

TA/TL/2006/0073

PERPUSTAKAAN FTSP UH	
HADIAH/BELE	
TGL. TERIMA :	10 Juli 2006
NO. JUDUL :	002018
NO. INV. :	6200002018001
NO. INDIK. :	

DIBACA
TIDAK
MEMBAWA
TANGKAI

TUGAS AKHIR
STUDI EFEKTIVITAS BIOSAND FILTER DALAM
MENURUNKAN KADAR KEKERUHAN DAN
TDS PADA AIR PERMUKAAN

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Lingkungan



Oleh :

Nama : MARLINA
No. Mahasiswa : 01 513 047
Program Studi : Teknik Lingkungan

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2006

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UH JOGJAKARTA

TA/TL/2006/0073

TUGAS AKHIR
STUDI EFEKTIFITAS *BIOSAND FILTER* DALAM
MENURUNKAN KADAR KEKERUHAN DAN *TDS*
PADA AIR PERMUKAAN

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Lingkungan



Oleh :

Nama : MARLINA
No. Mahasiswa : 01 513 047
Program Studi : Teknik Lingkungan

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2006

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI EFEKTIFITAS *BIOSAND FILTER* DALAM MENURUNKAN KADAR KEKERUHAN DAN *TDS* PADA AIR PERMUKAAN

Nama : Marlina

No. MHS : 01 513 047

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen pembimbing I

Luqman Hakim, ST, M.Si


Tanggal : 4/5 '06

Dosen pembimbing II

Hudori, ST


Tanggal : 9/5 '06

ABSTRAK

Sebagian besar air baku untuk penyediaan air bersih diambil dari air permukaan seperti sungai, danau, kolam dan sebagainya. Untuk itu pada penelitian ini, sumber air yang digunakan adalah Selokan Mataram, Jogjakarta. Selokan Mataram ini berupa sungai kecil yang dibuat oleh Sri Sultan Hamenungku Buwana IX pada jaman pendudukan Jepang. Air dari Selokan Mataram diambil dari Sungai Progo dan mengalir sepanjang kira-kira 60 Km menuju sungai Opak. Dimana Fungsi dari Selokan Mataram adalah untuk mengairi lahan pertanian dan sebagai komponen pengumpul air dari saluran drainase. Kualitas air Selokan Mataram saat ini menjadi semakin buruk akibat aktivitas pemukiman penduduk di sekitar Selokan. Tingginya kadar kekeruhan pada air Selokan Mataram melatar belakangi digunakannya air tersebut sebagai sampel air yang perlu dilakukan pengolahan untuk memperbaiki kualitasnya terutama untuk kadar kekeruhan. Salah satu alternatif pengolahan yang sangat sederhana yang dapat diterapkan adalah melewati air permukaan tersebut kedalam saringan berisi lapisan pasir halus, pasir kasar dan kerikil yang sering disebut dengan *Biosand Filter*. Tujuan keseluruhan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat efektifitas *Biosand filter* dan untuk mengetahui kemampuan optimal *Biosand filter* untuk setiap variasi ketinggian dalam menurunkan kadar kekeruhan dan *TDS*.

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 $Q = 0.054 \text{ m}^3/\text{jam}$, dengan waktu detensi air dalam lapisan pasir adalah $t_d = 1 \text{ jam}$. Untuk analisa laboratorium, Metode *Nephelometric* digunakan untuk menguji Kekeruhan dengan menggunakan *Turbidimeter*. Sedangkan analisa laborarorium untuk *TDS* menggunakan Multi meter.

Berdasarkan hasil analisa laboratoruim, efisiensi removal kekeruhan pada ketinggian media 40:15:15 cm, variasi ketinggian media 50:10:10 cm dan media 60:5:5 cm adalah sebesar 90.3 % - 99.5 %. Sedangkan untuk parameter *TDS*, *Biosand filter* tidak mampu meremoval kadar *TDS* untuk setiap variasi ketinggian media.

Kata Kunci : Air permukaan, Selokan Mataram, *Biosand filter*, *Biofilm*, *Turbidimeter*, Multi Meter, Kekeruhan dan *TDS*.

ABSTRACT

Most of raw water used to a safe water supply is withdrawal from surface water. Like rivers, lakes, ponds and others. Based on that background, in this study, The Mataram Drain, Jogjakarta was used. The Mataram Drain is like a small river, made by Sri Sultan Hamengku Buwono IX in the colonization of Japan. The water of The Mataram Drain is withdrawal fro Progo river and flo above 60 km to Opak river. Where the function of The Mataram Drain is for irrigation purposes and as the component of collected drainage water. The quality of the Mataram Drain has worsened because of the agricultural discharges. The high turbidities of water of The Mataram Drain cause that water was used as a sample that need to improve water quality specially for high turbidities to safe water resources. One of the alternative preparations was passed the soil water through the filter which contain fine sand layer, crude sand layer, gravel layer or Biosand Filter that was a simple application. The overall objective of this study is to determine the effectiveness of Biosand filter and to find an optimal performance of Biosand filter in the presence of height variations of medium in removing turbidity and Total Dissolved Solid (TDS). This experiment used Biosand .filter reactor with height variations of medium 40:15:15 cm, 50:10:10 cm, and 60:5:5 cm. With wide of the surface reactor was $A = 0,09 \text{ m}^2$. Total height of sand layer medium $h = 0,7 \text{ m}$, rate of flow $v = 0,6 \text{ m/hour}$, capacity of flow $Q = 0,054 \text{ m}^3/\text{hour}$, with water detention time in sand layer $t_d = 1 \text{ hour}$. For the analyze of laboratory, Nephelometric Method was used to measure turbidity using a Turbidimeter and Multi Meter was used to measure TDS.

Based on the result of laboratory analyze, the removal efficiency of turbidity on medium height 40:15:15 cm, variation of medium height 50:10:10 cm, and medium 60:5:5 cm was 90.3 % - 99.5 %. But for TDS, Biosand filter can not remove TDS for each variation of mediums.

Key words: Surface water, The Mataram Drain, Biosand filter, Biofilm, Turbidimeter, Multi Meter, Turbidity and TDS.

Lembar Persembahkan :

Ya Allah Ya Rob...

*Syukunku Allah Nikmat, Anugerah, Hidayah dan Rahmat yang ilah Engkau beri
Terima kasih karena telah melahkahi aku dengan orang-orang yang menyayangi*

Kupersembahkan Karya ini untuk Orang-orang yang paling aku Sayangi :

Kedua Orang Tuaku, Bapak & Ibu

Yang tak henti-hentinya men-support dengan doa, cinta dan kasih sayang

Membui inspirasi akan arti meniyukuri nikmat-Nya.

Kasihku atas lindungan dan dorongan disaat aku patah semangat

Banyakkah pada Kalian...

Senoga Anda dapat membatasanya...Doakan selalu...!

My Big Family

Kakakku Ayuk Lia, Te Ety, Amahum Abangku tersayang "Johnny", Mas

Sinta, Abang Emban And Peranakan kakak Dede, Paudu, Beby, Tama

Seluruh Keluarga Besar di Jambi Pak te & Mek Te, Didi, Janita, Ina,

Robby, Amahum & Amahumati Kakek & Nenekku...

Terima kasih atas segala dukungan. I Love U ALL...

My Honey Bunny Sweetly Lovely...Ahmad Pebanta "AAN"

Kau seperti nafasku, Anugerah isinlah dalam hidupku

Papi yang inginku bakal jadi Ayah anak-anakku

Kau selalu ada saat Sukai & Dukaaku

Kasihku atas kebersamaan kita...

Nothing gonna Change My Love For You...

Special Thanks For.....

Temenku Anak-anak Kodok . Ida Mardiyati S. Ferina Fatimah, Mais Malida, Sururun Marfuah and Ariyanti Y...

Terima kasih atas kebaikan, support and persahabatan kita
Semoga cinta diantara kita tak akan hilang oleh jarak dan waktu..... You're my best friends...I Love V ALL.

Nenek 'Dian Endar Trisanti', suka duka selama 4 tahun tlah kita lewati. kita berdua sering banget kali pindah kost
Thanks atas segala kebaikanmu, pengertianmu and kebersamaan kita... You're my sister Ok!.....I Love U.

Spesial boeat Si Jagoan Hitam BG 5666 NL and Alm Si BiruKoe BH 6364 GB
Yang tak kenal lelah and selalu menemani hari-hariku...

Temen-temen seangkatan '01 'N Temem2 seperjuangan pendadaran Abang Ithef, Westy, Devi, Azri, Enno, Tetty, Kinoi, Lia, Baiyu, Agung, Adi, warih, mbak Asti, Anung, Mbak Male and ALL!!!
Semoga kita semua jadi orang yang sukses.....

Wenny, Westy, Eko Akt, Anggi, Nita, Wika, Rina, Herry Pml, Alip, Sam Makasar, Mas Entiet
Thanks ya atas semuanya.....

Temen-temen kost Anie & Wazn, Mba Farah, Lisa, Ayu, Dian, Ana, Lizzie, Puji, Meme, Mbak Wien, Tante Murty...
Terima kasih atas kebersamaan selama ini....

KKN Friends : Papah, Akang Rindunk, Lucky, AA' Justman Papua, Agus, Norma, Tania, Wized and Anak-anak Temon.
Bener-bener pangalaman yang tak terlupakan....

Temen-temenku Di Jambi Ayu, pak Tsu, Napi, Ana MH, Rose, Butet, Ana&Ani....
Makasih atas persabatan kita.....
Guruku tersayang Mr. Edi, Bu pit, Pak Zoel N semuanya.....
Terima kasih atas bimbingannya selama ini

Kucingku tersayang Mikko (Alm), Jerry To'il, Mama Pussy, Tio Rakusa Dewo, Dembul, Tom N Ikanzku Tersayang....
Aku tau kalianmendoakan aku....Makasih Yaaa.....Neng Cinta Kalian....

Never Ending Jogja, Kenangan Terindahku.....
Semoga kita semua tetap disatukan dalam Silaturrahmi,
Dalam limpahan nikmat dan anugerah....
Amien Ya Robbal'alamin.....

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah robbil 'alamin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada umatnya, serta shalawat dan salam semoga senantiasa terlimpah kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul "Studi Efektifitas *Biosand Filter* Dalam Menurunkan Kadar Kekeruhan Dan *TDS* Pada Air Permukaan".

Dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini, tak lepas dari bimbingan dan pengarahan dari beberapa pihak yang terkait, pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Kasam, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan
2. Bapak Luqman Hakim, ST, MSi selaku Dosen Pembimbing I
3. Bapak Hudori, ST selaku Dosen Pembimbing II
4. Bapak Eko Siswoyo, ST selaku Koordinator Tugas Akhir
5. Saudara Agus Adi Prananto selaku staf bagian pengajaran urusan administrasi
6. Bapak Widyo selaku Koordinator Laboratorium Biomanajemen Universitas Atmajaya.

7. Bapak Tasyono selaku Koordinator Laboratorium Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
8. Petugas Perpustakaan Universitas Islam Indonesia
9. Petugas Perpustakaan Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan
10. Petugas Keamanan Universitas Islam Indonesia

Kami sadari dalam pembuatan laporan ini banyak kekurangan, oleh karena itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan dan penyempurnaan penulisan dalam laporan ini. Dan kami berharap semoga laporan ini dapat menjadi kajian didalam meningkatkan kualitas lingkungan hidup dan tentunya dapat bermanfaat bagi kita semua. AMIN

Wassalamu'alaikum WR. Wb.

Jogjakarta, Mei 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Karakteristik Air Baku	7
2.2 <i>Biosand Filter</i>	9

2.2.1	Mekanisme Kimia – Fisika	13
2.2.2	Mekanisme Biologi	13
2.2.3	Gambaran tentang <i>Schmutzdecke</i> (Lapisan <i>Biofilm</i>).....	14
	a. Proses Pemurnian di dalam <i>Schmutzdecke</i> dan Zone biologi	16
	b. Persediaan Oksigen	19
2.2.4	Pematangan / Memasakkan <i>Biofilm</i>	20
2.2.5	Pembersihan <i>Biosand filter</i>	21
2.2.6	Mekanisme Penyaringan	23
2.3	Kekeruhan Dan <i>TDS</i> Di dalam Air Permukaan	25
2.3.1	Kekeruhan Di dalam Air Permukaan	25
	a. Dispersi Koloid	27
	b. Konsep Zeta potensial	28
2.3.2	Total Zat Padat Terlarut (<i>TDS</i>) Di dalam Air Permukaan	30
2.4	Air Sungai Sebagai Sumber Air Bersih	30
2.4.1	Kuantitas	30
2.4.2	Kualitas	31
2.4.3	Air Minum	32
2.5	Hipotesa	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		34
3.1	Umum	34
3.2	Objek Penelitian	34
3.3	Lokasi Penelitian	35
3.4	Variabel Penelitian	35

3.5 Bahan dan Alat Penelitian	36
3.5.1 Penyediaan media pasir halus, pasir kasar dan kerikil	36
3.5.2 Alat Penelitian	37
3.6 Pelaksanaan Penelitian	39
3.6.1 Persiapan Media	39
3.6.2 Pengambilan Sampel Awal	39
3.6.3 Persiapan Alat	40
3.7 Pengujian <i>Biofilm</i>	41
3.8 Pengukuran Kekeruhan dan <i>TDS</i>	42
3.8.1 Pengukuran Kekeruhan	42
3.8.2 Pengukuran <i>TDS</i>	43
3.9 Analisa Data	43
3.10 Kerangka Penelitian Tugas Akhir	44
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Hasil Uji <i>Biofilm</i>	45
4.2 Pembahasan Kekeruhan Dan <i>TDS</i>	52
4.2.1 Pembahasan Kekeruhan	52
4.2.2 Pembahasan <i>TDS</i>	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73

DAFTAR TABEL

2.1 Kriteria Desain <i>Biosand Filter</i>	24
2.3 Spektrum Ukuran Partikel.....	26
2.3 Jenis Partikel Koloid dan Tersuspensi.....	27
3.1 Ketinggian Media.....	35
4.1 Uji <i>One Way Anova</i> Untuk Kekeruhan.....	62
4.2 Uji <i>One Way Anova</i> Untuk <i>TDS</i>	70

DAFTAR GAMBAR

2.1	<i>Biosand Filter</i>	24
3.1	Media kerikil, pasir kasar dan pasir halus.....	36
3.2	Reaktor <i>Biosand Filter</i>	37
3.3	Reservoar ke Reaktor	38
3.4	<i>Diffuser Plate</i>	40
3.5	Mikroskop yang digunakan	41
3.6	<i>Turbidimeter</i>	42
3.7	<i>Multi Meter</i>	43
3.8	Diagram Alir Penelitian	44
4.1	Pertumbuhan <i>Biofilm</i> dengan perbesaran 2 x 10	47
4.2	Perkembangan pertumbuhan <i>Biofilm</i>	49
4.3	The dinoflagellate <i>Ceratium</i> (Flagellata)	50
4.4	<i>Didinium</i> (<i>Ciliates</i>) yang hidup dalam air	50
4.5	<i>Roundworms</i> (Cacing Gelang).....	51
4.6	Grafik Kekeruhan Variasi Ketinggian Media 40:15:15 cm.....	54
4.7	Nilai Efisiensi Kekeruhan Variasi Ketinggian Media 40:15:15cm	54
4.8	Grafik Kekeruhan Variasi Ketinggian Media 50:10:10 cm.....	55
4.9	Nilai Efisiensi Kekeruhan Variasi Ketinggian Media 50:10:10cm	56
4.10	Grafik Kekeruhan Variasi Ketinggian Media 60:5:5 cm	57
4.11	Nilai Efisiensi Kekeruhan Variasi Ketinggian Media 60:5:5cm	57
4.12	Grafik Perbandingan Variasi Ketinggian Kekeruhan	61

4.13 Perbandingan Sampel Kekerusuhan	63
4.14 Grafik <i>TDS</i> Variasi Ketinggian Media 40:15:15 cm.....	65
4.15 Nilai Efisiensi <i>TDS</i> Variasi Ketinggian Media 40:15:15cm	65
4.16 Grafik <i>TDS</i> Variasi Ketinggian Media 50:10:10 cm.....	66
4.17 Nilai Efisiensi <i>TDS</i> Variasi Ketinggian Media 50:10:10cm	67
4.18 Grafik <i>TDS</i> Variasi Ketinggian Media 60:5:5 cm	67
4.19 Nilai Efisiensi <i>TDS</i> Variasi Ketinggian Media 60:5:5 cm	68
4.20 Grafik Perbandingan Variasi Ketinggian <i>TDS</i>	69

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 KEPUTUSAN MENTERI KESEHATAN RI NOMOR 907/
MENKES/SK/VII/2002 TANGGAL 29 JULI 2002 TENTANG
SYARAT – SYARAT DAN PENGAWASAN KUALITAS AIR
MINUM.

LAMPIRAN 2 Hasil Analisa Kekeruhan dan *TDS*

LAMPIRAN 3 Nilai Efisiensi Kekeruhan dan *TDS*

LAMPIRAN 4 Tabel One Way Anova

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagian besar air baku untuk penyediaan air bersih diambil dari air permukaan seperti sungai, danau, kolam dan sebagainya. Air sungai sebagai salah satu sumber air baku secara kuantitatif relatif lebih besar bila dibandingkan dengan sumber air baku lain.

Tanggung jawab para ahli teknik dimulai dengan pengembangan sumber daya air untuk memenuhi penyediaan air yang cukup dengan kualitas yang baik, yaitu air harus bebas dari :

- Material tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan
- Warna yang berlebihan, rasa dan bau
- Material terlarut yang tidak dikehendaki
- Zat – zat yang bersifat agresif
- Dan bakteri indikator pencemaran kotoran

Untuk penyediaan air bersih, air tersebut harus secara nyata memenuhi kebutuhan orang, yaitu dapat langsung diminum (*potable*), juga harus berasa enak dan secara fisis menarik (Tebbutt, 1982).

Partikel-partikel koloid mempengaruhi tingkat kekeruhan yang terjadi pada air sungai, dapat disebabkan oleh kegiatan alam maupun manusia. Komposisi kimia yang terkandung dalam air permukaan sangat tergantung daerah yang dilaluinya. Umumnya air permukaan akan memiliki kekeruhan yang

cukup tinggi ditandai dengan tingginya konsentrasi *Suspended Solids*. Selain itu juga terdapat beberapa material organik dan plankton yang dapat mempengaruhi kualitas air. Air permukaan juga mempunyai fluktuasi harian, baik temperatur maupun kandungan kimia lain seperti oksigen, besi, mangan maupun jenis logam lainnya. Tiap elemen tersebut memiliki variasi yang berbeda-beda sepanjang tahun (Anonim, 1993).

Hadirnya material berupa koloid menyebabkan air menjadi tampak keruh yang secara estetika kurang menarik dan mungkin bisa berbahaya bagi kesehatan. Kekeruhan juga dapat disebabkan oleh partikel-partikel tanah liat, lempung maupun lanau (Tebbutt, 1982).

Seiring dengan pesatnya perkembangan zaman, mendorong manusia untuk melakukan penelitian – penelitian selanjutnya guna mengembangkan teknologi dalam hal pengelolaan air sehingga diharapkan pada nantinya akan menghasilkan suatu teknologi yang mampu menjawab kebutuhan manusia akan air , khususnya air minum, yang benar – benar memenuhi standar kualitas air yang dianjurkan.

Agar air minum yang dikonsumsi oleh masyarakat tidak menimbulkan gangguan kesehatan perlu menetapkan persyaratan kesehatan kualitas air minum, sebagaimana telah disebutkan dalam Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/2002 tentang Syarat – Syarat Dan Pengawasan Kualitas Air minum. Pada prinsipnya pengolahan air hanya diperlukan bagi sumber air baku yang kurang memenuhi syarat air minum.

Jumlah penduduk yang semakin meningkat serta pertumbuhan ekonomi yang terus dipacu, permintaan akan sumberdaya air baik kualitas maupun

kuantitasnya semakin meningkat melebihi ketersediaannya. Hal ini ditunjang lagi oleh adanya isu kritis yang menyatakan bahwa ketersediaan air bersih untuk kebutuhan bagi umumnya penduduk yang tinggal di perkotaan baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya, semakin sulit diperoleh (Anonim,1993).

Pada penelitian ini, sampel air baku yang digunakan adalah sampel air yang diambil dari air Selokan Mataram, Jogjakarta. Tingginya kadar kekeruhan pada air Selokan Mataram melatar belakangi digunakannya air tersebut sebagai sampel air yang perlu dilakukan pengolahan untuk memperbaiki kualitasnya terutama untuk kadar kekeruhan.

Selokan Mataram ini berupa sungai kecil yang dibuat oleh Sri Sultan Hamenungku Buwana IX pada jaman pendudukan Jepang. Air dari Selokan Mataram diambil dari Sungai Progo dan mengalir sepanjang kira-kira 60 Km menuju sungai Opak. Wilayah yang dilewati Selokan Mataram dengan sendirinya bisa mengambil air untuk keperluan pertanian. Aliran sungai Progo yang mengalir di selokan dipakai untuk mengairi sawah. Banyak wilayah yang dilewati selokan sehingga hamparan sawah di kawasan yang dilewati selokan Mataram kelihatan subur. Inilah fungsi ekonomis dan kultural Selokan Mataram, sebagai irigasi yang menghidupi lahan pertanian di Jogjakarta, khususnya di wilayah Kabupaten Sleman. Bentangan selokan Mataram diantaranya melewati kawasan Gejayan, sehingga sering disebut selokan Mataram di Gejayan. Letaknya tidak jauh dari kampus UGM dan kampus UNY. Di sekitar selokan selain ada pemukiman juga tidak sedikit ada warung-warung yang berdiri di kawasan tanah selokan.

Secara politik, pada waktu itu, Selokan Mataram mempunyai makna lain. Karena Selokan Mataram dibangun adalah dalam upaya untuk menolak kerja paksa yang dilakukan oleh penjajah Jepang. Kerja paksa ini menggunakan rakyat Jogjakarta, yang mana Sultan HB IX menjadi raja. Upaya untuk menolak itu, Sultan mengerahkan rakyatnya untuk membuat Selokan Mataram, yang berfungsi untuk mengairi lahan pertanian di wilayahnya, dan ini menguntungkan rakyat.

Selain menjadi tanda kultural, Selokan Mataram, menjadi lahan penghidupan bagi warga masyarakat, karena lahan disekitarnya yang masih tersisa dan sebetulnya sebagai lahan kontrol telah berubah menjadi kegiatan ekonomi dalam bentuk dibangunnya warung-warung. Rupa-rupa jenis warung untuk bermacam kegiatan ekonomis, banyak bermunculan disekitar kawasan Selokan Mataram.

Melihat Selokan Mataram sekarang dengan Selokan Mataram yang dulu, tentu banyak yang berbeda, setidaknya dari segi kebersihan wilayah sekitar, namun dari segi limbah, boleh jadi Selokan Mataram sekarang lebih kotor dibanding selokan Mataram dulu, karena sekarang disekitar selokan telah padat pemukiman, yang bisa membuang berbagai macam limbah ke selokan, apalagi tak jauh dari selokan tidak sedikit mahasiswa/mahasiswi indekost. Tentu lahan pertanian yang memanfaatkan aliran Selokan Mataram tidak lagi seluas pada masa lalu, karena di Sleman, telah banyak pemukiman baru muncul yang mengusir lahan pertanian.

Kepadatan penduduk yang terus meningkat secara nyata khususnya masyarakat kota Jogjakarta menyebabkan pencemaran air permukaan yang

disebabkan oleh buangan limbah domestik maupun limbah industri yang masuk ke badan air seperti sungai. Selain itu juga, telah terjadi pergeseran masyarakat yang lebih cenderung menggunakan air minum dalam kemasan. Oleh sebab itu, untuk mengembalikan kepercayaan masyarakat akan air permukaan maka perlu dilakukan pengolahan sebelum air permukaan tersebut digunakan. Salah satu alternatif pengolahan yang sangat sederhana yang dapat diterapkan adalah melewatkan air permukaan tersebut kedalam saringan berisi lapisan pasir halus, pasir kasar dan kerikil yang sering disebut dengan *Biosand Filter*.

I.2 Rumusan Masalah

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

1. Apakah *Biosand filter* dapat menurunkan Kadar Kekeruhan dan *TDS* ?
2. Apakah terjadi perbedaan secara signifikan hasil dari proses *Biosand filter* apabila dilakukan variasi ketinggian pasir dan diameter butiran tetap?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui tingkat efektifitas *Biosand filter* dalam menurunkan kadar Kekeruhan dan *TDS*.
2. Untuk mengetahui ketinggian yang paling efektif sehingga mendapatkan penurunan kadar Kekeruhan dan *TDS* yang paling optimal.

1.4 Batasan Masalah

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

1. Percobaan ini menggunakan ketinggian pasir yaitu ketinggian 40,50,60 cm pasir halus dengan diameter 0.25mm, 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 permukaan yang ada di Selokan Mataram, Jogjakarta.
3. Paramater yang diukur adalah Kekeruhan dan *TDS*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan salah satu alternatif teknologi dalam menurunkan kadar Kekeruhan dan *TDS* yang terlalu tinggi pada air permukaan dan cocok 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 kadar Kekeruhan dan *TDS* pada air permukaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

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

Untuk dapat memahami akibat yang dapat terjadi apabila air minum tidak memenuhi standar. Standar kualitas air adalah baku mutu air yang telah ditetapkan berdasarkan sifat – sifat fisik, kimia dan biologis yang menunjukkan kualitas air tersebut. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002, yang dimaksud dengan air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum, sebagaimana terlampir (Lampiran 1).

Mengingat pentingnya peran air bagi kelangsungan hidup manusia, maka air yang akan dikonsumsi harus memenuhi standar kualitas air minum sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002.

Air seringkali memiliki komposisi yang sangat kompleks oleh karena itu diperlukan modifikasi dari komposisi tersebut agar dapat disesuaikan dengan penggunaannya. Ini berarti berbagai proses pengolahan diperlukan untuk kehadiran beranekaragamnya kontaminan yang mungkin ditemukan.

Menurut Tebbutt (1982), kontaminan yang mungkin ditemukan pada air baku dalam bentuk – bentuk sebagai berikut :

- a. Material – material kasar tersuspensi atau terapung dalam air seperti : Daun, cabang, ranting, kayu dan sebagainya.
- b. Material – material halus tersuspensi dan koloidal dalam air seperti : Partikel - partikel lumpur dan lempung serta mikroorganisme.
- c. Material – material terlarut dalam air seperti : Alkalinitas, kesadahan, dan asam – asam organik.
- d. Gas – gas terlarut seperti : Karbondioksida dan hydrogen sulfida.
- e. Cairan – cairan terlarut seperti : Lemak, pelumas dan minyak.

Anonim (1993) menyebutkan material yang terkandung dalam air dapat dikategorikan sebagai berikut (Anonim, 1993) :

- a. *Suspended Solids*, yaitu material yang berasal dari mineral dasar seperti pasir, lumpur, lempung dan material organik yang berasal dari dekomposisi tumbuhan maupun hewan.

- b. Partikel koloid, yaitu partikel dengan ukuran kurang dari 1 mikron, yang materialnya sama dengan *Suspended Solid* tapi dengan ukuran yang lebih kecil. Partikel ini juga sangat mempengaruhi kekeruhan dan warna air. Biasanya partikel ini mengendap dengan waktu yang cukup lama karena partikelnya cenderung melayang dalam air.
- c. Zat – zat terlarut, biasanya berupa kation dan anion yang merupakan bagian dari bahan organik yang terlarut, seperti gas O₂, CO₂ dan H₂S.

2.2 *Biosand Filter*

Biosand filter (BSF) adalah suatu teknologi penyaringan air yang merupakan hasil modifikasi dari *Slow sand filter* dimana umumnya digunakan dalam skala komunal menjadi suatu modifikasi kedalam bentuk saringan pasir lambat dalam skala rumah tangga. *Biosand filter* dikembangkan pada tahun 1988 oleh Dr. David Manz di Universitas Calgary, Canada. Selain itu *Biosand filter* memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Slow sand filter* yang tradisional, sangat efektif dalam meremoval bakteri pathogen, meningkatkan rasa dan bentuk air secara visual, mempertimbangkan aliran secara *Intermittent* dan masih menyediakan suatu teknologi yang sesuai dalam pengembangan dunia (Yung, 2003). Sedangkan dalam meremoval kekeruhan, tidak dapat di katakan berapa angka pasti dari efisiensi penurunan kekeruhan antara *Slow sand filter* dan *Biosand filter* karena angka tersebut bergantung dari setuasi dan kondisi saat proses tersebut berlangsung. Seperti kualitas air baku, suhu, persediaan oksigen, diameter butiran pasir yang digunakan dan lain-lain.

Sehingga antara hasil penelitian satu dan yang lain menunjukkan angka yang berbeda. Salah satu contoh adalah penurunan kekeruhan yang terjadi pada *Slow sand filter* yaitu mengalami rata-rata penurunan sebesar 98.0 % sedangkan pada *Biosand filter* rata-rata penurunan sebesar 98.5 % (Yung,2003). Namun yang jelas, baik *Slow sand filter* maupun *Biosand filter* dapat menurunkan kekeruhan hingga kurang dari 1 NTU. Untuk lebih jelas mengenai perbedaan *Slow sand filter* dan *Biosand filter* dapat dilihat sebagai berikut :

Perbedaan antara *Slow Sand Filter* dan *Biosand Filter* yaitu :

	SSF	*BSF
Lokasi	Comunitas	Rumah
Flow	Kontinyu	<i>Intermittent</i>
<i>Loading Rate</i>	0.1-0.2 m ³ /m ² /h	0.6 m ³ /m ² /h
Warna	30-100%	30-100%
Removal Kekeruhan	<1 NTU	< INTU

Biosand filter memiliki kemiripan dengan *Slow sand filter* (*SSF*), dalam arti bahwa mayoritas dari proses penyaringan dan dalam meremoval kekeruhan terjadi pada lapisan pasir yang paling atas. *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. Pada *Biosand filter* dengan media pasir untuk proses pengolahan air permukaan yang tidak melalui unit - unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi. Karena pada filter ini 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 % menghilangkan bakteri virus tipus.

Keuntungan teknologi ini selain murah, membutuhkan sedikit pemeliharaan dan alat ini juga beroperasi secara gravitasi (Murcott&Miller, 2002).

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 O_2 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 bakteri – bakteri patogen yang ada (Tommy&Sophie,2003).

Pada saringan pasir yang dioperasikan secara *intermittent*, kedalaman dari proses biologi juga bergantung pada seberapa banyak air yang ada di atas pasir selama selang waktu. Semakin dangkal kedalaman air berarti oksigen yang tersedia akan lebih banyak, sehingga bisa menyebabkan lapisan biologi zone yang aktif dapat tumbuh dengan lebih dalam di dalam pasir tersebut (Yung, 2003).

Walaupun mekanisme *SSF* sangat mirip dengan *BSF*. Namun, terdapat tiga keterbatasan dari *SSF* bila digunakan dalam skala rumah tangga, yaitu :

- 1) *SSF* menuntut kecepatan yang kontinyu agar kebutuhan oksigen yang konstan tetap tersedia.
- 2) Biasanya *SSF* dibangun pada skala untuk penggunaan secara komunal, dimana memerlukan penempatan air yang terpusat dan terlalu besar jika digunakan dalam skala rumah tangga.
- 3) Perawatan yang kurang baik menyangkut pembersihan lapisan *Biofilm*.

Beberapa manfaat utama penggunaan *Biosand filter* yaitu :

- 1) Pertimbangan alirannya yang secara *Intermittent* dan dapat digunakan pada waktu tertentu selama pengolahan tanpa mengalami penurunan kualitas.
- 2) Metode *Pre-treatment* ataupun proses pengolahan lain dapat digunakan sebelum atau setelah melalui *BSF*.
- 3) *BSF* memiliki kecepatan aliran yang lebih cepat yaitu sekitar 0.6 m/jam (30L/hr), sedangkan *SSF* yang tradisional adalah 0.1 m/jam.
- 4) Media tidak memerlukan penggantian dan tidak menghasilkan banyak kotoran, karenanya akan mengurangi tingkat pemborosan.

Pada tingkat ketahanan mikroorganisme 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 di alam dapat dimusnahkan secara primer dengan 3 mekanisme yaitu: Kimia, fisika dan biologi (Yung, 2003).

2.2.1 Mekanisme Kimia - Fisika

Beberapa proses kimia - fisika tergantung dengan filtrasi, penyaringan permukaan dan daya tarik - menarik antar partikel yang merupakan proses paling penting yang bertanggung jawab pada pemusnahan patogen dalam *Biosand filter*. Penyaringan permukaan berhubungan dengan diameter partikel paling atas *Biosand filter* dari lapisan dasar penyaringan karena partikel - partikel itu sangat besar / terlalu besar untuk melewati dasar penyaring. Sebagai contoh pasir dengan diameter 0.1 mm akan menyaring partikel - partikel keluar yang berukuran 5 μm atau lebih besar. Dengan kekuatan yang lebih besar banyak partikel - partikel dapat dipindahkan dari permukaan air termasuk Cysts / kista (1 - 20 μm) dan bakteri (0.1 sampai 10 μm) sampai virus lebih kecil dari 1 μm (Tommy Ngai & Sophie, 2003).

Daya tarik menarik antar partikel berhubungan dengan proses partikel luar yang di absorpsi dalam media penyaring seperti pasir. Proses itu secara sama dengan berbagai interaksi kimia diantara sel mikrobial dan media yang berongga termasuk hidrofobisitas (seperti porositas) dan pengisian permukaan (Tommy Ngai & Sophie, 2003).

2.2.2 Mekanisme Biologi

Biosand filter menghilangkan bakteri patogen pada saat zat - zat padat melawati pasir dalam filter, zat - zat ini akan bertubrukan dan menyerap ke dalam partikel - partikel pasir. Bakteri dan zat padat yang terapung mulai meningkat dalam kepadatan yang tertinggi di lapisan pasir paling atas, menuju *Biofilm* (Yung, 2003).

Biofilm melibatkan serangkaian mekanisme biologis dimana tidak mudah untuk menunjukkan mekanisme yang tepat dan yang mendukung penghilangan bakteri tersebut, saat sistem beroperasi dalam berbagai mekanisme. Mekanisme biologis diantaranya :

- a. Dimana mikrobiologi dalam *Biofilm* mengkonsumsi bakteri dan patogen - patogen lain yang ditemukan dalam air.
- b. Sebagian besar organisme akan mati dalam lingkungan yang relatif berbahaya karena meningkatnya kompetisi.
- c. Pengolahan ini menuntut aliran yang terus-menerus untuk memberikan pemasukan oksigen yang konstan ke *Biofilm*.
- d. Saat air mengalir melalui *Biosand filter*, mayoritas penghilangan patogen terjadi di lapisan paling atas lapisan filter, dimana lapisan *Biofilm* tersebut ada (Yung, 2003).

2.2.3 Gambaran tentang *Schmutzdecke* (Lapisan *Biofilm*)

Kata *Schmutzdecke* atau lapisan *Biofilm* berasal dari bahasa Jerman yaitu berarti 'Lapisan kotor'. Lapisan film yang lengket ini 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 mana bermanfaat untuk mengurangi rasa, bau dan warna (Hegazi,2004).

Biofilm adalah suatu istilah yang digunakan untuk menggambarkan suatu lingkungan kehidupan yang khusus dari sekelompok mikroorganisme yang melekat ke suatu permukaan padat dalam lingkungan perairan (Hegazi,2004).

Biofilm terdiri dari sel - sel mikroorganisme yang melekat erat ke suatu permukaan yang berada dalam keadaan diam, tidak mudah lepas atau berpindah tempat (*Irreversible*). Pelekatan ini seperti pada bakteri disertai oleh penumpukan bahan - bahan organik yang diselubungi oleh matrik *polimer ekstraseluller* yang dihasilkan oleh bakteri tersebut. Matrik ini berupa struktur benang - benang yang saling bersilangan antara satu sama lain yang dapat berupa perekat bagi *Biofilm* (Yung, 2003).

Lapisan *Schmutzdecke* bukanlah satu-satunya daerah tempat aktivitas biologi pada suatu *Biosand filter*. Biasanya istilah *Schmutzdecke* digunakan untuk menandakan adanya zone aktivitas biologi yang umumnya terjadi di permukaan pasir. Dalam kaitan dengan fungsi gandanya yang meliputi penyaringan mekanis, kedalaman *Schmutzdecke* bisa dikatakan dapat menghubungkan kepada zone penetrasi dari partikel - partikel padatan dimana ukurannya yaitu antara 0.5 - 2 cm dari permukaan suatu *Biosand filter* (Hegazi, 2004).

Biofilm terbentuk karena adanya interaksi antara bakteri dan permukaan yang ditempelinya. Interaksi ini terjadi dengan adanya faktor - faktor yang meliputi kelembaban permukaan, makanan yang tersedia, pembentukan matrik *ekstraseluller* (eksopolimer) yang terdiri dari *polisakarida*, faktor - faktor fisikokimia seperti interaksi muatan permukaan

dan bakteri, ikatan ion, ikatan Van Der Waals, pH dan tegangan permukaan serta pengkondisian permukaan. Dengan kata lain terbentuknya *Biofilm* adalah karena adanya daya tarik antara kedua permukaan (fisikokimia) dan adanya alat yang menjembatani pelekatan (matrik eksopolisakarida) (Yung, 2003).

a. Proses Pemurnian di dalam *Schrnutzdecke* dan Zone biologi

Permukaan saringan pada umumnya tidak berisi cukup 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 akan 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 berlimpah - limpah di bagian atas permukaan yang hidup dengan sel lainnya (Hegazi, 2004).

Proses – proses oksidasi yang terjadi pada media pasir yang dapat memusnahkan bahan - bahan organik dalam air baku, termasuk bakteri - bakteri patogen yang sudah mati. Bakteri menghasilkan suatu unsur yang licin yang terdiri dari *eksocellular polymer* seperti halnya sel mati dan sel - sel yang hidup, unsur ini dikenal sebagai *Zoogeal*. Di dalam *Schrnutzdecke* 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 (Hegazi,2004).

Populasi bakteri terbatas oleh jumlah material organik yang disediakan oleh aliran air baku untuk pertumbuhan (*Asimilasi*) yang kemudian imbangi 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 mendegradasi bahan - bahan organik yang ditunjukkan pada air baku adalah dilakukan pemecahan secara berangsur-angsur dan zat tersebut diubah menjadi air, CO₂ dan garam anorganik yang secara relatif tidak berbahaya seperti sulfat, nitrat, dan fosfat (mineralisasi) yang akan dihilangkan pada efluen filter (Hegazi,2004).

Biofilm terbentuk khususnya secara cepat dalam sistem yang mengalir, dimana suplai nutrisi tersedia secara teratur bagi bakteri. Pertumbuhan bakteri secara ekstensif disertai oleh sejumlah besar *polimer ekstraseluler*, 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 di habitat alamiah umumnya dapat bertahan dalam dua lingkungan fisik yang berbeda :

1. Keadaan planktonik, berfungsi secara individu
2. Keadaan diam dimana dia melekat ke suatu permukaan membentuk *Biofilm* dan berfungsi sebagai komunitas yang bekerjasama dengan erat. (Jatmilah, 2003)

Kepadatan populasi yang rendah adalah karakteristik umum dari komunitas *planktonik* pada ekosistem mikroba di alam. Keadaan oligotropik dari ekosistem ini menyiratkan ketidakcukupan masukan nutrisi untuk mendukung aktivitas mikroba lebih jauh. Jika kepadatan populasi rendah, kompetisi antara bakteri secara individu untuk ruang, oksigen, serta faktor-faktor pembatas lainnya hanya sedikit. Pada keadaan *planktonik*, kesempatan bagi individu untuk terpecah dari komunitas, khususnya oleh arus dalam fase berair relatif tinggi (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 dapat bertahan pada keadaan lapar. Keadaan yang kelaparan ini memberikan beberapa kesimpulan adanya kemampuan bakteri untuk bertahan dalam keadaan diam (Jatmilah, 2003).

Beberapa sel pada populasi yang berbeda dari bakteri *planktonik* menempel ke berbagai macam permukaan. Pada sistem yang mengalir, bakteri yang melekat memperoleh akses ke sumber nutrisi yang kontinyu yang dibawa oleh air yang mengalir. Bakteri kelaparan yang melekat di permukaan, tumbuh

menjadi ukuran normal kemudian memulai reproduksi sel. Pelekatan kontinyu dan pertumbuhan mendukung pembentukan *Biofilm* (Jatmilah, 2003).

Walaupun banyak bakteri dapat tumbuh pada keadaan bebas (*free - living*) atau *planktonik*, secara umum mereka melekat ke suatu permukaan dengan menghasilkan *polisakarida ekstra seluler (EPS)*. Pelekatan ini menghasilkan mikrokoloni, sebagai awal perkembangan *Biofilm* yang dimulai dari satu sel tapi sering berkembang menjadi beberapa bakteri membentuk multilayer dengan matrik yang hidup pada komunitas kompleks. Dalam kenyataannya, hampir semua permukaan berhubungan dengan cairan dan nutrisi akan dikoloni oleh mikroorganisme. *EPS* sangat penting bagi kehidupan *Biofilm*. Dia dapat menyediakan makanan bagi *Biofilm*, terlibat dalam mekanisme pertahanan inang, dan membantu dalam agregasi dan pelekatan permukaan. Perlindungan *EPS* menyebabkan *Biofilm* untuk bertahan pada kondisi dimana sel planktonik sudah tidak mampu bertahan hidup (Jatmilah, 2003).

b. Persediaan Oksigen

Pada tingkat ketahanan mikroorganisme di dalam zone biologi, mikroorganisme tersebut memerlukan persediaan oksigen. Oksigen digunakan pada saat terjadinya 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 H_2S , amoniak, rasa, mangan dan besi terlarut, yang membuat pengolahan terhadap air tersebut 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 permukaan saringan berada pada kondisi anaerobik (Hegazi, 2004).

2.2.4 Pematangan / Memasakkan *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).

Pengembangan suatu *Biofilm* terjadi pada suhu 21 °C yaitu membutuhkan sekitar 16 hari untuk menumbuhkan sekitar 85 - 90%. Pada suatu air baku yang secara biologi lebih produktif berarti lapisan *Biofilm* itu akan berkembang dengan cepat dan saringan akan beroperasi lebih efisien (Hegazi, 2004).

Sedangkan periode pematangan terjadi pada saat *Biosand filter* terpasang pertama kali, atau ketika lapisan *Biofilm* rusak (selama pembersihan penyaringan), waktu yang dibutuhkan *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 merubah keefektifan bakteri karena hanya mekanisme kimia fisika yang bekerja memindahkan bakteri (Tommy Ngai & Sophie, 2003).

2.2.5 Pembersihan *Biosand filter*

Media *Biosand filter* membutuhkan pembersihan secara periodik. Umumnya karena lapisan *Biofilm* dalam *Biosand filter* terus terakumulasi dan tumbuh hingga tekanan aliran hilang karena lapisan *Biofilm* yang berlebihan. Lapisan *Biofilm* dalam *Biosand filter* biasanya di bersihkan setiap 1 hingga 3 bulan tergantung pada level kekeruhan. Tetapi, selama kekeruhan begitu tinggi pasir membutuhkan pembersihan setiap 2 minggu atau 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 retensi hidrolis akan meningkat, menunjukkan bahwa *Biosand filter* perlu dibersihkan. Karena jika kekeruhan yang tinggi sehingga terjadi (*Clogging*) kemacetan pada *Biosand filter*. Pembersihan tingkat kekeruhan normal hanya dengan memecah lapisan *Biofilm* dengan cara mengaduk secara perlahan - lahan air di atas lapisan *Biofilm*. Oleh sebab itu kedalaman air 5 cm cukup penting untuk efisiensi *Biosand filter* dimana alasan utamanya adalah untuk mencegah pasir dari kekeringan di lapisan atas. Selain itu air diambil untuk dibuang sebanyak ± 2 cm saat pembersihan (Bush, Gurnsey & mulius, 2004).

Keuntungan *Biosand Filter*:

a. Efektif

Biosand Filter merupakan instansi pengolahan yang dapat berdiri sendiri sekaligus dapat memperbaiki kualitas secara fisik, kimia, biologis,

bahkan dapat menghilangkan sama sekali bakteri pathogen tetapi dengan ketentuan operasi dan pemeliharaan filter 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 saringan pasir cepat.

c. Sederhana

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

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 secara manual sehingga 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 kekeruhan.

Pada saat filter dioperasikan proses penjernihan hanya berlangsung dengan penyaringan disertai pengendapan. Beberapa saat kemudian pada lapisan permukaan saringan akan terbentuk semacam lapisan yang disebut sebagai lapisan bahan pengotor yang membentuk kulit filter yang akan hilang dari permukaan

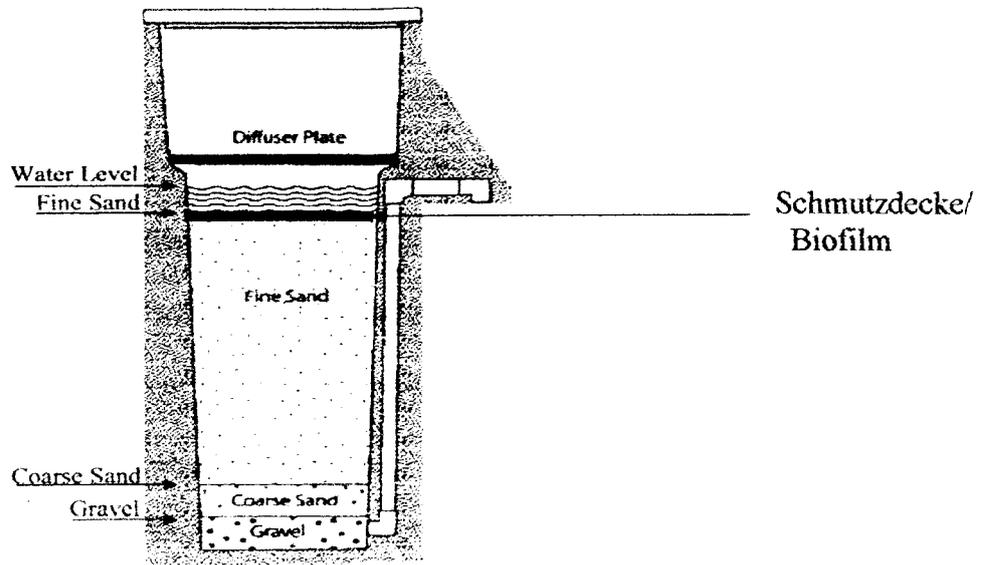
butiran pasir akibat penggerusan oleh aliran air yang melewatinya, tetapi tidak terdapat tanda pengotoran tetap pada lapisan pasir dibawahnya. Hal ini akan menghancurkan kulit filter yang tetap hidup sebagai jenis mikroorganismenya yang sangat aktif menguraikan bahan-bahan organik termasuk bakteri yang tertahan selama proses penyaringan. Bakteri akan memperbanyak diri dengan memanfaatkan bahan organik yang tertahan sebagai sumber makanannya.

2.2.6 Mekanisme Penyaringan

Proses yang terjadi pada filtrasi adalah proses fisis, biokimia dan biologis:

- a. Proses penyaringan: Proses pemurnian air dari 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 terjadi akibat tumbukan antara partikel tersuspensi dengan butiran pasir, merupakan hasil daya tarik menarik antara partikel yang bermuatan listrik berlawanan. Pasir yang bersih mempunyai muatan listrik negatif mampu mengadsorpsi partikel positif.
- d. Aktivitas kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.
- e. Aktivitas biologis disebabkan mikroorganismenya yang hidup dalam filter.

Konstruksi *Biosand filter* terbuat dari beton yang mengandung lapisan pasir halus, pasir kasar dan krikil. Lalu air dimasukkan ke dalam filter melalui atas filter. Setelah air sampai ke dasar filter, air berkumpul dan masuk melalui pipa PVC. Ini dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Biosand Filter

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

Tabel 2.1 Kriteria Desain *Biosand Filter*

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

2.3 Keekeruhan Dan TDS Di dalam Air Permukaan

2.3.1 Keekeruhan Di dalam Air Permukaan

Air menjadi keruh karena adanya benda-benda lain yang tercampur atau larut dalam air seperti tanah liat, lumpur, benda - benda organik halus dan plankton. Keekeruhan didefinisikan sebagai suatu istilah untuk menggambarkan butiran - butiran tanah liat, pasir, bahan mineral dan sebagainya yang menghalangi cahaya atau sinar masuk kedalam air.

Keekeruhan merupakan sifat optis suatu larutan, yaitu hamburan dan absorpsi cahaya yang melaluinya tidak dapat dihubungkan secara langsung antara keekeruhan dengan kadar semua jenis zat suspensi, karena tergantung juga dengan ukuran dan bentuk butiran.

Keekeruhan sebenarnya tidak mempunyai efek langsung terhadap kesehatan tetapi dapat membuat air tidak dapat dikonsumsi karena tidak dapat dikatakan aman. Selain itu, dapat mengurangi efektifitas dalam perawatan seperti mencuci dan sebagainya. Persyaratan mutu dari keekeruhan air bersih maksimum yang diperolehkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 907 / MENKES / SK / VII / 2002 adalah 5 NTU.

Keekeruhan menunjukkan sifat optis air, yang mengakibatkan pembiasan cahaya kedalam air. Keekeruhan membatasi masuknya cahaya ke dalam air. Keekeruhan ini terjadi karena adanya bahan yang terapung dan terurainya zat tertentu, seperti bahan organik, jasad renik, lumpur, tanah liat dan benda lain yang melayang atau terapung dan sangat halus. Semakin keruh air, semakin tinggi daya hantar listriknya dan semakin banyak pula padatannya (Kristanto, 2002).

Partikel yang terkandung dalam air dapat terjadi karena adanya erosi tanah yang dilalui oleh aliran air. Kation - kation yang terdapat dalam partikel lempung adalah Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , H^+ , Al^{2+} dan Fe^{2-} , berurutan menurut besarnya gaya adsorpsi yang dialami. Dari urutan kation tersebut, terlihat partikel yang mengandung Na^+ dan K^+ sangat stabil dan sukar mengendap karena hanya sedikit yang mengalami gaya adsorpsi, sedangkan partikel yang mengandung Al^{3+} dan Fe^{3+} kurang stabil dan mudah mengendap.

Adapun zat yang tidak dapat mengendap tanpa bantuan bahan kimia (koagulan) antara lain unsur organik dari limbah domestik. Jenis dan ukuran partikel koloid dalam air yang sukar mengendap dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Spektrum Ukuran Partikel

No	Jenis Partikel	Bahan Penyusun	Ukuran (Mikron)
1	Molekul	-	$10^{-10} - 10^{-8}$
2	Koloid	-	
3	Tersuspensi	Clay FeOH CaCO ₃ SiO ₂	
4	Bakteri		$10^{-6} - 10^{-5.5}$
5	Alga		$10^{-6} - 10^{-4.5}$
6	Virus		$10^{-7.5} - 10^{-8.5}$

Untuk menghilangkan zat-zat tersebut diatas, cara yang umum dilakukan adalah dengan proses sedimentasi, akan tetapi untuk ukuran partikel yang sangat kecil seperti partikel koloidal dan partikel tersuspensi memerlukan waktu yang sangat lama, seperti dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Jenis Partikel Koloid dan Tersuspensi

No	Jenis partikel	Diameter (mm)	Waktu Pengendapan
1	Kerikil	10	0,3 Detik
2	Pasir halus	0,1	33 Detik
3	silt	0,01	38 Detik
4	Bakteri	0,001	55 Detik
5	Koloid	0,0001 - 0,000001	230 Hari - 6,3 Tahun

a. Dispersi Koloid

Dispersi koloid terdiri atas partikel-partikel diskrit yang tetap dalam keadaan tersuspensi akibat ukurannya yang sangat kecil berikatan secara kimiawi dengan air dan karena adanya muatan listrik pada permukaannya.

Dispersi koloid digolongkan menjadi dua macam yaitu:

1) Koloid hidrofilik

Kestabilan koloid jenis ini disebabkan oleh afinitas yang besar terhadap air, hanya sedikit yang dapat terdestabilisasi. Adanya gaya tarik menarik yang sangat kuat terhadap air, koloid ini biasanya membutuhkan dosis koagulan yang lebih besar dari pada dosis untuk koloid jenis hidrofobik. Contoh koloid ini adalah sabun, deterjen sistesis dan serum darah merah.

2) Koloid hidrofobik

Koloid ini tidak berafinitas terhadap air dan menjadi stabil karena muatan yang dimilikinya. Contoh koloid dari jenis ini adalah koloid oksida metal dan oksida non metal. Adanya muatan yang sama pada permukaan masing-masing partikel menimbulkan gaya tolak - menolak yang menghambat terjadinya penggabungan antar partikel (Tebbut,1982).

b. Konsep Zeta potensial

Konsep ini berasal dari teori lapisan ganda difusi yang diterapkan pada permukaan lapisan koloid. Partikel koloid mempunyai muatan listrik yang sangat mempengaruhi sifatnya. Muatan pokok yang dimiliki partikel tersebut menarik ion-ion larutan disekelilingnya. Muatan pokok partikel tersebut menarik ion-ion larutan yang bermuatan berlawanan. Perbedaan konsentrasi antara kation dan anion menyebabkan terbentuknya suatu medan elektrostatis. Jika muatan pokok tersebut cukup besar maka akan terbentuk lapisan tetap disekelilingnya yang mengandung ion-ion muatan berlawanan. Lapisan tetap tersebut dinamakan lapisan *Stern* yang dikelilingi lagi oleh lapisan lain yang berlawanan, disebut lapisan *Difusi*. Konsentrasi ion dilapisan *difusi* ini bervariasi, ion yang bermuatan sama dengan muatan pokok, konsentrasinya lebih rendah daripada muatan yang berlawanan dengan muatan pokok. Hal ini berlaku baik untuk lapisan *Stern* maupun *Difusi*.

Perbedaan konsentrasi antara kation dan anion menyebabkan terbentuknya suatu medan elektrostatis. Potensial yang paling menentukan dalam tingkah laku partikel koloid adalah potensial pada permukaan batas antara lapisan *stern* dan lapisan *difusi* atau disebut permukaan geser, sedangkan potensial pada permukaan ini dinamakan potensial zeta.

Koagulasi dari elektrolit berdasarkan penurunan potensial zeta dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$z = \frac{4\pi r v}{k} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana: Z = zeta potensial

η = viskositas (kekentalan)

 v = mobilitas ion

 k = tetapan dielektrik

Kestabilan dapat dikurangi dengan memperkecil potensial zeta, dengan cara menambahkan ion dari muatan berlawanan. Dengan bertambahnya ion dari muatan yang berlawanan, perbedaan muatan dapat dikurangi dan ketebalan *difusi* dan *stern* berkurang pula. Hal ini memungkinkan partikel untuk saling mendekat/berdekatan. Jika partikel cukup dekat satu sama lain, maka daya tarik menarik antar partikel (gaya *Van Der Walls*) dan kontak yang diakibatkan oleh adanya gerak termal yang dikenal dengan gerak *Brown*, mengakibatkan terjadinya tumbukan partikel-partikel sehingga terbentuk flok yang cukup besar dan mudah mengendap (Tebbut, 1982).

2.3.2 Total Zat Padat Terlarut (*TDS*) Di dalam Air Permukaan

TDS adalah ukuran jumlah materi yang terlarut dalam air. *TDS* ini menggunakan satuan mg/L dengan nilai - nilai air bersih yang pada dasarnya berkisar dari 1 - 1000 mg/L. Garam-garam terlarut seperti sodium, klorida, magnesium dan sulfat memberi kontribusi pada *TDS*. Konsentrasi yang tinggi dari *TDS* membatasi kesesuaian air sebagai sumber air minum dan suplai irigasi. Selain itu, konsentrasi *TDS* yang tinggi dalam air dapat mempengaruhi kejernihan, warna dan rasa. *TDS* biasanya terdiri atas zat organik, garam organik dan gas terlarut. Bila *TDS* bertambah maka kesadahan akan naik pula. Selanjutnya efek *TDS* ataupun kesadahan terhadap kesehatan tergantung pada spesies kimia penyebab masalah tersebut.

2.4 Air Sungai Sebagai Sumber Air Bersih

2.4.1 Kuantitas

Permukaan planet bumi sebagian besar terdiri dari perairan, Dari 40 juta mil kubik air yang berada di permukaan bumi dan ada di dalam tanah tidak lebih dari 0,5 % (0,2 juta mil kubik) yang secara langsung dapat digunakan untuk kepentingan manusia. Karena dari jumlah 40 juta mil kubik 97 % terdiri dari air laut dan jenis air lain yang berkadar garam tinggi, 2,5 % berbentuk es dan salju abadi yang dalam keadaan cair baru dapat dipakai manusia dan makhluk lain (Fardias, 1992).

Akibat panas sinar matahari pada permukaan bumi, permukaan air laut dan air yang ada pada makhluk hidup menguap menjadi awan yang apabila terkena dingin akan mengalami kondensasi, yang akan turun menjadi hujan. Air hujan akan meresap ke dalam tanah dan mengalir di permukaan tanah menuju ke badan - badan air sehingga air di badan air akan bertambah banyak. Dari rantai perputaran air tersebut, dapat dibedakan atas tiga sumber yaitu :

1. Air angkasa meliputi air hujan dan salju,
2. Air tanah meliputi mata air, sumur dangkal, sumur dalam dan artesis.
3. Air permukaan meliputi sungai, rawa – rawa dan danau.

Air sungai sangat terpengaruh oleh musim, dimana debit air sungai pada musim hujan relatif lebih banyak di banding dengan pada musim kemarau. Kuantitas air sungai di pengaruhi oleh :

- Debit sumber air sungai (air hujan, air dari mata air dan sebagainya)
- Sifat dan luas area dan kedalaman tanah.

2.4.2. Kualitas

Air permukaan adalah air yang ada di permukaan tanah, baik keberadaannya bersifat sementara dan mengalir ataupun stabil. Air permukaan bila langsung digunakan untuk kebutuhan sehari - hari perlu diperhatikan apakah air tersebut sudah tercemar atau belum. Indikator atau tanda bahwa air permukaan sudah tercemar adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati melalui :

1. Adanya perubahan warna, bau dan rasa dalam air.
2. Adanya perubahan suhu air.
3. Adanya perubahan pH dan konsentrasi ion hidrogen.
4. Timbulnya endapan, koloidal dan bahan terlarut.
5. Adanya mikroorganisme.
6. Meningkatnya radioaktifitas dalam air

Agar air permukaan dapat digunakan sebagai sumber air bersih perlu dilakukan pengolahan air untuk perbaikan kualitas fisika air bersih dapat dilakukan misalnya dengan penyaringan (filtrasi).

Pada umumnya air sungai mengandung zat organik maupun anorganik, yang terkandung dalam air sungai tergantung kadar pencemaran pada air sungai tersebut dan jenis tanah yang dilalui oleh air sungai tersebut.

Sungai pada umumnya akan membawa zat - zat padat yang berasal dari erosi, penghancuran zat - zat organik, garam - garam mineral sesuai dengan jenis tanah yang dilalui. Dan pada sungai - sungai yang melalui daerah - daerah pemukiman yang padat akan mengalami pencemaran akibat buangan rumah tangga yang dapat mengakibatkan perubahan warna, peningkatan kekeruhan, rasa, bau dan lain-lain.

2.4.3 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. Untuk masyarakat awam persediaan air minum, mereka mengambil dari sumber air sebelum dikonsumsi air tersebut harus direbus 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).

2.5 Hipotesa

- a. *Biosand filter* dapat menurunkan kadar Kekeruhan dan *TDS*.
- b. Ada perbedaan secara signifikan hasil proses *Biosand filter* apabila variasi ketinggian pasir 40:15:15 cm, 50:10:10 cm, 60:5:5 cm dengan diameter butiran tetap.

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 *Biofilm* setelah beberapa lama ditumbuhkan pada media pasir, lalu kemudian menguji parameter kekeruhan dan *TDS* setelah melalui *Biosand filter*.

Penelitian ini berlangsung kurang lebih selama 3 bulan. Adapun tahap awal penelitian ini adalah menyaring seluruh media pasir halus, pasir kasar, dan kerikil. Penyaringan dilakukan agar semua media mendapatkan variasi diameter yang sama. Adapun uji foto mikroskop dilakukan untuk mengetahui perkembangan *Biofilm* pada permukaan pasir, lalu selanjutnya menguji sampel air baku untuk diuji kadar kekeruhan dan *TDS*. Hasil dari penelitian ini akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

3.2 Objek Penelitian

Sebagai objek penelitian ini adalah kadar kekeruhan dan *TDS* dari sumber air baku yaitu air permukaan.

3.3 Lokasi Penelitian

- a. Lokasi pengambilan sampel air di lakukan di selokan Mataram, tepatnya di daerah UGM, Gejayan, Jogjakarta.
- b. Analisa ayakan media pasir halus, pasir kasar dan kerikil dilakukan di laboratorium Jalan Raya, Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia Jogjakarta.
- c. Analisa lapisan *Biofilm* dan sampel kekeruhan, dilakukan di laboratorium Bio Manajemen Fakultas Biologi Atma Jaya Jogjakarta.
- d. Analisa sampel *TDS* dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini terdiri atas dua, yaitu :

- a. Variabel bebas (*Independent Variable*)

Pada penelitian ini, media yang digunakan merupakan variabel bebas yang terdiri dari ketinggian media 40,50,60 cm untuk pasir halus, pasir kasar 15,10,5 cm, kerikil 15,10,5 cm dengan diameter media pasir halus = 0.25 mm, pasir kasar 0.85 mm dan kerikil 6.3 mm. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1 Ketinggian Media

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

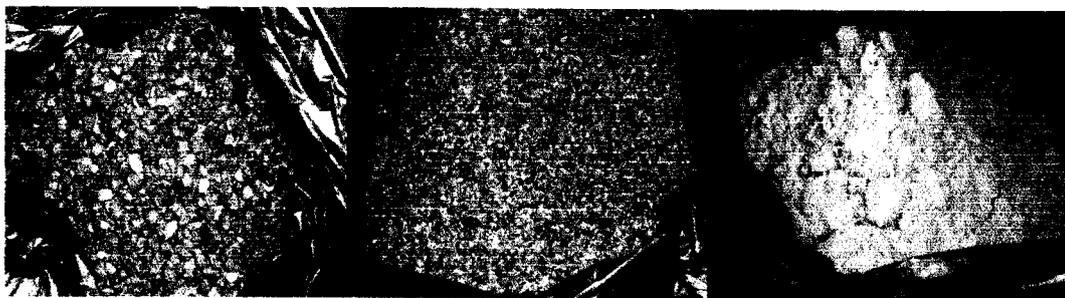
- b. Variabel terikat (*Dependent Variable*)

Parameter yang diteliti adalah kekeruhan dan *TDS* pada air permukaan.

3.5 Bahan dan Alat Penelitian

3.5.1 Penyediaan media pasir halus, pasir kasar dan kerikil

Pada penelitian ini, media yang digunakan adalah pasir dan kerikil. 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.



Kerikil 6,3 mm

Pasir kasar 0,85 mm

Pasir halus 0,25 mm

Gambar 3.1 Media kerikil, pasir kasar dan pasir halus

3.5.2 Alat Penelitian

Rangkaian alat yang digunakan untuk penelitian adalah sebagai berikut :

1. Sebuah *prototype* saringan berbentuk *rectangular* dari bahan kaca agar proses yang terjadi pada bagian dalam saringan dapat terlihat dari luar dan berukuran 30 cm x 30 cm x 100 cm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 3.2 Reaktor *Biosand Filter*

Reaktor merupakan elemen penting dalam melaksanakan penelitian ini. Reaktor dibuat dengan menggunakan kaca agar pembentukan lapisan *Biofilm* bisa terlihat dengan mata telanjang. Adapun dimensi dari reaktor direncanakan sendiri, disesuaikan dengan tinggi total media.

Direncanakan:

Panjang : 30 cm

Lebar : 30 cm

Tinggi reaktor : 100 cm

- Tinggi media total = 70 cm
- Tinggi air diatas media = 5 cm
- Tinggi dari muka air ke penahan kecepatan air (*Fiber glass*) = 5 cm
- *Freeboard (fb)* = 20 cm

Lebar *Fiber glass* = 30 cm

Panjang *Fiber glass* = 30 cm

Jarak antara lingkaran = 3 cm dengan \emptyset = 1 cm

2. Satu buah drum plastik tempat menampung air baku (*Reservoar*) dengan volume 250 liter yang mengalirkan air ke reaktor. Agar pengaliran air baku ke saringan dapat berjalan dengan konstan maka pada alat ini dilengkapi dengan kran putar.



Gambar 3.3 Reservoar ke Reaktor

3. Satu buah drum plastik tempat menampung air baku setelah melewati saringan *Biosand filter*.

3.6 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini meliputi persiapan media, persiapan alat dan tahap pelaksanaan percobaan, yang diuraikan seperti dibawah ini.

3.6.1 Persiapan Media

Setelah melalui tahap pegayakan, seluruh media tersebut dicuci. Pencucian dilakukan agar debu - debu yang masih menempel di media pasir dan kerikil dapat hilang.

3.6.2 Pengambilan Sampel Awal

Air baku yang digunakan sebagai objek penelitian ini diambil dari selokan Mataram dimana lokasi pengambilan tepatnya di daerah UGM, Gejayan, Jogjakarta. Sebelum penelitian dilakukan, hal terpenting yang harus diketahui adalah mengetahui kualitas air permukaan guna mendapatkan data primer yang akan dipakai sebagai acuan dalam penelitian selanjutnya.

Setelah melakukan uji Kekeruhan dan *TDS* untuk sampel air didapatkan data bahwa kadar kekeruhan adalah +91.2 NTU dan *TDS* adalah +370 Mg/L, itu berarti pada air permukaan tersebut melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/SK/2002 tentang Syarat – Syarat Dan Pengawasan Kualitas Air minum yang menyebutkan kadar maksimal parameter fisik untuk kekeruhan adalah 5 NTU dan *TDS* adalah 1000 Mg/L.

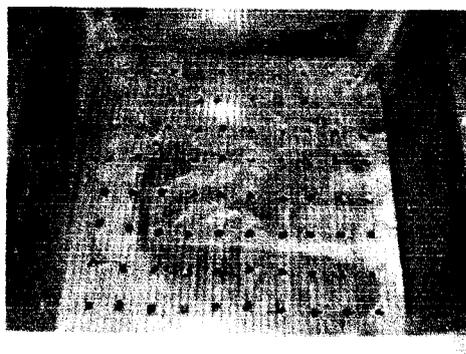
3.6.3 Persiapan Alat

Biosand filter adalah reaktor yang terbuat dari kaca dengan ukuran panjang 30 cm, lebar 30 cm dan tinggi 100 cm. Setelah reaktor dalam keadaan siap, tidak mengalami kebocoran maka seluruh media dimasukkan ke reaktor dengan variasi ketinggian yang diinginkan.

Seluruh media dirancang dengan ketinggian total 70 cm, dengan variasi sebagai berikut:

- a. Ketinggian pertama: 40 cm pasir halus, 15 cm pasir kasar dan 15 cm kerikil.
- b. Ketinggian kedua : 50 cm pasir halus, 10 cm pasir kasar dan 10 cm kerikil.
- c. Ketinggian ketiga : 60 cm pasir halus, 5 cm pasir kasar dan 5 cm kerikil.

Ketinggian total media pada *Biosand filter* ini adalah 75 cm, dimana 70 cm merupakan tinggi total media, kemudian 5 cm diatas media pasir adalah tinggi air diatas permukaan pasir. Air tersebut berfungsi untuk mencegah pasir kering di lapisan atas tempat tumbuhnya *Biofilm* pada permukaan pasir. Agar *Biofilm* tersebut tidak terganggu, diatas permukaan air dipasang sebuah *Diffuser Plate* yang terbuat dari *Fiber Glass* yang berfungsi untuk menyebarkan air sehingga kecepatan air akan terhalang.

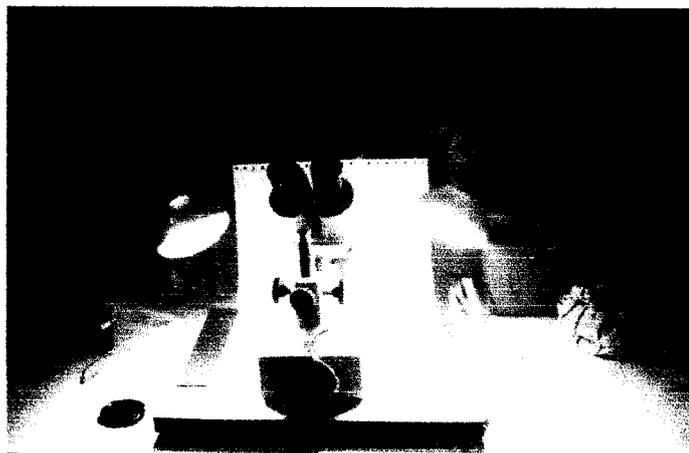


Gambar 3.4 *Diffuser Plate*

Filter dijalankan secara *Intermittent*, maksudnya untuk menumbuhkan lapisan *Biofilm* air dijalankan setiap 2 hari, lalu hari berikutnya dimatikan. Hal ini dilakukan sampai lapisan *Biofilm* tersebut tumbuh. Karena lapisan *Biofilm* terbentuk pada hari ke tujuh, lalu dilakukan pengambilan dan pengujian lapisan *Biofilm* dengan menggunakan foto Mikroskop. Setelah dilihat lapisan *Biofilm* terbentuk, lalu bisa diambil sampelnya.

3.7 Pengujian *Biofilm*

Uji lapisan *Biofilm* dilakukan pada saat lapisan *Biofilm* sudah terbentuk. Uji lapisan *Biofilm* ini dilakukan mulai hari ke -3 sampai pada hari ke 11. Dengan mengambil media pasir yang ada di permukaan filter yaitu dengan menggunakan pipet. Lalu diletakkan pada kaca objek. Setelah dikeringkan, lalu kemudian diuji dengan menggunakan mikroskop yang disebut dengan Metode Fotomikrografi untuk mengetahui pertumbuhan *Biofilm* secara jelas.

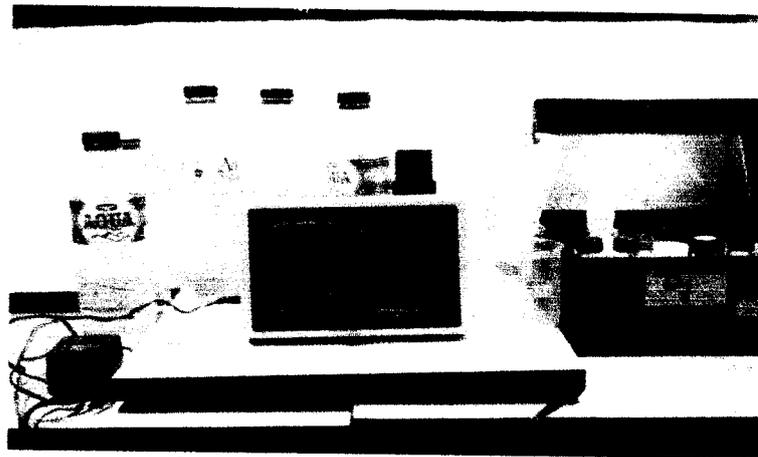


Gambar 3.5 Mikroskop yang digunakan

3.8 Pengukuran Kekeruhan dan TDS

3.8.1 Pengukuran Kekeruhan

Pada pengujian kekeruhan ini, metode yang digunakan untuk analisis laboratorium adalah Metode *Nephelometric* dengan menggunakan alat yang disebut *Turbidimeter*. Kekeruhan diukur setiap hari untuk air awal (*Influent*) dan *Efluent* dari filter dan 2 kali pengukuran untuk setiap sampel.



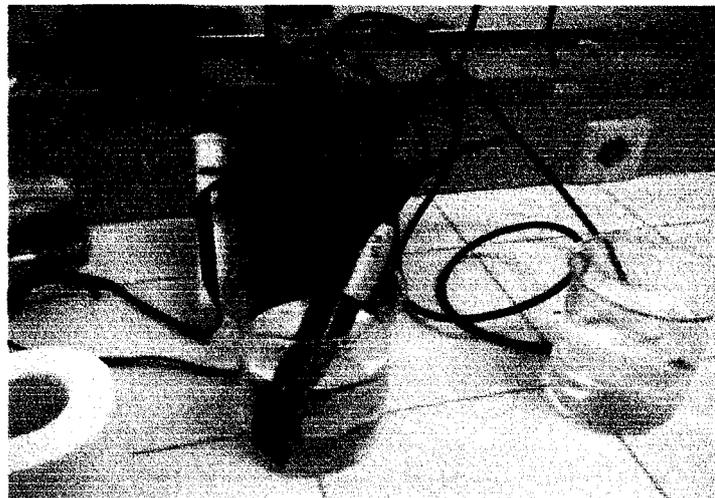
Gambar 3.6 *Turbidimeter*

Berikut ini merupakan tahap – tahap yang dilakukan dalam menguji kekeruhan menggunakan *Turbidimeter* :

- Sebelum *Turbidimeter* digunakan, alat ini harus sudah dikalibrasi oleh teknisi laboratorium tersebut. Kemudian meternya dihidupkan, setelah itu mulai dilakukan pembacaan pada layar baca.
- Botol yang digunakan sebagai tempat sampel harus selalu dalam keadaan bersih agar tidak ada partikel atau debu yang menempel dan sebelum dimasukkan ke dalam tempat pembaca botol-botol tersebut harus dalam keadaan kering.
- Mulai dilakukan pembacaan untuk setiap sampel.

3.8.2 Pengukuran TDS

Untuk analisa TDS, metode yang digunakan adalah dengan menggunakan alat uji *Multi Meter* yang disebut *Multi 350 I / TES* dengan 3 kali pengukuran untuk tiap sampel (*Influent*) dan *Efluent* dari filter yang kemudian hasil tersebut dirata-ratakan.



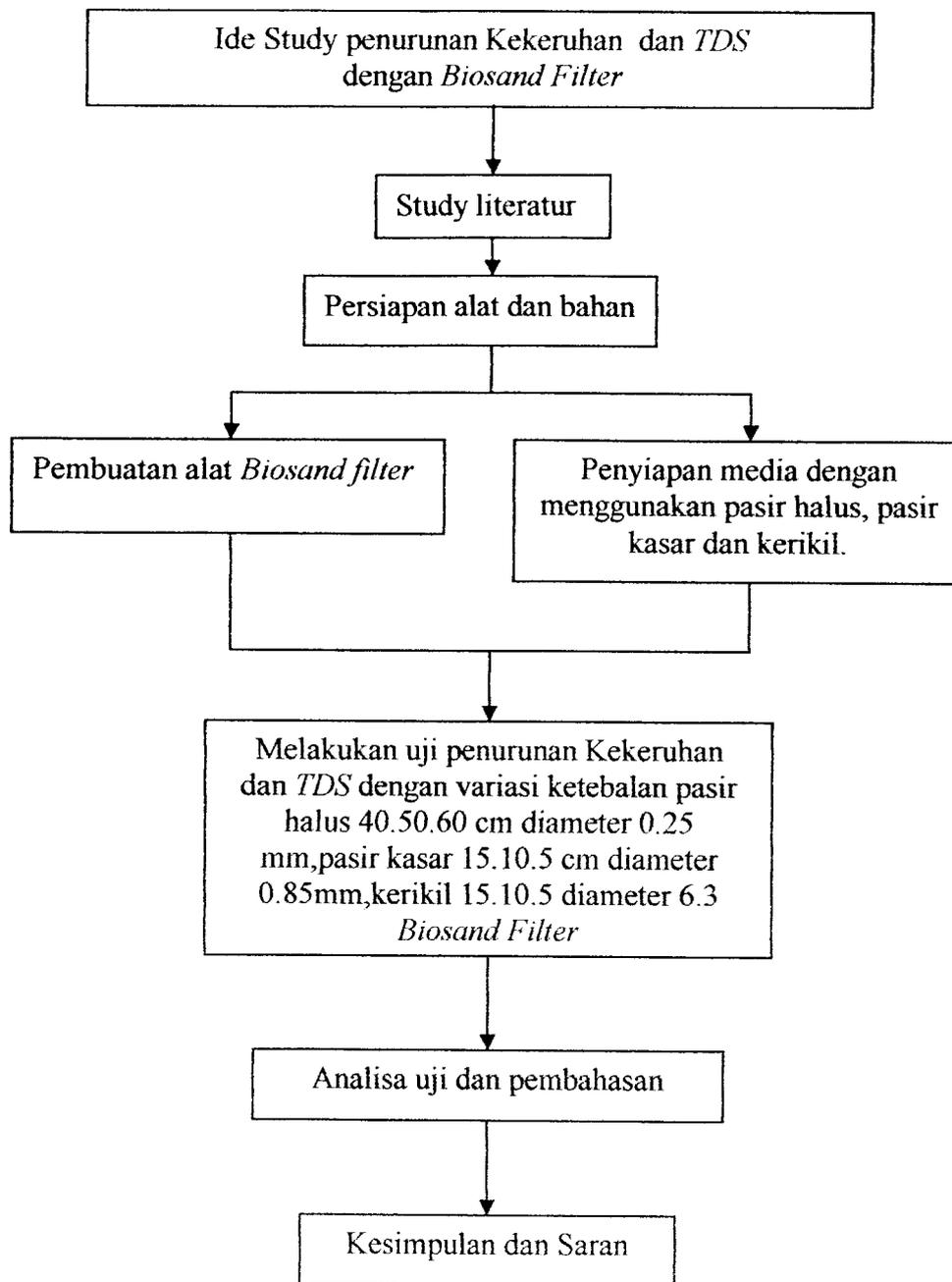
Gambar 3.7 *Multi Meter*

3.9 Analisa Data

Setelah melakukan pengujian di laboratorium, kemudian didapat data - data. Untuk mendapatkan nilai efisiensi, maka digunakan rumus berikut ini :

$$\text{Rumus Efisiensi} = \frac{\text{KadarAwal} - \text{KadarAkhir}}{\text{KadarAwal}} \times 100\%$$

3.10 Kerangka Penelitian Tugas Akhir



Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa *Biosand filter* dapat menurunkan kadar Kekeruhan pada air. Sedangkan untuk parameter *TDS* cenderung stabil yang artinya bahwa *Biosand filter* tidak dapat menurunkan kadar *TDS* dalam air.

4.1 Hasil Uji *Biofilm*

Sebelum melakukan pengambilan sampel, semua media harus dalam keadaan steril. Sterilisasi dilakukan dengan cara mencuci bersih semua media, yaitu pasir halus, pasir kasar dan kerikil beserta alat – alat yang digunakan. Setelah semua media dianggap steril, kemudian media disusun sesuai dengan variasi ketinggian yang diinginkan. Kecepatan air antara inlet dan outlet diatur dengan mempertahankan 5 cm diatas permukaan media pasir halus.

Untuk menumbuhkan lapisan *Biofilm* tersebut diperlukan tempat agar lapisan *Biofilm* melekat pada media seperti pasir terutama pada lapisan permukaan pasir tersebut. Air sebagai nutrien, dialirkan secara terus menerus membuat lapisan *Biofilm* berkembang dengan baik. *Biofilm* terdiri dari sel – sel mikroorganisme yang melekat erat pada suatu permukaan sehingga dalam keadaan diam, *Biofilm* tersebut tidak mudah lepas atau berpindah tempat. Pada *Biosand filter* ketinggian air diatas media pasir setinggi 5 cm secara konstan, ini dimaksudkan untuk mengurangi kecepatan air dari inlet sehingga lapisan *Biofilm*



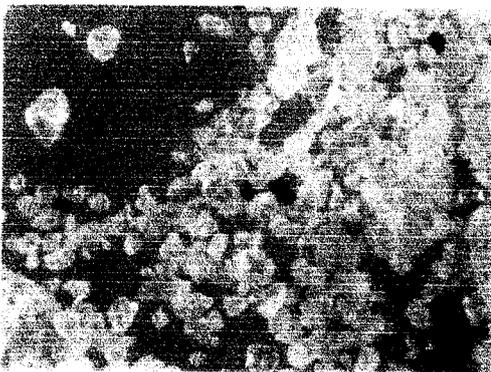
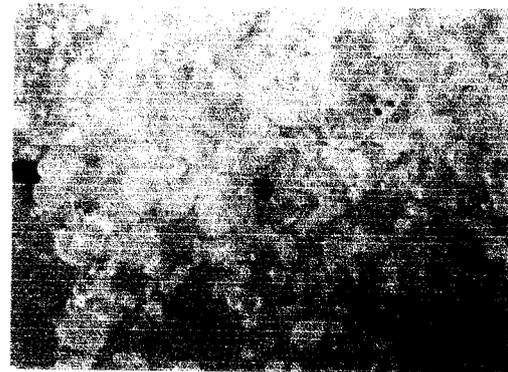
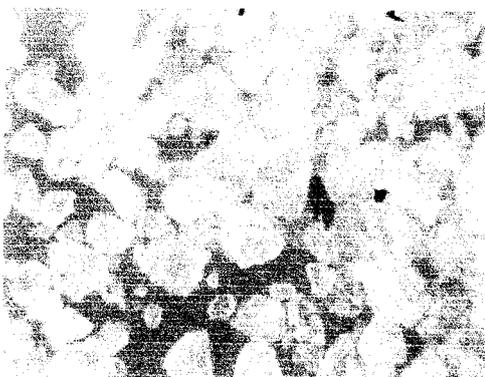
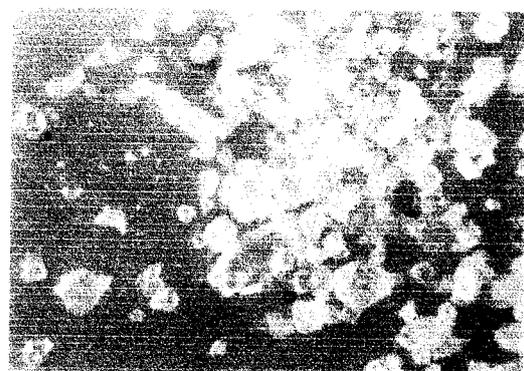
yang tumbuh dipermukaan pasir tidak rusak. Untuk itu perlu dilakukan pemantauan secara rutin sampai terbentuknya lapisan *Biofilm*.

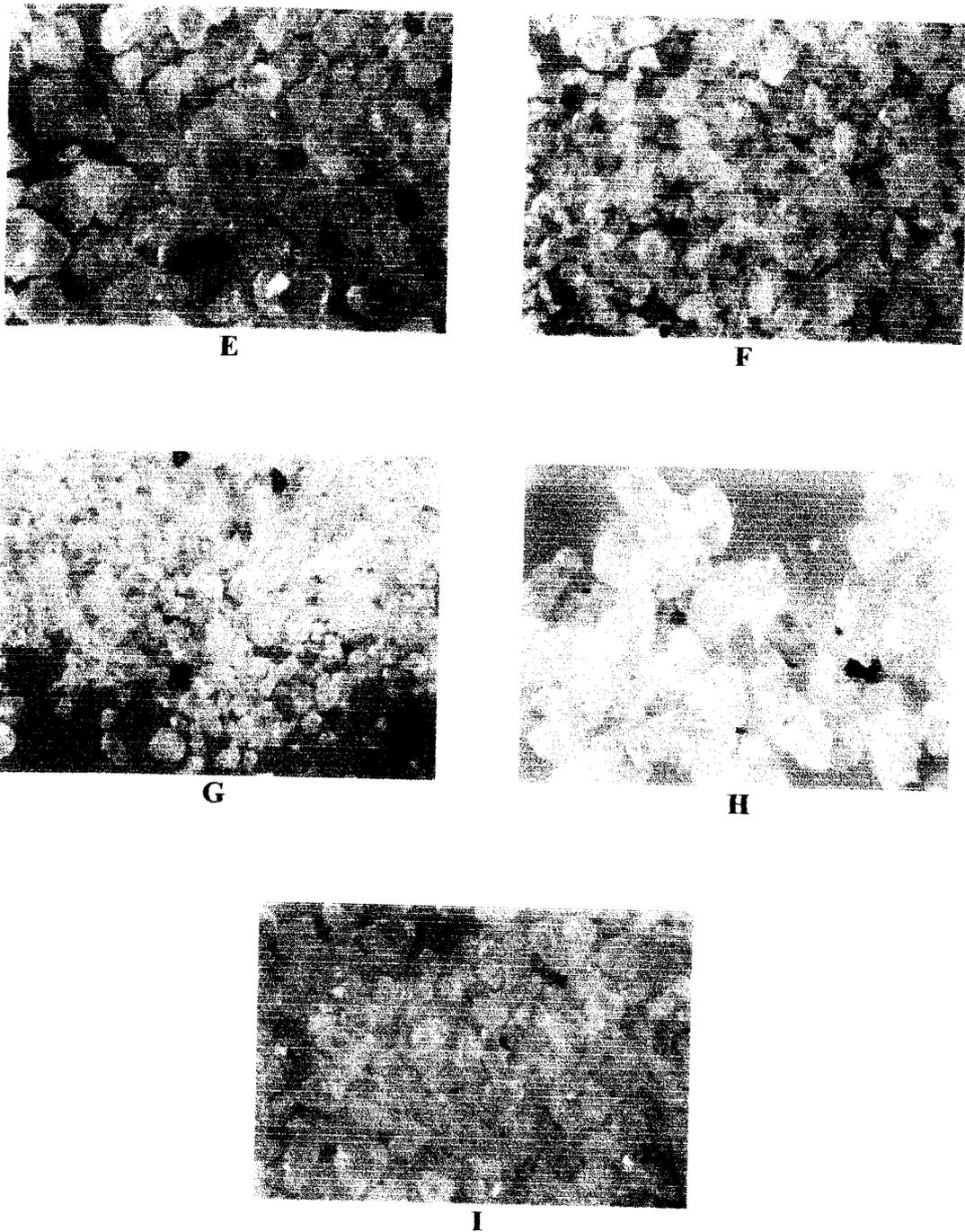
Biosand filter dijalankan secara intermmiten, artinya proses pengaliran air dilakukan dengan kombinasi aliran secara kontinyu dan diskontinyu sehingga untuk menumbuhkan lapisan *Biofilm* yaitu dengan menjalankan air setiap 2 hari, lalu pada hari berikutnya aliran dimatikan. Hal ini dilakukan sampai lapisan *Biofilm* tersebut tumbuh.

Tinggi lapisan *Biofilm* sekitar 0,5 - 2 cm pada permukaan media pasir. Lapisan *Biofilm* sangat mudah rusak karena terlalu tipis, diharuskan pada saat pengambilan perlu ketelitian dan ke hati-hatian. Oleh sebab itu, pada saat pengambilan lapisan *Biofilm*, air dari inlet sebaiknya dimatikan karena dengan adanya air bisa mengganggu proses pengambilan lapisan *Biofilm*. Pengambilan lapisan *Biofilm* diambil dengan menggunakan pipet, lalu lapisan tersebut dipindahkan ke kaca objek yang kemudian dikeringkan. Pada saat lapisan *Biofilm* dikeringkan pada kaca objek, dipastikan *Biofilm* tidak akan berkembang biak lagi karena tidak adanya air sebagai nutrien.

Lapisan *Biofilm* dilihat dengan menggunakan Foto Mikroskop yang dilakukan di Laboratorium Bio Manajemen Universitas Atma Jaya Jogjakarta. Dari hasil Foto Mikroskop dapat dilihat perkembangan pertumbuhan *Biofilm* dari hari ke -3 hingga hari ke 11 (Terlihat pada gambar 4.1). Dari gambar dapat dilihat bahwa pada hari ke -3 sudah mulai terbentuk lapisan *Biofilm* tetapi pertumbuhannya masih sangat tipis dan belum menyebar ke seluruh permukaan media. Karena yang diharapkan adalah

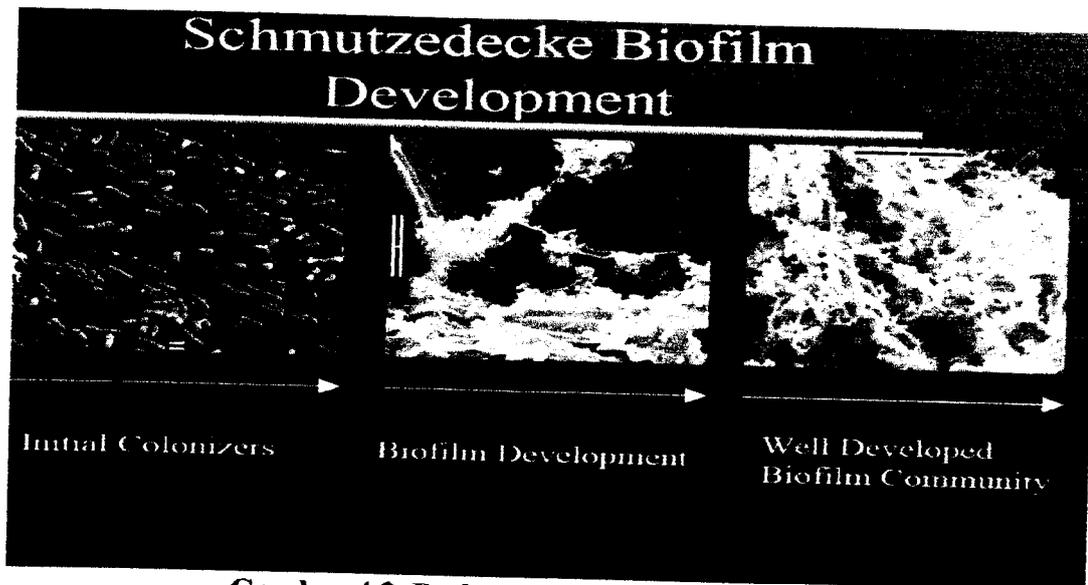
Biofilm terbentuk di seluruh permukaan filter, maka pada hari berikutnya dilakukan pengujian lagi (Hari ke-4 – hari ke-11). Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa lapisan *Biofilm* terbentuk dengan sempurna diseluruh permukaan. Sampai pada hari ke-11, lapisan *Biofilm* secara berangsur – angsur sudah terbentuk secara keseluruhan, ini ditandai dengan pertumbuhan *Biofilm* yang sudah menyebar ke hampir seluruh permukaan media yang ditandai dengan perubahan warna lapisan dari kuning muda hingga menjadi merah kecoklatan, disamping itu dapat dilihat pula perubahan warna menjadi coklat kehitaman yang menunjukkan mikroorganisme penyusun lapisan *Biofilm* tersebut ada yang mati. Adapun pertumbuhan *Biofilm* tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini :

**A****B****C****D**



Gambar 4.1 Pertumbuhan Biofilm dengan perbesaran 2×10
Dimana Hari ke-3 (A), hari ke-4 (B), hari ke-5 (C), hari ke-6 (D),
hari ke-7 (E), hari ke-8 (F), hari ke-9 (G), hari ke-10 (H), hari ke-
11 (I).

Berikut merupakan tahapan pertumbuhan suatu *Biofilm* (Gambar 4.2) (Basu Dan Shawn, 2002).



Gambar 4.2 Perkembangan pertumbuhan *Biofilm*

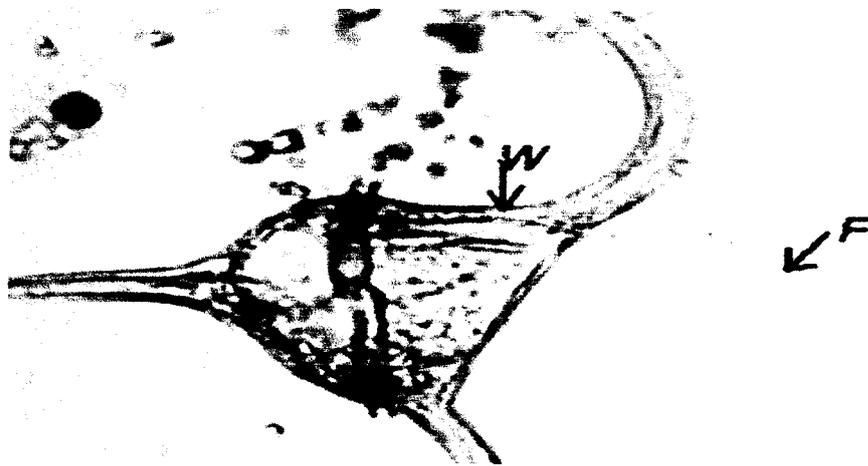
Mikroorganisme-mikroorganisme yang umumnya terdapat pada lapisan *Biofilm* yaitu (Basu Dan Shwn, 2002) :

- a. Aerobic bacteria, Flagellates, Ciliates
- b. Rotifers, Flatworms, Gastrotichs
- c. Nemotoda (roundworms)
- d. Anellida (segmented worms)
- e. Arthropoda

Beberapa contoh mikroorganisme tersebut adalah sebagai berikut :

1) *Flagellates*

Flagellata biasanya digunakan sebagai daya penggerak dan memakan bakteri, alga dan protozoa lain (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 The dinoflagellate *Ceratium* (Flagellata)

2) *Ciliates*

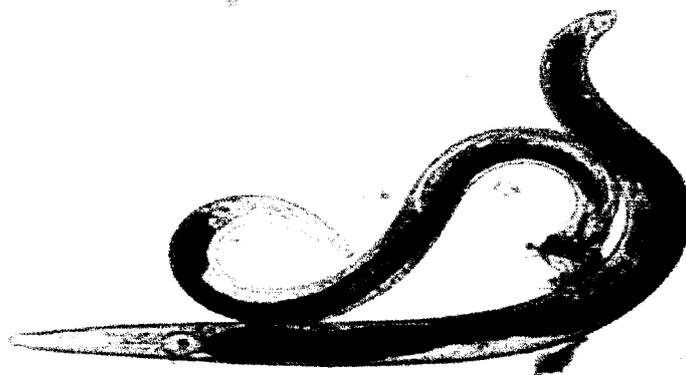
Ciliates juga umumnya digunakan sebagai daya penggerak dan menyerang bacteria, alga dan bahan-bahan organic secara tiba-tiba (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 *Didinium* (*Ciliates*) yang hidup dalam air

3) *Nemotoda* (*Roundworms*)

Nemotoda (*Roundworms*) biasanya disebut Cacing. Ada tiga tipe dari Cacing (*Flatworms* (Cacing pipih), *Roundworms* (Cacing gelang), *Nematodes* dan *Rotifers*) yang ditemukan dalam air. Biasanya sebagian besar tinggal dalam *Bed* dari suatu material atau media yang berada di bawah danau atau sungai (Gambar 4.5).



Gambar 4.5 Roundworms (Cacing Gelang)

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 *van der waals*, tegangan serta kondisi permukaan (Yung, 2003).

Pembentukan lapisan *Biofilm* dapat tumbuh dengan sendirinya. Dapat dilihat secara fisik dari pertumbuhan lapisan *Biofilm* tersebut, yaitu terjadinya perubahan pada media pasir dipermukaan dari warna kuning muda, kemudian coklat muda, lalu menjadi merah kecoklatan yang merupakan zone dasar untuk aktifitas mikroorganisme yang menjadi dasar pertumbuhan *Biofilm*.

Kekeruhan dan kontaminan lain akan tersisih oleh adanya *Biofilm* pada pasir yang terdapat pada lapisan atas *Biosand filter*. *Biofilm* terdiri dari lapisan gel yang terbentuk dari multispecies mikroorganisme dan matrik yang tersusun secara tidak beraturan serta bahan - bahan organik yang tertangkap didalamnya yang melekat kuat pada suatu permukaan padat. Pelekatan pada bakteri disertai

oleh penumpukan bahan - bahan organik yang diselubungi oleh matrik *polimer ekstraseluler* yang dihasilkan oleh bakteri tersebut. Matrik ini berupa struktur benang - benang bersilang satu sama lain yang dapat berupa perekat bagi *Biofilm*. Pertumbuhan bakteri secara terus - menerus dan disertai oleh jumlah besar *polimer ekstraseluler*, menyebabkan pembentukan lapisan *Biofilm* dapat dilihat dengan mata telanjang.

Partikel – partikel yang menyebabkan terjadinya kekeruhan menempel pada media pasir yang lebih banyak dan berdiameter lebih kecil. Sedangkan *Biofilm* terbentuk karena adanya kontak langsung dengan media air. Yang mana akan mengikat antar pasir yang satu dengan yang lainnya, sehingga akan lebih rapat, dan akan lebih besar meremoval kekeruhan.

4.2 Pembahasan Kekeruhan Dan TDS

4.2.1 Pembahasan Kekeruhan

Kekeruhan dalam air baku adalah hasil dari materi yang mengendap dan koloid seperti tanah liat, lumpur, bahan organik dan anorganik, plankton dan mikroorganisme yang lain. Oleh karenanya kekeruhan digunakan sebagai parameter kinerja dari *Biosand filter* untuk menunjukkan seluruh perpindahan partikel. Selain itu kekeruhan yang tinggi dapat mempengaruhi desinfeksi mikroba dan dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba.

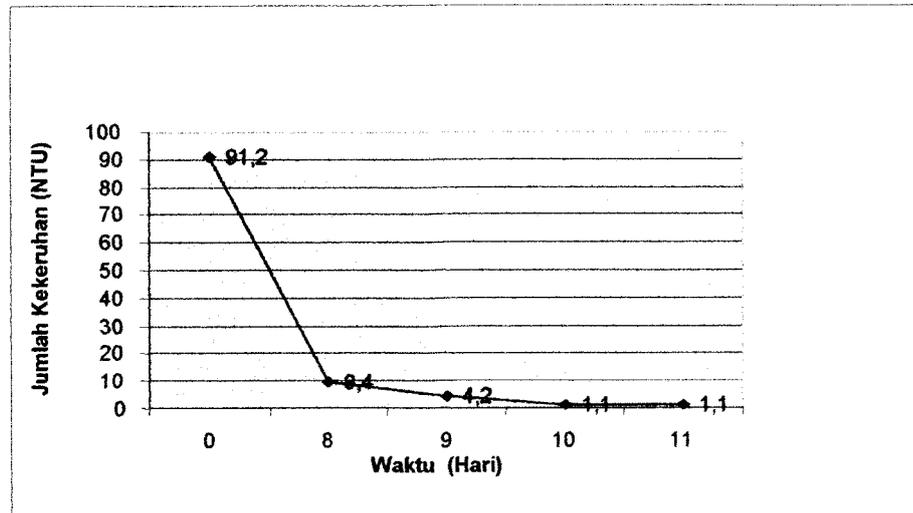
Analisa pertama menggunakan ketinggian media 40:15:15 cm, analisa yang kedua ketinggian media 50:10:10 cm dan analisa ketiga ketinggian media 60:5:5 cm. Kadar kekeruhan yang diambil dari air Selokan

Mataram Jogjakarta terlalu tinggi, sehingga melebihi batas yang telah ditetapkan oleh Kepmenkes RI Nomor 907/MENKES/SK/2002 tentang Syarat– Syarat Dan Pengawasan Kualitas Air Minum menunjukkan bahwa kadar kekeruhan maksimum adalah 5 NTU (Lampiran 1). Untuk memenuhi kriteria tersebut, kadar kekeruhan yang kurang dari 5 NTU digunakan untuk menunjukkan kinerja *Biosand filter* dalam menurunkan kadar kekeruhan.

Tingginya kadar kekeruhan di lokasi tersebut berasal dari erosi, penghancuran zat – zat organik, garam mineral sesuai dengan jenis tanah yang dilalui. Selain itu Selokan Mataram melewati daerah – daerah pemukiman yang padat penduduk maka akan mengalami pencemaran akibat buangan rumah tangga. Oleh sebab itu diperlukan suatu pengolahan yang tepat, murah dan sederhana untuk menurunkan kadar kekeruhan tersebut. *Biosand filter* merupakan proses penyaringan atau penjernihan air dimana air yang akan diolah dilewatkan pada media pasir dengan kecepatan rendah karena dipengaruhi diameter butiran pasir yang lebih kecil sehingga dapat menyaring kekeruhan.

Untuk setiap variasi ketinggian, pengambilan sampel dilakukan dari hari ke-8 hingga hari ke-11 karena hari tersebut merupakan urutan hari – hari yang paling efektif dan mulai terlihatnya peningkatan yang sangat signifikan dari efisiensi penurunan kadar kekeruhan.

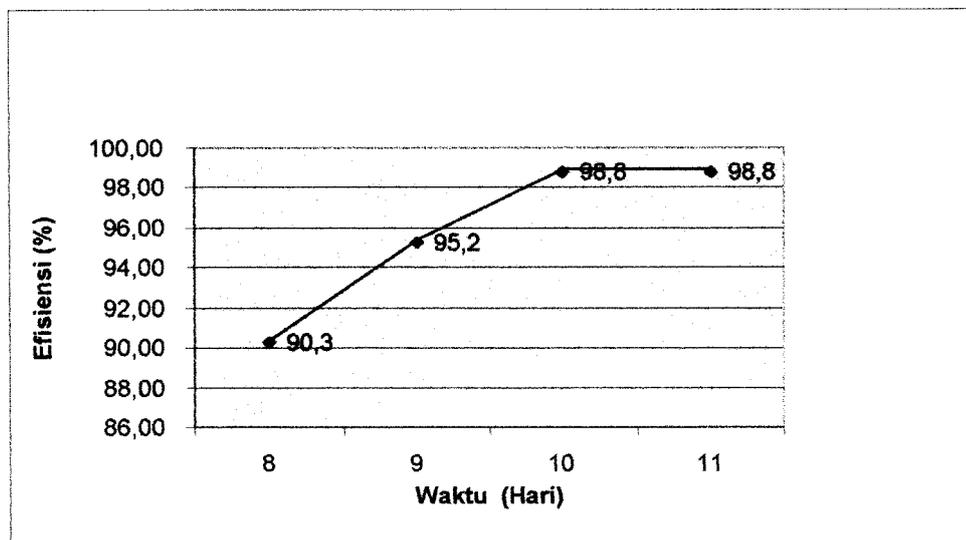
Adapun hasil pengujian dengan menggunakan proses *Biosand filter* sebagaimana dapat dilihat pada Lampiran 2 (terlampir) diketahui bahwa kekeruhan akan mengalami penurunan setelah melalui *Biosand filter* dengan variasi ketinggian 40:15:15 seperti terlihat pada Gambar 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.6 Grafik Kekeruhan Variasi Ketinggian Media 40:15:15 cm

Dari Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa kadar kekeruhan mengalami penurunan dilihat dari waktu pengambilan sampel (Hari) yang dilakukan setelah *Biofilm* terbentuk (hari ke 8-hari ke 11) untuk setiap variasi ketinggian.

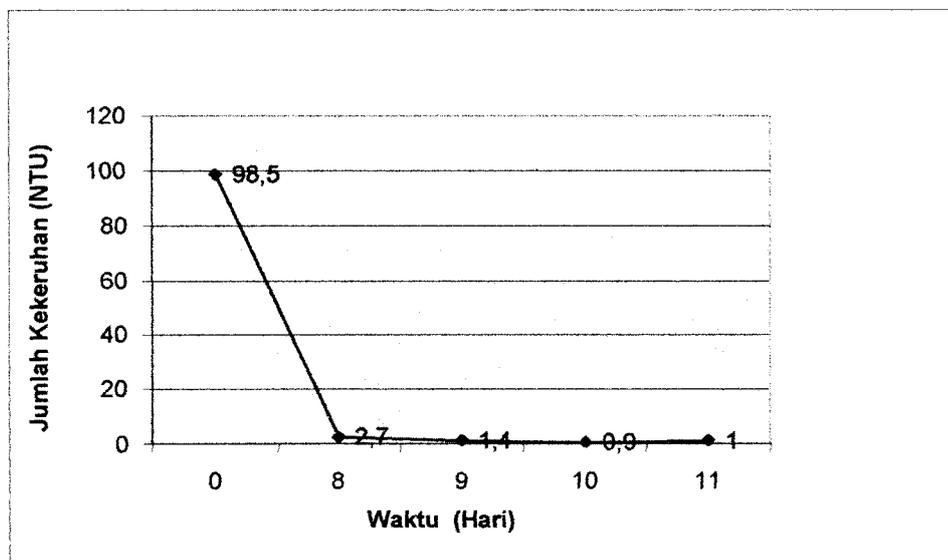
Adapun nilai efisiensi variasi ketinggian media 40:15:15 dapat dilihat pada Lampiran 3 dan Gambar 4.7 dibawah ini.



Gambar 4.7 Nilai Efisiensi Kekeruhan Variasi Ketinggian Media 40:15:15cm

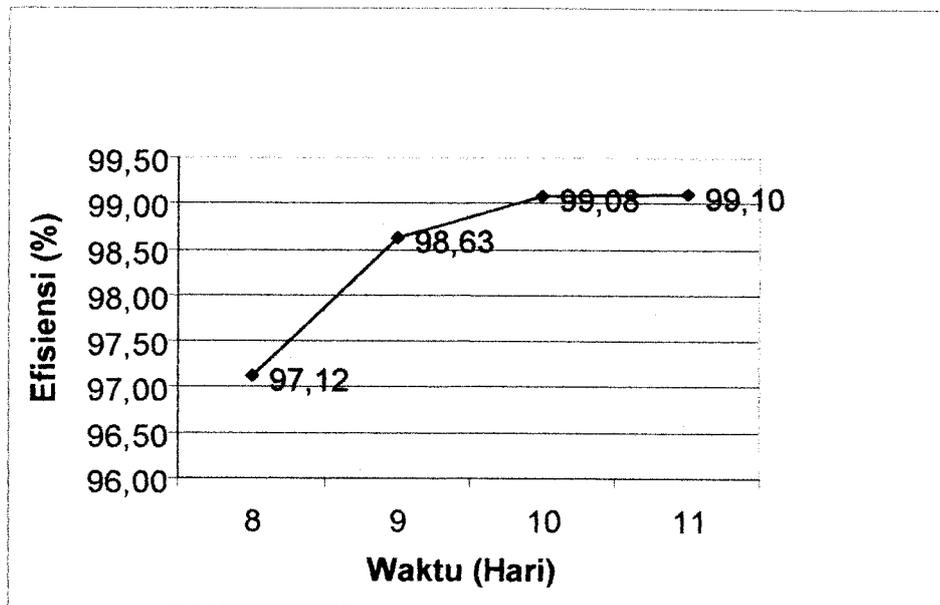
Pada ketinggian 40:15:15 cm hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa *Biosand filter* mampu menurunkan kadar kekeruhan sebesar 90.3 % - 98.8 %. Pada ketinggian ini kondisi terendah yaitu 90.3 % pada hari ke-8. Kemudian nilai efisiensinya meningkat hingga mencapai 98.8 % pada hari ke-10 dan hari ke-11 (lampiran 3).

Hasil pengujian dengan menggunakan proses *Biosand filter* sebagaimana dapat dilihat pada lampiran 2 diketahui bahwa kadar kekeruhan mengalami penurunan setelah melalui *Biosand filter* dengan variasi ketinggian 50:10:10 seperti terlihat pada Gambar 4.8 dibawah ini.



Gambar 4.8 Grafik Kekeruhan Variasi Ketinggian Media 50:10:10 cm

Adapun nilai efisiensi variasi ketinggian media 50:10:10 dapat dilihat pada Gambar 4.9 dibawah ini.

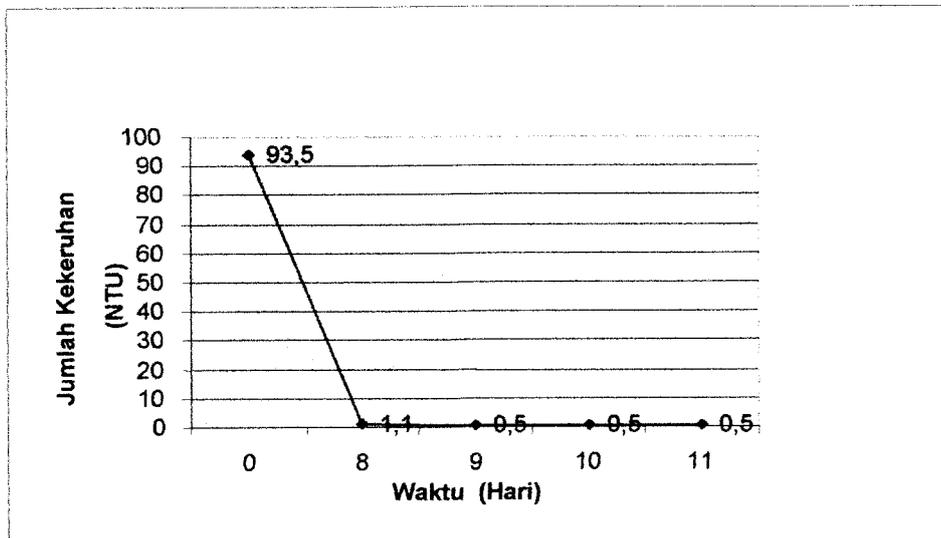


Gambar 4.9 Nilai Efisiensi Kekeruhan Variasi Ketinggian Media 50:10:10cm

Pada ketinggian media 50:10:10 cm didapat hasil bahwa reaktor *Biosand filter* mampu menurunkan kadar kekeruhan sebesar 97.12 % - 99.10 %. Pada ketinggian ini kondisi terendah yaitu 97.12 % pada hari ke-8. Kemudian pada hari ke-11 nilai efisiensi kekeruhannya meningkat mencapai 99.10 %.

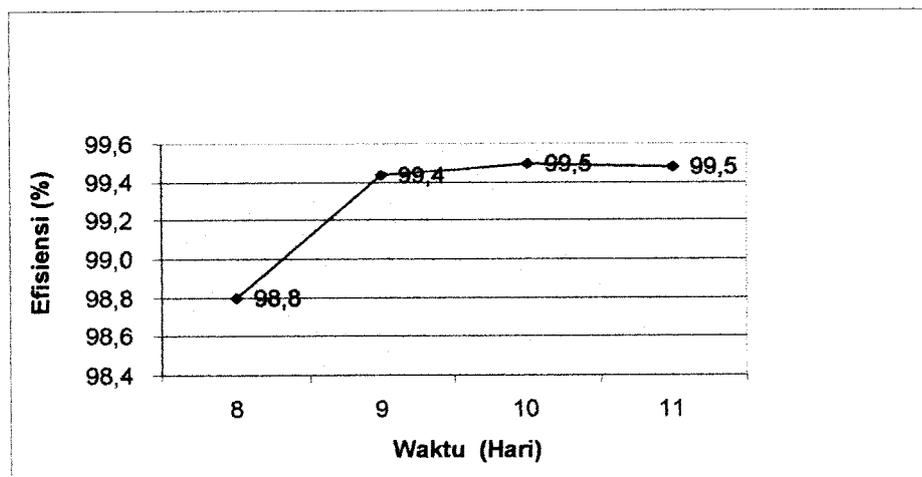
Dengan pembiakan bakteri yang terjadi telah melewati minggu pertama dan mulai memasuki minggu ke-2 yang menandakan pertumbuhan yang telah memasuki waktu pematangan suatu *Biofilm* yang menyebabkan *Biofilm* yang ada dipermukaan media tersebut lebih besar menurunkan kadar kekeruhan.

Variasi ketinggian media selanjutnya adalah 60:5:5 cm. Adapun hasil pengujian dengan menggunakan proses *Biosand filter* dapat dilihat pada lampiran 2 yang diketahui bahwa kadar kekeruhan mengalami penurunan setelah melalui *Biosand filter* seperti terlihat pada Gambar 4.10 dibawah ini.



Gambar 4.10 Grafik Kekeruhan Variasi Ketinggian Media 60:5:5 cm

Variasi ketinggian media yang terakhir adalah ketinggian 60:5:5 cm. Berdasarkan hasil uji laboratorium diperoleh hasil bahwa *Biosandfilter* mampu menurunkan kadar kekeruhan seperti pada Gambar 4.11 di bawah ini :



Gambar 4.11 Nilai Efisiensi Kekeruhan Variasi Ketinggian Media 60:5:5cm

Berdasarkan Gambar 4.11 di atas dan pada Tabel 3 (Terlampir) maka didapatkan suatu hasil efisiensi pada ketinggian 60:5:5 cm adalah sebesar 90 % - 99.5 %. Pada kondisi ini, efisiensi yang terendah adalah pada hari ke-8 yaitu sebesar 90 %. Efisiensi tertinggi terjadi pada hari ke-11 yaitu sebesar 99.5 %.

Seperti ditunjukkan melalui gambar, untuk setiap variasi ketinggian diatas maka dapat dilihat bahwa nilai efisiensinya mengalami peningkatan. Nilai efisiensi *Biosand filter* dipengaruhi waktu pengambilan sampel karena *Biosand filter* membutuhkan periode satu hingga tiga minggu untuk membentuk lapisan *Biofilm*. Periode ini memungkinkan pertumbuhan yang cukup dari lapisan biologis dalam lapisan pasir. Semakin lama waktu pengambilan sampel maka nilai efisiensi semakin meningkat.

Hal ini disebabkan karena aliran air dalam *Biosand filter* mengalir secara konstan yang memberi pemasukan oksigen dan bahan organik yang digunakan untuk kebutuhan gizi bagi mikroorganisme pada media serta semakin lama waktu pengambilan sampel yang menyebabkan waktu kontak yang terjadi semakin lama maka semakin banyak partikel padatan dalam air baku yang terjebak di media, sehingga kekeruhan akan semakin menurun. Efek ini akan menjadi lebih besar jika pada kondisi temperatur yang sesuai.

Sebagaimana dengan semua jenis *Slow sand filter* lainnya, penurunan kontaminan pathogen khususnya kekeruhan yang terjadi didalam *Biosand filter* merupakan kombinasi dari mekanisme secara biologis dan proses mekanisme secara mekanik (fisik).

Ketika air dialirkan pada bagian atas permukaan media pasir pada *Biosand filter*, material - material organik yang dibawa oleh air tersebut tertahan dan terperangkap pada permukaan pasir halus yang berada pada permukaan paling atas media, membentuk semacam layer - layer biologis atau yang disebut dengan lapisan "*Schmutzdecke*". Setelah melewati masa antara

satu hingga tiga minggu, koloni - koloni mikroorganisme dari “*Schmutzdecke*” terbentuk dengan adanya bahan organik yang digunakan sebagai makanan dan oksigen yang tersedia dari air yang masuk.

Ada tiga proses yang terjadi dalam meremoval kekeruhan pada *Biosand filter*, yaitu :

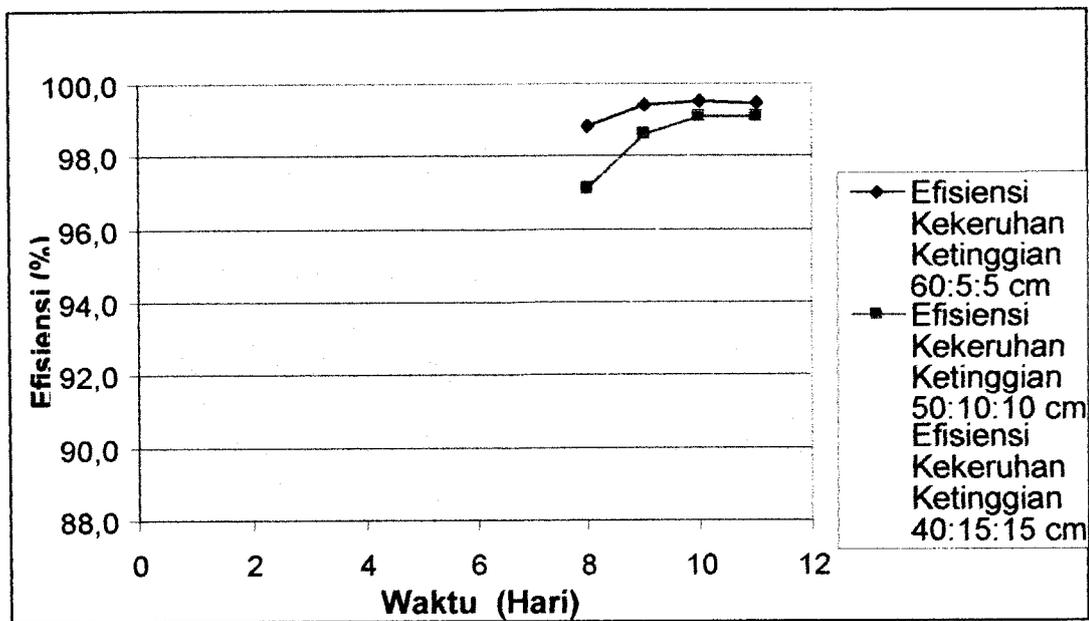
1. *Predation* : Dimana mikroorganisme pada *Biofilm* mengkonsumsi material organik, alga dan pathogen lain yang ada pada air.
2. *Adsorption* : Senyawa organik diadsorpsi melalui pori pasir dan diremoval dari air.
3. *Mechanical Trapping* : Sedimen atau senyawa organik diremoval dari air dengan adanya tegangan permukaan yang terjadi pada bagian atas media dan dengan membuat semacam perangkap dalam ruang-ruang yang ada pada celah antar pasir.

Secara garis besar ada dua proses utama yang menyebabkan terjadinya penurunan kekeruhan pada *Biosand filter* yaitu proses secara fisik dan proses secara biologis. Penurunan kekeruhan secara fisik oleh adanya proses penyaringan yang terjadi di permukaan media. Dimana partikel-partikel koloid ataupun material organik yang memiliki ukuran yang lebih besar sulit untuk melewati tiap-tiap layer pasir, sehingga partikel tersebut tertahan di permukaan media. Sedangkan untuk partikel yang memiliki ukuran yang lebih kecil akan tertahan di celah antar pasir. Selanjutnya penurunan kekeruhan secara biologis oleh adanya predator (*Biofilm*). Dimana mikroorganisme yang tinggal di dalam lapisan *Biofilm* yang mengkonsumsi material organik melalui aliran air yang masuk kedalam

media. 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.

Berdasarkan nilai efisiensi untuk setiap variasi ketinggian diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk setiap variasi ketinggian media tersebut sangat efektif menurunkan kadar kekeruhan. Namun efisiensinya tidak mengalami hasil yang berbeda jauh untuk setiap variasi ketinggian media yaitu ketinggian media 40:15:15 cm , 50:10:10 cm, dan 60:5:5 cm dengan tinggi total media 70 cm.

Setelah mengetahui nilai efisiensi dari masing - masing variasi ketinggian tersebut, maka untuk lebih jelasnya dapat dilihat melalui grafik perbandingan antara variasi ketinggian media yang satu dengan variasi ketinggian media yang lainnya seperti terlihat pada Gambar 4.13 di bawah ini :



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Variasi Ketinggian Kekeruhan

Dari Gambar 4.12 di atas, dapat dilihat perbandingan dari beberapa variasi ketinggian media, yaitu antara ketinggian media 40:15:15 cm, 50:10:10 cm, dan 60:5:5 cm. Dari ketiga variasi ketinggian media tersebut, terlihat bahwa ketiganya tidak mengalami perbedaan nilai efisiensi kekeruhan secara signifikan. Hal ini dikarenakan ukuran butiran media untuk tiap variasi ketinggian media (pasir halus, pasir kasar dan kerikil) adalah sama, selain itu luas permukaan *Biofilm* berukuran sama (30 x 30 cm).

Untuk membuktikan bahwa setiap variasi ketinggian tidak terjadi perbedaan efisiensi yang signifikan artinya setiap variasi tersebut memiliki efisiensi yang hampir sama maka dilakukan uji statistik yaitu menggunakan uji *One Way Anova* yang bertujuan untuk menguji berlaku tidaknya asumsi untuk *Anova*, yaitu apakah ketiga sampel memiliki varians yang sama dan apakah keempat sampel mempunyai rata-rata (Mean) yang sama.

Dimana :

Hipotesis :

H_0 = Ketiga varians Populasi adalah identik.

H_1 = Ketiga varians Populasi adalah tidak identik.

Pengambilan keputusan dilakukan jika :

- a. Probabilitas > 0.05 , maka H_0 diterima.
- b. Probabilitas < 0.05 , maka H_0 ditolak.

Berdasarkan uji statistik terlihat F hitung adalah 2,370 dengan probabilitas 0.149. Oleh karena Probabilitas > 0.05 , maka H_0 diterima atau ketiga varians adalah sama. Sehingga hipotesis dari penelitian ini tidak dapat diterima yaitu ada perbedaan yang signifikan terhadap kekeruhan pada ketiga ketinggian. Hasil uji dapat dilihat pada tabel 4.1 dan lampiran 4.

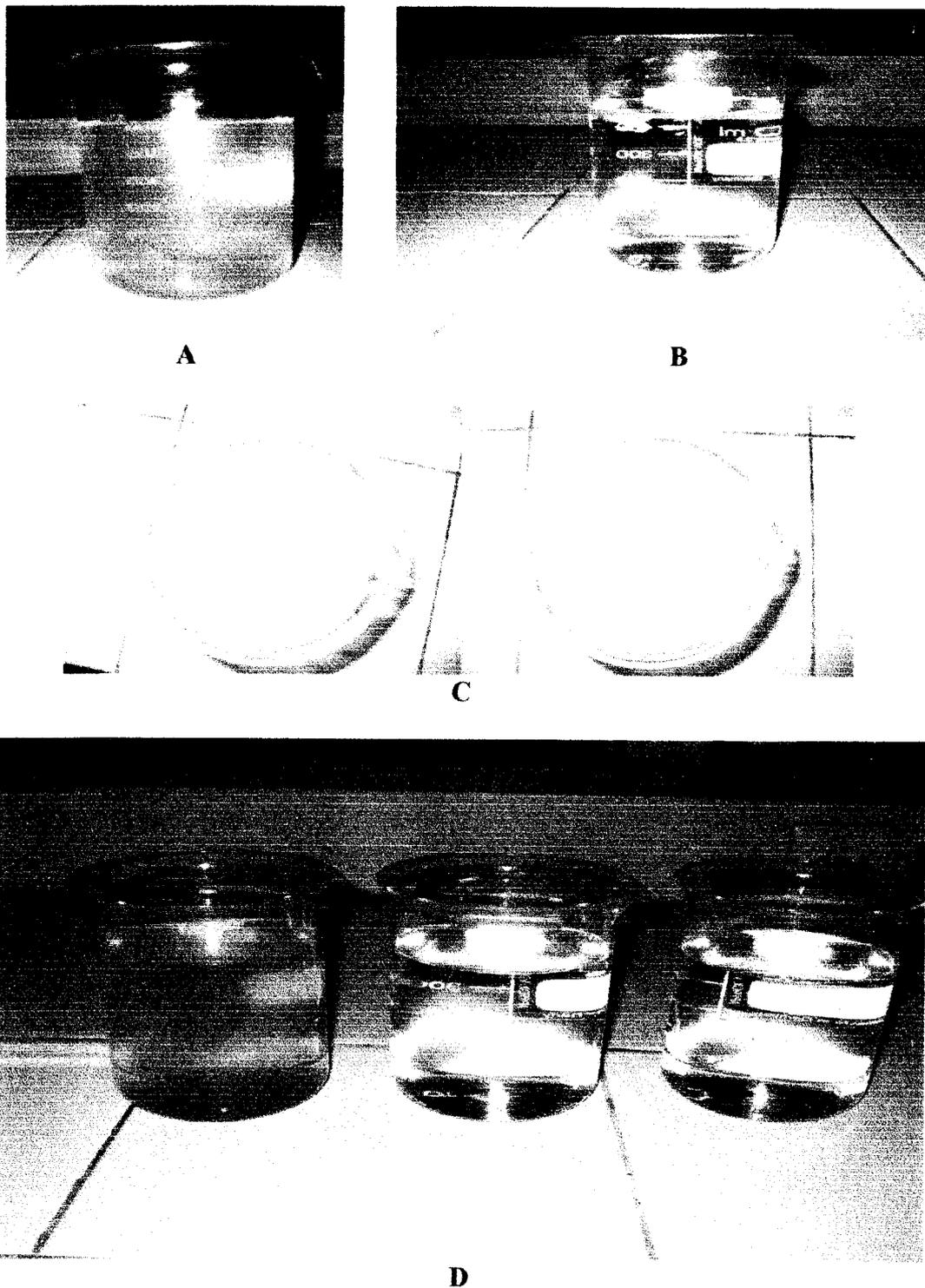
Tabel 4.1 ANOVA

KEKERUHAN

Ketinggian	Sum of Squares	df	Mean Square	F Hitung	Sig.
Between Groups	27,195	2	13,597	2,370	,149
Within Groups	51,635	9	5,737		
Total	78,830	11			

Selanjutnya untuk menguji apakah ketiga sampel mempunyai rata-rata (Mean) yang sama, maka pengambilan keputusan berdasarkan nilai probabilitas seperti diatas. Karena probabilitas > 0.05 , maka H_0 diterima atau rata-rata efisiensi dari ketiga ketinggian tersebut memang sama.

Untuk mengetahui perbedaan kekeruhan antara sampel inlet dan outlet maka dapat dilihat pada gambar 4.13.



D
Gambar 4.13 Perbandingan Sampel Kekeruhan
Dimana Gambar Sampel Inlet Tampak Samping(A), Gambar Sampel Outlet Tampak Samping (B), Gambar Tampak Atas (C), Gambar Outlet dan Aquadest (Dari kiri ke kanan) (D).

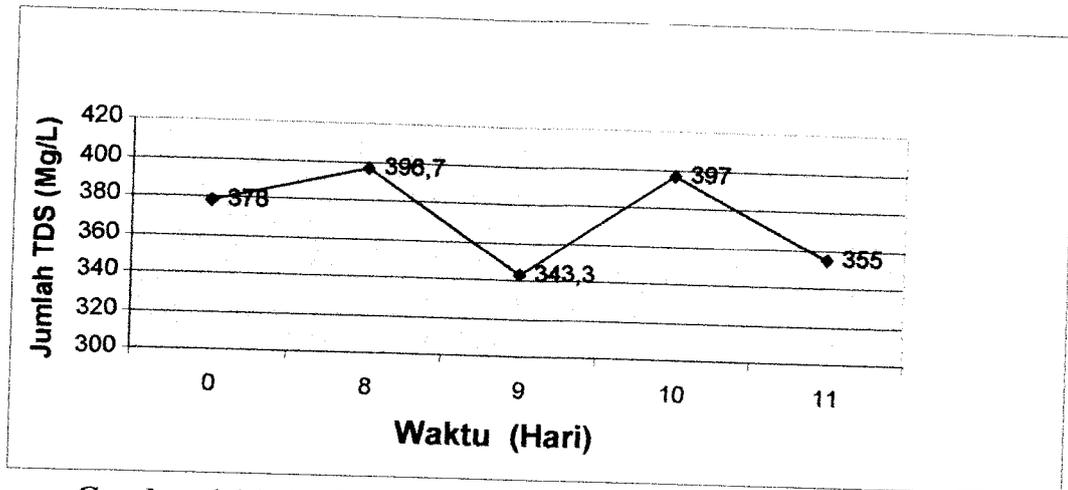
Namun efisiensinya akan lebih efektif apabila variasi bukan pada ketinggian, melainkan pada luas permukaan media tersebut. Selain itu dalam hubungannya dengan proses removal, luas permukaan yang lebih besar berhubungan dengan ukuran pasir terutama pasir halus yang dikombinasikan dengan waktu retensi yang cukup serta suplai oksigen dan sinar matahari (Hubungan dengan suhu) yang seimbang.

4.2.2 Pembahasan TDS

Seperti halnya pada pengujian kadar kekeruhan diatas. Untuk pengujian *TDS*, analisa pertama juga menggunakan variasi ketinggian media 40:15:15 cm, selanjutnya analisa yang kedua dengan variasi ketinggian media 50:10:10 cm dan kemudian analisa ketiga dengan variasi ketinggian media 60:5:5 cm. Kadar *TDS* juga menggunakan sampel yang sama yaitu diambil dari air Selokan Mataram Jogjakarta . Standar kualitas air baku menggunakan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907/MENKES/SK/SK/2002 tentang Syarat–Syarat Dan Pengawasan Kualitas Air minum menunjukkan bahwa kadar *TDS* maksimum yang diperbolehkan adalah 1000 Mg/L (Lampiran 1).

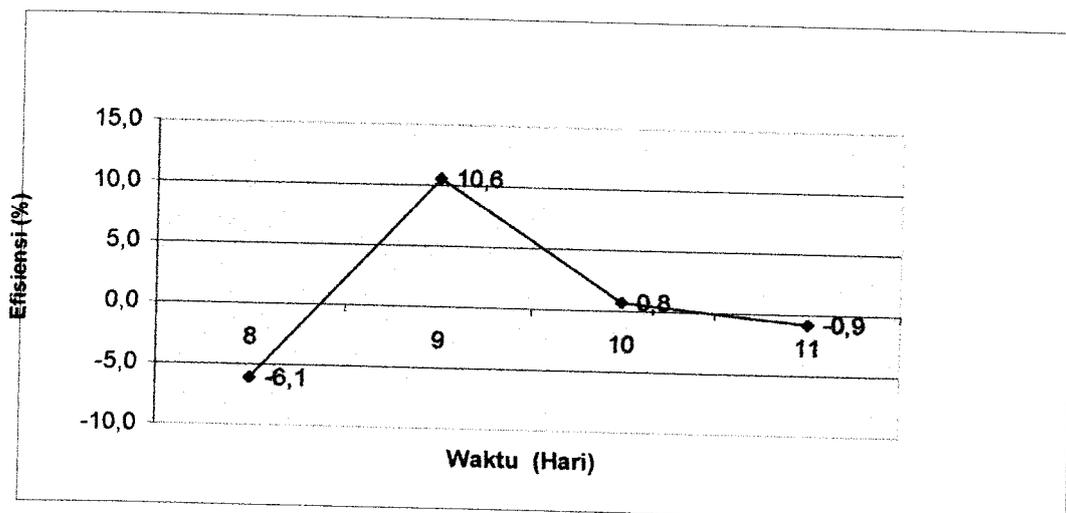
Adapun hasil pengujian dengan menggunakan proses *Biosand filter* sebagaimana dapat dilihat pada Lampiran 2 (terlampir) diketahui bahwa kadar *TDS* menunjukkan hasil pengujian yang berbeda dengan hasil pangujian dari kekeruhan diatas dimana untuk pengujian *TDS* sendiri menunjukkan hasil yang cenderung stabil yaitu dapat dilihat dengan hasil pengujian yang naik turun

setelah melalui *Biosand filter* pada setiap variasi ketinggian yaitu variasi ketinggian 40:15:15 cm seperti terlihat pada Gambar 4.14 dibawah ini.



Gambar 4.14 Grafik *TDS* Variasi Ketinggian Media 40:15:15 cm

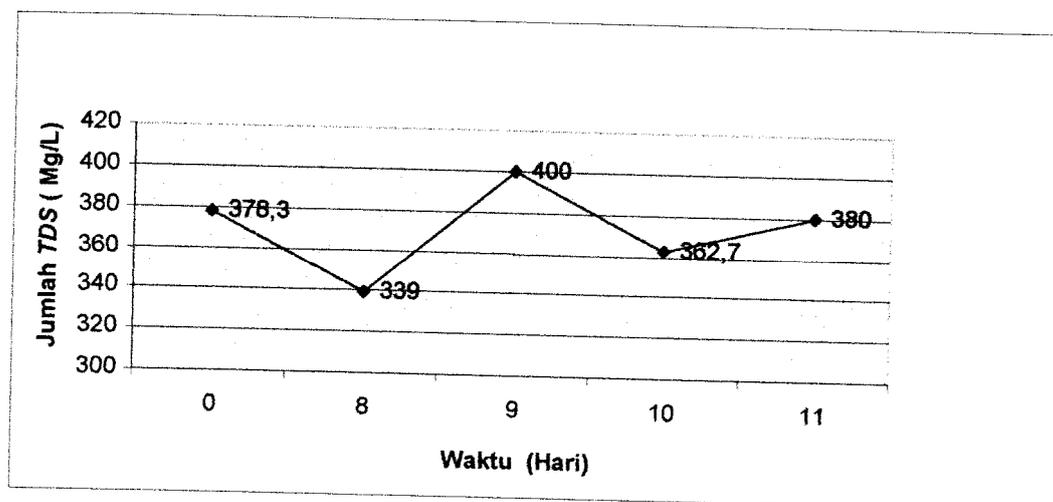
Pada Gambar 4.14 dapat diketahui bahwa terjadi ketidakstabilan hasil pengujian kadar *TDS* dimulai dari hari ke-8 hingga hari ke-11 yang terlihat melalui grafik yang turun naik. Pada pengujian sampel hari ke-8, terlihat kenaikan kadar *TDS*, namun pada hari berikutnya yaitu pada hari ke-9 terjadi penurunan. Sebaliknya pada hari ke-10 terjadi kenaikan kembali hingga hari terakhir kadar *TDS* mengalami penurunan lagi.



Gambar 4.15 Nilai Efisiensi *TDS* Variasi Ketinggian Media 40:15:15cm

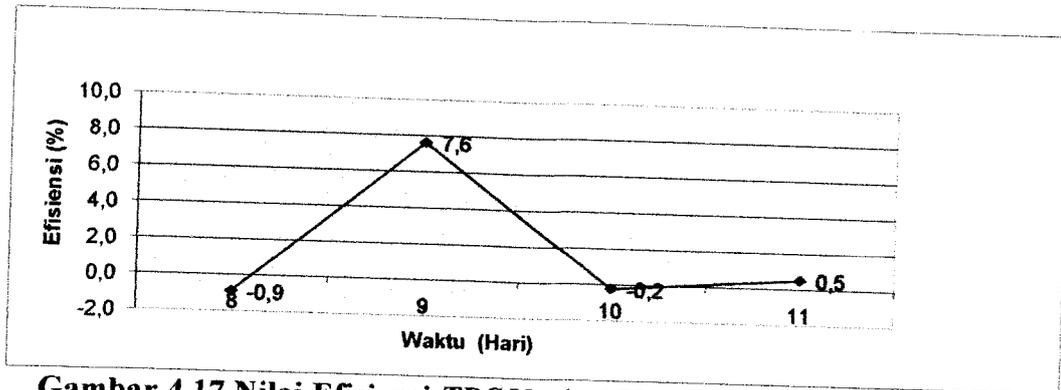
Sedangkan nilai efisiensi *Biosand filter* pada Gambar 4.15 diatas, untuk parameter *TDS* didapat bahwa lamanya waktu pengambilan sampel tidak mempengaruhi nilai efisiensi, nilai efisiensi tidak mengalami penurunan ataupun peningkatan yang berarti. Pada hari ke-8 nilai efisiensi mengalami penurunan 6.1 %. Kemudian pada hari berikutnya yaitu dari hari ke-9 nilai efisiensinya mengalami peningkatan sebesar 10.6 % dan pada hari ke-10 meningkat sebesar 0.8 %. Sedangkan hari ke-11 kembali terjadi penurunan efisiensi sebesar 0.9 %.

Pada ketinggian media 50:10:10 cm ini, sama seperti pengujian parameter kekeruhan dimana waktu pengambilan sampel juga diambil dari hari ke-8 sampai hari ke-11 dan didapat hasil pengujian yang sama seperti ketinggian sebelumnya yaitu menunjukkan hasil yang stabil (Lampiran 2) karena hasilnya tidak mengalami peningkatan atau penurunan yang signifikan setelah melalui *Biosand filter* seperti terlihat pada Gambar 4.16 dibawah ini.



Gambar 4.16 Grafik *TDS* Variasi Ketinggian Media 50:10:10 cm

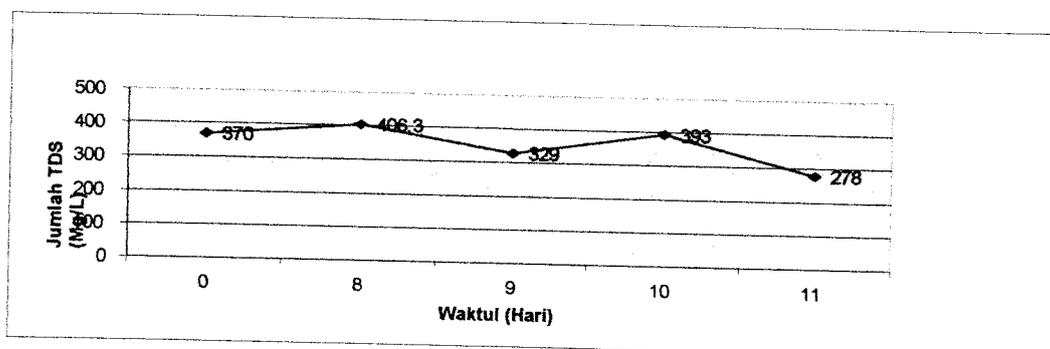
Adapun nilai efisiensi variasi ketinggian media 50:10:10 cm dapat dilihat pada Gambar 4.17 dibawah ini :



Gambar 4.17 Nilai Efisiensi TDS Variasi Ketinggian Media 50:10:10cm

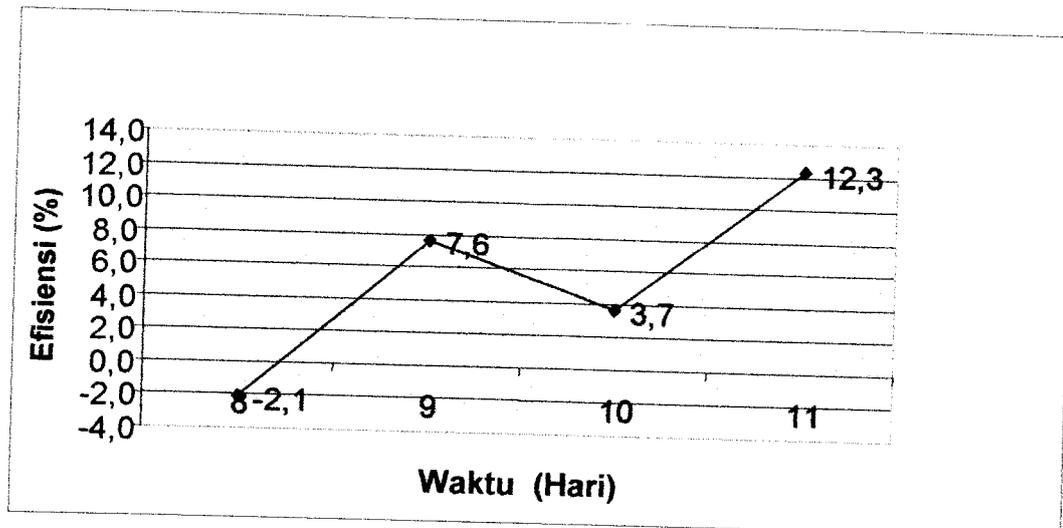
Seperti halnya pada variasi ketinggian sebelumnya, ketinggian 50:10:10 cm juga mengalami grafik nilai efisiensi yang turun naik berdasarkan waktu pengambilan sampel (Hari). Pada pengujian hari ke-8 nilai efisiensi yang didapat menurun sebesar 0.9 %, hari ke-9 efisiensinya meningkat menjadi 7.6 %, hari ke-10 efisiensinya menurun kembali sebesar 0.2 % dan pada hari terakhir yaitu hari ke-11 efisiensinya meningkat lagi sebesar 0.5 %.

Variasi ketinggian media selanjutnya adalah 60:5:5 cm. Adapun hasil pengujian dengan menggunakan proses *Biosand filter* ini dapat dilihat pada lampiran 4 yang diketahui bahwa kadar TDS juga hasil yang tidak stabil. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.18 dibawah ini.



Gambar 4.18 Grafik TDS Variasi Ketinggian Media 60:5:5 cm

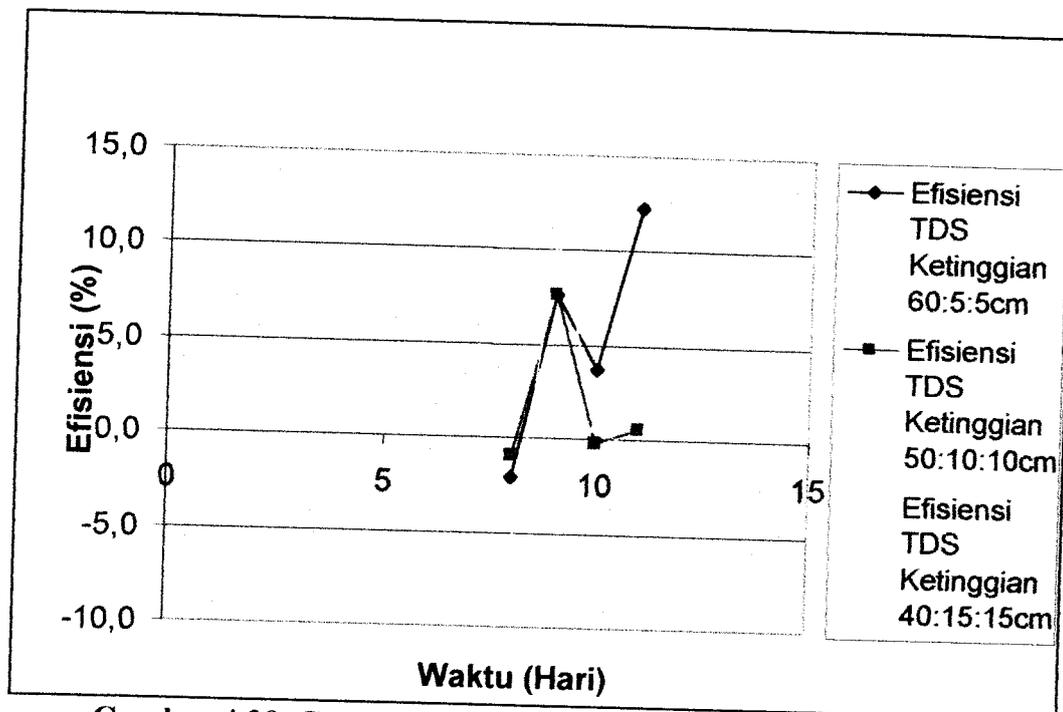
Variasi ketinggian media 60:5:5 cm merupakan variasi ketinggian yang terakhir, untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.19 di bawah ini :



Gambar 4.19 Nilai Efisiensi TDS Variasi Ketinggian Media 60:5:5 cm

Berdasarkan hasil uji laboratorium diperoleh hasil bahwa kadar *TDS* masih tetap tidak menunjukkan hasil yang efektif dengan masih stabilnya kadar *TDS* tersebut dengan tidak mengalami peningkatan ataupun penurunan setelah melalui *Biosand filter*. Sehingga untuk nilai efisiensinya juga tidak stabil, dengan penurunan efisiensi terendah sebesar 2.1 % pada hari ke-8 dan kenaikan efisiensi tertinggi sebesar 12.3 % pada hari ke-11.

Setelah mengetahui nilai efisiensi dari masing – masing ketinggian media yaitu ketinggian media 40:15:15 cm, 50:10:10 cm dan 60:5:5 cm, maka untuk lebih jelas perbandingan antar ketinggian tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.20 dibawah ini.



Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Variasi Ketinggian TDS

Berdasarkan Gambar 4.20 didapat hasil nilai efisiensi untuk setiap variasi ketinggian diatas maka dapat dikatakan bahwa *Biosand filter* tidak efektif dalam meremoval kadar *TDS* pada air khususnya air permukaan. Hal ini disebabkan karena *TDS* sendiri biasanya terdiri atas zat organik, garam organik dan gas terlarut. Garam – garam terlarut seperti sodium, klorida, magnesium dan sulfat memberi kontribusi pada *TDS*. Sebagai contoh adalah air garam, dimana bila garam dan air sudah tercampur maka garam tersebut sudah larut dalam air sehingga sangat sulit untuk memisahkan antara garam yang sudah terlarut dengan air sebagai pelarutnya.

Dari setiap variasi ketinggian tersebut tidak mengalami perbedaan nilai efisiensi yang signifikan . Itu sebabnya *Biosand filter* tidak memiliki efek terhadap penghilangan *TDS* karena sifatnya yang larut dalam air terutama karena

ion – ion sodium dan klorida bersifat konservatif. Misalnya, sodium dan klorida hanya mengalami perubahan – perubahan kecil dalam fruktiasi yang berubah – ubah dalam sungai, danau dan sebagainya oleh adanya biota atau melalui perubahan – perubahan lingkungan secara biologi (Bush, Gurnsey & L.mulius, 2004).

Jadi dari penjelasan diatas dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa *Biosand filter* tidak efektif dalam menghilangkan kadar *TDS* dalam air baku dan tidak ada perbedaan secara signifikan pula antara variasi ketinggian media 40:15:15 cm, 50:10:10 cm dan 60:5:5 dengan tinggi total media 70 cm. Hal ini memperkuat penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa salah satu kerugian dari *Biosand filter* adalah alat ini tidak bisa meremoval warna dan senyawa – senyawa terlarut dalam air (*TDS*) (*CAWST Water Technology*).

Untuk membuktikan bahwa tidak terdapat perbedaan efisiensi secara signifikan pada setiap ketinggian tersebut maka dilakukan uji statistik dengan menggunakan uji *One Way Anova*. Berdasarkan uji statistik terlihat *F* hitung adalah 2,370 dengan probabilitas 0.149. Oleh karena Probabilitas > 0.05 , maka H_0 diterima atau ketiga varians adalah sama. Sehingga hipotesis dari penelitian ini tidak dapat diterima yaitu ada perbedaan yang signifikan terhadap *TDS* pada ketiga ketinggian. Hasil uji dapat dilihat pada tabel 4.2 dan lampiran 4.

Tabel 4.2 Uji One Way Anova

TDS					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F hitung	Sig.
Between Groups	42,452	2	21,226	,628	,556
Within Groups	304,378	9	33,820		
Total	346,829	11			

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan melihat hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan yang didasarkan pada tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil analisa laboratorium didapat bahwa *Biosand filter* mampu menurunkan kadar kekeruhan dengan efisiensi sebesar 90.3 – 99.5 %. Sedangkan untuk pengujian *TDS* didapat kesimpulan bahwa *Biosand filter* tidak mampu menurunkan kadar *TDS* karena sifatnya yang larut dalam air sehingga sulit untuk diturunkan.
2. Untuk parameter kekeruhan, berdasarkan uji statistik *One Way Anova* dapat disimpulkan bahwa hasil analisa tidak ada perbedaan secara signifikan untuk setiap variasi ketinggian dengan probabilitas 0.149, karena Probabilitas > 0.05 , maka H_0 diterima atau ketiga varians adalah sama. Sedangkan Untuk parameter *TDS*, didapatkan hasil yang menunjukkan kestabilan kadar *TDS* yang tidak mengalami penurunan ataupun kenaikan dan tidak ada perbedaan secara signifikan untuk setiap ketinggian, dengan F hitung adalah 2,370 dengan probabilitas 0.149, karena Probabilitas > 0.05 , maka H_0 diterima atau ketiga varians adalah sama. Sehingga hipotesis dari penelitian ini tidak dapat diterima yaitu ada perbedaan yang signifikan terhadap kekeruhan dan *TDS* pada ketiga ketinggian.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya melakukan percobaan variasi dengan diameter butiran yang berbeda atau variasi luas permukaan. Karena untuk *Biosand filter* mampu menurunkan kekeruhan dan *TDS* pada bagian permukaan media, yang mana tempat *Biofilm* tumbuh.
2. Parameter yang di uji sebaiknya jangan menggunakan *TDS* melainkan *TSS*.
3. Penggunaan konstruksi alat sebaiknya tidak menggunakan bahan dari kaca karena sifatnya yang rentan pecah dan bocor.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G., dan S.S Santika., 1984, *Metode Penelitian Air*, Usaha Nasional, Surabaya, Indonesia
- Al Layla, Anis and Mashamin Ahmad, E. Joe Meddebok., 1978, *Water Supply Engineering Design.*, AM Arbor Science, Michigan
- American Public Health Association, Inc, 1980, *Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater*, New York . N.Y
- Anonim, 1991, *Dasar-Dasar Pemeriksaan Mikrobiologi*, Fakultas Kedokteran, Universitas Gajah Mada, Jogjakarta
- Basu, Onita dan Cleary, Shawn., 2003., *EWB Workshop: BioSand/Slow Sand Filtration.*, University of Waterloo, Canada.
- Bush, K.L ., Gunsey, K.I.N dan Millius, L., 2004., *The Effect of Salinity and Temperature Variation on Biosand Filtration Performance.*, University Of Waterloo, Canada.
- Bush, K.L ., Gunsey, K.I.N dan Millius, L., 2003., *Biosand Filtratin Research And Development For Use In Kazakhtan-Phase I.*, University Of Waterloo, Waterloo, ON, Canada.
- Fardias, Srikandi., 1992, *Polusi Udara Dan Air*, Kanisius, Jogjakarta.
- Hadi, Fajar., 1980. Ilmu *Teknik Penyehatan 2.*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Jakarta
- Hammer, M.J, 1977, *Water and Wastewater Technology Edisi ke – 3*, John Wiley & Sons.
- Jatmilah, It., 2003, *Biofilm Sebagai Mikrolingkungan Bakteri Yang Unik : Seberapa Jauh Kita mengenalnya ?*, Makalah Filsafah Sains, IPB, http://rudycet.tripod.com/sem1_023
- Kethleen Yung, March 2003, *Biosand Filtration Application n The Developing World*, University Of Waterloo., Canada.
- Kristanto, P., 2002, *Ekologi Industri*, LPPM, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Lay, B.W., 1994, *Analisis Mikroba di Laboratorium*, Raja Gravindo Persada, Jakarta.
- Miller, B., Murcott, S. & Prestero, T. (2002). *Appropriate Water – Purification Technology For Nicaragua*, http://thinkcycle.media.mit.edu/thinkcycle/main/household_water_treatment_systems/thinkspace_bio_sand_filters_in_nicaragua/final_review_v2.ppt. Retrieved January 26, 2003
- Ngai. T dan Sophie, 2003. *The Arsenic Biosand Filter (ABF) Desaign Of An Appropriate Household Drinking Water Filter For Rural Nepal*, Nepal.
- Razif, M., 1985., *Pengolahan Air Minum*, Diklat TP-FTSP-ITS, Surabaya
- Regazi, Tarek., 2004, *Evaluation of Varying Fine Sand Media in Biosand Filters*, University Of Waterloo., Canada.
- Sanggih, Santoso., 2001, *SPSS versi 10, Mengolah Data Statistik Secara Profesional*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.

PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

1. BAKTERIOLOGIS

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

2. KIMIA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

E. Pestisida

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

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

F. Desinfektan dan hasil sampingannya

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

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

3. RADIOAKTIFITAS

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

4. FISIK

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

MENTERI KESEHATAN RI

ttd.

Dr. ACHMAD SUJUDI

LAMPIRAN 2

HASIL ANALISA KEKERUHAN

Ketinggian (cm)	No	Pengambilan Sampel (Hari)	Pengujian Kekerusuhan (NTU)		
			I	II	Rata - Rata
40:15:15	1	Air Baku (Inlet Rata-rata)	91,1	91,3	91,2
	2	8	9,1	9,6	9,4
	3	9	4,3	4,1	4,2
	4	10	1,2	1	1,1
	5	11	1,1	1,1	1,1
50:10:10	1	Air Baku (Inlet Rata-rata)	98,4	98,7	98,5
	2	8	2,9	2,5	2,7
	3	9	1,6	1,2	1,4
	4	10	0,9	0,9	0,9
	5	11	0,9	1	1
60:05:05	1	Air Baku (Inlet Rata-rata)	93,2	93,8	93,5
	2	8	1,2	1	1,1
	3	9	0,5	0,6	0,5
	4	10	0,5	0,5	0,5
	5	11	0,5	0,5	0,5

Sumber : Data Primer 2006

Keterangan :

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. 40 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 2

HASIL ANALISA TDS

Ketinggian (cm)	No	Pengambilan Sampel (Hari)	Pengujian TDS (Mg/L)			
			I	II	III	Rata - Rata
40:15:15	1	Air Baku (Inlet)	375	378	381	378
	2	8	489	502	499	396,7
	3	9	341	343	346	343,3
	4	10	402	394	395	397
	5	11	352	353	360	355
50:10:10	1	Air Baku (Inlet)	378	378	379	378,3
	2	8	311	303	343	339
	3	9	398	401	401	400
	4	10	363	357	368	362,7
	5	11	392	370	378	380
60:05:05	1	Air Baku (Inlet)	369	371	370	370
	2	8	400	415	404	406,3
	3	9	328	332	327	329
	4	10	398	406	405	393
	5	11	377	382	375	278

Sumber : Data Primer 2006

Keterangan :

Variasi Ketinggian :

4. 40 cm pasir halus : 15 cm pasir kasar : 15 cm kerikil
5. 50 cm pasir halus : 10 cm pasir kasar : 10 cm kerikil
6. 40 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 3

NILAI EFISIENSI KEKERUHAN DAN TDS

Tabel 1 Nilai Efisiensi Kekерuhan Dan TDS Ketinggian 40:15:15 cm

Ketinggian (cm)	No	Pengambilan Sampel (Hari)	Efisiensi Kekерuhan (%)	Efisiensi TDS (%)
40:15:15	1	Air Baku (Inlet)		
	2	8	90,3	-6,1
	3	9	95,2	10,6
	4	10	98,8	0,8
	5	11	98,8	-0,9

Sumber : Data Primer 2006

Tabel 2 Nilai Efisiensi Kekерuhan Dan TDS Ketinggian 50:10:10 cm

Ketinggian (cm)	No	Pengambilan Sampel (Hari)	Efisiensi Kekерuhan (%)	Efisiensi TDS (%)
50:10:10	1	Air Baku (Inlet)		
	2	8	97,1	-0,9
	3	9	98,6	7,6
	4	10	99,1	-0,2
	5	11	99,1	0,5

Sumber : Data Primer 2006

Tabel 3 Nilai Efisiensi Kekерuhan Dan TDS Ketinggian 60:5:5 cm

Ketinggian (cm)	No	Pengambilan Sampel (Hari)	Efisiensi Kekерuhan (%)	Efisiensi TDS (%)
60:05:05	1	Air Baku (Inlet)		
	2	8	98,8	-2,1
	3	9	99,4	7,6
	4	10	99,5	3,7
	5	11	99,5	12,3

Sumber : Data Primer 2006

Descriptives

KERUHAN

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
40	4	95,775	4,0252	2,0126	89,370	102,180
50	4	98,475	,9465	,4732	96,969	99,981
60	4	99,300	,3367	,1683	98,764	99,836
Total	12	97,850	2,6770	,7728	96,149	99,551

Descriptives

KERUHAN

	Minimum	Maximum
40	90,3	98,8
50	97,1	99,1
60	98,8	99,5
Total	90,3	99,5

Test of Homogeneity of Variances

KERUHAN

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
6,216	2	9	,020

ANOVA

KERUHAN

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	27,195	2	13,597	2,370	,149
Within Groups	51,635	9	5,737		
Total	78,830	11			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: KEKERUHAN

	(I) KETINGGIAN	(J) KETINGGIAN	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
Tukey HSD	40	50	-2,700	1,6937	,297
		60	-3,525	1,6937	,149
	50	40	2,700	1,6937	,297
		60	-,825	1,6937	,879
	60	40	3,525	1,6937	,149
		50	,825	1,6937	,879
Bonferroni	40	50	-2,700	1,6937	,436
		60	-3,525	1,6937	,201
	50	40	2,700	1,6937	,436
		60	-,825	1,6937	1,000
	60	40	3,525	1,6937	,201
		50	,825	1,6937	1,000

Descriptives

TDS

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
40	4	1,100	6,9804	3,4902	-10,007	12,207
50	4	1,750	3,9417	1,9708	-4,522	8,022
60	4	5,375	6,0988	3,0494	-4,330	15,080
Total	12	2,742	5,6152	1,6210	-,826	6,309

Descriptives

TDS

	Minimum	Maximum
40	-6,1	10,6
50	-,9	7,6
60	-2,1	12,3
Total	-6,1	12,3

Test of Homogeneity of Variances

TDS

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,380	2	9	,695

ANOVA

TDS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	42,452	2	21,226	,628	,556
Within Groups	304,378	9	33,820		
Total	346,829	11			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: TDS

	(I) KETINGGIAN	(J) KETINGGIAN	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
Tukey HSD	40	50	-,650	4,1122	,986
		60	-4,275	4,1122	,572
	50	40	,650	4,1122	,986
		60	-3,625	4,1122	,665
	60	40	4,275	4,1122	,572
		50	3,625	4,1122	,665
Bonferroni	40	50	-,650	4,1122	1,000
		60	-4,275	4,1122	,977
	50	40	,650	4,1122	1,000
		60	-3,625	4,1122	1,000
	60	40	4,275	4,1122	,977
		50	3,625	4,1122	1,000

Multiple Comparisons

Dependent Variable: KEKERUHAN

	(I) KETINGGIAN	(J) KETINGGIAN	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	40	50	-7,429	2,029
		60	-8,254	1,204
	50	40	-2,029	7,429
		60	-5,554	3,904
	60	40	-1,204	8,254
		50	-3,904	5,554
Bonferroni	40	50	-7,668	2,268
		60	-8,493	1,443
	50	40	-2,268	7,668
		60	-5,793	4,143
	60	40	-1,443	8,493
		50	-4,143	5,793

Homogeneous Subsets

KEKERUHAN

	KETINGGIAN	N	Subset for alpha = .05
			1
Tukey HSD ^a	40	4	95,775
	50	4	98,475
	60	4	99,300
	Sig.		

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.