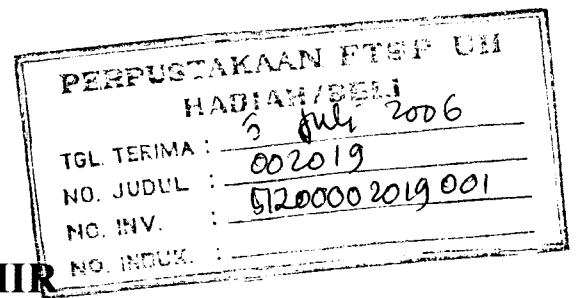


A/TL/2006/0074



TUGAS AKHIR

STUDI EFEKTIFITAS *BIOSAND FILTER* DALAM MENURUNKAN KADAR BESI (Fe) DAN MANGAN (Mn) PADA AIR TANAH.

DIBACA DI TEMPAT
TIDAK DIBAWA PULANG

Dijjukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Lingkungan

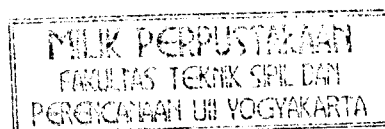


Oleh :

Nama : Ferina Fatimah
No. Mahasiswa : 01 513 089
Program Studi : Teknik Lingkungan

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA

2006




LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
STUDI EFEKTIFITAS *BIOSAND FILTER* DALAM
MENURUNKAN KADAR BESI (Fe) DAN MANGAN (Mn)
PADA AIR TANAH


Nama : Ferina Fatimah
No. Mahasiswa : 01 513 089
Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I
Luqman Hakim, ST, MSi


Tanggal : 1/5 '06

Dosen Pembimbing II
Hudori, ST


Tanggal : 9/5 '06

*Sepenuh hati, kupersembahkan karya ini kepada
Kedua Orangtua Ku Tercinta*

“Umi & Abi tercinta (Djafar A.M & Maryam)”

*yang telah sepenuh hati berjuang mendidik dan membesarkan ku, mendoakan
dengan cinta dan kasih sayang dan selalu memberikan dorongan materiil dan
spiritual yang sungguh sulit ananda untuk membalasnya serta motivasi terbesar
ananda untuk hidup lebih baik,*

OM & TANTE KU Tersayang

Ir. Faisol A.M. Ms & Fatimah

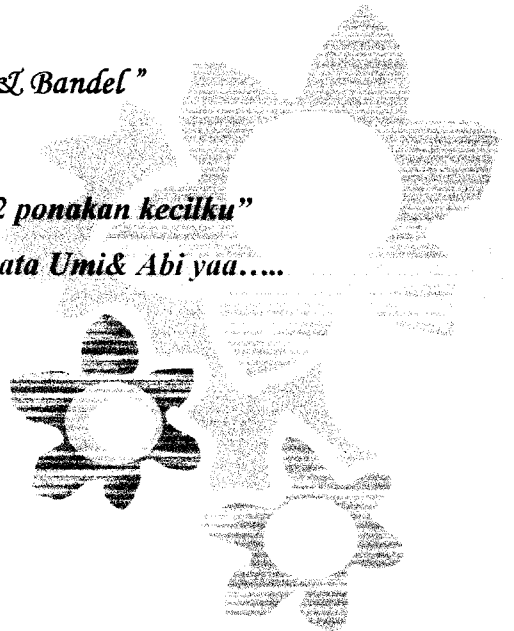
*Yang telah memberikan doa, perhatian serta kasih sayang, selama ananda
kuliah di Jogja*

Kakak - kakak & Adikku Tersayang

*Yang telah memberi do'a & Perhatian
Salah satu sumber inspirasi & kekuatanku, dalam menyelesaikan tugas akhir ini
I LOVE U....*

“Keponakanku yang lucu- lucu & Bandel”

*“Rafi, Kiki, Izmi, Haikal, Sifa, Syami, Amel, serta 2 ponakan kecilku”
Jadilah anak yang Soleh & Solehah, Dengar apa kata Umi & Abi yaa.....*



UNTAIAN KATA PENYEJUK QALBU

Jika kau merasa lelah dan tak berdaya dari usaha yang sepertinya sia-sia..

Allah SWT tahu betapa keras engkau sudah berusaha.

Ketika kau sudah menangis sekian lama dan hatimu masih terasa pedih.

Allah SWT sudah menghitung air matamu.

Ketika kau fikir bahwa hidupmu sedang menunggu sesuatu dan waktu serasa berjalan begitu saja.

Allah SWT sedang menunggu bersamamu.

Ketika kau berfikir bahwa kau sudah mencoba segalanya dan tidak tahu hendak berbuat apa lagi..

Allah SWT sudah punya jawabannya.

Ketika segala sesuatu menjadi tidak masuk akal dan kau merasa tertekan.

Allah SWT dapat menenangkanmu.

Ketika segala sesuatu berjalan lancar dan kau merasa ingin mengucapkan syukur.

Allah SWT telah memberkahimu.

Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan mereka sendiri (Ar-Ra'd : 11)



SPECIAL THANK'S TO :

Sahabat – sahabatku

*Surin Marpuah, Iryanti yuningsih, Marlina, dka malahayati, ida
mardiaty solchah, Mais Malida*

"Yang telah memberikan arti dari persahabatan

*Terimakasih atas persahabatan ini, kalian telah memberikan warna –
warna hidupku"*

Idik - adik kos "M.M", Nefa Yulia - cari - cari cecillah, pasangan hidup betul

-betul o kaaaan idan astriati? banggulah kau memendam perasaan yg ada

dihatimu, pihulah padaku, ya nefa he... 3x, Lho yang sudah menemaniku

walaupun tidak terawat, N - op bojo uac... Popi - sup, tambah putih aja, Ida

Ariska: "Jeteq ulqomah ya dengan ilhamnya, a amik, Kok, de - Nefi & Fitri"

be sol' ke Mahodoro nyatanya kemana lagi? Yulia: Notha, dimana ada yaui,

Isita dan Notha, Syemangat... 2. Inggih Idik, Mahasih ya purnisa...

Teman – teman Luciro 01, Caiyooooo!!!



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan yang Maha Tunggal, Pencipta Alam semesta berserta isinya dan tempat berlindung bagi Umat-nya. Shalawat serta salam saya limpahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW.

Alhamdulillah atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan judul **“STUDI EFEKTIFITAS BIOSAND FILTER DALAM MENURUNKAN KADAR BESI (Fe) DAN MANGAN (Mn) PADA AIR TANAH.**

Penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat dorongan dan motivasi, bantuan, bimbingan dan arahan, serta adanya kerja sama dari berbagai pihak. Untuk itu perkenankanlah penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Kasam, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Luqman Hakim, ST, MSi, selaku dosen pembimbing I atas arahan dan bimbingannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Hudori, ST, selaku dosen pembimbing II atas koreksi dan arahnya mulai dari pengerjaan proposal sampai pada pelaksanaan penelitian yang saya lakukan.

4. Bapak Eko Siswoyo, ST, selaku Koordinator Tugas Akhir.
5. Bapak Andik Yulianto, ST, selaku Dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
6. Pak Tasyono dan Pak Syamsudin, atas bantuan dan bimbingannya selama saya berada di Laboratorium Kualitas Air.
7. Mas Agus, yang banyak membantu dalam pengurusan surat-surat.
8. Sahabat Sejatiku: Sururun Marpuah; semoga mendapatkan ikhwan seperti apa yang yun idam - idamkan selama ini, Ida Mardiaty ;ditunggu undangannya, Ariyanti Yuningsih; Eka mala hayati,Budhenya gank Kodok, Mais Malida, Marlina ;Ayo cepet, kan ortu dah pada tau,
9. Teman – teman seperjuangan; Warih, Kinoy, Puput, azri, retno dkk, Mas Arif & Mas Ervan ; Makasih ya, dah bantuin aku, kalian memang kakak yang baik, jangan lupa dengan tulisan "TA Mais" he....3x, Wiwin Jambi, Yulisa, Cucu Kurniasih, Sely Suharto,Uus, Oya ; Teman seperjuanganku waktu awal kuliah dulu,I miss u,
10. Teman – Teman TPA "Raden Sahid" Mala, yani, Rina, Yuyun, Ari, Mb Ika, Mb Dewi, M'ufu, M'ramdan, M' anda, Mufflih, Firman, dkk & adik – adik Santriwan /wati Kalian adalah penyemangat Ku,Tetep Istiqomah ..Ok!!!
11. Teman – Teman KKN SL – 54:Dimaz, Eka, Sesti, Pandu, Widi, Yoga, Edo, Criztian, Aul, Fadli.
12. Afan, Dedi, Mocci, anak – anak kontrakan: wisnu, indras, dedek, imam, paman, fikar adi, agung, bayu, anunk, doel, teman – teman angkatan 01. Makasih atas persahabatannya selama ini, Seluruh teman2 angkatan 01 love u.

13. Serta untuk Seseorang yang selalu memberi semangat, kasih sayang, serta mendoakanku terima kasih atas semuanya...

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca yang berkaitan dengan keilmuan maupun dapat menjadi studi literatur bagi penelitian yang berhubungan.

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yogyakarta, Mei 2006

Ferina Fatimah

ABSTRACT

Ground water at Indonesian Islamic University integrated college is basically considered clean from the bacteriology perspective; however, the chemical substance contained in the ground is relatively very high. One of the soluble compounds which are important here is iron (Fe) and Manganese (Mn). In the underground water, the degree of iron (Fe) is higher than those in the surface. Although in a certain degree of concentration our body needs iron (Fe) and manganese (Mn), but in the high concentration those chemical substances can cause health problem in the human body. Therefore, there should be a management before underground water is used. One of the very simple alternatives which can be used is using Biosand Filter. The purpose of this biosand filter is to find out the biosand filter affectivity degree in decreasing the amount of iron (Fe) and manganese (Mn) and to find out the most effective thickness so that it can be obtained the most optimum decrease of iron (Fe) and manganese (Mn). The biosand filter requires 10 days to produce the biofilm layer.

The research uses biosand filter reactor with the variety of medium's height is 40: 15: 15 cm, 50: 5: 5 cm and 60: 5: 5 cm. While the width of the reactor's surface is $A = 0.09 \text{ m}^2$, the sand layer medium's total height is $h = 0.7 \text{ m}$, the speed of water flow is $v = 0.6 \text{ m/h}$, the capacity of water flow is $Q = 0.054 \text{ m}^3/\text{h}$.

Based from the laboratory analysis result, it can be revealed that biosand filter removes iron (Fe) for 50.01 – 95.58% and manganese (Mn) for 36.73% - 98.33%. The decrease of iron (Fe) and Mn is caused by the presence of oxygen and the biological activity caused by bacteria.

Key words: ground water, Biosand filter, iron (Fe) and manganese (Mn)

ABSTRAK

Air tanah pada wilayah kampus terpadu Universitas Islam Indonesia umumnya tergolong bersih secara bakteriologis, akan tetapi kadar kimia yang terkandung dalam air tanah relatif sangat tinggi. Salah satu bentuk senyawa kimia terlarut yang penting disini adalah besi (Fe) dan mangan (Mn). Didalam air tanah kadar Fe lebih tinggi daripada dalam air permukaan. Walaupun pada konsentrasi tertentu tubuh membutuhkan zat besi (Fe) dan mangan (Mn), namun pada konsentrasi yang tinggi dapat mengganggu kesehatan manusia. Oleh sebab itu, maka perlu dilakukan pengolahan sebelum air tanah digunakan. Salah satu alternatif pengolahan yang sangat sederhana yang dapat diterapkan adalah dengan menggunakan Biosand Filter. Adapun tujuan dari biosand filter ialah untuk mengetahui tingkat efektifitas biosand filter dalam menurunkan kandungan besi dan mangan, serta untuk mengetahui ketebalan yang paling efektif sehingga mendapatkan penurunan besi (Fe) dan mangan (Mn) yang paling optimal. Biosand Filter membutuhkan waktu 10 hari untuk menumbuhkan lapisan biofilm.

Penelitian ini menggunakan reaktor biosand filter dengan variasi ketinggian media 40:15:15 cm, 50:10:10 cm dan 60:5:5 cm. Dengan luas permukaan reaktor adalah $A = 0,09 \text{ m}^2$, ketinggian total media lapisan pasir adalah $h = 0,7 \text{ m}$, kecepatan pengaliran adalah $v = 0,6 \text{ m/jam}$, kapasitas pengaliran adalah $Q = 0,054 \text{ m}^3/\text{jam}$.

Berdasarkan hasil analisa laboratorium, dapat diketahui bahawa biosand filter dapat meremoval Besi (Fe) sebesar 50,01 – 95,58 %. Dan Mangan (Mn) antara 36,73% - 98,33 %. Penurunan Fe dan Mn ini disebabkan adanya oksigen dan aktivitas biologi yang disebabkan oleh bakteri.

Kata kunci : Air tanah, Biosand filter , Besi (Fe) Dan Mangan (Mn)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRACT	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Umum.....	6
2.1.1 Karakteristik Air Baku	6
2.2 Air Tanah.....	7
2.3 Air Minum.....	10

2.4 Besi Dan Mangan Didalam Air	10
2.4.1 Besi Dan Mangan	10
2.4.1.1 Besi (Fe)	11
2.4.1.2 Mangan (Mn)	13
2.4.2 Efek Besi Dalam Air	14
2.4.3 Efek Mangan Dalam Air	14
2.4.4 Oksidasi Besi Dan Mangan	15
2.5 <i>Biosand Filter</i>	17
2.5.1 Mekanisme Kimia - Fisika	18
2.5.2 Mekanisme Biologi	20
2.5.3 <i>Lapisan Bio Film (Schmutzdecke)</i>	21
2.5.4 Persediaan Makanan Lapisan Biofilm	24
2.5.5 Persediaan Oksigen	24
2.5.6 Proses Pemurnian Didalam <i>Schmutzdecke Dan Zone Biologi</i>	25
2.5.7 Waktu Pematangan / Pemasakan <i>Biofilm</i>	28
2.5.8 Pembersihan <i>Biosand Filter</i>	29
2.5.9 Keuntungan Dan Kerugian <i>Biosand Filter</i>	30
2.5.10 Mekanisme Filtrasi	32
2.6 Hipotesa	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 Umum	37
3.2 Objek Penelitian	37

3.3 Lokasi Penelitian	38
3.4 Variabel Penelitian	38
3.4.1 Variabel bebas	38
3.4.2 Variabel terikat	39
3.5 Bahan dan alat penelitian	39
3.5.1 Penyediaan media pasir halus, pasir kasar, dan kerikil	39
3.5.2 Alat penelitian	40
3.6 Pelaksanaan Penelitian	41
3.6.1 Persiapan Media	42
3.6.2 I Persiapan Alat	42
3.6.3 Pengujian <i>Biofilm</i>	44
3.7 Pengukuran Besi (Fe) dan Mangan (Mn)	44
3.8 Analisis Data	45
3.9 Kerangka Penelitian Tugas Akhir	46
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISA DATA	48
4.1 Kadar Fe Total Dan Mn Pada Air Baku	48
4.1.1 Hasil Uji <i>Lapisan Biofilm</i>	49
4.2 Hasil Pengujian Fe Total dan Mn dengan menggunakan <i>biosand filter</i> ..	53
4.3 Pembahasan bakteri Fe Total dan Mn	57
4.4 Perbandingan antar variasi ketinggian berdasarkan data uji laboratorium	64

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	68

DAFTAR TABEL

2.1 Kriteria desain <i>Biosand Filter</i>	34
3.1 Ketinggian media	39
4.1 Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Awal Pada <i>Biosand Filter</i>	48

DAFTAR GAMBAR

2.1	Proses Pembentukan lapisan <i>biofilm</i>	22
2.2	Bakteri – bakteri yang dapat dihilangkan <i>Biosand Filter</i>	31
2.3	<i>Biosand Filter</i>	34
3.1	Media kerikil, pasir halus dan pasir kasar	40
3.2	Reaktor <i>Biosand Filter</i>	40
3.3	Kondisi <i>Biosand Filter</i> di lapangan	42
3.4	Penghalang kecepatan air	43
3.5	Sampel Hasil Analisa	45
3.6	Spectrofotometri.....	45
3.7	Diagram alir penelitian	47
4.1	Pengambilan <i>biofilm</i>	50
4.2	Kaca Objek.....	50
4.3	Pertumbuhan lapisan <i>biofilm</i> dengan perbesaran	51
4.4	Grafik Fe Total (Fe) variasi ketinggian media 40:15:15 cm	54
4.5	Grafik Mangan (Mn) variasi ketinggian media 40:15:15 cm.....	54
4.6	Grafik Fe Total (Fe) variasi ketinggian media 50:10:10 cm	55
4.7	Grafik Mangan (Mn) variasi ketinggian media 50:10:10 cm.....	55
4.8	Grafik Fe Total (Fe) variasi ketinggian media 60:5:5 cm.....	56
4.9	Grafik Mangan (Mn) variasi ketinggian media 60:5:5 cm.....	56
4.10	Grafik efisiensi Fe Total (Fe) variasi ketinggian media 40:15:15 cm	58
4.11	Grafik efisiensi Mangan (Mn) variasi ketinggian media 40:15:15 cm..	59
4.12	Grafik efisiensi Fe Total (Fe) ketinggian media 50:10:10 cm.....	59
4.13	Grafik efisiensi Mangan (Mn) ketinggian media 50:10:10 cm	60
4.14	Grafik efisiensi Fe Total (Fe) variasi ketinggian media 60:5:5 cm	60
4.15	Grafik efisiensi Mangan (Mn) variasi ketinggian media 60:5:5 cm.....	61
4.16	Grafik Perbandingan variasi ketinggian Fe Total (Fe).....	65
4.17	Grafik Perbandingan variasi ketinggian Mangan (Mn).....	65

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERATURAN PEMERINTAH NO.82 TAHUN 2001 TENTANG
PENGOLAHAN KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN
PENCEMARAN AIR.

LAMPIRAN 2 Cara Uji Besi Dalam Air (Fe)

LAMPIRAN 3 Cara Uji Mangan (Mn)

LAMPIRAN 4 Hasil Analisa Besi (Fe) dan Hasil Analisa Mangan (Mn)

LAMPIRAN 5 Hasil Uji Pengaruh Besi (Fe) dan Mangan(Mn) dengan anova

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia beratempat di Jalan Kaliurang Km. 14,4 Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, Jogyakarta Kawasan kampus terpadu berada pada titik antara 321,5 m dan 315 m dari permukaan laut. Karena terletak di daerah kaki Gunung Merapi maka kondisi topografi berupa lahan miring, dengan kemiringan yang cukup landai yaitu 2 % dan untuk panjang aliran permukaan 2000 m. Luas wilayah kawasan kampus terpadu pada tahun 1993 memiliki luas 20 hektar dan pada tahun 2004 terjadi perluasan lahan menjadi 25 hektar dengan keadaan permukaan tanah yang beberapa bagiannya bergelombang.

Pada umumnya air tanah pada kawasan kampus terpadu Universitas Islam Indonesia tergolong bersih secara bakteriologis, akan tetapi kebutuhan air di wilayah kampus terpadu Universitas Islam Indonesia masih mengandalkan suplay air dari PDAM. Hal ini dikarenakan kadar kimia yang terkandung dalam air tanah wilayah kampus terpadu Universitas Islam Indonesia relatif sangat tinggi. Salah satu bentuk senyawa kimia terlarut yang penting disini adalah besi (Fe) dan mangan (Mn). Didalam air tanah kadar Fe lebih tinggi daripada dalam air permukaan. Walaupun pada konsentrasi tertentu tubuh membutuhkan zat besi (Fe) namun pada konsentrasi yang tinggi dapat merusak dinding usus, gangguan fungsi paru – paru dan bahkan kematian (Slamet,1994). Selain itu, akan mengakibatkan gangguan kronis seperti

kanker, ginjal, hati, nafas, gangguan mental yang semuanya berbahaya dapat disebabkan oleh cemaran atau kandungan logam berbahaya dan kadar zat kimia tertentu yang terlalu tinggi seperti besi (Fe) dan mangan (Mn). (Lay, 1994). Karena itu pengolahan air bersih maupun air minum sangat penting dilakukan.

ini dikarenakan kadar zat – zat yang terkandung di dalam tanah di daerah kampus terpadu relatif tinggi, salah satunya ialah besi dan mangan ya, sehingga memerlukan pengolahan sebelum air tersebut di konsumsi

Air tanah pada kawasan kampus terpadu umumnya tergolong bersih secara bakteriologis. Akan tetapi kadar kimia yang terkandung dalam air tanah relatif sangat tinggi. Salah satu bentuk senyawa kimia terlarut yang penting disini adalah besi (Fe) dan mangan (Mn). Didalam air tanah kadar Fe lebih tinggi daripada dalam air permukaan. Walaupun pada konsentrasi tertentu tubuh membutuhkan zat besi (Fe) namun pada konsentrasi yang tinggi dapat merusak dinding usus, gangguan fungsi paru – paru dan bahkan kematian (Slamet,1994). Selain itu, akan mengakibatkan gangguan kronis seperti kanker, ginjal, hati, nafas, gangguan mental yang semuanya berbahaya dapat disebabkan oleh cemaran atau kandungan logam berbahaya dan kadar zat kimia tertentu yang terlalu tinggi seperti besi (Fe) dan mangan (Mn). (Lay, 1994). Karena itu pengolahan air bersih maupun air minum sangat penting dilakukan.

Air konsumsi adalah air yang memenuhi persyaratan sebagaimana di sebutkan Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Pada prinsipnya pengolahan air hanya diperlukan bagi sumber air baku yang kurang memenuhi syarat air minum. Contoh sederhana

adalah air yang diperoleh dari mata air yang tidak tercemar atau terkontaminasi oleh jenis-jenis mikroorganisme yang menyebabkan penyakit (Tjokrokusumo, 1995).

Masyarakat kota Jogjakarta pada umumnya untuk memenuhi kebutuhan air minum masih mengandalkan sumber air tanah. Kepadatan penduduk yang terus meningkat secara nyata menyebabkan pencemaran air tanah. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pengolahan sebelum air tanah digunakan. Salah satu alternatif pengolahan yang sangat sederhana yang dapat diterapkan adalah melewatkan air tanah kedalam saringan berisi lapisan pasir halus, pasir kasar, kerikil atau *biosand filter*.

Biosand filter merupakan suatu proses penyaringan atau penjernihan air dimana air yang akan diolah dilewatkan pada suatu media proses dengan kecepatan rendah yang dipengaruhi oleh diameter butiran pasir yang lebih kecil, agar dapat menyaring bakteriologi. *Biosand filter* adalah sebuah teknologi yang terbukti dapat diadaptasikan dan dapat bertahan di negara-negara berkembang, serta dapat meremoval bakteri dan virus tipus hingga 99,99%. Keuntungan teknologi ini selain murah, membutuhkan sedikit pemeliharaan dan beroperasi secara gravitasi (Murcott dan Lukas, 2004).

Pengolahan air tanah dengan menggunakan saringan *biosand filter* merupakan salah satu cara pengolahan sederhana dan murah dalam mengurangi kandungan bakteriologis, fisik, maupun unsur – unsur kimia yang terdapat di dalam air. Tetapi untuk menghasilkan air yang benar-benar terbebas dari unsur sebagaimana tersebut diatas, maka diperlukan proses pengolahan lebih lanjut, dengan demikian air

tanah hasil pengolahan dapat memenuhi persyaratan kualitas air bersih yang aman juga bisa digunakan untuk air minum.

Metode yang digunakan untuk menguji parameter besi (Fe) dan mangan (Mn) adalah *spectrofotometri* sebagai acuan dalam pemeriksaan ini yaitu SNI 19-1127-1989, AWWA 3500-Fe D. Adapun tujuan dari tes ini ialah untuk mengetahui besarnya kandungan besi dan mangan yang terdapat pada air tanah.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah *biosand filter* dapat menurunkan kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) ?
2. Apakah terjadi perbedaan secara signifikan hasil proses *biosand filter* apabila variasi ketebalan dan diameter butiran tetap ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui tingkat efektifitas kemampuan *Biosand filter* dalam menurunkan kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn).
2. Untuk mengetahui ketebalan yang paling efektif sehingga mendapatkan penurunan besi (Fe) dan mangan (Mn) yang paling optimal.

1.4 Batasan Masalah

1. Percobaan ini menggunakan ketebalan pasir yaitu ketinggian 40:50:60 cm pasir halus dengan diameter 0.25 mm, 15:10:5 cm pasir kasar dengan diameter 0.85 mm dan 15:10:5 cm kerikil dengan diameter 6.3 mm.
2. Sumber air yang digunakan adalah air tanah yang mengandung besi (Fe) dan mangan (Mn) yang berada disekitar kampus terpadu Universitas Islam Indonesia .
3. Parameter yang diukur adalah Besi (Fe) dan Mangan (Mn).

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan salah satu alternatif teknologi dalam menurunkan kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) yang terlalu tinggi pada air tanah sebagai sumber air baku yang sering digunakan untuk skala rumah tangga
2. Sebagai referensi kepada penelitian berikutnya agar mencoba berbagai variasi percobaan, sehingga nantinya akan mendapatkan data yang lebih lengkap tentang kemampuan *biosand filter* dalam menurunkan Besi (Fe) dan Mangan (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. Dalam hal air bersih, sudah merupakan praktek umum bahwa dalam menetapkan kualitas dan karakteristik dikaitkan dengan suatu baku tertentu (standar kualitas air). Untuk memperoleh gambaran yang nyata tentang karakteristik air baku, diperlukan pengukuran sifat-sifat 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 (Slamet,JS 1994). Parameter tersebut terbagi dalam:

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

Standar kualitas air adalah baku mutu yang ditetapkan berdasarkan sifat-sifat fisik, kimia, radioaktif maupun bakteriologis yang menunjukkan persyaratan kualitas air tersebut. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air, air menurut kegunaannya digolongkan menjadi :

- Kelas I : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas II : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, Peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas III : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas IV : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Air minum yang ideal untuk dikonsumsi seharusnya jernih, tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa. Selain itu, air minum pun seharusnya tidak mengandung kuman patogen yang dapat membahayakan kesehatan manusia.

2.2 Air Tanah

Air merupakan zat yang mutlak bagi setiap makhluk hidup, dan kebersihan air adalah syarat utama bagi terjaminnya kesehatan. Air tanah secara normal akan bebas dari kekeruhan dan organisme patogen. Apabila air berasal dari akuifer yang mengandung zat organik, kandungan oksigen akan terurai dan kandungan karbon

dioksida akan menjadi tinggi, air akan menjadi korosif. Pada kandungan zat organik didalam aquifer tinggi, kandungan oksigen akan habis terurai. Air yang tidak mengandung oksigen (anaerobik) akan melarutkan besi, mangan dan logam dalam air tanah (Sanropie, Sumini dkk, 1984).

Menurut tempatnya, air dapat berada dipermukaan tanah selanjutnya air ini disebut air permukaan dan dapat pula berada di dalam tanah, dan selanjutnya air ini disebut air tanah. Air hujan yang jatuh dit tanah sebagian meresap kedalam tanah dan sebagian lain dapat menggenang di permukaan tanah, hal ini tergantung kepada kondisi tanah. Air hujan membawa serta mikroorganisme – mikroorganisme yang senantiasa berhamparan di udara, lebih – lebih di udara yang mengatasi tanah berdebu. Setiba di tanah, air menjadi lebih tercemar lagi karena sisa-sisa mahluk hidup (sampah), kotoran dari hewan maupun manusia, dan mungkin juga kotoran yang berasal dari pabrik-pabrik (Sanropie, Sumini dkk, 1984).

Air tanah di bagi menjadi 3 macam yaitu:

a. Air tanah dangkal

Terjadinya karena ada proses peresapan air permukaan tanah. Karena lapisan tanah mempunyai unsur – unsur kimia tertentu, maka lapisan tanah di sini berfungsi sebagai saringan. Disamping penyaringan, pengotoran juga masih terus berlangsung terutama pada muka air yang dekat dengan tanah. Setelah menemukan lapisan rapat air, air akan terkumpul sehingga dinamakan air tanah dangkal. Dimana air tanah ini dimanfaatkan sebagai sumber air bersih atau air minum melalui sumur-sumur dangkal. Air tanah dangkal ini didapat pada kedalaman 15 meter. Air tanah dangkal

ini ditinjau dari segi kualitas agak baik, tapi dari segi kuantitas kurang cukup dan tergantung pada musim.

b. Air tanah dalam

Air tanah dalam terdapat setelah lapisan rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam, tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor untuk memasukkan pipa kedalamnya biasanya antar 100-300m.

c. Mata air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hamper tidak terpengaruh oleh musim dan kualitas atau kuantitas.

Berdasarkan keluarnya mata air di bagi menjadi 2 macam:

1. Rembesan (Seepage dan Spring), dimana air keluar dari lereng-lereng.
2. Umbul, adalah air yang keluar kepermukaan pada suatu dataran.

Air tanah, memiliki karakter-karakter tertentu dan berbeda satu dengan yang lainnya. Sedangkan air permukaan kualitasnya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan perilaku manusia serta sanitasi sekitarnya. Sumber air tanah biasanya tidak bersih sempurna, tetapi mengandung senyawa pencemar, apakah air tersebut kelihatan jernih atau keruh. Semua air yang akan di gunakan sebagai air bersih oleh manusia, harus dibersihkan dan dimurnikan melalui sistem pengolahan air yang benar. Pengolahan mata air dilakukan secara kolektif yaitu dari satu atau lebih sumber mata air, lalu air yang telah diolah dialirkan ke konsumen. Dalam pengolahan mata air yang dilakukan pada umumnya adalah menghilangkan CO_2 agresif dan disinfeksi (Sanropie, Sumini dkk, 1984).

2.3 Air Minum

Air merupakan bahan yang sangat penting bagi kehidupan umat manusia dan fungsinya tidak pernah dapat digantikan oleh senyawa lain. Air juga merupakan komponen penting dalam bahan makanan karena air dapat mempengaruhi penampakan, tekstur, serta cita rasa makanan kita. Air berperan sebagai pembawa zat-zat makanan dan sisa-sisa metabolisme, sebagai media reaksi yang menstabilkan pembentukan biopolimer, dan sebagainya. (Winarno, F.G, 2002)

Air dapat dikonsumsi sebagai air minum apabila air tersebut bebas dari mikroorganisme yang bersifat patogen dan telah memenuhi syarat-syarat kesehatan. Pada masyarakat awam, air minum yang akan mereka konsumsi direbus terlebih dahulu. Merebus air sampai mendidih bertujuan untuk membunuh kuman-kuman yang mungkin terkandung dalam air tersebut. Sedangkan air minum yang tersedia di pasaran luas berupa air mineral yang berasal dari sumber air pegunungan dan telah mengalami proses destilasi atau penyulingan di industri dalam skala besar. Penyulingan ini juga bermaksud untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung baik berupa mikroorganisme maupun berupa logam berat (Tjokrokusumo, 1995).

2.4 Besi Dan Mangan Didalam Air

2.4.1 Besi dan Mangan

Besi dan mangan adalah dua mineral yang sering dijumpai didalam air permukaan dan air tanah. Kedua mineral ini umumnya berada dalam bentuk oksida yaitu oksida besi dan oksida mangan. Apabila air mengandung karbondioksida atau

air yang bersifat asam, besi valensi 3 (ferri) akan tereduksi menjadi besi valensi 2 (ferro) dibawah kondisi anaerobik, besi (ferro) ini didalam air akan terlarut. Pada kondisi yang sama oksida mangan akan tereduksi dari valensi 4 menjadi valensi 2, mangan valensi 2 ini juga terlarut di dalam air.

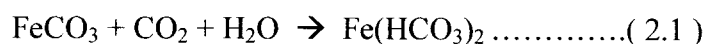
Konsentrasi besi dan mangan di air permukaan jarang melebihi 1 mg/L. Kandungan besi di air tanah dapat mencapai lebih dari 10 mg/ L, pada kondisi alkalinitas rendah (kurang dari 50 mg/L) dan konsentrasi mangan dapat mencapai lebih dari 2 mg/L (Kawamura,1991).

2.4.1.1 Besi (Fe)

Besi (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.

Unsur besi terdapat pada hampir semua permukaan air tanah. Air tanah umumnya mempunyai konsentrasi karbon dioksida yang tinggi hasil penguraian kembali zat-zat organik dalam tanah oleh aktivitas mikroorganisme, serta mempunyai konsentrasi oksigen terlarut yang relatif rendah, menyebabkan kondisi aerobik. Kondisi menyebabkan konsentrasi besi bentuk mineral endapan (Fe^{3+}) tereduksi menjadi besi yang larut dalam bentuk ion bervalensi dua (Fe^{2+}). Kandungan besi pada air tanah mencapai 10 mg.

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 , $\text{Mn}(\text{OH})_2$, dan Mn (Rustiaman, 1978). Selain itu Fe dan Mn juga terakumulasi melalui proses air hujan sebelum jatuh ke dalam tanah, di angkasa mengalami penurunan suhu sehingga melarutkan CO_2 yang ada di angkasa. Akibatnya air hujan bersifat agresif dan asam. Pada saat jatuh ke tanah kadar CO_2 dalam air hujan tidak hilang karena ikut meresap (absorpsi) ke dalam tanah, apabila di dalam tanah terdapat senyawa besi dan mangan maka akan ikut terlarut dalam pembentukan senyawa bikarbonat sesuai dengan reaksi:



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 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).

Batuan yang banyak mengandung besi dan mangan adalah bahan-bahan basa yang memiliki 40 – 45% silika seperti pada batuan gabro basal, batu kapur, dan basal.

Besi dapat dihilangkan dari dalam air dengan melakukan oksidasi menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang tidak larut dalam air, kemudian diikuti dengan pengendapan dan penyaringan (Sugiarto,1987).

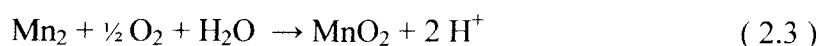
2.4.1.2 Mangan (Mn)

Mangan (Mn) merupakan komponen utama dari lapisan bumi, terdapat secara alamiah dalam air tanah. Jika tidak ada unsur-unsur pembentuk yang kompleks, maka Mn tidak terdapat sebagai unsur terlarut. Dalam kebanyakan air alami, konsentrasi organik pembentuk yang kompleks atau bahan- bahan organik jarang memadai untuk menstabilkan kondisi Mn^{2+} . Mangan (Mn) yang bervalensi tinggi terdapat sebagai koloid terdispersi yang stabil dalam waktu yang lama (Fair,et. Al,1969). Apabila air didalam tanah mengandung senyawa mangan, maka akan terlarut dalam pembentukan senyawa bikarbonat sesuai dengan reaksi:



Mineral yang mengandung mangan (Mn) akan lebih sedikit dibandingkan dengan mineral yang mengandung besi. Hal ini membuktikan bahwa besi lebih sering dijumpai didalam air tanah dibandingkan mangan .Akan tetapi hidroksida dan karbinat Mn (II) lebih terlarut dibandingkan Fe (II) (O'Connor, 1997).

Salah satu menurunkan kadar mangan (Mn) tersebut adalah dengan mengadakan kontak dengan udara (O₂) , dengan demikian reaksi kimianya adalah sebagai berikut :



2.4.2 Efek Besi Dalam Air

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.

2.4.3 Efek dari Mangan

Mangan (Mn) adalah metal kelabu-kemerahan. Keracunan Mangan (Mn) 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. (*Alaerts dan Santika, 1984*)

2.4.4 Oksidasi Besi Dan Mangan

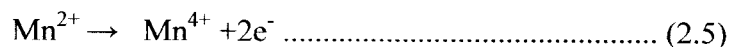
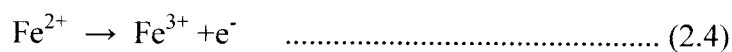
Kehadiran Fe dan Mn dalam air untuk keperluan sehari – hari sangat berpengaruh baik dari segi kesehatan maupun estetika. Dalam jumlah yang sedikit unsur Fe dan Mn diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan unsur tersebut. Zat besi merupakan unsur yang sangat penting dan berguna untuk metabolisme 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*).

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 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 Mn^{3+} , Mn^{4+} untuk besi dan mangan yang ada dalam bentuk terlarut sesuai dengan ketentuan penentuan bilangan oksidasi butir ke-9 mempunyai bilangan oksidasi = 2, sehingga untuk mengubahnya menjadi bentuk

tersuspensi harus diubah dahulu bilangan oksidasinya menjadi +3 untuk besi dan +3 untuk Mn. Cara mengubah bilangan oksidasi dilakukan dengan cara oksidasi dengan oksidator yang mempunyai bilangan oksidasi lebih tinggi.

Pengendapan dasar yang digunakan untuk menyisahkan besi dan mangan adalah oksidasi dan membuang endapan yang terbentuk dengan teknik sedimentasi, atau filtrasi. Berdasarkan pengalaman, pendekatan yang paling sukses yang diterapkan untuk menyisahkan besi dan mangan adalah dengan cara penyesuaian pH, Klorinasi, dan Filtrasi langsung menggunakan mono media antrasit (Mongomery,1985).

Dengan kehadiran oksigen terlarut, besi dan mangan dioksidasi menjadi tidak terlarut (Fe^{3+} dan Mn^{4+}) mengikuti reaksi redoksnya yaitu:



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).

2.5 *Biosand Filter*

Biosand Filter merupakan suatu proses penyaringan atau penjernihan air dimana air yang akan diolah dilewatkan pada suatu media proses dengan kecepatan rendah yang dipengaruhi oleh diameter butiran pasir yang lebih kecil agar dapat menyaring bakteriologi. Pengolahan *Biosand Filter* tidak melalui unit – unit Koagulasi, Flokulasi, Sedimentasi. Karena pada *Biosand Filter*, proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi terjadi pada filter dengan bantuan mikroorganisme yang terbentuk pada permukaan pasir. *Biosand Filter* adalah sebuah teknologi yang terbukti dapat diadaptasikan dan dapat bertahan di negara-negara berkembang. Teknologi ini dapat mencapai 99.99 % meremoval bakteri dan virus tipus. Keuntungan teknologi ini selain murah, membutuhkan sedikit pemeliharaan dan beroperasi secara grafitasi. (Murcott & Lucas, 2002).

Ketinggian air maksimum dari *Biosand Filter* didesain 5 cm di bagian atas air dilapisi pasir halus. Ketinggian 5 cm menjadi ketinggian optimum dari perpindahan patogen. Jika tingkatan air terlalu dangkal, lapisan *biofilm* dapat lebih mudah terganggu karena rusak oleh kecepatan datangnya air. Disisi lain, jika tingkatan air terlalu dalam, jumlahnya tidak cukup pada difusi O₂ pada *biofilm*, akan mengakibatkan kematian dari mikroorganisme pada lapisan *biofilm*. Selain itu 5 cm untuk melindungi lapisan air. Kontak pendifusi diatas lapisan butir-butir pasir memberikan tujuan yang penting untuk mengurangi kecepatan dari input air yang dapat merusak lapisan paling atas dari pasir. Ketika air yang terkontaminasi mikrobial dimurnikan dengan *Biosand Filter* organisme pemangsa (predator) yang berada di lapisan *biofilm* akan memakan patogen-patogen yang ada (Tommy&Sophie,2003).

Pada saringan pasir yang dioperasikan secara intermiten, proses biologi yang terjadi bergantung pada banyaknya air yang ada diatas pasir selama sela waktu. Semakin dangkal kedalaman air, maka oksigen yang tersedia akan lebih banyak, sehingga bisa menyebabkan lapisan pada zone biologi aktif, serta dapat tumbuh dengan lebih dalam di dalam pasir tersebut. (Tung,2003)

Untuk menjaga agar mikroorganisme didalam zone biologi tetap hidup, pasir harus dijaga agar tetap basah. Ini harus selalu dipastikan bahwa saringan itu tidak dalam keadaan kering. Proses memusnahkan pathogen dalam kontaminasi mikroba melalui air belum dipahami secara baik. Dipercayai sekarang ini bahwa pathogen dalam biosand filter dapat dimusnahkan secara primer dengan tiga mekanisme, yaitu: kimia, fisika, dan biologi (Tung,2003).

2.5.1 Mekanisme Kimia – Fisika

Beberapa proses kimia- fisika tergantung dengan filtrasi, penyaringan permukaan dan daya tarik menarik antar partikel merupakan proses paling penting yang bertanggung jawab pada pemusnahan pathogen dalam biosand filter. Penyaringan permukaan berhubungan dengan diameter partikel paling atas *biosand filter* dari lapisan dasar penyaringan. Partikel – partikel itu sangat besar untuk melewati dasar penyaring. Sebagai contoh pasir dengan diameter 0.1 mm akan menyaring partikel – partikel keluar yang berukuran 5 nm atau lebih besar. Dengan kekuatan yang lebih besar banyak partikel – partikel yang dapat dipindahkan dari permukaan air termasuk Cyts / Kista dan bakteri sampai virus yang berukuran lebih kecil dari satu nanometer sekalipun (Tommy Ngai& Sophie, 2003).

Proses Fisik antara lain:

- a. Proses penyaringan: adalah proses pemurnian air dari partikel-partikel zat tersuspensi yang terlalu besar dengan jumlah pemisahan melalui celah-celah diantara butiran pasir (pori) yang berlangsung diantara permukaan pasir.
- b. Proses Sedimentasi adalah proses pengendapan yang terjadi tidak berbeda seperti pada bak pengendap biasa, tetapi pada bak pengendap biasa endapan akan berbentuk hanya pada dasar bak, sedangkan pada filtrasi endapan dapat terbentuk pada seluruh permukaan butiran.
- c. Proses Adsorpsi atau penyerapan dapat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel tersuspensi dengan butiran pasir saringan, merupakan hasil daya tarik menarik antara partikel-partikel yang bermuatan listrik berlawanan. Media pasir yang bersih mempunyai muatan listrik negatif dengan demikian mampu mengadsorpsi partikel-partikel positif
- d. Aktivitas kimia, beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.
- e. Aktivitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter.

2.5.2 Mekanisme Biologi

Biosand filter menghilangkan bakteri patogen pada zat –zat padat melewati pasir dalam filter, zat –zat ini akan bertubrukan dan menyerap kedalam partikel-partikel pasir. Bakteri dan zat- zat padat yang terapung mulai meningkat dalam kepadatan yang tertinggi dilapisan pasir paling atas menuju biofilm (Tung,2003).

Pada saringan *biosand filter* yang dioperasikan secara intermiten, kedalaman dari proses biologi juga bergantung pada berapa banyak air yang ada diatas pasir selama sela waktu. Semakin dangkal kedalaman air berarti oksigen yang tersedia akan lebih banyak, sehingga pada lapisan biologi, zone yang aktif dapat tumbuh dengan lebih dalam di dalam pasir tersebut. (Tung,2003)

Lapisan *biofilm* melibatkan beberapa mekanisme biologi dimana tidak mudah untuk menunjukkan mekanisme biologis yang tepat dan yang mendukung penghilangan besi (Fe) dan Mangan (Mn) tersebut, saat sistem beroperasi dalam berbagai mekanisme. Mekanisme biologis diantaranya :

1. Mikrobiologi dalam lapisan biofilm mengkonsumsi bakteri dan patogen – patogen lain yang ditemukan dalam air.
2. Sebagian besar mikroorganisme akan mati dalam lingkungan yang relatif berbahaya karena meningkatnya kompetisi.
3. Pengolahan *BSF* menuntun aliran yang terus – menerus untuk memberikan pemasukan oksigen yang konstan pada lapisan biofilm.
4. Saat air mengalir melalui *biosand filter*, mayoritas patogen terjadi dibagian paling atas filter, Dimana lapisan biofilm ada (Tung,2003).

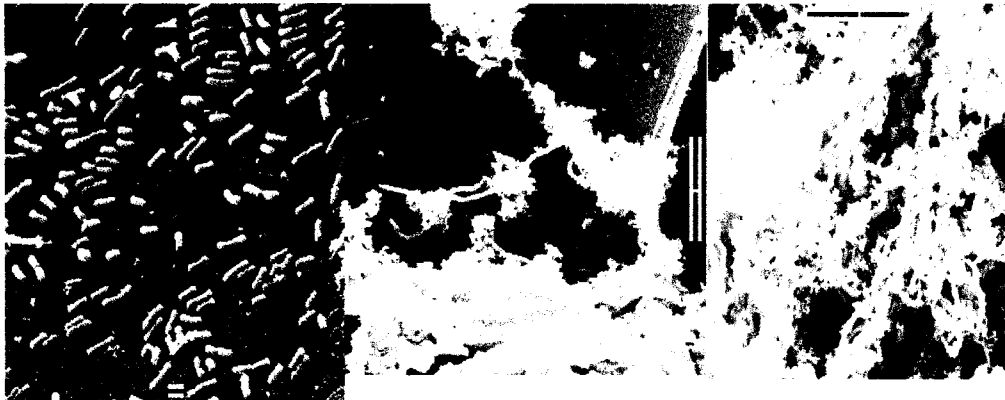
2.5.3 Lapisan Biofilm (*Schmutzdecke*)

Kata *Schmutzdecke* berasal dari bahasa Jerman yaitu berarti 'Lapisan kotor'. Lapisan film yang lengket ini, yang mana berwarna merah kecoklatan, terdiri dari bahan organik yang terdekomposisi, besi, mangan dan silika dan oleh karena itu bertindak sebagai suatu saringan yang baik yang berperan untuk meremoval partikel - partikel koloid dalam air baku. *Schmutzdecke* juga merupakan suatu zone dasar untuk aktivitas biologi, yang dapat mendegradasi beberapa bahan organik yang dapat larut pada air baku, yang bermanfaat untuk mengurangi rasa, bau dan warna (WEDC, 1999).

Lapisan biofilm (*schmutzdecke*) adalah suatu istilah yang digunakan untuk menggambarkan suatu lingkungan kehidupan yang khusus dikelompokkan dari sekelompok mikroorganisme, yang melekat pada suatu permukaan padat dalam lingkungan perairan (Hegazi, 2004). Biasanya istilah *schmutzdecke* digunakan untuk menandakan zone aktivitas biologi yang umumnya terjadi di dalam lapisan pasir. Lapisan biofilm (*schmutzdecke*) berfungsi sebagai penyaring mekanis, kedalaman *schmutzdecke* bisa dikatakan dapat menghubungkan kepada zone penetrasi dari partikel - partikel padatan dimana ukurannya yaitu antara 0.5- 2 cm dari lapisan suatu saringan *biosand filter*. Pada cakupan kedalaman ini, *schmutzdecke* menggabungkannya dengan lapisan biologi yang lebih dalam dan partikel – partikel bebas yang mengalir ke dalam zone ini setelah melintasi lapisan *schmutzdecke* tersebut. Zone yang lebih dalam ini bukan merupakan sebuah zone penyaringan mekanis tetapi lebih merupakan suatu lanjutan area perlakuan secara biologis.

Lapisan biofilm (Schmutzdecke) perlu didiamkan tanpa adanya gangguan. Hal ini dilakukan agar aktifitas biologis yang terdapat di dalam lapisan atas pasir tidak terganggu, sehingga lapisan *biofilm* dapat berkembang dengan baik.

Biofilm terdiri dari sel – sel mikroorganisme yang melekat erat pada suatu permukaan sehingga berada dalam keadaan diam, dan tidak mudah untuk terlepas dan atau berpindah tempat (*irreversible*). Pelekatan ini seperti pada bakteri disertai oleh penumpukkan bahan – bahan organik yang diselubungi oleh *polimer ekstra seluler* yang dihasilkan oleh bakteri tersebut. Matrik ini berupa struktur benang – benang bersilang satu sama lain yang dapat berupa perekat bagi biofilm. (Tung, 2003). Adapun untuk proses pembentukan *biofilm* dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.1 Proses Pembentukan *Biofilm*

Sumber : Basu & Cleary, 2004

Dalam biofilm, banyak jenis Mikroorganisme predator (seperti amuba dan metazoa tingkat rendah). Dapat diketahui bahwa mikroorganisme yang ada didalam

suatu saringan pasir menghasilkan berbagai macam unsur yang berfungsi sebagai bahan kimia atau racun secara biologi pada bakteri yang berhubungan dengan usus. Efek yang dikombinasikan dari lingkungan yang bertolak belakang ini mengakibatkan kematian dan ketidakmampuan untuk bergerak dari banyak bakteri pathogen, pada akhirnya terjadi penurunan bakteri pathogen. Efek ini akan menjadi lebih besar seperti pada tumbuh-tumbuhan dan fauna dalam pengembangan *filter* pada penyediaan makanan yang cukup, oksigen, dan temperatur sesuai.

Proses oksidisasi pada pasir yang dapat memusnahkan bahan - bahan organik dalam air baku, termasuk bakteri – bakteri pathogen yang mati. Bakteri menghasilkan suatu unsur yang licin yang terdiri dari *exocellular polymers* seperti halnya sel mati dan sel – sel yang hidup, unsur ini dikenal sebagai *zoogeal* (Brock Dan Madigan, 1991).

Di dalam *schmutzdecke* dan lapisan film *zoogeal* ini, bakteri pada awalnya memperoleh nutrisi dari air baku dengan pemilihan yang selektif, bahan - bahan organik yang disimpan tersebut digunakan sebagai bahan makanan. Bakteri mengoksidasi sebagian dari makanan untuk menyediakan energi yang mereka perlukan untuk proses metabolisme bagi mereka (*disimilasi*) dan mereka mengkonversi sebagian dari makanan tersebut ke dalam material sel untuk pertumbuhan mereka (*asimilasi*). Dengan begitu zat organik yang mati diubah menjadi material hidup. Produk hasil proses *disimilasi* terbawa oleh air, untuk digunakan lagi pada kedalaman lebih besar oleh mikroorganisme lain.

Populasi bakteri terbatas oleh jumlah material organik yang disediakan oleh aliran air baku, pertumbuhan (*asimilasi*) yang kemudian imbangi oleh suatu

padanan permulaan dari sebuah kematian. Cara ini dapat memusnahkan zat – zat organik yang dapat digunakan oleh bakteri yang berada pada kedalaman terendah. Di dalam pergerakannya mendegradasi bahan - bahan organik yang ditunjukkan pada air baku adalah dilakukan pemecahan secara berangsur-angsur dan zat tersebut diubah jadi air, CO₂ dan garam anorganik yang secara relatif tidak bahaya seperti sulfat, nitrat, dan fosfat (mineralisasi) yang akan dihilangkan anak pada *effluent filter* (Hegazi, 2004).

2.5.4 P ersediaan Makanan Lapisan Biofilm (*Schmutzdecke*)

Pada tingkat ketahanan mikroorganisme di dalam zone biologi, mikroorganisme tersebut memerlukan persediaan makanan didalam air baku. Menyebarkan benih saringan itu dengan air baku yang produktif dipastikan akan mendapatkan filtrasi secara biologi yang lebih efisien (Palmateer et al, 1999).

2.5.5 P ersediaan Oksigen

Pada tingkat ketahanan mikroorganisme di dalam zone biologi, mikroorganisme tersebut memerlukan persediaan oksigen. Oksigen digunakan pada proses metabolisme dari komponen – komponen pada proses pendegradasian, pelumpuhan dan konsumsi dari bakteri pathogen. Jika oksigen tersebut berkurang hingga mencapai angka nol selama proses penyaringan pembusukan secara anaerobik terjadi, dengan produksi H₂S, amoniak, dan rasa lain- dan odour-produksi unsur secara bersama-sama dengan mangan dan besi terlarut, yang membuat treatment terhadap air tersebut yang tidak sesuai digunakan untuk mencuci pakaian dan untuk

keperluan lainnya. Dengan begitu rata-rata oksigen yang ada didalam air yang disaring harus tidak kurang dari 3 mg/l dan diharapkan untuk dihindarkan seluruh keseluruhan area *bed* saringan berada pada kondisi anaerobik (Huisman Dan Wood, 1974).

2.5.6 Proses Pemurnian di dalam Schmutzdecke dan Zone biologi

Secara normal, temperatur yang digunakan agar *biofilm* dapat hidup yaitu sekitar 37°C, bakteri tersebut tidak tumbuh dengan subur pada temperatur di bawah 30°C Permukaan saringan umumnya tidak berisi bahan organik yang berasal dari binatang untuk kebutuhan gizi, bakteri ada juga kompetisi untuk makanan dari mikroba lainnya di dalam saringan. Sedangkan pada kedalaman lebih rendah makanan yang disukai akan menjadi rebutan bakteri sehingga mereka kelaparan, terutama sekali pada temperatur lebih tinggi ketika tingkat metabolisme mereka meningkat. Banyak jenis mikroorganisme predator (seperti amuba dan metazoa tingkat rendah) dimana keberadaan mereka begitu banyak pada bagian atas saringan yang hidup dengan sel lainnya.(Hegazi, 2004).

Proses oksidisasi pada pasir yang dapat memusnahkan bahan - bahan organik dalam air baku, termasuk bakteri – bakteri pathogen yang mati. Bakteri menghasilkan suatu unsur yang licin yang terdiri dari *exocellular polymers* seperti halnya sel mati dan sel – sel yang hidup, unsur ini dikenal sebagai *zoogeal* (Brock Dan Madigan, 1991).

Di dalam *schmutzdecke* dan lapisan film *zoogeal* ini, bakteri pada awalnya memperoleh nutrisi dari air baku dengan pemilihan yang selektif, bahan - bahan

organik yang disimpan tersebut digunakan sebagai bahan makanan. Bakteri mengoksidasi sebagian dari makanan untuk menyediakan energi yang mereka perlukan untuk proses metabolisme bagi mereka (*disimilasi*) dan mereka mengkonversi sebagian dari makanan tersebut ke dalam material sel untuk pertumbuhan mereka (asimilasi). Dengan begitu zat organik yang mati diubah menjadi material hidup. Produk hasil proses *disimilasi* terbawa oleh air, untuk digunakan lagi pada kedalaman lebih besar oleh mikroorganisme lain.

Efek yang dikombinasikan dari lingkungan yang bertolak belakang mengakibatkan kematian dan ketidakmampuan untuk bergerak dari banyak bakteri patogen. Di dalam *schmutzdecke* dan lapisan film *zoogeal* ini, bakteri pada awalnya memperolehnya dari air baku dengan pemilihan yang selektif, bahan - bahan organik yang disimpan tersebut digunakan sebagai bahan makanan. Bakteri mengoksidasi sebagian dari makanan untuk menyediakan energi yang mereka perlukan untuk proses metabolisme bagi mereka (*disimilasi*) dan mereka mengkonversi sebagian dari makanan tersebut ke dalam material sel untuk pertumbuhan mereka (asimilasi). Dengan begitu zat organik yang mati diubah menjadi material hidup. Produk hasil proses *disimilasi* terbawa oleh air, untuk digunakan lagi pada kedalaman lebih besar oleh mikroorganisme lain.

Populasi bakteri terbatas oleh jumlah material organik yang disediakan oleh aliran air baku, pertumbuhan (*asimilasi*) yang kemudian dimbangi oleh suatu padanan permulaan dari sebuah kematian. Cara ini dapat memusnahkan zat - zat organik yang mana dapat digunakan oleh bakteri yang berada pada kedalaman terendah.

Di dalam pergerakannya biofilm mendegradasi bahan - bahan organik yang ditunjukkan pada air baku adalah dilakukan pemecahan secara berangsur-angsur dan zat tersebut diubah jadi air, CO₂ dan garam anorganik yang secara relatif tidak bahaya seperti sulfat, nitrat, dan fosfat (mineralisasi) yang akan dihilangkan anak pada *effluent filter*.(Hegazi, 2004).

Biofilm terbentuk secara cepat dalam sistem yang mengalir, dimana suplai nutrisi tersedia secara teratur bagi bakteri. Pertumbuhan bakteri secara eksentif disertai oleh sejumlah besar polimer ekstraselluler, menyebabkan pembentukan lapisan berlendir (biofilm) yang dapat dilihat dengan mata telanjang pada permukaan baik biotik seperti daun dan batang tumbuhan air, kulit hewan –hewan air maupun abiotik seperti batu – batuan. Bakteri dihabitat alamiah umumnya dapat eksis dalam dua lingkungan fisik yang berbeda, yaitu :

1. Keadaan planktonik, berfungsi secara individu.
2. Keadaan diam dimana ia melekat pada suatu permukaan membentuk *biofilm* dan berfungsi sebagai komunitas yang bekerja sama dengan erat (Jatmilah, 2003).

Pada air oligotropik bakteri tumbuh secara aktif walaupun lambat, sedangkan banyak diantaranya tidak dapat mengambil makanan yang cukup untuk mendukung pertumbuhan lalu hanya survive pada keadaan lapar. Kemampuan bakteri untuk bertahan dalam keadaan diam (Jatmilah, 2003).

Walapun bakteri dapat tumbuh pada keadaan bebas (Free- Living) atau planktonik, secara umum mereka melekat kesuatu permukaan dengan menghasilkan *polisakarida ekstra seluler* (EPS). Pelekatan ini menghasilkan mikrokoloni, sebagai

awal perkembangan *biofilm* yang dimulai dari satu sel, tetapi sering berkembang menjadi beberapa bakteri membentuk *multilayers*. Dengan matrik yang hidup pada kompleks. Dalam kenyataannya, hampir semua kenyataan berhubungan dengan cairan dan nutrisi akan dikoloni oleh mikroorganisme. *Polisakarida ekstra seluler* (EPS) sangat penting dalam kehidupan *biofilm*. Dia dapat menyediakan makan bagi *biofilm*, terlibat dalam mekanisme pertahanan inang, dan membantu dalam agregasi dan pelekatan permukaan. Perlindungan *polisakarida ekstra seluler* (EPS) menyebabkan *biofilm* untuk bertahan pada kondisi dimana sel sudah tidak mampu bertahan hidup (Jatmilah, 2003).

2.5.7 Waktu Pematangan / Pemasakan *Biofilm*

Biosand Filter membutuhkan periode satu hingga tiga minggu untuk membentuk lapisan *Biofilm*. Periode ini memungkinkan pertumbuhan yang cukup dari lapisan biologis dalam lapisan pasir (Hegazi, 2004).

Biofilm dapat tumbuh pada suhu 21 °C, yaitu sekitar 16 hari untuk lapisan *biofilm* untuk menumbuhkan sekitar 85-90%. (Hegazi, 2004). Sedangkan periode pematangan terjadi pada saat *Biosand Filter* terpasang pertama kali, atau ketika lapisan *biofilm* rusak (selama pembersihan penyaringan), waktu yang dibutuhkan oleh *biofilm* untuk tumbuh menjadi matang. Periode pematangan dapat diperpendek beberapa hari dan bisa juga lama sampai beberapa minggu, tergantung dari temperatur air dan mekanisme kimia. Sebagai contoh: konsentrasi tinggi dari senyawa organik dalam pengaruh air dapat memacu pematangan *biofilm*. Selama periode pemasakan, penyaringan tidak mampu merubaha keefektifan bakteri kerana

hanya mekanisme kimia-fisika yang bekerja memindahkan bakteri (Tommy Ngai&Sophie,2003)

2.5.8 Pembersihan *Biosand Filter*

Pasir didalam *Biosand Filter* membutuhkan pembersihan periodik. Umumnya karena lapisan *biofilm* dalam *Biosand Filter* terus terakumulasi dan tumbuh hingga tekanan akan aliran hilang karena lapisan *biofilm* menjadi berlebihan. Lapisan *biofilm* dalam *Biosand Filter* dan filtrasi pasir lambat biasanya di bersihkan setiap 1 hingga 3 bulan tergantung pada level kekeruhan. Tetapi, selama kekeruhan begitu tinggi dimana pasir membutuhkan pembersihan setiap 2 minggu atau bahkan sesering mungkin. Selain kekeruhan, jumlah pembersihan tergantung pada distribusi partikel, kualitas air yang masuk dan temperatur air (Bush, Gurnsey & L.Mulius,2004).

Pembersihan Filter untuk *Biosand Filter* jauh lebih sederhana di banding filter yang lain, yaitu *Biosand Filter* tidak perlu dikeringkan. Saat tingkat filtrasi menurun drastis, waktu refensi hidrolik akan meningkat, yang menunjukkan bahwa *Biosand Filter* perlu dibersihkan. Karena jika ada kekeruhan yang banyak sehingga terjadi kemacetan pada *Biosand Filter*. Pembersihan kondisi turbiditas normal hanya dengan cara memecah lapisan *biofilm* dengan cara mengaduk secara perlahan- lahan air di atas lapisan *biofilm*. Oleh sebab itu kedalaman air 5 cm cukup penting untuk efesiensi BSF yang mana alasan utamanya adalah untuk mencegah pasir dari kekeringan di lapisan atas. Selain itu juga nantinya air tersebut akan diambil untuk dibuang sebanyak kurang lebih 2 cm saat pembersihan.(Palmateer et al,1999).

2.5.9 Keuntungan *Biosand Filter* :

a. Efektif

Biosand Filter merupakan instansi pengolahan yang dapat berdiri sendiri dan sekaligus dapat memperbaiki kualitas secara fisik, kimia, biologis, bahkan dapat menghilangkan sama sekali bakteri pathogen tetapi dengan ketentuan operasi dan pemeliharaan filter dilakukan secara benar dan baik.

b. Murah

Karena pada dasarnya saringan pasir lambat tidak memerlukan energi dan bahan kimia serta pembangunannya tidak memerlukan biaya besar, biaya konstruksinya akan lebih murah dari biaya konstruksi saringan pasir cepat.

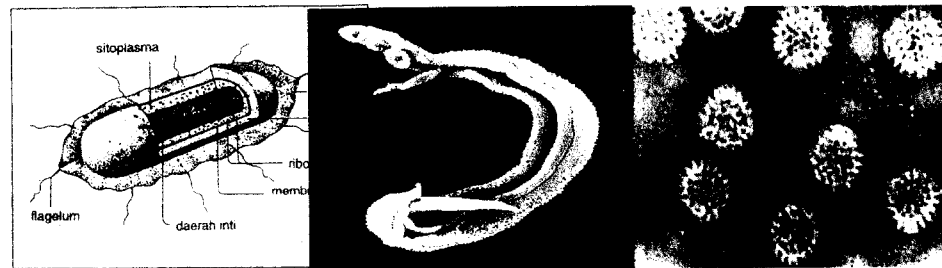
c. Sederhana

Karena operasi dan pemiliharaanya murah, tidak memerlukan tenaga kusus yang terdidik dan terampil, sehingga cara ini cocok untuk digunakan di daerah pedesaan, khususnya di negara- negara yang sedang berkembang.

Berdasarkan penelitian University of Waterloo, Ontario, Canada (Onita Basu & Shawn Cleary, 2004) keuntungan *Biosand Filtration* menghilangkan mikroorganisme seperti:

- 1 *E.Coli dan fecal Coli* 95 -100 % (Gambar A)
- 2 *Schistosoma* 100 % (Gambar B)
- 3 *Enteric Viruses* 99.99 % (Gambar C)
- 4 *Gyptosporidium* 99.99 % (Gambar D)
- 5 *Giardia* 99.99 % (Gambar D)

Adapun bakteri–bakteri tersebut dapat terlihat pada gambar dibawah ini



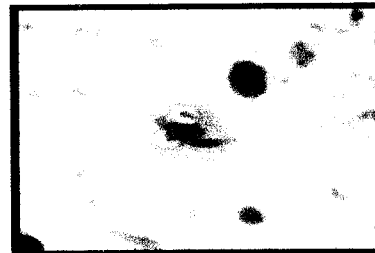
A. *E.Coli dan fecal Coli*

B. *Schistosoma*

C. *Enteric Viruses*



D. *Gyptosporidium*



E. *Giardia*

Gambar 2.2 Bakteri – bakteri yang dapat di hilangkan *Biosand Filter*

Sumber : Basu & Cleary, 2004

Kerugian *Biosand Filter* :

- a. Sangat sensitif dengan variasi pH air baku.
- b. Waktu pengendapan air baku cukup lama sehingga proses filtrasi juga berlangsung lama apabila kapasitas besar.
- c. Karena pencucian umumnya dilakukan secara manual sehingga akan membutuhkan tenaga manusia yang banyak, tetapi dalam skala kecil tidak terlalu berat.

- d. Ketidak mampuan *Biosand Filter* untuk menangani turbiditas tinggi selama musim hujan, dimana jumlah hujan dan aliran air berlebih akan meningkatkan turbiditas.

2.5.10 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 elektrostatik, yaitu antara partikel – partikel yang mempunyai muatan listrik yang berlawanan.
4. Aktivitas kimia, beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.

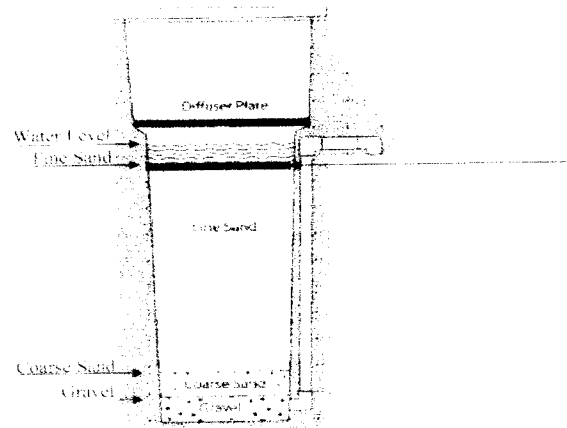
5. Aktivitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter

Ketika menggunakan pasir sebagai media penyaring, ada dua faktor penting yang akan berperan. Ukuran butiran pasir dan kedalaman pasir. Kedua – duanya mempunyai efek penting dalam ilmu bakteri dan kualitas air secara fisik. Disamping itu, faktor lain 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.

Kebanyakan literatur merekomendasikan bahwa ukuran pasir yang efektif yang digunakan untuk saringan pasir lambat yang dioperasikan harus disekitar 0.15-0.35 mm dan keseragaman koefisien harus di sekitar 1.5-3 mm.

Pasir yang digunakan pada suatu saringan pasir lambat harus lebih dibulatkan, dan bebas dari tanah liat, bahan lain atau zat organik. Jika perlu pasir harus dicuci sebelum digunakan.(Hegazi,2004).



Gambar 2.3 Biosand Filter

Sumber : Yung, 2003

Tabel 2.1 Kriteria Desain *Biosand Filtration* :

Keterangan	Biosand Filter
Kecepatan	Berlahan-lahan
Loading Rate	0.6 m ³ /m ² /hari
Warna	30-100%
Kekeruhan	< 1 NTU

Bush, Gurnsey, dan L. Mulius, 2003

Biosand filter menggunakan pasir sebagai media saringan ada dua faktor penting yang akan berperan. Ukuran butiran pasir dan kedalaman pasir. Keduanya mempunyai efek penting dalam ilmu bakteri dan kualitas air secara fisik. Kebanyakan literatur merekomendasikan bahwa ukuran pasir yang efektif yang digunakan untuk saringan pasir lambat yang dioperasikan harus di sekitar 0.15- 0.35 mm dan keseragaman koefisien harus di sekitar 1.5- 3.mm

Pasir yang digunakan pada suatu saringan pasir lambat harus lebih dibulatkan, dan bebas dari tanah liat, lahan atau zat organik. Jika perlu, pasir harus dicuci sebelum digunakan (Hegazi, 2004).

Ketinggian air maksimum Biosand filter didesain 5 cm di bagian atas air dilapisi pasir halus. Ketinggian 5 cm menjadi ketinggian optimim dari perpindahan patogen. Jika tingkatan air terlalu dangkal, lapisan *biofilm* dapat lebih mudah terganggu karena rusak oleh kecepatan datangnya air. Disisi lain, jika tingkatan air terlalu dalam, jumlahnya tidak cukup pada difusi O₂ pada *biofilm*. Mengakibatkan kematian dari mikroorganisme pada lapisan *biofilm*. Sebagai tambahan sebesar 5 cm untuk melindungi lapisan air, kontak pendifusi diatas lapisan butir-butir pasir memberikan tujuan yang penting untuk mengurangi kecepatan dari datangnya air yang dapat merusak lapisan paling atas dari pasir. Ketika air yang terkontaminasi mikrobial dimurnikan dengan *biosand filter* organisme pemangsa predator yang berada di lapisan *biofilm* akan memakan patogen-patogen yang ada (Tommy & Sophie, 2003).

Pada saringan pasir yang dioperasikan secara *intermitten*, kedalaman dari proses biologi juga bergantung pada seberapa banyak air yang ada di atas pasir

selama sela waktu. Semakin dangkal kedalaman air berarti oksigen yang tersedia akan lebih banyak, sehingga bisa menyebabkan pada lapisan biologi zone yang aktif dapat tumbuh dengan lebih dalam di dalam pasir tersebut (Yung, 2003).

Pada tingkat ketahanan mikroorganismenya di dalam zone biologi, pasir harus dijaga agar tetap basah. Ini harus selalu dipastikan bahwa saringan itu tidak dalam keadaan kering. Proses memusnahkan patogen dalam kontaminasi mikroba melalui air belum dipahami secara baik. Dipercayai sekarang ini bahwa patogen dalam *biosand filter* dapat dimusnahkan secara primer dengan 3 mekanisme yaitu: kimia, fisika, dan biologi (Yung, 2003).

2.6 Hipotesa

1. *Biosand filter* dapat menurunkan kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn)
2. Ada perbedaan secara signifikan hasil proses *biosand filter* apabila variasi ketebalan pasir halus 40:50:60 cm diameter 0,25 mm, pasir kasar 15:10:5 cm diameter 0,85 mm, dan kerikil 15:10:5 cm diameter 6,3 mm.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Sebelum penelitian ini berjalan, semua media pasir halus, pasir kasar, dan kerikil serta filter sebagai alat yang digunakan harus dalam keadaan siap. Penelitian selanjutnya adalah mengetahui pertumbuhan lapisan *biofilm* setelah beberapa lama ditumbuhkan pada media pasir, lalu kemudian menguji parameter besi (Fe) serta mangan (Mn) setelah melalui reaktor *biosand filter*.

Penelitian ini berlangsung cukup lama, dikarenakan bocornya reaktor *Biosand Filter*. Adapun tahap awal penelitian ini adalah menyaring seluruh media berupa pasir halus, pasir kasar serta kerikil. Penyaringan dilakukan agar semua media mendapatkan variasi diameter yang sama. Sedangkan uji foto mikroskop dilakukan untuk mengetahui perkembangan lapisan *biofilm* yang terdapat pada permukaan pasir, selanjutnya mengujian sampel air baku, parameter yang diuji adalah kandungan besi (Fe) serta Mangan (Mn). Hasil dari penelitian ini akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

3.2. Objek Penelitian

Sebagai objek penelitian ini adalah kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) dari sumber air baku air tanah.

3.3. Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel air bertempat di Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Analisa ayakan media pasir halus, pasir kasar, serta kerikil dilakukan di laboratorium jalan raya, Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia Jogjakarta. Sedangkan untuk Analisa pengujian lapisan biofilm, dilakukan di Laboratorium Bio Manajemen Fakultas Biologi Atma Jaya Jogjakarta. Serta untuk analisa sampel pengujian besi (Fe) serta Mangan (Mn) dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia Jogjakarta.

3.4. Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini terdiri dari dua, yaitu:

1. Variabel bebas (*Independent Variable*).

- Tinggi /ketebalan media yang digunakan yaitu:
 - Pasir halus dengan ketinggian : 40.50.60 cm
 - Pasir kasar dengan ketinggian : 15.10.5 cm
 - Kerikil dengan ketinggian : 15.10.5 cm
- Diameter media:
 - Pasir Halus : 0.25 mm
 - Pasir Kasar : 0.85 mm
 - Kerikil : 6.3 mm

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1 Ketinggian Media

Pasir Halus(cm)	Pasir Kasar (cm)	Kerikil (cm)	Tinggi Total (cm)
40	15	15	70
50	10	10	70
60	5	5	70

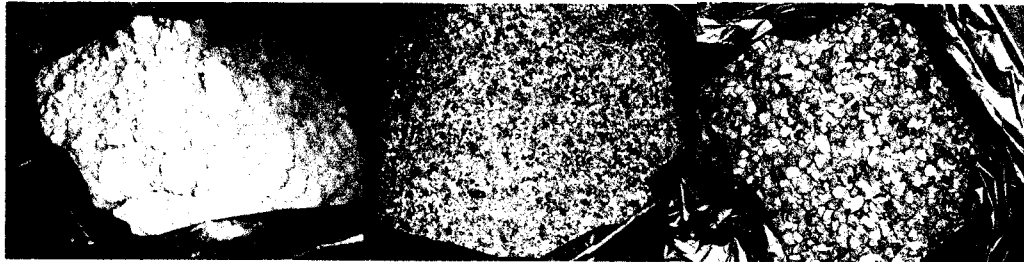
2. Variabel terikat (*Dependent Variable*)

Parameter yang diteliti adalah besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air tanah.

3.5. Bahan Dan Alat Penelitian

3.5.1 Penyediaan Media Pasir Halus, Pasir Kasar dan Kerikil.

Pada penelitian ini, sebelum media dimasukkan kedalam filter, perlu dilakukan pengayakan pada media agar diameter butiran sama. Pengayakan dilakukan dengan menggunakan mesin pengayak dengan menyusun mest yang lebih besar dibagian atas. Adapun mest yang digunakan adalah mest $\frac{1}{4}$ inci dengan ukuran 6.3 mm kemudian mest 20 dengan ukuran 0.85 mm dan mest 60 dengan ukuran 0.25 mm. Sedangkan yang lolos dari mest 60 adalah PAN. Pengayakan dilakukan kurang lebih 2 minggu, hal ini selain media yang dibutuhkan banyak dan keterbatasan alat pengayakan. Hal lainnya adalah waktu pengayakan yang ± 5 menit setiap mesin dinyalakan dan keterbatasan media yang dimasukkan kedalam alat pengayakan yang terlalu sedikit.



Gambar 3.1 Media pasir halus, pasir kasar dan kerikil

3.5.2 Alat Penelitian

Reaktor merupakan elemen penting dalam melaksanakan penelitian. Dalam penelitian ini, reaktor *biosand filter* dibuat rectangular dengan menggunakan kaca agar pembentukan lapisan biofilm dapat terlihat dengan jelas. Dimensi dari reaktor *biosand filter* direncanakan sendiri,sesuai dengan tinggi total media.



Gambar 3.2 Reaktor Biosand Filter

3.6.1 Persiapan media

Setelah seluruh media diayak, sesuai dengan ukuran butiran yang diinginkan, kemudian media tersebut dicuci. Pencucian dilakukan agar kotoran / debu yang menempel pada media pasir serta kerikil hilang.

3.6.2 Persiapan alat

Biosand filter adalah reaktor yang terbuat dari kaca dengan ukuran panjang 30 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 30 cm. Setelah reaktor *biosand filter* siap (tidak mengalami kebocoran), maka seluruh media dimasukkan ke dalam reaktor dengan variasi ketinggian yang diinginkan. Pada penelitian ini reaktor diletakkan di laboratorium Rancang Bangun, dikarenakan dekat dengan tempat pengambilan sampel serta analisa.



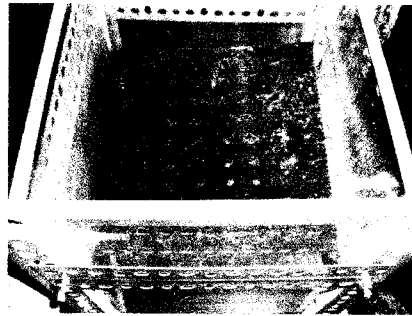
Gambar 3.3 Biosand Filter

Setelah melakukan penyaringan yang menggunakan pasir halus, pasir kasar, dan kerikil dengan variasi ketinggian yang berbeda yaitu:

1. Ketinggian pertama : 40 cm pasir halus, 15 cm pasir kasar, dan 15 cm kerikil
2. Ketinggian kedua : 50 cm pasir halus, 10 cm pasir kasar, dan 10 cm kerikil
3. Ketinggian ketiga : 60 cm pasir halus, 5 cm pasir kasar, dan 5 cm kerikil

Ketinggian total dari biosand filter adalah 75cm, dimana 70 merupakan tinggi total media, dan 5 cm diatas media pasir adalah tinggi air diatas permukaan pasir.

Air tersebut berfungsi untuk mencegah pasir kering diatas lapisan biofilm serta agar biofilm yang telah terbentuk tidak terganggu. Agar lapisan biofilm yang telah terbentuk tidak rusak / terganggu maka diatas permukaan air dipasang fiber glass.



Gambar 3.4 Penghalang kecepatan air

Filter dijalankan secara *intermitten*, maksudnya untuk menumbuhkan lapisan *biofilm* air dijalankan setiap 2 hari, lalu hari berikutnya dimatikan. Hal ini dilakukan sampai lapisan *biofilm* tersebut tumbuh. Pengujian lapisan *biofilm* dengan

menggunakan foto Mikroskop. Dari hasil Foto Mikroskop diperoleh hasil pada hari ke-7 telah terbentuk lapisan biofilm. Karena lapisan biofilm sudah terbentuk, dilakukan pengambilan sampel untuk parameter Besi (Fe) dan Mangan (Mn).

3.6.3 Pengujian Biofilm

Pengujian lapisan *biofilm* dilakukan setelah lapisan *biofilm* sudah terbentuk. Uji lapisan *biofilm* ini dilakukan mulai hari ke -7. Dengan cara mengambil media pasir yang terdapat pada lapisan atas permukaan pasir dengan pipet. Lalu diletakan pada kaca objek, setelah kaca objek kering, kemudian baru diuji dengan menggunakan mikroskop untuk mengetahui pertumbuhan lapisan *biofilm* secara jelas.

3.7 Pengukuran Besi (Fe) dan Mangan (Mn)

Effluent hasil penyaringan reaktor *biosand filter* dianalisa di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia Jogjakarta menggunakan metode *spektrofotometri*. Metode yang digunakan untuk tiap parameter yang diperiksa antara lain adalah:

1. Pemeriksaan besi total

Sebagai acuan dalam pemeriksaan ini yaitu SNI 19-1127-1989;AWWA 3500-Fe D.

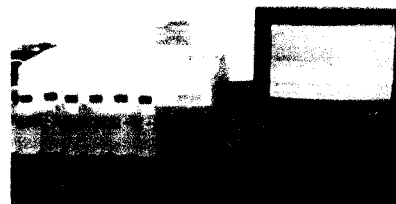
Pada standar ini diuraikan cara kolorimetri fenatrolin. Cara ini dapat dipakai untuk menentukan kadar besi total, besi terlarut, dan ion ferro dalam air dengan

batas kadar optimum antara 0.02 – 0.04 mg/liter. dateksi 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 hidrosilamin menjadi ion ferro. Ferro dengan 1,10 fenantrolin khelat yang berwarna merah. Warna yang terbentuk dibandingkan terhadap warna standar yang diketahui kadarnya.



Gambar 3.5 Sampel hasil analisa

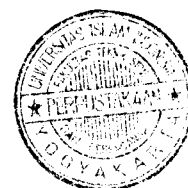


Gambar 3.6 Spectrofotometri

2. Pemeriksaan Mangan (Mn)

menggunakan cara uji kolometri perpulfat (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 yang berwarna ungu kemerahan. Adapun prosedur kerja untuk analisa Fe total dan Mn dapat dilihat pada lampiran.



3.8 Analisis Data

Effluent dari hasil pengolahan oleh alat dianalisa di laboratorium dan untuk mengetahui efisiensi penurunan kadar Fe dan Mn, maka dihitung efisiensinya dengan membandingkan influent dan effluent dan dinyatakan dalam persen.

Perhitungan efisiensi :

$$E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

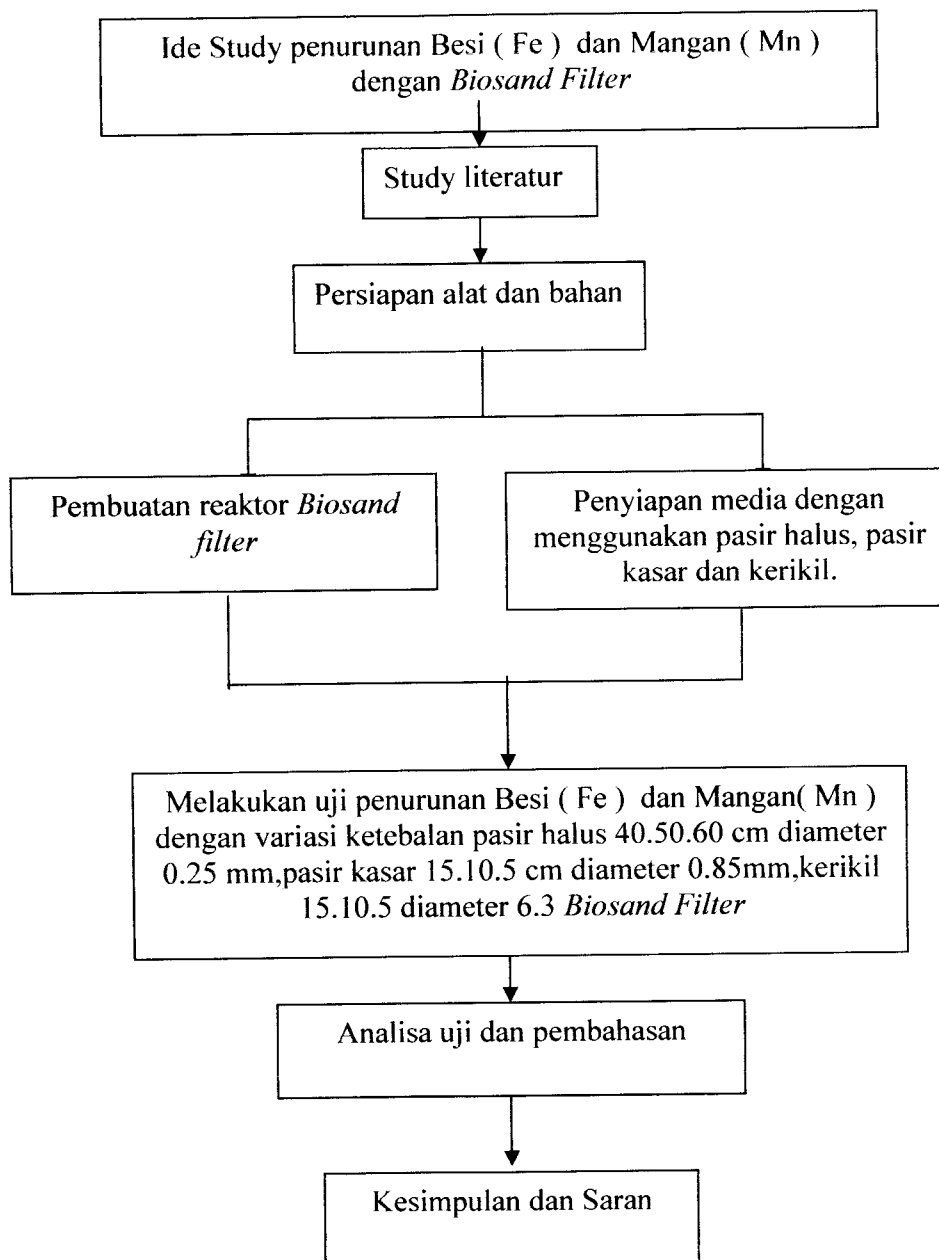
E = Efisiensi

C₁ = Kadar Fe atau Mn sebelum *treatment*

C₂ = Kadar Fe atau Mn sesudah *treatment*

3.9 Kerangka Penelitian Tugas Akhir

Untuk mempermudah proses pengerjaan tugas akhir ini, maka dibuat diagram alir penelitian .Adapun Metodologi penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 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. Kadar Fe dan Mn yang digunakan Pada Reaktor *Biosand Filter*.

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1	Fe Total	mg/l	1.269
2	Mn	mg/l	0,383

(Sumber : Data Primer 2006)

4.1.2 Hasil Uji Lapisan Biofilm

Biofilm adalah cairan liat (*slime*) organik yang dihasilkan oleh bakteri yang hidup dalam perairan. Cairan liat ini melindungi mikroorganisme terhadap pengaruh faktor lingkungan yang membantu mikrobial tadi untuk melekat pada permukaan padat.

Sebelum melakukan pengambilan sampel, semua media harus dalam keadaan steril. Sterilisasi dilakukan dengan cara mencuci semua media yaitu pasir halus, pasir kasar, dan kerikil. Setelah semua media dianggap bersih, kemudian media disusun sesuai ketinggian yang diinginkan. Setelah disusun, Filter dijalankan secara *intermitten* maksudnya untuk menumbuhkan lapisan *biofilm*, air dijalankan setiap 2 hari, lalu hari berikutnya dimatikan. Kecepatan antara inlet dan outlet diatur dengan mempertahankan 5 cm air diatas media pasir halus, ini dimaksudkan agar mengurangi kecepatan air dari inlet sehingga lapisan biofilm yang tumbuh dipermukaan pasir tidak rusak. Oleh sebab itu maka diperlukan pemantauan secara rutin sampai terbentuk lapisan biofilm.

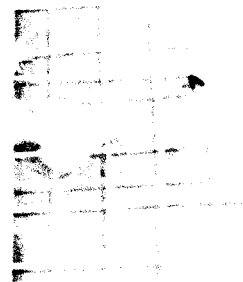
Untuk menumbuhkan lapisan biofilm diperlukan tempat agar lapisan biofilm tersebut dapat tumbuh dengan baik dan melekat pada media pasir. Untuk memastikan lapisan biofilm tersebut telah tumbuh pada *biosand filter* , maka perlu dilakukan pengujian terhadap lapisan tersebut dengan menggunakan Foto mikroskop yang dilakukan di Laboratorium Bio Manajemen Atmajaya Jogjakarta.

Tinggi lapisan biofilm sekitar 0.5-2 cm pada permukaan media pasir. Lapisan biofilm sangat mudah rusak karena terlalu tipis, pada saat pengambilan diperlukan

ketelitian dan kehati-hatian. Oleh sebab itu, pada saat pengambilan lapisan biofilm, air dari inlet harus dimatikan terlebih dahulu, ini dikarenakan apabila keran dihidupkan maka dapat mengganggu proses pengambilan lapisan biofilm. Pengambilan lapisan biofilm diambil dengan menggunakan pipet, lalu lapisan tersebut dipindahkan pada kaca objek yang kemudian dikeringkan, ini bertujuan Pada saat lapisan biofilm dikeringkan pada kaca objek, lapisan biofilm tidak akan berkembang biak lagi karena tidak adanya air sebagai nutrient.



Gambar 4.1 Pengambilan *biofilm*



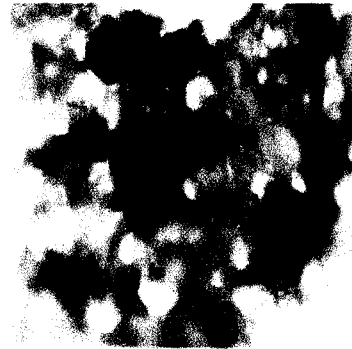
Gambar 4.2 Kaca Objek

Pengujian lapisan *biofilm* dilakukan setelah filter beroperasi selama 7 hari, Dari hasil foto mikroskop terlihat telah mulai terbentuk lapisan biofilm, tetapi *biofilm* hanya tumbuh di sebagian media pasir halus saja (terlihat pada hari ke- 7). Sedangkan yang diharapkan ialah bahwa lapisan biofilm terbentuk secara keseluruhan pada permukaan pasir halus. Pada hari ke-8, ke- 9, dan ke-10 hal yang sama pun dilakukan

yang mana perkembangan *biofilm* berubah tiap harinya (lapisan biofilm telah terbentuk secara keseluruhan). Pertumbuhan lapisan biofilm dapat terlihat pada gambar 4.1 dibawah ini :



Hari ke- 7



Hari ke-8



Hari ke-9



Hari ke-10

Gambar 4.3 Pertumbuhan biofilm

Biosand filter membutuhkan waktu satu sampai tiga minggu untuk membentuk lapisan biofilm (Hegazi,2004). Pertumbuhan biofilm ini banyak dipengaruhi oleh banyak faktor seperti interaksi antara bakteri, permukaan yang

ditempeli, kelembaban permukaan, makanan yang tersedia, ikatan ion, ikatan vanderweaals, tegangan serta kondisi permukaan (Tung K, 2003).

Pembentukan lapisan biofilm dapat tumbuh dengan sendirinya. Dapat dilihat secara fisik dari pertumbuhan lapisan biofilm tersebut, yaitu adanya lendir pada permukaan pasir serta terjadinya perubahan pada media pasir dari permukaan dari warna kuning muda, kemudian coklat muda, lalu menjadi merah kecoklatan merupakan tahap awal dari aktifitas mikroorganisme yang menjadi dasar pertumbuhan *biofilm*. Selain itu karena biofilm yang terdiri dari organisme predator amoeba dan metazoa yang berkembang setiap harinya, sebagian besar bakteri akan mati dalam lingkungan, dikarenakan meningkatnya kompetisi bakteri dalam lapisan biofilm tersebut sehingga dapat membantu mereduksi kadar besi dan mangan di dalam biosand filter.

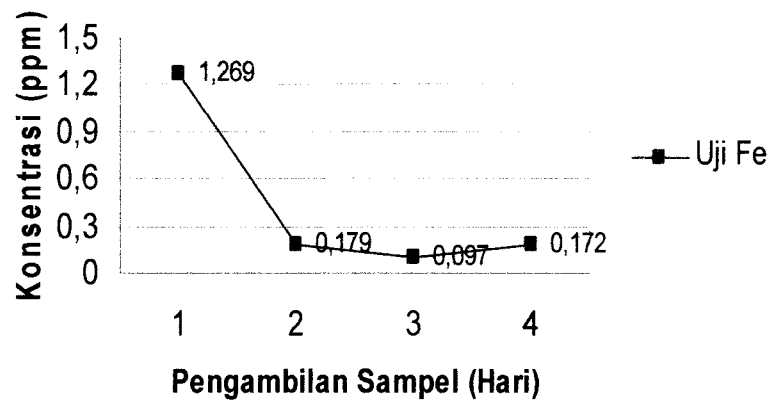
Proses oksidasi dan reduksi besi melibatkan bakteri sebagai mediator. Bakteri *kemosintesisithiobacillus* dan *ferrobacillus* memiliki sistem enzim yang dapat mentransfer elektron dari ion ferro kepada oksigen. Transfer elektron ini menghasilkan ion ferri, air, dan energi bebas yang digunakan untuk mensintesis bahan organik dari karbondioksida. Kecepatan oksidasi dan reduksi besi dan mangan dapat ditingkatkan dengan menggunakan katalisator, peranan akumulasi endapan besi, yaitu bakteria besi yang tumbuh pada media penyaring, dalam hal ini yaitu organisme predator amoeba dan metazoa yang berkembang setiap harinya pada butiran pasir unit biosand filter berlaku sebagai katalis untuk membantu mereduksi kadar besi dan mangan di dalam biosand filter.

Karena lapisan biofilm sudah terbentuk, lalu dilakukan pengambilan sampel untuk parameter Kadar Fe dan Mn Pada Reaktor *Biosand Filter*. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

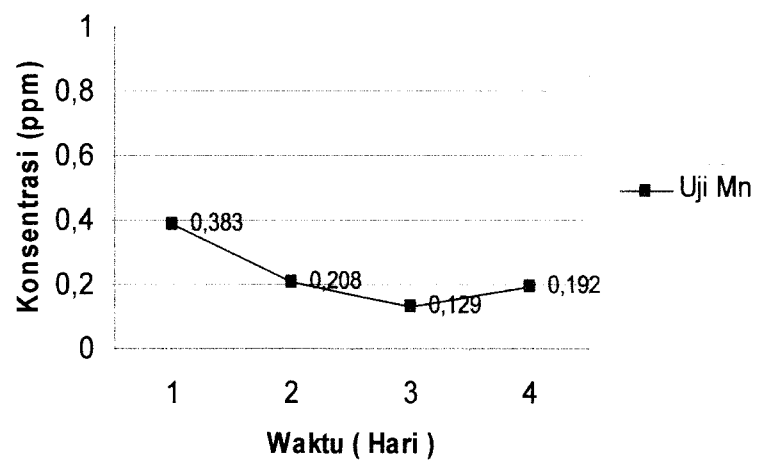
Dari hasil pengujian tersebut diperoleh bahwa terjadi penurunan kadar Fe dan Mn Pada Air Baku yang digunakan Pada Outlet air baku yang melewati Reaktor *Biosand Filter*.

4.2 Hasil Pengujian Fe Total Dan Mn dan dengan menggunakan *Biosand Filter*

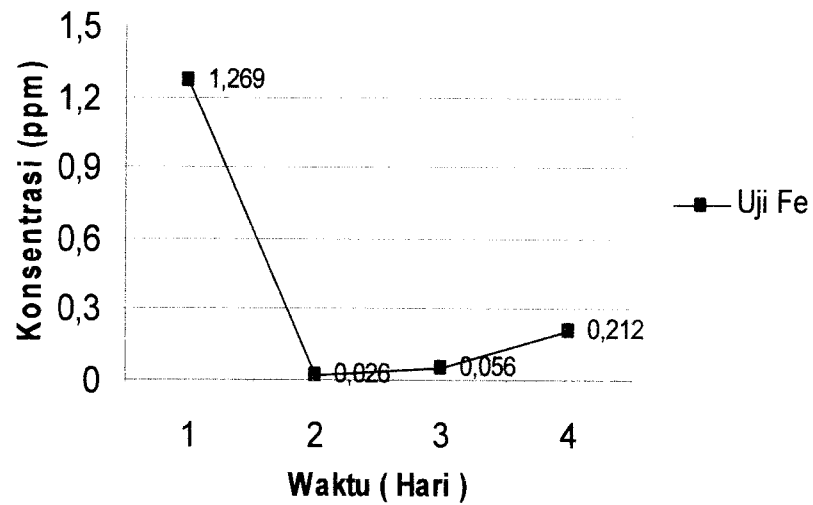
Adapun hasil pengujian dengan menggunakan proses *biosand filter* sebagaimana dapat dilihat pada Lampiran 3 (terlampir) diketahui bahwa kadar Fe dan Mn pada air baku mengalami penurunan setelah melalui *biosand filter* dengan variasi ketinggian media seperti terlihat pada Gambar 4.4 sampai Gambar 4.9 dibawah ini :
maka telah diketahui dari hasil analisa (terlampir) didapat data – data seperti pada grafik berikut :



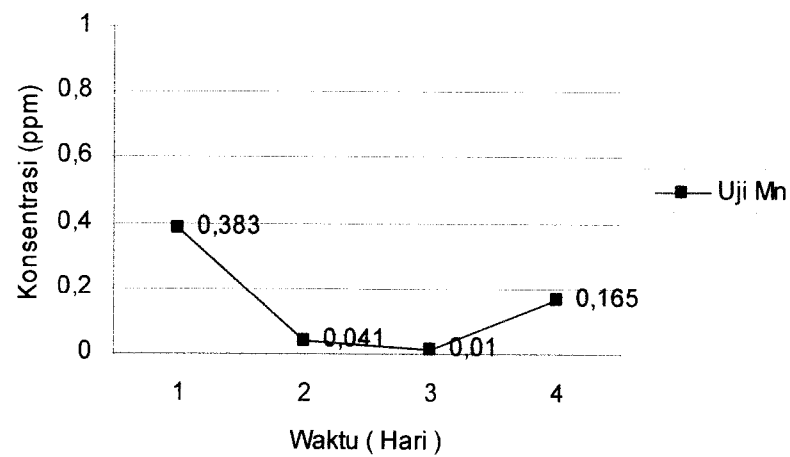
Gambar 4.4 Grafik Fe Total Variasi ketinggian media 40:15:15



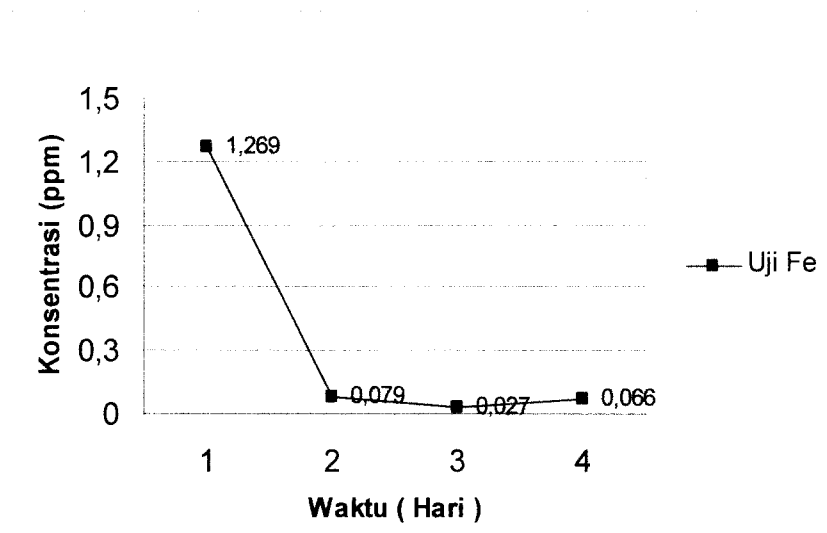
Gambar 4.5 Grafik Mn Variasi ketinggian media 40:15:15



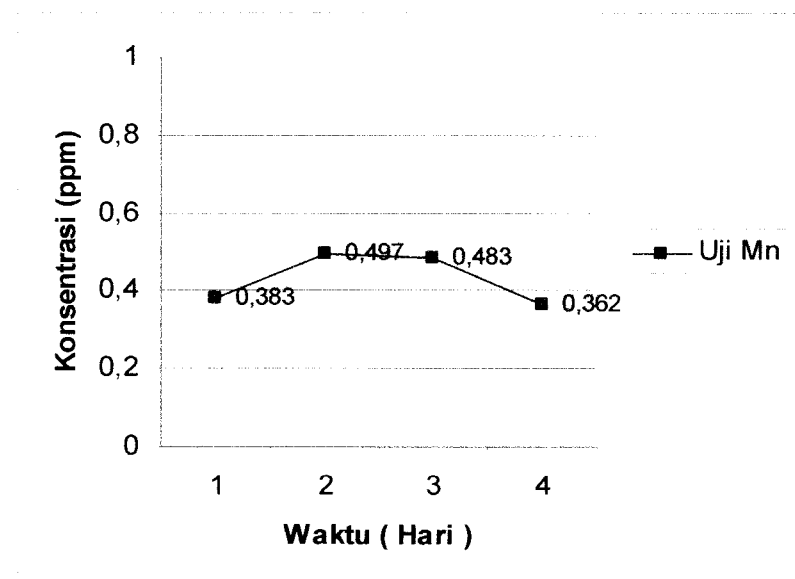
Gambar 4.6 Grafik Fe Total Variasi ketinggian media 50:10:10



Gambar 4.7 Grafik Mn Variasi ketinggian media 50:10:10



Gambar 4.8 Grafik Fe Total Variasi ketinggian media 60:5:5



Gambar 4.9 Grafik Mn Variasi ketinggian media 60:5:5

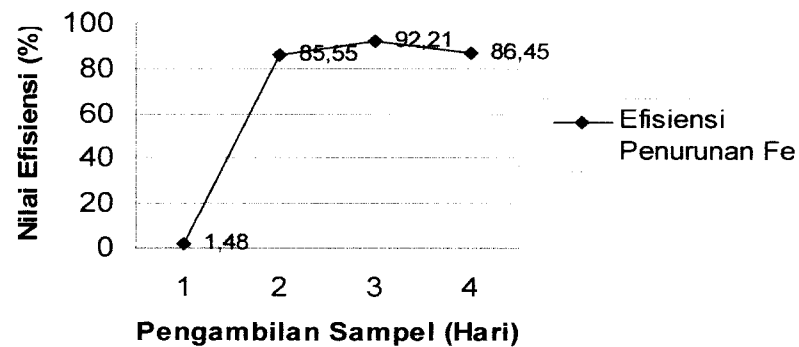
4.3 Pembahasan Fe Total Dan Mn

Berdasarkan tabel 4.1, 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.

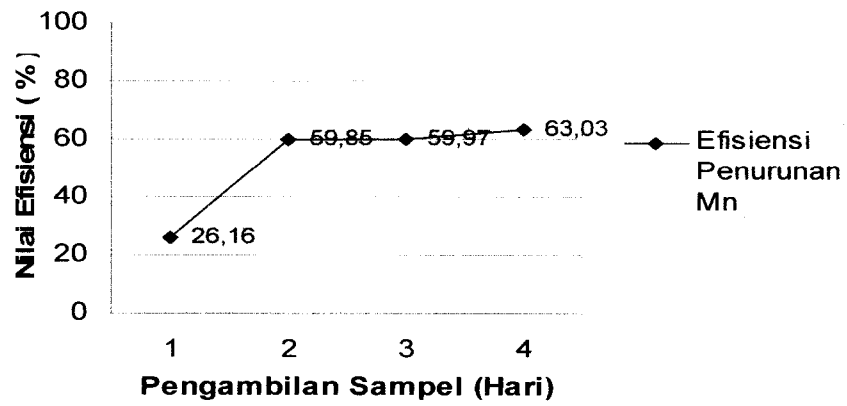
Setelah di dapat data analisa awal lokasi penelitian, maka reaktor *biosand filter* mulai dijalankan sesuai dengan variasi ketinggian yang di inginkan. Analisa pertama menggunakan variasi ketinggian media 40:15:15 cm, selanjutnya analisa yang kedua dengan variasi ketinggian media 50:10:10 cm dan kemudian analisa ketiga variasi ketinggian media 60:5:5 cm. Setiap variasi ketinggian, menggunakan perlakuan yang sama yaitu pengambilan sampel dilakuan setelah *biofilm* terbentuk dengan 3 kali perulangan.

Nilai efisiensi *biosand filter* dipengaruhi lamanya waktu pengambilan sampel, semakin lama pengambilan sampel, maka nilai efisiensi semakin meningkat. Hal ini disebabkan aliran air didalam *biosand filter* mengalir secara konstan yang dapat

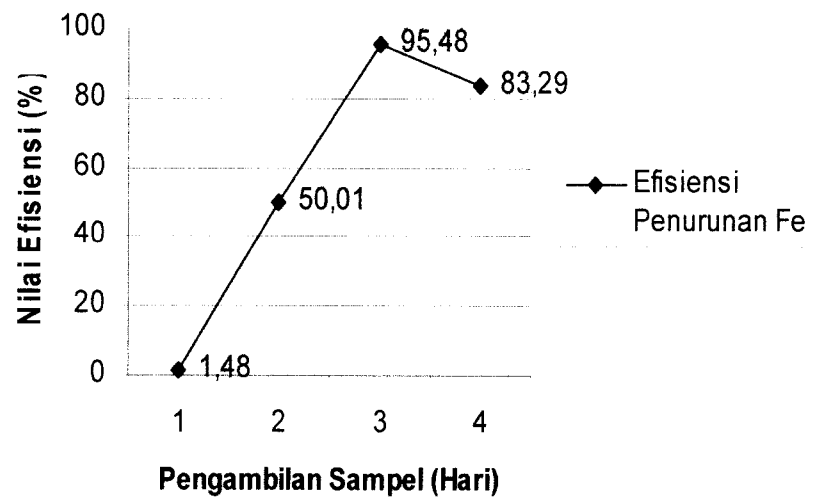
memberi pasokan oksigen pada biofilm, sehingga bakteri *kemosintesis thiobacillus* dan *ferrobacillus* yang memiliki sistem enzim yang dapat mentransfer elektron dan ion ferro kepada oksigen dapat menurunkan kadar Fe dan Mn . Adapun nilai efisiensi variasi ketinggian media 40:15:15 cm , 50:10:10 cm, dan 60:5:5 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.10 sampai dengan Gambar 4.15 dibawah ini.



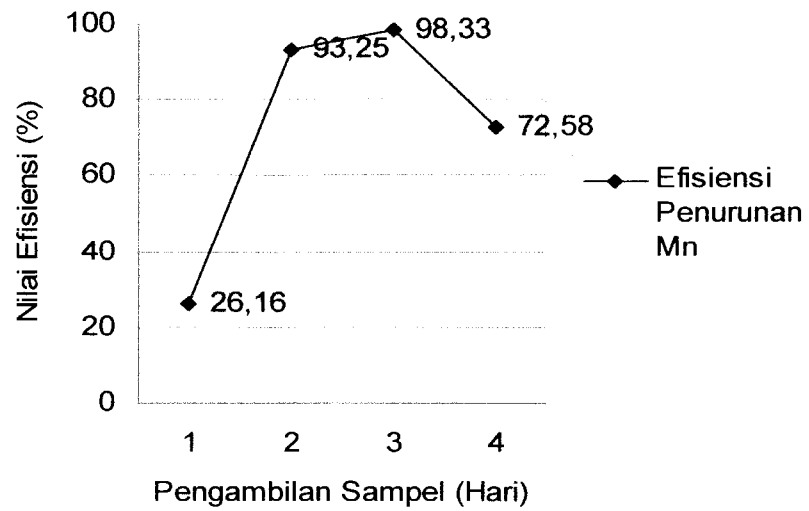
Gambar. 4.10 Efisiensi Fe Total variasi ketinggian media 40:15:15 cm



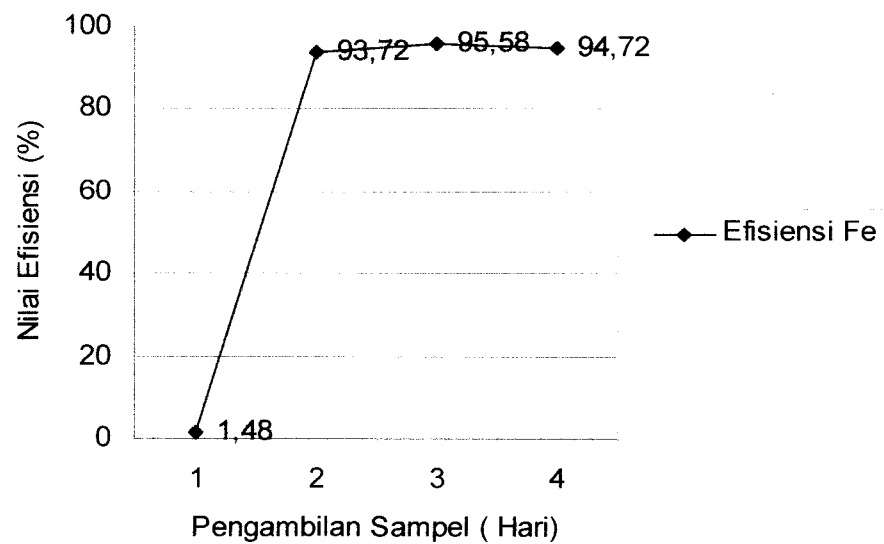
Gambar. 4.11 Efisiensi Mn variasi ketinggian media 40:15:15 cm



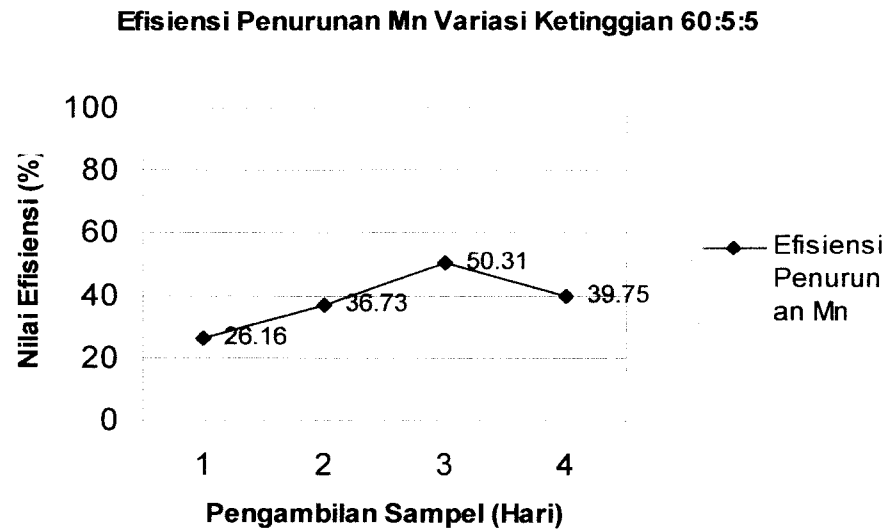
Gambar.4.12 Efisiensi Fe Total variasi ketinggian media 50:10:10 cm



Gambar. 4.13 Efisiensi Mn variasi ketinggian media 50:10:10 cm



Gambar. 4.14 Efisiensi Fe Total variasi ketinggian media 60:5:5 cm



Gambar. 4.15 Efisiensi Mn variasi ketinggian media 60:5:5 cm

Hasil analisa yang tersaji pada gambar 4.10 sampai gambar 4.15 diatas. Pada ketinggian 40:15:15 menunjukkan bahwa *biosand filter* mampu menurunkan kandungan Fe total dan Mn sebesar 92,21 % - 63,03%. Hal ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa *biosand filter* mampu menurunkan kandungan Besi (Fe) sebesar 95 % (Basu & Cleary, 2004). Selanjutnya ketinggian media 50:10:10 cm didapat hasil bahwa reaktor *biosand filter* mampu menurunkan kandungan Fe total sebesar 50,01 % - 95,48 % dan Mn sebesar 72,58% - 98,33%. Sedangkan ketinggian media 60:5:5 cm diperoleh hasil bahwa *biosand filter* mampu menurunkan kandungan Fe total sebesar 93,72% - 95,58 % dan Mn sebesar 36,73 % - 50,31 %.

Pada prinsipnya fenomena yang terjadi selama berlangsungnya proses penyaringan adalah sama pada variasi tiap – tiap media. 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.

Penurunan kadar Fe total dan Mn dengan *biosand filter* ini dipengaruhi oleh ketebalan dari lapisan biofilm yang melekat pada permukaan pasir dan lamanya masa operasi dari *BSF* itu sendiri. Lapisan biofilm yang melekat pada pasir ini berfungsi

sebagai oksidator yang akan menyebabkan Fe^{2+} yang terlarut dalam air baku mengalami reaksi oksidasi reduksi dengan bantuan bakteri *kemosintesis thiobacillus* dan *ferrobacillus* yang memiliki sistem enzim yang dapat mentransfer elektron dan ion ferro kepada oksigen. Dengan pembiakan setiap harinya maka menyebabkan biofilm yang ada dipermukaan media lebih besar menurunkan kandungan Fe dan Mn.

Dari hasil grafik penurunan efisiensi diatas, dapat diketahui 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 bakteri dan Udara (O_2) berfungsi sebagai oksidator dalam lapisan *biofilm* akan mengubah besi (Fe) tersebut sehingga dapat diendapkan dan juga dihilangkan. 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).

Penumbukan partikel – partikel padatan pada permukaan *biosand filter* dapat menyebabkan penyumbatan sehingga *biosand filter* tidak dapat bekerja secara optimal. Akhirnya *biosand filter* dianggap telah menunjukkan titik jenuh. Hal ini dapat dilihat dengan penurunan kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) pada hari ke-9 pengambilan sampel, seperti terlihat pada Gambar 4.10, sampai gambar 4.15.

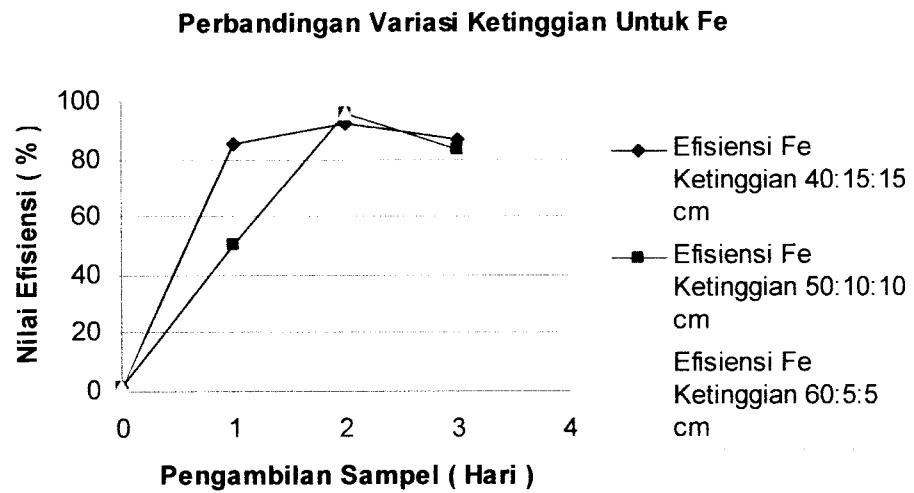
Kondisi ini menandakan meningkatnya kompetisi dan penumpukan zat-zat organik yang ada dipermukaan *biosand filter* tempat *biofilm* berada. Dengan bertambahnya waktu pengoperasian maka akan semakin bertambah juga tinggi muka air yang berada di atas permukaan media pasir. Sehingga pada *biosand filter* terjadi

clogging (penyumbatan). Menurut Brault & Monod (1991) penyumbatan pada celah-celah media pasir mengakibatkan terjadinya kenaikan kehilangan tekanan. Penyumbatan ini dapat menimbulkan terjadinya kondisi *anaerobik* pada lingkungan permukaan pasir, sehingga dapat menyebabkan bakteri - bakteri yang terdapat dalam *biofilm* reaktor *biosand filter* akan mati.

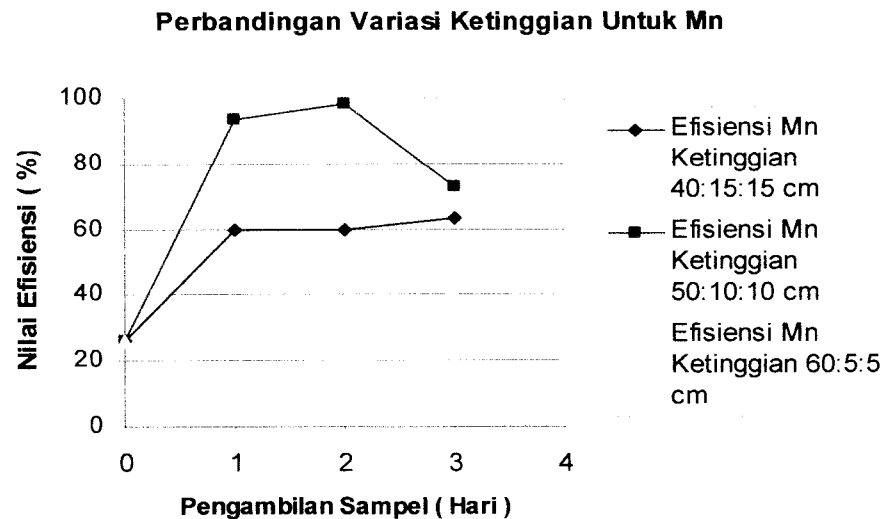
Apabila ruang antara butir penuh maka media penyaring akan jenuh dan tidak mampu meloloskan air baku lagi. Sehingga media penyaring tersebut perlu dilakukan pencucian. Selain pencucian kembali media penyaring pada *biosand filter*, salah satu alternatif untuk mengatasi terjadinya *clogging* pada *biosand filter* perlu dilakukan pengadukan secara perlahan-lahan pada permukaan media dimana lapisan *biofilm* berada. Selanjutnya air yang berada diatas media pasir dengan ketinggian 5 cm, diambil sekitar 2 cm. Hal ini diharapkan penyumbatan tidak terjadi lagi pada permukaan pasir.

4.4 Perbandingan antar variasi ketinggian berdasarkan data uji laboratorium

Berdasarkan hasil nilai efisiensi untuk seluruh percobaan ketinggian diatas dapat di tarik kesimpulan bahwa pada penelitian ini, variasi ketebalan media tersebut mampu menurunkan kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Setelah mengetahui nilai efisiensi dari masing – masing ketinggian, maka untuk lebih jelas perbandingan antar ketinggian yang satu dengan yang lainnya dapat dilihat pada Gambar 4.16 sampai dengan Gambar 4.17 di bawah ini:



Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Variasi Ketinggian Fe



Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Variasi Ketinggian Mn

Berdasarkan Gambar 4.16 dan Gambar 4.17 dapat dilihat perbandingan variasi ketinggian antara ketinggian 40:15:15 cm , 50:10:10 cm, dan 60:5:5 cm.

Dapat ditarik kesimpulan bahwa dari data hasil analisa laboratorium yang ditunjukkan pada grafik diatas terlihat bahwa adanya O₂ dan aktifitas biologi yang disebabkan oleh bakteri dapat menurunkan kadar Fe dan Mn yang terkandung dalam *biosand filter*.

Dari variasi , terlihat bahwa ketiga variasi ketinggian media diatas cukup efektif dalam menurunkan kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada *biosand filter*. Diketahui dari adanya perbedaan nilai efisiensi, hal ini dapat terlihat dari hubungan antara variasi ketinggian media dengan efisiensi penurunan yang dihasilkan pada tiap –tiap variasi ketinggian. Efisiensi terbaik didapat pada ketinggian media 50:10:10 cm. Hal ini disebabkan oleh ketinggian *biosand filter* yang berbeda –beda, sehingga lapisan biofilm yang berperan besar dalam menurunkan kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada *biosand filter* yang berada dipermukaan pasir dapat tumbuh lebih dalam.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan pada bab IV, maka dapat ditarik kesimpulan yang didasarkan pada tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

5.1. Kesimpulan

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

1. *Biosand filter (BSF)* sangat efektif menurunkan kandungan Fe dan Mn yang terdapat pada air baku, terlihat dengan efisiensi penyaringan mencapai 95,58% untuk Fe dan 98,33% untuk Mn.
2. Hasil analisa laboratorium yang ditunjukkan pada grafik efisiensi terlihat bahwa adanya O₂ dan aktifitas biologi yang disebabkan oleh bakteri dapat menurunkan kadar Fe dan Mn yang terkandung dalam *biosand filter*.
3. Adanya perbedaan signifikan antara ketiga variasi ketinggian tersebut, karena $0.05 < sig$ yaitu $0.05 < 0.726$, maka H₀ ditolak, berarti ada pengaruh yang signifikan antara ketinggian media terhadap efisiensi penurunan besi (Fe), dan mangan (Mn), efisiensi terbaik didapat pada ketinggian media 50:10:10 cm. Dikarenakan oleh ketinggian biosand filter yang berbeda-beda, sehingga lapisan *biofilm* yang berperan besar dalam menurunkan

kandungan penurunan besi (Fe), dan mangan (Mn) pada *biosand filter* yang berada dipermukaan pasir dapat tumbuh lebih dalam.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan guna kesempurnaan penelitian tentang *biosand filter* ini antara lain :

1. Perlu dilakukan penelitian untuk parameter – parameter selain Fe dan Mn dengan menggunakan *biosand filter* sehingga nantinya dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif pengolahan air minum, khususnya air tanah dengan kandungan besi dan mangan tinggi.
2. Melakukan percobaan dengan variasi luas permukaan atau diameter butiran yang berbeda. Karena lapisan biofilm tumbuh pada permukaan media dari *biosand filter* tersebut yang mampu menurunkan kandungan Fe dan Mn pada air tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G., dan S.S Santika., 1984, *Metode Penelitian Air, Usaha Nasional*, Surabaya, Indonesia
- American Public Health Association, Inc., 1980, *Standard Methods For The Examination Of Water and Wastewater*. New York . N.Y
- Bush, Gurnsey, dan L. Mulius, 2004, *The Effect of Sanity and Temperatur Variation on Biosand Filtration Performance*, University of Waterloo, Waterloo, ON
- CAWST (*Centre For Affordable Water and Sanitation Technology*) 2003.
<http://www.cawst.ca>.
- Djasio Sanropi, Sumini dkk., 1984, *Penyediaan Air Bersih*, Akademik Penilik Kesehatan Teknik Sanitasi (APK-TS), Departemen Kesehatan R.I
- Global H2O Solutions. 2003. *Biosand Filtration Research and Development for Use in Kazakhstan—Phase I*. University of Waterloo, Waterloo, ON.
- Jamilah, It., 2003, *Biofilm, Sebagai Mikrolingkungan Bakteri Yang Unik : Seberapa Jauh Kita Mengenalnya ?*, Makalah Falsafah Sains, IPB, <http://ruhsy.com/post/2013/08/20/201308205>
- Kethleen Yung, March 2003, *Biosand Filtration Application In The Developing World*, University of Water Loo
- Miller, B., Murcott, S. & Prestero, T. (2002). Appropriate Water-purification Technology for Nicaragua, Retrieved January 26, 2003, from http://thecyclemedia.nl/cda/thecycle/main/household_water_treatment_systems/think/page_bio_sand_filters_in_nicaragua/final_review_v2.ppt
- O' Connor, Jhon T., (1971) "*iron and Manganese, Water Quality and Treatment*" . (Harold B. Crawford & Daniel N. Fischel, Editors), MnGraw-Hill Book Company.
- Onita Basu dan Shawn Cleary, 2004. *Biosand Filter / Slow Sand Filter NSERC Chair In Water Treatmen*, Univercity Of Waterloo, Ontasio, Canada

Sugiarto, 1985, "*Penyediaan Air Bersih Bagi Masyarakat*". Pusat Pendidikan dan Pelatihan Pegawai, Departemen Kesehatan RI.

Sutrisno dan Suciaturu, 1987. "*Teknologi Penyediaan Air Bersih*". Bina Aksara. Jakarta.

Slamet, J.S., 1994, *Kesehatan Lingkungan*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta

Tarek Hegazi, Dr. P.Eng, Juli 2004, *Evaluation Of Varying Fine Sand Media In Biosand Filters*, University of Water Loo

Tjokrokusumo, K.R.T., 1995, *Konsep Teknologi Bersih*, STTL, Jogjakarta.

Tommy ngai, dan Sophie, 2003. *The Arsenic Biosand filter (ABF) Desain of An Appropriate Household Drinking Water Filter For Rural Nepal*, Nepal

WHO(World Health Organization) 2002. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/WSHO_02.pdf

LAMPIRAN 1
PERATURAN PEMERINTAH RI NO.82 TAHUN 2001
TENTANG PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN
PENCEMARAN AIR

KRITERIA MUTU AIR BERDASARKAN KELAS

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi temperatur dari keadaan alamiahnya
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	1000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000mg /L
KIMIA ORGANIK						
PH		6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sebagai P	mg/L	0.2	0.2	1	5	
NO ₃ sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
NH ₃ -N	mg/L	0.5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan

						ammonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0.02 mg/L sebagai NH_3
Arsen	mg/L	0.05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.05	
Kadmium	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	
Khrom (VI)	mg/L	0.05	0.05	0.05	1	
Tembaga	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $\text{Cu} \leq 1$ mg/L
Besi	mg/L	0.3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $\text{Fe} \leq 1$ mg/L
Timbal	mg/L	0.03	0.03	0.03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $\text{Pb} \leq 0.1$ mg/L
Mangan	mg/L	0.1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0.001	0.002	0.002	0.005	
Seng	mg/L	0.05	0.05	0.05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $\text{Zn} \leq 0.5$ mg/L
Khlorida	mg/L	600	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0.02	0.02	0.02	(-)	
Flourida	mg/L	0.5	1.5	1.5	(-)	
Nitrit sebagai N	mg/L	0.06	0.06	0.06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $\text{NO}_2\text{-N} \leq 1$ mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	mg/L	0.03	0.03	0.03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belerang sebagai H_2S	mg/L	0.002	0.002	0.002	(-)	Bagi pengolahan air minum secara

							konvensional, S sebagai H ₂ S ≤ 0.1 mg/L
MIKROBIOLOGI							
Fecal Coliform	Jml/100m L	100	1000	2000	2000		Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal Coliform ≤ 2000 jml/100mL dan Total Coliform ≤ 10000 jml/100mL
Total Coliform	Jml/100m L	1000	5000	1000 0	10000		
RADIOAKTIVITAS							
Gross – A	Bq/L	0.1	0.1	0.1	0.1		
Gross – B	Bq/L	1	1	1	1		
KIMIA ORGANIK							
Minyak & Lemak	ug/L	1000	1000	1000	(-)		
Detergen sebagai MBAS	ug/L	200	200	200	(-)		
Senyawa Fenol sebagai Fenol	ug/L	1	1	1	1		
BHC	ug/L	210	210	210	(-)		
Aldrin/Dieldri n	ug/L	17	(-)	(-)	(-)		
Chlordane	ug/L	3	(-)	(-)	(-)		
DDT	ug/L	2	2	2	2		

ANV

CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR (SNI 19-1127-1989 ; AWWA 3500-Fe D)

1. RUANG LINGKUP

Standar ini meliputi cara uji kadar besi dalam air dan cara uji alternative.

2. CARA UJI

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 ukur kadar optimum antara 0,02 - 4,0 mg/liter besi. Deteksi minimum dapat dicapai sampai 0,01 mg/liter besi. Terhadap contoh air yang mengandung kadar besi tinggi, harus dilakukan pengenceran atau ditetapkan dengan cara yang lebih tepat sesuai dengan kadar besi yang terkandung dalam contoh.

2.1. PRINSIP

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.

2.2. GANGGUAN

- Warna dan kekeruhan
- Oksidator kuat
- Senyawa-senyawa sianida, nitrit dan fosfat.

2.3. PERALATAN

- Spektrofotometer bekerja pada panjang gelombang 510 nm atau filter fotometer (fotometer filter) yang berwarna hijau atau yang mempunyai transmisi cahaya maksimum.

CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR

- Kuvet yang mempunyai ketebalan tembus cahaya 1 cm atau lebih
- Tabung Nessler 50, 100 mL
- Labu ukur 50, 100 dan 1000 mL
- Labu Erlenmeyer 250 mL

Alat-alat gelas yang dipakai harus bebas besi, bersihkan dengan larutan asam klorida pekat dan bilas sampai bersih dengan air suling.

2.4. PEREAKSI

Semua pereaksi yang dipakai relative bebas besi.

Gunakan botol gelas tutup asah untuk penyimpanan standar besi, asam klorida dan larutan ammonium asetat.

- a) Asam klorida pekat
- b) Larutan hidrosilamin hidroklorida
Larutkan 10 g $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ dalam 100 mL air suling.
- c) Larutan penyangga ammonium asetat.
 - Larutkan 250 g $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ dalam 150 mL air suling
 - Tambahkan 700 mL asam asetat glacial
 - Encerkan sampai 1 liter
- d) Larutan fenantrolin
 - Larutkan 0,1 g 1,10 fenantrolin monohidrat $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2\text{HO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ dalam 100 mL air suling.
 - Panaskan sampai 80°C , tidak boleh mendidih. Bila tidak dipanaskan tambahkan 2 tetes HCl pekat.
- e) Larutan sediaan standar besi
 - Tambahkan 20 mL H_2SO_4 pekat kedalam 50 mL air suling dan larutkan 1,404 g ferro ammonium sulfat : $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR

c) ION FERRO

Untuk penentuan ion ferro harus dilakukan pengambilan contoh khusus dan diawetkan dengan asam nitrat, untuk mencegah oksidasi. Pengambilan contoh dan penambahan asam harus dilakukan secepatnya.

- Lakukan pengambilan contoh air dengan botol gelas tertutup asah, tambahkan 4 mL HCl pekat untuk setiap 100 mL contoh, tutup rapat (jangan ada gelembung udara).
- Masukkan 50 mL contoh air yang telah diasamkan dan mengandung tidak lebih 0,1 mg Fe ke dalam labu ukur 100 mL.
- Tambahkan 20 mL larutan fenantrolin dan 10 mL larutan penyangga (buffer) ammonium asetat.
- Encerkan sampai tanda batas, kocok sampai bercampur rata.
- Ukur setelah 10-15 menit dan bandingkan terhadap standar dengan tabung Nessler atau lakukan pengukuran dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 510 nm.

d) STANDAR WARNA

- Masukkan ke dalam beberapa buah labu Erlenmeyer 250 mL masing-masing 0,1 mL; 0,2 mL; 0,4 mL; 0,5 mL, dan seterusnya secara bertingkat, standar besi yang mengandung 1 mL = 0,01 mg besi.
- Tambahkan masing-masing 25 mL air suling
- Pada labu Erlenmeyer lainnya, tambahkan 25 mL air suling sebagai blanko
- Pengerjaan selanjutnya sama dengan cara kerja a), waktu pengerjaan contoh, standar dan blanko harus dikerjakan bersamaan.

e) PENGUKURAN

Sebelum dilakukan pengukuran, volume akhir contoh, standar dan blanko harus sama.

CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR

➤ Cara visual

- Gunakan tabung "Nessler" dengan jenis dan ukuran yang sama, bersih dan kering.
- Tempatkan beberapa buah tabung Nessler pada sebuah rak dengan dasar yang putih dan terang.
- Pindahkan secara kuantitatif larutan blanko, standar dan contoh kedalam tabung Nessler.
- Bandingkan warna contoh terhadap blanko dan standar.
- Hitung kadar besi dari contoh dalam mg/liter.

➤ Cara Spektrofotometri

Tabel
Penggunaan Kuvet Berdasarkan Volume dan Kadar Besi

Volume akhir 50 mL	Volume akhir 100 mL	Ketebalan Kuvet
$\mu\text{g Fe}$	$\mu\text{g Fe}$	cm
50 - 200	100 - 400	1
25 - 100	50 - 200	2
10 - 40	20 - 80	5
5 - 20	10 - 40	10

- Atur fotometer pada absorbansi nol atau pada 100% transmitansi terhadap blanko sebagai pembanding.
- Tetapkan nilai serapan (absorbansi) atau contoh dan masing-masing standar pada panjang gelombang 510 nm.
- Hitung kadar besi dari contoh dalam mg/liter.

CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR

2.6. PERHITUNGAN

a) Cara visual

$$\text{Fe (mg/liter)} = \frac{\text{mL standar} \times \text{mg standar} \times 1000}{\text{mL contoh}}$$

b) Cara Spektrofotometri

$$\text{Fe (mg/liter)} = \frac{A1}{A2} \times C$$

Dimana :

A1 = Absorbansi/transmitansi contoh

A2 = Absorbansi/transmitansi standar

C = Kadar standar besi ada absorbansi/transmitansi A2

2.7. KETELITIAN DAN KETEPATAN

Ketelitian yang dapat dicapai dengan cara ini $\pm 0,02$ mg/liter dan ketepatan $\pm 0,14$ mg/liter.

3. CARA UJI ALTERNATIF

Sebagai alternative dapat juga digunakan cara-cara dibawah ini :

CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR

3.1. Cara Kolorimetri "Rhodanida"

- Batas ukur kadar optimum 0,02 - 4,0 mg/liter besi
- Deteksi minimum 0,003 mg/liter besi
- Ketelitian $\pm 0,01$ mg/liter dan ketepatan $\pm 0,01$ mg/liter besi

3.2. Cara Kolorimetri "Tripidin"

- Batas ukur kadar optimum 0,02 - 4,0 mg/liter besi
- Deteksi minimum 0,003 mg/liter besi
- Ketelitian $\pm 0,01$ mg/liter dan ketepatan $\pm 0,03$ mg/liter besi.

3.3. Cara SSA (Spektrofotometer Serapan Atom)

- Batas ukur kadar optimum pada panjang gelombang 248,3 nm 0,5 - 10 mg/liter besi.
- Deteksi minimum 0,01 mg/liter besi.

Cara pengujian besi dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) ini dapat dilakukan dengan menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI), yaitu :

- SNI 06 - 2523 - 1991 : Metode Pengujian Kadar Besi Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Secara Langsung.
- SNI 06 - 2524 - 1991 : Metode Pengujian Kadar Besi Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Serapan Atom dengan pengolahan pendahuluan cara ekstraksi.
- SNI 06 - 2525 - 1991 : Metode Pengujian Kadar Besi Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Serapan Atom Tungku Karbon.

Selain metode pengujian tersebut diatas, pemeriksaan kadar besi (Fe) dapat juga dilakukan dengan metode :

- ASTM Designation : D 1068 - 90 Standar Test Method for Iron in Water
- AWWA : 3500 - Fe D IRON (Phenanthroline Method)
- USEPA Method 236.1 Iron (AA, Direct Aspiration)

CARA UJI KADAR MANGAN DALAM AIR (SNI 19-1133-1989 ; AWWA 3500-Mn D)

1. RUANG LINGKUP

Standar ini meliputi cara uji kadar mangan dalam air.

2. CARA UJI

Penentuan kadar mangan dalam air dapat dilakukan dengan salah satu dari 3 cara uji berikut.

- Cara uji kolorimetri "Persulfat"
Batas konsentrasi 0,05 - 1,5 mg/liter mangan
- Cara uji spektrofotometri penyerapan atom, langsung
Batas konsentrasi 0,02 - 5 mg/liter mangan
- Cara uji spektrofotometri, khelat - ekstraksi
Batas konsentrasi 2,0 - 500 µg/liter mangan

Terhadap contoh air yang diduga mengandung kadar mangan tinggi, harus dilakukan pengenceran sehingga dapat termasuk dalam jarak ukur masing-masing penentuan cara uji tersebut.

2.1. CARA KOLORIMETRI "PERSULFAT"

a) PRINSIP

Ion mangan dalam suasana asam dan panas dengan bantuan katalis, dioksidasi oleh persulfat menjadi senyawa manganat yang berwarna ungu kemerahan. Warna yang terbentuk dibandingkan dengan warna standar yang telah diketahui kadarnya.

b) GANGGUAN

- Ion khlorida
- Zat-zat organik
- Zat-zat reduktor
- Kekeruhan

* Segera diukur.

CARA UJI KADAR MANGAN DALAM AIR

c) PERALATAN

- Spektrofotometer yang bekerja pada panjang gelombang 525 nm atau filter fotometer yang berwarna hijau atau yang mempunyai transmitansi cahaya maksimum mendekati 525 nm.
- Kuvet, yang mempunyai ketebalan tembus cahaya 1 cm atau lebih
- Tabung Nessler 100 mL
- Labu ukur 100 mL
- Labu Erlenmeyer 250 mL
- Alat-alat gelas lainnya

d) PEREAKSI

1) Pereaksi khusus

- Larutkan 75 g HgSO_4 dalam 450 mL HNO_3 pekat dan 200 mL air suling
- Tambahkan 200 mL H_3PO_4 pekat (85 %) dan 0,03 g AgNO_3
- Larutkan dan encerkan sampai 1 liter
- Larutkan 75 g HgSO_4 dalam 450 mL HNO_3 pekat dan 200 mL air suling
- Tambahkan 200 mL H_3PO_4 pekat (85 %) dan 0,03 g AgNO_3
- Larutkan dan encerkan sampai 1 liter

2) Kristal ammonium persulfat $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ atau kalium persulfat $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$

3) Larutan baku mangan sediaan (stock)

- Timbang 3,2 g KMnO_4 p.a, larutkan dengan air suling dan encerkan sampai 1 liter.
- Diamkan pada suhu kamar selama 2-3 hari.
- Saring larutan melalui cawan kaca masir (fritted glass filter crucible) atau melalui glass wool.
- Pindahkan larutan pada botol yang kering, berwarna gelap bertutup gelas dan simpan ditempat yang gelap.
Jika ada endapan, larutan harus disaring sebelum distandarkan.
Kadar KMnO_4 tersebut diatas adalah 0,1 N

CARA UJI KADAR MANGAN DALAM AIR

- Tetapkan larutan normalitas KMnO_4 secara "Permanganometri"
- **Membakukan KMnO_4 0,1 N dengan natrium oksalat**
- Timbang dengan teliti 0,25 - 0,30 g natrium oksalat ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) p.a ke dalam Erlenmeyer 250 mL.
- Larutkan dengan 60 mL air suling dan tambah 16 mL H_2SO_4 1:1
- Panskan (80-90° C) dan titrasi dengan larutan KMnO_4 sampai warna ungu
- Kocoklah hati-hati dan tunggu dulu sampai warna ungu hilang sebelum penambahan permanganate selanjutnya.
- Teruskan titrasi sampai terlihat warna ungu dan tak hilang lagi. Pada titik akhir titrasi suhu harus diatas 60° C.
- Tetapkan blanko, bersamaan dengan pekerjaan tersebut diatas.

$$\text{Normalitas } \text{KMnO}_4 = \frac{\text{g } \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}{(A-B) \times 0,067}$$

Dimana :

A = mL titrasi contoh

B = mL titrasi blanko

0,067 = BE $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$

$$\rightarrow \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 0,067075$$

$$N_{\text{KMnO}_4} = \frac{\text{g } \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}{(A-B) \times 0,067}$$

4) Larutan baku mangan siapan

Lakukan pengenceran terhadap larutan sediaan KMnO_4 yang telah diketahui normalitasnya, sehingga kadar larutan menjadi 0,01 N.

1 mL KMnO_4 0,01 N = 0,11 Mn

e) PROSEDUR

1) Pengerjaan contoh, baku (standar) dan blanko

- Ke dalam beberapa Erlenmeyer 250 mL, masukkan masing-masing :
 - a. 100 mL contoh-air yang mengandung 0,005 - 1,5 mg Mn.
 - b. 100 mL air suling sebagai blanko

CARA UJI KADAR MANGAN DALAM AIR

- c. 0,05 mL; 0,1 mL; 0,2 mL; 0,3 mL; dan seterusnya secara bertingkat larutan baku Mn yang mengandung 1 mL = 0,11 mg dan terhadap setiap baku ditambah 50 mL air suling.
- Ke dalam setiap Erlenmeyer tambahkan 5 mL pereaksi khusus
 - Panaskan dan didihkan selama 5 menit = *1 menit*.
 - Pindahkan dari pemanas dan tambahkan masing-masing 1 g ammonium persulfat
 - Didihkan kembali selama 5 menit. Warna ungu kemerahan yang terjadi menunjukkan adanya unsur mangan.
 - Dinginkan hingga suhu kamar
 - Pindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 100 mL dan encerkan sampai tanda batas.
 - Kocok sampai bercampur rata dan tentukan kadar mangan

2) Pengukuran

a. Pengukuran secara visual

- Gunakan tabung "Nessler" dengan jenis dan ukuran yang sama, bersih dan kering.
- Tempatkan beberapa buah tabung Nessler pada sebuah rak dengan dasar putih dan terang.
- Pindahkan secara kuantitatif larutan baku blanko dan contoh ke dalam tabung Nessler.
- Bandingkan warna contoh terhadap blanko dan baku.
- Hitung kadar mangan dari contoh dalam mg/liter

b. Pengukuran secara spektrofotometer

Table : Penggunaan Kuvet Berdasarkan Kadar Mangan

Kadar mangan (mg)	Ketebalan Kuvet (cm)
0,005 - 0,2	15
0,02 - 0,4	5
0,05 - 1,0	2
0,10 - 1,5	1

→ lintasan cahaya.

CARA UJI KADAR MANGAN DALAM AIR

- Gunakan spektrofotometer yang bekerja pada panjang gelombang 525 nm yang dilengkapi dengan kuvet yang mempunyai ketebalan 1 cm atau lebih (sesuaikan dengan table), atau gunakan fotometer filter yang mempunyai transmitansi cahaya mendekati 525 nm.
- Atur fotometeer pada absorbansi nol atau pada 100 % transmitansi terhadap blanko sebagai pembanding.
- Tetapkan nilai absorbansi atau transmitansi contoh dan masing-masing pada panjang gelombang 525 nm.
- Hitung kadar mangan dari contoh dalam mg/liter.

f) PERHITUNGAN

1) Cara visual

$$\text{Mn (mg/L)} = \frac{\text{mL standar} \times \text{mg standar} \times 1000}{\text{mL contoh}}$$

2) Cara spektrofotometer

$$\text{Mn (mg/L)} = \frac{A_1}{A_2} \cdot C$$

Dimana :

A1 = Absorbansi atau transmitansi contoh
 A2 = Absorbansi atau transmitansi standar
 C = Kadar standar mangan

g) KETELITIAN DAN KETEPATAN

Ketelitian yang dapat dicapai dengan cara ini $\pm 0,01$ mg/liter dan ketepatan ± 10 mg/liter.

CARA UJI KADAR MANGAN DALAM AIR

2.2. ALTERNATIF LAIN CARA PENGUJIAN KADAR MANGAN DALAM AIR DENGAN ALAT SPEKTROFOTOMETER SERAPAN ATOM (SSA).

Cara alternative untuk melaksanakan pengujian kadar mangan dalam air dengan alat spektrofotometer serapan atom, dapat dilakukan dengan menggunakan Standar Nasional Indonesia :

- SNI 06 - 2497 - 1991 : Metode Pengujian Kadar Mangan Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Serapan Atom Secara Langsung.
- SNI 06 - 2498 - 1991 : Metode Pengujian Kadar Mangan Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Serapan Atom Secara Ekstraksi.
- SNI 06 - 2499 - 1991 : Metode Pengujian Kadar Mangan Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Serapan Atom Tungku Karbon.

Selain cara pemeriksaan tersebut diatas, dapat juga dengan menggunakan metode :

- ASTM Designation : D 858 - 90 Standar Test Methods for Manganese in Water.
- AWWA 3500-Mn-D Manganese (Persulfat Method)
- U.S-EPA Method 243.1 Manganese (AA, Direct Aspiration)

LAMPIRAN 4

Tabel 1. Hasil Analisa Fe Total Pada Biosand Filter

No.	Variasi	Lama	Pengujian			Rata-rata	Efisiensi
	ketebalan	operasi	Mn				Penurunan
	media		I	II	III		
	(cm)	(hari)	(Mg/L)	(Mg/L)	(Mg/L)		(%)
1	40:15:15	0	1.25	1.239	1.288	1.269	1.48
2		1	0.219	0.139	0.166	0.179	85.55
3		2	0.09	0.11	0.083	0.097	92.21
4		3	0.193	0.262	0.151	0.172	86.45
5	50:10:10	0	1.25	1.239	1.288	1.269	1.48
6		1	0.09	0.052	0.071	0.026	50.01
7		2	0.072	0.04	0.106	0.056	95.48
8		3	0.203	0.223	0.201	0.212	83.29
9	60:05:05	0	1.25	1.239	1.288	1.269	1.48
10		1	0.078	0.076	0.081	0.079	93.72
11		2	0.021	0.032	0.053	0.027	95.58
12		3	0.048	0.072	0.06	0.066	94.72

Sumber : Data Primer 2006

Keterangan :

Lama Operasi :

- a 0 = Hari Ke- 1 Pengambilan Sampel
- b 1 = Hari Ke- 7 Pengambilan Sampe
- c 2 = Hari Ke-8 Pengambilan Sampel
- d 3 = Hari Ke-9 Pengambilan Sampel

Variasi Ketinggian :

1. 40 cm pasir halus :15 cm pasir kasar :15 cm kerikil
2. 50 cm pasir halus :10 cm pasir kasar :10 cm kerikil
3. 60 cm pasir halus :5 cm pasir kasar : 5 cm kerikil

Diameter :

- ❖ Pasir Halus : 0.25 mm
- ❖ Pasir Kasar : 0.83 mm
- ❖ Kerikil : 6.3 mm

Tabel 2. Hasil Analisa Mn Pada Biosand Filter

No.	Variasi ketebalan media (cm)	Lama operasi (hari)	Pengujian Mn			Rata-rata (Mg/L)	Efisiensi Penurunan (%)
			I (Mg/L)	II (Mg/L)	III (Mg/L)		
0	40:15:15	0	0.247	0.518	0.321	0.383	26.16
1		1	0.267	0.199	0.217	0.208	59.85
2		2	0.163	0.101	0.157	0.129	59.97
3		3	0.139	0.244	0.253	0.192	63.03
0	50:10:10	0	0.247	0.518	0.321	0.383	26.16
1		1	0.264	0.081	0.181	0.041	93.25
2		2	0.01	0.01	0.032	0.01	98.33
3		3	0.276	0.154	0.175	0.165	72.58
0	60:05:05	0	0.247	0.518	0.321	0.383	26.16
1		1	0.533	0.518	0.476	0.497	36.73
2		2	0.456	0.509	0.533	0.483	50.31
3		3	0.375	0.348	0.375	0.362	39.75

Sumber : Data Primer 2006

Keterangan :

Lama Operasi :

- a 0 = Hari Ke- 1 Pengambilan Sampel
- b 1 = Hari Ke- 7 Pengambilan Sampe
- c 2 = Hari Ke-8 Pengambilan Sampel
- d 3 = Hari Ke-9 Pengambilan Sampel

Variasi Ketinggian :

1. 40 cm pasir halus :15 cm pasir kasar :15 cm kerikil
2. 50 cm pasir halus :10 cm pasir kasar :10 cm kerikil
3. 60 cm pasir halus :5 cm pasir kasar : 5 cm kerikil

Diameter :

- ❖ Pasir Halus : 0.25 mm
- ❖ Pasir Kasar : 0.83 mm
- ❖ Kerikil : 6.3 mm

LAMPIRAN 5

Besi (Fe)

ANOVA

Ketebalan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.000	9	.667	.667	.726
Within Groups	2.000	2	1.000		
Total	8.000	11			

Mangan(Mn)

ANOVA

Ketabalan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.000	9	.667	.667	.726
Within Groups	2.000	2	1.000		
Total	8.000	11			

UNIVERSITAS TERBUKA SURABAYA

NO	NO URUT	NO MPR	PRODI
1	Formulir Permohonan	01513003	Teknik Lingkungan
2			

JUDUL TUGAS AKHIR : Studi Efektifitas Biosand Filter Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Tanah

PERIODE : II
TAHUN : Ganjil 2005/2006

No	kegiatan	Bulan Ke :					
		Juni	Juli	Agustus	Septern	Okt	Nov
1	Pendaftaran						
	Perentuan Dosen pembimbing						
2							
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 : Hudaib, ST
DOSEN PEMBIMBIG III :

Yogyakarta, 3 Februari 2006
Koordinator TA

(Eko Siswoyo, ST)

Catatan

Seminar :
Sidang :
Pendadaran :