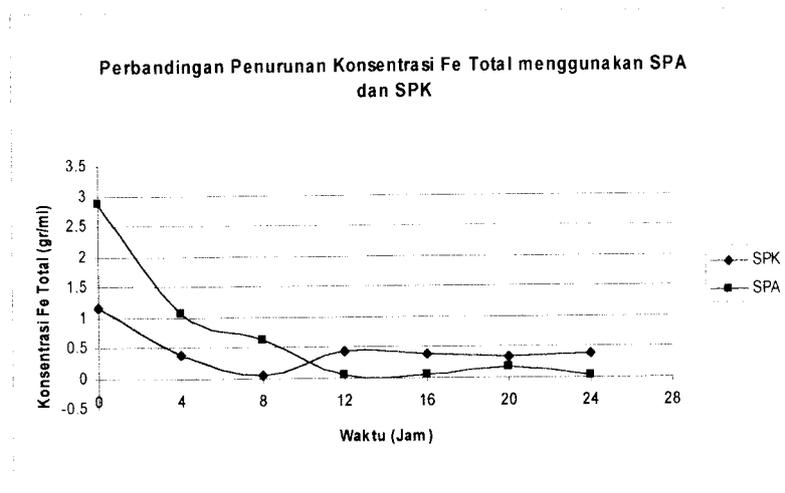
Pada prinsipnya fenomena yang terjadi selama berlangsungnya proses penyaringan adalah sama pada kedua jenis saringan pasir ini (Razif,1985). Dimana proses tersebut meliputi :

1. *Mechanical Straining*, yaitu proses penyaringan partikel *suspended matter* yang terlalu besar untuk bisa lolos melalui lubang antara butiran pasir, yang berlangsung diseluruh permukaan saringan pasir dan sama sekali tidak bergantung pada kecepatan penyaringan.

2. Sedimentasi, akan mengendapkan partikel *suspended matter* yang lebih halus ukurannya dari lubang pori pada permukaan butiran. Proses pengendapan terjadi pada seluruh permukaan pasir.
3. *Adsorption* adalah proses yang paling penting dalam proses filtrasi. Proses adsorpsi dalam saringan pasir lambat terjadi akibat tumbukan antara partikel – partikel tersuspensi dengan butiran pasir saringan dan dengan bahan pelapis seperti gelatin yang pekat yang terbentuk pada butiran pasir oleh endapan bakteri dan partikel koloid. Proses ini yang lebih penting terjadi sebagai hasil daya tarik menarik elektrostatis, yaitu antara partikel – partikel yang mempunyai muatan listrik yang berlawanan.
4. Aktivitas kimia, beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.
5. Aktivitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, bahwa Saringan Pasir Aktif lebih efektif dalam mereduksi kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) karena adanya kandungan kalium permanganat (KMnO_4) pada media pasir. Terlihat dari efisiensi SPA yang mencapai 60 – 99 % sedangkan SPK hanya mencapai 30 – 70 %. Kalium permanganat (KMnO_4) merupakan salah satu oksidator kuat yang digunakan untuk mengoptimalkan kerja dari saringan pasir dalam mengoksidasi besi dan mangan yang terlarut menjadi bentuk tersuspensi (koloid). Endapan dari besi dan mangan inilah

yang kemudian tertahan pada media pasir sehingga nantinya air hasil olahan yang keluar akan terlihat jernih.



Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Penurunan Konsentrasi Fe Total menggunakan SPA dan SPK

4.5. Hasil Analisa *Headloss* yang terjadi pada Saringan Pasir

Kehilangan tekanan (*headloss*) yang terjadi pada proses penyaringan diakibatkan oleh akumulasi benda – benda tersaring dan tertahan sampai beberapa cm kedalam pasir (Tjokrokusumo,1995). *Headloss* dalam proses filtrasi merupakan fungsi yang kompleks dari kecepatan aliran, tekanan, konsentrasi *suspended solid* dari influen dan karakteristik dari *suspended solid* dan media filter. Dan pada prosesnya berubah – ubah menurut waktu dan posisinya didalam media (Ronald L.Droste).

Kehilangan tekanan (*headloss*) ini dapat dihitung berdasarkan pembagian titik – titik pada kedalaman tertentu pada saringan pasir. Idealnya kehilangan tekanan

dihitung dengan percobaan menggunakan alat yang disebut dengan peizometer.

Namun karena keterbatasan alat, percobaan dilakukan dengan memakai pendekatan peizometer. Pendekatan peizometer disini dilakukan dengan cara membagi titik-titik pada kedalaman 10, 20, 30, 40, 50, 70, dan 90 cm pada kolom saringan pasir dan dipasang selang sesuai dengan titik-titik pada kedalaman tersebut. Selanjutnya dilakukan pembacaan terhadap tinggi muka air yang terlihat pada selang dalam rentang waktu 16 jam.

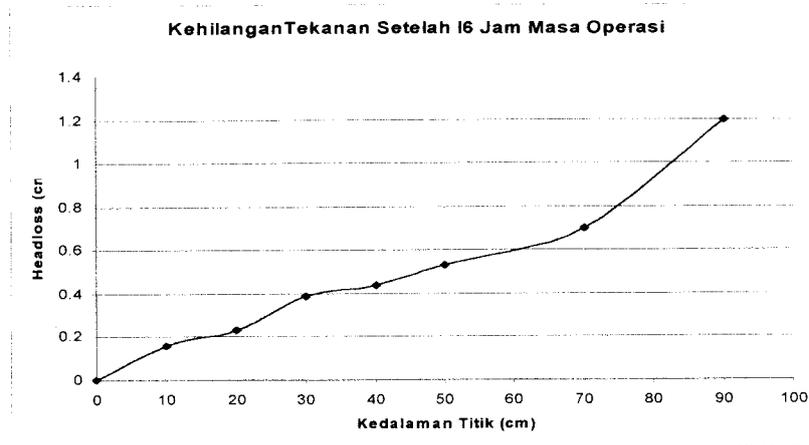
Selain itu juga, dilakukan perbandingan terhadap nilai kehilangan tekanan yang terjadi ketika proses filtrasi berlangsung dengan menggunakan pendekatan secara teoritis (matematis). Persamaan yang dipakai adalah Carman-Kozeny (16). Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$hL = f \frac{L}{\phi d} \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \frac{Va^2}{g} \dots\dots\dots (16)$$

Untuk perhitungan secara teoritis, selain persamaan Carman-Kozeny, juga dapat digunakan persamaan Rose. Persamaannya sebagai berikut :

$$hL = 1,067 \frac{L.Va^2}{\psi.\xi^4.g} \Sigma \frac{Cd^x}{d} \dots\dots\dots (17)$$

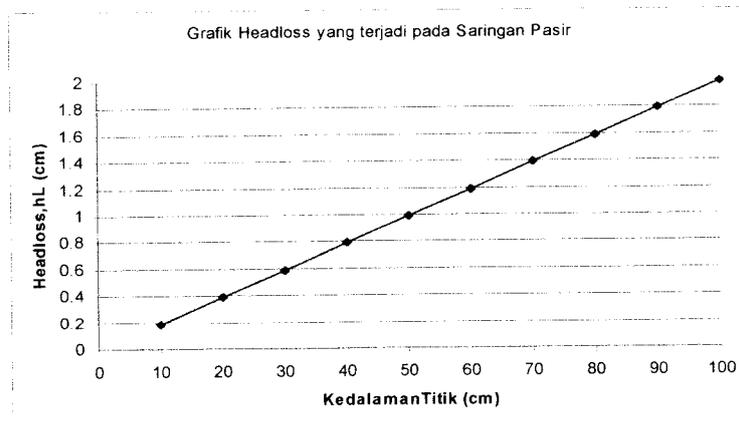
Hasil pembacaan nilai kehilangan tekanan (h_L) yang terjadi pada saringan pasir dengan menggunakan pendekatan peizometer adalah sebagai berikut:



Gambar.4.5. Nilai *Headloss*, Hasil Perhitungan Secara Peizometri

Gambar 4.5 diatas menunjukkan kehilangan tekanan, h_L , yang terjadi pada saringan pasir yang digunakan, pada masing – masing kedalaman (10, 20, 30, 40, 50, 70 dan 90 cm) membentuk kurva yang tidak beraturan antara sumbu x dan y. Hal ini disebabkan karena kondisi alat yang tidak tranparan sehingga sulit untuk mengatur level muka air agar stabil pada level yang telah direncanakan. Kondisi ini nantinya akan berpengaruh pada pembacaan level muka air.

Level muka air merupakan indikator utama dalam menentukan kehilangan tekanan yang terjadi dalam kolom saringan. Biasanya, *headloss* ditandai dengan naiknya level muka air dan berkurangnya kecepatan penyaringan. Sedangkan hasil perhitungan nilai kehilanagn tekanan secara matematis dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.6. Nilai *Headloss*, Hasil Perhitungan Secara Matematis

Gambar 4.6 diatas menunjukkan terdapat sedikit perbedaan nilai *headloss* dengan percobaan menggunakan pendekatan peizometer. Perhitungan secara matematis menghasilkan nilai-nilai relatif lebih beraturan. Terlihat dari grafik yang membentuk garis lurus (linier) antara sumbu x dan sumbu y. Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran 3 dan 4.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa kehilangan tekanan yang terjadi pada saringan pasir berbanding lurus terhadap ketebalan dari media pasir dan lama waktu penyaringan. Semakin tinggi/tebal media pasir dari suatu filter, kehilangan tekanan yang terjadi pun akan semakin besar. Selain itu juga semakin lama penyaringan berlangsung, kehilangan tekanan pun akan semakin besar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain, sebagai berikut :

1. Saringan Pasir Aktif (SPA) sangat efektif dalam menurunkan kandungan Fe dan Mn yang terdapat pada air baku selama 24 jam masa operasi. Terlihat dengan efisiensi penyaringan yang mencapai 99,092 % untuk Fe dan 90,476 % untuk Mn. Sedangkan Saringan Pasir Kontrol (SPK) hanya mampu mereduksi Fe dan Mn sampai 60 – 70 % saja.
2. Kemampuan oksidasi pasir aktif dalam mereduksi kandungan Fe maupun Mn dipengaruhi oleh ketebalan lapisan MnO₂ yang melekat pada pasir dan juga lamanyawaktu operasi alat.
3. Kehilangan Tekanan (*headloss*) yang terjadi pada kolom saringan dengan ketebalan 100 cm adalah 1,42 cm (menurut perhitungan secara peizometri) sedangkan perhutngan secara matematis adalah 1.99 cm.
4. Kehilangan tekanan selama proses filtrasi berlangsung berpengaruh pada kecepatan aliran yang melewati pasir dan debit dari efluen hasil penyaringan. Namun karena hL yang terjadi pada alat masih sangat kecil sehingga tidak terlalu mempengaruhi kecepatan dan debit yang ada.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan guna kesempurnaan penelitian tentang Saringan Pasir Aktif ini antara lain :

1. Perlu dilakukan penelitian untuk parameter – parameter selain Fe dan Mn dengan menggunakan Saringan Pasir Aktif sehingga nantinya dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif pengolahan air minum, khususnya air tanah dengan kandungan besi dan mangan tinggi.
2. Perlu dilakukan pengujian Jar Test terhadap air yang telah diolah dengan menggunakan saringan pasir aktif.
3. Penggunaan peizometer dalam menentukan kehilangan tekanan yang terjadi pada saringan pasir guna mendapatkan data dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi.
4. Mencoba cara pengaliran dari bawah keatas (*up-flow*) untuk melihat apakah terjadi perbedaan pada kualitas efluen yang dihasilkan.

Daftar Pusatkan

- Alaerts G., dan S.S Santika., 1984, *Metode Penelitian Air*, Usaha Nasional, Surabaya, Indonesia
- Anis al Layla., Mashamin Ahmad.,E. Joe Meddebro.,1978., *Water Supply Engineering Design.*, AM Arbor Science, Michigan
- Anonim., *Guidance Manual, Alternative Disinfectans and Oxidants*, epa.go.id
- AWWA., 1969, *Water Treatment Plant Design*, New York
- Cecep Suhendar., 1991., Skripsi STTL., *Penurunan Kadar Besi dan Mangan Dengan Pasir Aktif* “ Jurnal Purifikasi, Vol.2, No.5, September 2001
- Erick., J. Pedersen., *Removal Capacities for GreensandPlus and Manganese Greensand*, www.google.com
- Hadi, Fajar., 1980., *Ilmu Teknik Penyehatan 2.*, DepDikBud, Jakarta
- Hammer, M.J, 1977, *Water and Wastewater Technology Edisi ke – 3*, John Wiley & Sons
- Masduqi, Ali dan Slamet, Agus., 2002., *Satuan Operasi Untuk Pengolahan Air.*, Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP., ITS-Surabaya
- Permana, Hari Setya., 1994., Skripsi STTL., “ *Penurunan Kadar Fe dan Mn Air Sumur Gali Menggunakan Pasir Kuarsa Yang Diaktifkan Dengan $KMnO_4$ 5 %* “ , STTL, Yogyakarta.

- Purba.,M dan Soetopo H, 1994, *Buku Pelajaran Ilmu Kimia Untuk SMU Kelas 1 Jilid 1B*, Erlangga, Jakarta
- Razif,M., 1985., *Pengolahan Air Minum.*, DP-FTSP-ITS-Surabaya
- Saifullah dan Hariwoko Indaryanto, *Studi Efektifitas Saringan Pasir Aktif Menurunkan Kadar Besi Dalam Air Sumur*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP – ITS.
- Slamet, JS., 1994., *Kesehatan Lingkungan.*, Gajah Mada University Press
- Susumu, Kawamura, *Integrated Design of Water Treatment Facilities*, John Wiley & Sons, Inc, NY
- Sutrisno dan Suciati., 1987., *Teknologi Penyediaan Air Bersih.*, Penerbit Rineka Cipta Karya, Jakarta
- T.H.Y Tebbutt.,1960, *Prinsip – Prinsip Pengendalian Kualitas Air*, Departement of Civil Engineering, University of Birmingham
- Tjokrokusumo., 1996., *Teknologi Bersih.*, STTL, Yogyakarta

LAMPIRAN

PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

1. BAKTERIOLOGIS

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
a. Air Minum			
E. Coli atau fecal coli	Jumlah per 100 ml sampel	0	
b. Air yang masuk sistem distribusi			
E. Coli atau fecal coli	Jumlah per 100 ml sampel	0	
Total Bakteri Coliform	Jumlah per 100 ml sampel	0	
c. Air pada sistem distribusi			
E. Coli atau fecal coli	Jumlah per 100 ml sampel	0	
Total Bakteri Coliform	Jumlah per 100 ml sampel	0	

2. KIMIA

A. Bahan-bahan inorganic (yang memiliki pengaruh langsung pada kesehatan)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Antimony	(mg/liter)	0.005	
Air raksa	(mg/liter)	0.001	
Arsenic	(mg/liter)	0.01	
Barium	(mg/liter)	0.7	
Boron	(mg/liter)	0.3	
Cadmium	(mg/liter)	0.003	
Kromium	(mg/liter)	0.05	
Tembaga	(mg/liter)	2	
Sianida	(mg/liter)	0.07	
Fluroride	(mg/liter)	1.5	
Timah	(mg/liter)	0.01	
Molybdenum	(mg/liter)	0.07	

Nikel	(mg/liter)	0.02	
Nitrat (sebagai NO ₃)	(mg/liter)	50	
Nitrit (sebagai NO ₂)	(mg/liter)	3	
Selenium	(mg/liter)	0.01	

B. Bahan-bahan inorganik (yang kemungkinan dapat menimbulkan keluhan pada konsumen)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Ammonia	mg/l	1.5	
Aluminium	mg/l	0.2	
Chloride	mg/l	250	
Copper	mg/l	1	
Kesadahan	mg/l	500	
Hidrogen Sulfide	mg/l	0.05	
Besi	mg/l	0.3	
Mangan	mg/l	0.1	
pH	-	6,5 - 8,5	
Sodium	mg/l	200	
Sulfate	mg/l	250	
Padatan terlarut	mg/l	1000	
Seng	mg/l	3	
	mg/l		

C. Bahan-bahan organik (yang memiliki pengaruh langsung pada kesehatan)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Chlorinate alkanes			
carbon tetrachloride	(µg/liter)	2	
dichloromethane	(µg/liter)	20	
1,2 -dichloroethane	(µg/liter)	30	
1,1,1 -trichloroethane	(µg/liter)	2000	
Chlorinated ethenes			
vinyl chloride	(µg/liter)	5	
1,1 -dichloroethene	(µg/liter)	30	
1,2 -dichloroethene	(µg/liter)	50	
Trichloroethene	(µg/liter)	70	
Tetrachloroethene	(µg/liter)	40	
Benzene	(µg/liter)	10	
Toluene	(µg/liter)	700	

Xylenes	($\mu\text{g/liter}$)	500	
benzo[a]pyrene	($\mu\text{g/liter}$)	0,7	
Chlorinated benzenes			
Monochlorobenzene	($\mu\text{g/liter}$)	300	
1,2 -dichlorobenzene	($\mu\text{g/liter}$)	1000	
1,4 -dichlorobenzene	($\mu\text{g/liter}$)	300	
Trichlorobenzenes (total)	($\mu\text{g/liter}$)	20	
Lain-lain			
di(2-ethylhexy)adipate	($\mu\text{g/liter}$)	80	
di(2-ethylhexy)phthalate	($\mu\text{g/liter}$)	8	
Acrylamide	($\mu\text{g/liter}$)	0.5	
Epichlorohydrin	($\mu\text{g/liter}$)	0.4	
Hexachlorobutadiene	($\mu\text{g/liter}$)	0.6	
edetic acid (EDTA)	($\mu\text{g/liter}$)	200	
Nitriloacetic acid	($\mu\text{g/liter}$)	200	
Tributyltin oxide	($\mu\text{g/liter}$)	2	

D. Bahan-bahan organik (yang kemungkinan dapat menimbulkan keluhan pada konsumen)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Toluene	$\mu\text{g/l}$	24-170	
Xylene	$\mu\text{g/l}$	20-1800	
Ethylbenzene	$\mu\text{g/l}$	2-200	
Styrene	$\mu\text{g/l}$	4-2600	
Monochlorobenzene	$\mu\text{g/l}$	10-12	
1.2 -dichlorobenzene	$\mu\text{g/l}$	1-10	
1.4 -dichlorobenzene	$\mu\text{g/l}$	0.3-30	
Trichlorobenzenes (total)	$\mu\text{g/l}$	5-50	
2 -chlorophenol	$\mu\text{g/l}$	600-1000	
2,4 -dichlorophenol	$\mu\text{g/l}$	0.3-40	
2,4,6 -trochlorophenol	$\mu\text{g/l}$	2-300	

E. Pestisida

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Alachlor	($\mu\text{g/liter}$)	20	
Aldicarb	($\mu\text{g/liter}$)	10	
aldrin/dieldrin	($\mu\text{g/liter}$)	0.03	

Atrazine	($\mu\text{g/liter}$)	2	
Bentazone	($\mu\text{g/liter}$)	30	
Carbofuran	($\mu\text{g/liter}$)	5	
Chlordane	($\mu\text{g/liter}$)	0.2	
Chlorotoluron	($\mu\text{g/liter}$)	30	
DDT	($\mu\text{g/liter}$)	2	
1,2 -dibromo-3-chloropropane	($\mu\text{g/liter}$)	1	
2,4 -D	($\mu\text{g/liter}$)	30	
1,2 -dichloropropane	($\mu\text{g/liter}$)	20	
1,3 -dichloropropane	($\mu\text{g/liter}$)	20	
Heptachlor and	($\mu\text{g/liter}$)	0.03	
Heptachlor epoxide			
Hexachlorobenzene	($\mu\text{g/liter}$)	1	
Isoproturon	($\mu\text{g/liter}$)	9	
Lindane	($\mu\text{g/liter}$)	2	
MCPA	($\mu\text{g/liter}$)	2	
Molinate	($\mu\text{g/liter}$)	6	
Pendimethalin	($\mu\text{g/liter}$)	20	
Pentachlorophenol	($\mu\text{g/liter}$)	9	
Permethrin	($\mu\text{g/liter}$)	20	
Propanil	($\mu\text{g/liter}$)	20	
Pyridate	($\mu\text{g/liter}$)	100	
Simazine	($\mu\text{g/liter}$)	2	
Trifluralin	($\mu\text{g/liter}$)	20	
Chlorophenoxy herbicides selain 2,4-D dan MCPA			
2,4 -DB	($\mu\text{g/liter}$)	90	
Dichlorprop	($\mu\text{g/liter}$)	100	
Fenoprop	($\mu\text{g/liter}$)	9	
Mecoprop	($\mu\text{g/liter}$)	10	
2,4,5 -T	($\mu\text{g/liter}$)	9	

F. Desinfektan dan hasil sampingannya

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Monochloramine	Mg/l	3	
di- and trichloramine			
Chlorine	Mg/l	5	
Bromate	($\mu\text{g/liter}$)	25	
Chlorite	($\mu\text{g/liter}$)	200	
2,4,6 -trichlorophenol	($\mu\text{g/liter}$)	200	
Formaldehyde	($\mu\text{g/liter}$)	900	
Bromoform	($\mu\text{g/liter}$)	100	
Dibromochloromethane	($\mu\text{g/liter}$)	100	

Bromodichloro-methane	($\mu\text{g/liter}$)	60	
Chloroform	($\mu\text{g/liter}$)	200	
Chlorinated acetic acids			
Dichloroacetic acid	($\mu\text{g/liter}$)	50	
Trichloroacetic acid	($\mu\text{g/liter}$)	100	
Chloral hydrate			
(Trichloroacetal-dehyde)	($\mu\text{g/liter}$)	10	
Dichloroacetonitrile	($\mu\text{g/liter}$)	90	
Dibromoacetonitrile	($\mu\text{g/liter}$)	100	
Trichloroacetonitrile	($\mu\text{g/liter}$)	1	
Cyanogen chloride	($\mu\text{g/liter}$)	70	
(sebagai CN)	($\mu\text{g/liter}$)	25	

3. RADIOAKTIFITAS

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Gross alpha activity	(Bq/liter)	0.1	
Gross beta activity	(Bq/liter)	1	

4. FISIK

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Parameter Fisik			
Warna	TCU	15	
Rasa dan bau	-	-	Tidak berbau dan berasa
Temperatur	$^{\circ}\text{C}$	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	
Kekeruhan	NTU	5	

MENTERI KESEHATAN RI

ttd.

Dr. ACHMAD SUJUDI

Dibromodichloro-methane	($\mu\text{g/liter}$)	60	
Chloroform	($\mu\text{g/liter}$)	200	
Chlorinated acetic acids			
Dichloroacetic acid	($\mu\text{g/liter}$)	50	
Trichloroacetic acid	($\mu\text{g/liter}$)	100	
Chloral hydrate (Trichloroacetal-dehyde)	($\mu\text{g/liter}$)	10	
Dichloroacetonitrile	($\mu\text{g/liter}$)	90	
Dibromoacetonitrile	($\mu\text{g/liter}$)	100	
Trichloroacetonitrile	($\mu\text{g/liter}$)	1	
Cyanogen chloride	($\mu\text{g/liter}$)	70	
(sebagai CN)	($\mu\text{g/liter}$)	25	

3. RADIOAKTIFITAS

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Gross alpha activity	(Bq/liter)	0.1	
Gross beta activity	(Bq/liter)	1	

4. FISIK

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Parameter Fisik			
Warna	TCU	15	
Rasa dan bau	-	-	Tidak berbau dan berasa
Temperatur	$^{\circ}\text{C}$	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	
Kekeruhan	NTU	5	

MENTERI KESEHATAN RI
 ttd.
 Dr. ACHMAD SUJUDI

LAMPIRAN 2.

TABEL HASIL ANALISA BESI TOTAL (Fe Total), MANGAN (Mn) DAN HEADLOSS PADA SARINGAN PASIR AKTIF DAN SARINGAN PASIR KONTROL.

Tabel 1. Hasil Analisa Fe Total pada Saringan Pasir Aktif

No.	Lama Operasi (Jam)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Pengujian		Rerata	Efisiensi Penurunan (%)
			I	II		
1	0	2.865	2,865	2,865	2,865	0
2	4	2.865	0,952	1,194	1,073	62,547
3	8	2.865	0,60	0,626	0,613	78,603
4	12	2.865	0,021	0,074	0,047	98,359
5	16	2.865	0,039	0,014	0,026	99,092
6	20	2.865	0,179	0,156	0,167	94,171
7	24	2.865	0,121	0,157	0,014	99,511

Tabel 2. Hasil Analisa Mn pada Saringan Pasir Aktif

No.	Lama Operasi (Jam)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Pengujian		Rerata	Efisiensi Penurunan (%)
			I	II		
1	0	0,084	0,084	0,084	0,084	0
2	4	0,084	0,021	0,005	0,013	84,523
3	8	0,084	0,005	0,011	0,008	90,476
4	12	0,084	0,014	0,005	0,01	88,095
5	16	0,084	0,017	0,005	0,011	86,904
6	20	0,084	0,033	0,021	0,027	67,857
7	24	0,084	0,001	0,062	0,031	63,095

Tabel 3. Hasil Analisa Fe Total Pada Saringan Pasir Kontrol

No.	Lama Operasi (Jam)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Pengujian		Rerata	Efisiensi Penurunan (%)
			I	II		
1	0	1,1623	1,1628	1,1628	1,1628	0
2	4	1,1628	0,39	0,375	0,382	67,148
3	8	1,1628	0,047	0,032	0,039	96,646
4	12	1,1628	0,456	0,42	0,438	62,332
5	16	1,1628	0,379	0,36	0,369	68,266
6	20	1,1628	0,327	0,344	0,335	71,190
7	24	1,1628	0,329	0,417	0,373	67,922

Tabel 4. Hasil Analisa Mn Pada Saringan Pasir Kontrol

No.	Lama Operasi (Jam)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Pengujian		Rerata	Efisiensi Penurunan (%)
			I	II		
1	0	0.068	0.068	0.068	0.068	
2	4	0.068	0,055	0,031	0,043	36,76
3	8	0.068	0,017	0,025	0,026	61,76
4	12	0.068	0,062	0,043	0,052	23,53
5	16	0.068	0,061	0,050	0,055	23,53
6	20	0.068	0,062	0,039	0,050	26,47
7	24	0.068	0,065	0,043	0,054	20,58

Tabel 4.1.6 Kehilangan Tekanan (h_L) yang terjadi pada Saringan

No	Ketinggian Titik (cm)	h_L (cm)
1	10	0.19
2	20	0.39
3	30	0.59
4	40	0.79
5	50	0.99
6	60	1.19
7	70	1.39
8	80	1.59
9	90	1.79
10	100	1.99

LAMPIRAN 3

PERHITUNGAN EFISIENSI WAKTU PENGOPERASIAN SARINGAN PASIR AKTIF TERHADAP PENURUNAN KADAR BESI DAN MANGAN.

$$\text{Efisiensi (E)} = \frac{\text{Kadar Awal} - \text{Kadar Akhir}}{\text{Kadar Awal}} \times 100 \%$$

A. Perhitungan Efisiensi Fe Total

1. Waktu operasi 0 jam = 98,359 %
$$E = \frac{2.865 - 2.865}{2.865} \times 100 \%$$

$$= 0 \%$$
2. Waktu operasi 4 jam = 99.092 %
$$E = \frac{2.865 - 1.073}{2.865} \times 100 \%$$

$$= 62,547 \%$$
3. Waktu operasi 8 jam = 94.171 %
$$E = \frac{2.865 - 0.613}{2.865} \times 100 \%$$

$$= 78,603 \%$$
4. Waktu operasi 12 jam = 94,171 %
$$E = \frac{2.865 - 0.047}{2.865} \times 100 \%$$
5. Waktu operasi 16 jam = 99.092 %
$$E = \frac{2.865 - 0.026}{2.865} \times 100 \%$$
6. Waktu operasi 20 jam = 94.171 %
$$E = \frac{2.865 - 0.167}{2.865} \times 100 \%$$
7. Waktu operasi 24 jam = 94,171 %
$$E = \frac{2.865 - 0.014}{2.865} \times 100 \%$$

A. Perhitungan Efisiensi Mn

1. Waktu operasi 0 jam

$$E = \frac{0.084 - 0.084}{0.084} \times 100\% \\ = 0\%$$

2. Waktu operasi 4 jam

$$E = \frac{0.084 - 0.005}{0.084} \times 100\% \\ = 84,523\%$$

3. Waktu operasi 8 jam

$$E = \frac{0.084 - 0.008}{0.084} \times 100\% \\ = 90,476\%$$

4. Waktu operasi 12 jam

$$E = \frac{0.084 - 0.010}{0.084} \times 100\% \\ = 88,095\%$$

5. Waktu operasi 16 jam

$$E = \frac{0.084 - 0.011}{0.084} \times 100\% \\ = 88,098\%$$

6. Waktu operasi 20 jam

$$E = \frac{0.084 - 0.027}{0.084} \times 100\% \\ = 67,875\%$$

7. Waktu operasi 24 jam

$$E = \frac{0.084 - 0.031}{0.084} \times 100\% \\ = 63,095\%$$

LAMPIRAN 4.

PERHITUNGAN KEHILANGAN TEKANAN (*HEADLOSS*) MENURUT KETINGGIAN PASIR DI DALAM KOLOM

Diketahui :

Berat jenis pasir = 2,62

Diameter rata – rata, $d = 0,30$ mm

Faktor bentuk, $\phi = 0,73$

Porositas media pasir, $\xi = 0,45$

Rate filtrasi, $V = 0,2$ m/jam

Temperatur, $T = 28$ °C

Persamaan Carman – Kozenzy

$$\checkmark \quad hl = f \frac{L}{\phi D} \left(\frac{1-\xi}{\xi} \right) \frac{Va}{g}$$

$$\checkmark \quad f = 150 \left(\frac{1-\xi}{\xi} \right)^{+1,75} ; N_{Re} = \frac{(\phi \rho d Va)}{\mu}$$

Pada $T = 28$ °C, $\mu = 0,8363 \cdot 10^{-2}$ gr/cm.dtk dan $\rho = 0,9963$ gr/cm³

$$N_{Re} = (0,82 \times 0,9963 \times 0,30 \times 100/3600) = 0,814$$

$$f = 150 \left(\frac{1-0,45}{0,814} \right)^{+1,75}$$

$$= 103,10$$

1. Titik I, ketinggian 10 cm

$$hl = 103,10 \frac{10}{0.73 \times 0.30} \left(\frac{1-0.45}{0.45^3} \right) \frac{(100/3600)^2}{9.81}$$
$$= 0,19 \text{ cm}$$

2. Titik II, ketinggian 20 cm

$$hl = 103,10 \frac{20}{0.73 \times 0.30} \left(\frac{1-0.45}{0.45^3} \right) \frac{(100/3600)^2}{9.81}$$
$$= 0,39 \text{ cm}$$

3. Titik III, ketinggian 30 cm

$$hl = 103,10 \frac{30}{0.73 \times 0.30} \left(\frac{1-0.45}{0.45^3} \right) \frac{(100/3600)^2}{9.81}$$
$$= 0,59 \text{ cm}$$

4. Titik IV, ketinggian 40 cm

$$hl = 103,10 \frac{40}{0.82 \times 0.30} \left(\frac{1-0.45}{0.45^3} \right) \frac{(100/3600)^2}{9.81}$$
$$= 0,789 \text{ cm}$$

5. Titik V, ketinggian 60 cm

$$hl = 103,10 \frac{50}{0.73 \times 0.30} \left(\frac{1-0.45}{0.45^3} \right) \frac{(100/3600)^2}{9.81}$$
$$= 99 \text{ cm}$$

6. Titik VI, ketinggian 60 cm

$$hl = 103,10 \frac{60}{0.73 \times 0.30} \left(\frac{1-0.45}{0.45^3} \right) \frac{(100/3600)^2}{9.81}$$
$$= 1,19 \text{ cm}$$

7. Titik VII, ketinggian 70 cm

$$hl = 103,10 \frac{70}{0.73 \times 0.30} \left(\frac{1-0.45}{0.45^3} \right) \frac{(100/3600)^2}{9.81}$$
$$= 1,39 \text{ cm}$$

8. Titik VIII, ketinggian 80 cm

$$hl = 103,10 \frac{80}{0.73 \times 0.30} \left(\frac{1-0.45}{0.45^3} \right) \frac{(100/3600)^2}{9.81}$$
$$= 1,59 \text{ cm}$$

9. Titik IX, ketinggian 90 cm

$$hl = 103,10 \frac{90}{0.73 \times 0.30} \left(\frac{1-0.45}{0.45^3} \right) \frac{(100/3600)^2}{9.81}$$
$$= 1,79 \text{ cm}$$

10. Titik X, ketinggian 100 cm

$$hl = 103,10 \frac{100}{0.73 \times 0.30} \left(\frac{1-0.45}{0.45^3} \right) \frac{(100/3600)^2}{9.81}$$
$$= 1.99 \text{ cm}$$

LAMPIRAN 5.

PERHITUNGAN JUMLAH KEBUTUHAN KMnO_4 BERDASARKAN JUMLAH BESI DAN MANGAN YANG TERKANDUNG DALAM AIR BAKU

- ✓ Air Baku berasal dari air tanah
- ✓ Konsentrasi Fe total = 2,865 mg/l
- ✓ Konsentrasi Mangan = 0,084 mg/l
- ✓ Volume Kolom = Luas kolom (A) x Tinggi kolom
= $83,323 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm}$
= $8332,3 \text{ cm}^3$
= $0,0294 \text{ ft}^3$ (nilai ini sama dengan $0,57 \text{ gr Mn/ft}^3$)
- ✓ Kapasitas KMnO_4 = $0,57 \text{ gr Mn/ft}^3 \times 2 \text{ gr KMnO}_4 \cdot 1 \text{ ft}^3$
= $1,14 \text{ gr KMnO}_4$
= 114 mg KMnO_4
- ✓ Mengikuti formula yang dikemukakan oleh Erik J. Pedersen bahwa jumlah KMnO_4 yang dibutuhkan sama dengan jumlah konsentrasi besi dan mangan terlarut dalam air baku maka :
$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan KMnO}_4 &= (1 \times \text{mg/l Fe}) + (2 \times \text{mg/l Mn}) \\ &= (1 \times 2,865 \text{ mg/l Fe}) + (2 \times 0,084 \text{ mg/l Mn}) \\ &= 3,033 \text{ mg/l KMnO}_4 \end{aligned}$$
- ✓ Volume air baku yang dapat diolah sebesar :

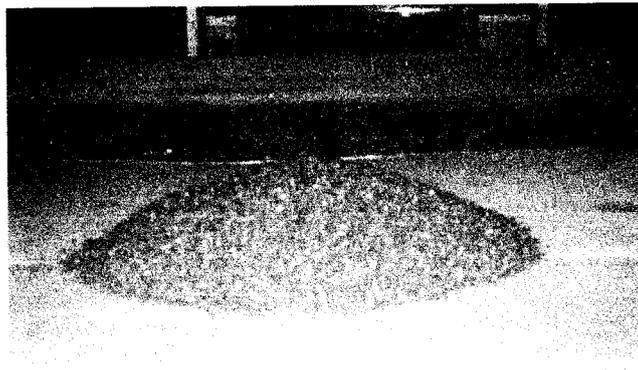
$$114 \text{ mg/l KMnO}_4 \times \frac{1}{3.033 \text{ mg/l KMnO}_4} = 37.58 \text{ gal} \approx 142,26 \text{ ltr}$$

LAMPIRAN 6.

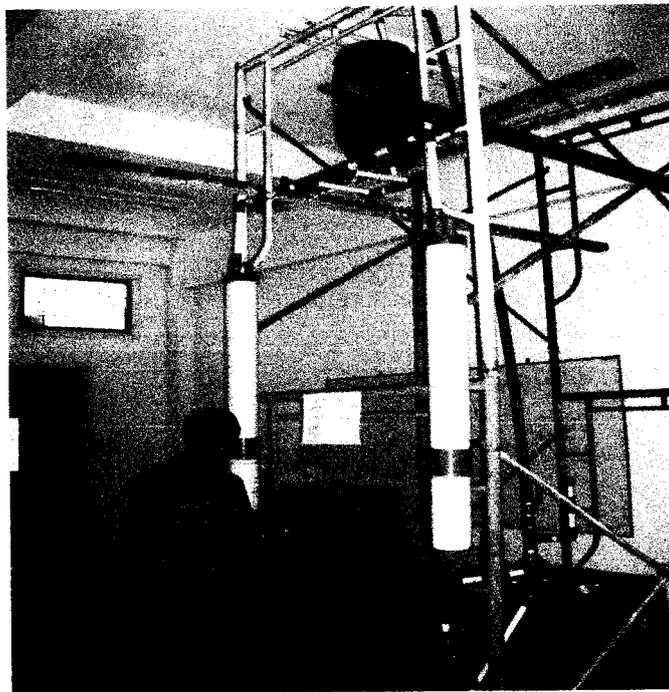
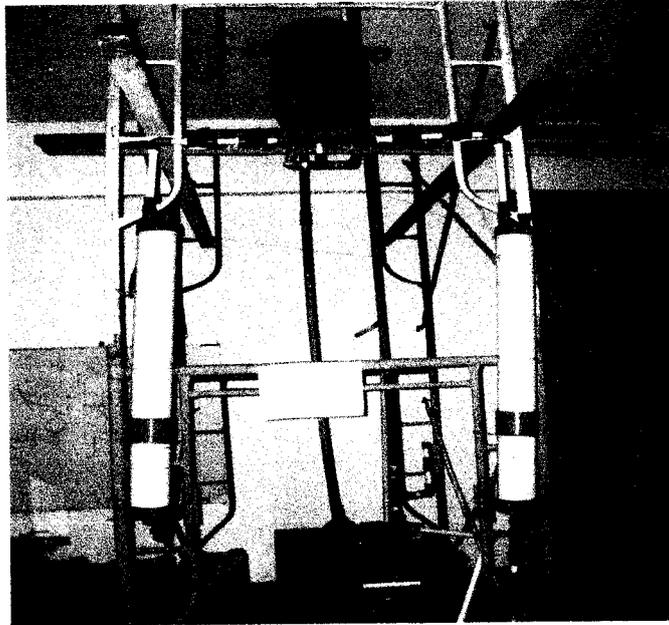
GAMBAR DAN FOTO PENELITIAN



Pasir Kuarsa (Silika) Sebelum diaktifkan



Pasir Kuarsa (Silika) Setelah diaktifkan



Reaktor Saringan Pasir Aktif Dan Saringan Pasir Kontrol



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang km 14,4 Yogyakarta 55584, Phone 0274-895042, 895707, Fax 0274-895330

SURAT KETERANGAN

Nomor : 30/ LK/ JTL/X/ 2005

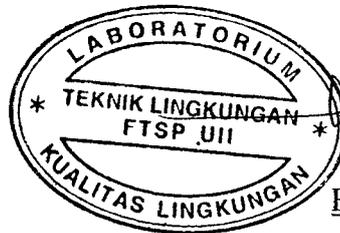
Yang bertandatangan di bawah ini, Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, menerangkan bahwa :

Nama : Zainal R. Tuasikal

No. Mahasiswa : 00 513 050

Telah selesai melakukan penelitian di Laboratorium Kualitas Lingkungan dan telah menyelesaikan biaya administrasi. Demikian surat keterangan ini dibuat. Semoga digunakan sebagaimana mestinya.

Jogjakarta, 20 Oktober 2005



Hudori
Hudori, ST



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

Pengirim :
Di terima tanggal :
Pasir asal :
Keperluan :

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	495..	493.5	494.25
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	942..	946	944
Berat piknometer berisi air, gram (B)	635	635	635
Berat jenis curah, gram/cm ³ (1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,5647	2,6111	2,5879
Berat jenis jenuh kering muka, gr/cm ³ (2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2,5906	2,6955	2,6180
Berat jenis semu (3) $Bk / (B + k - Bt)$	2,6329	2,7123	2,6726
Penyerapan air (4) $(500 - Bk) / Bk \times 100 \%$	1,040	1,317	1,1635

Keterangan :

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram

Kesimpulan :

Yogyakarta, 25, AGUSTUS 2005

Di syahkan

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Dikerjakan oleh :

Zainal R Tuasikal

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO MHS	PRODI
1	Zainal R Tuasikal	00513050	Teknik Lingkungan
2			

JUDUL TUGAS AKHIR : Studi Efektifitas Saringan Pasir Aktif Dalam Menurunkan Kadar Fe dan Mn pada Air Tanah

PERIODE : III
TAHUN : 2004/2005

No	kegiatan	Bulan Ke ;					
		Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA						
6	Sidang - sidang						
7	Pendadaran						

DOSEN PEMBIMBIG I : Luqman Hakim, ST, Msi
 DOSEN PEMBIMBIG II : Hudori, ST
 DOSEN PEMBIMBIG III ;



Yogyakarta, 15 Juli 2005
Koordinator TA

(Andik Yulianto, ST)

Catatan

Seminar :

Sidang :

Pendadaran :

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

No	Tanggal	Catatan Konsultasi	Tanda Tangan	
			Pemb I	Pemb II
1.	7/10/05	- Grafik ditaruh di lampiran - Pertuturan Debit Aliran dimasukkan ke pembahasan.		
2.	11/10/05	- Grafik harus digeskan lebih detail - Pembahasan mengenai kondisi Jenuh.		
3.	15/10/05	- Mencoba pendekatan Perzometer untuk menghitung headloss		
4.	17/10/05	- Periksa input		