

TA/TL/2007/0230

TUGAS AKHIR

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	12-12-2007
NO. JUDUL :	2776
NO. INV. :	5120002776001
NO. INDEK. :	002776

**PENURUNAN KONSENTRASI *TOTAL COLIFORM* PADA AIR
SELOKAN MATARAM, YOGYAKARTA DENGAN
MENGUNAKAN TEKNOLOGI
*BIOSAND FILTER-ACTIVATED CARBON***

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



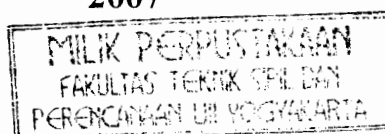
Disusun Oleh :

NUR SAHIDA ANTASARI

03 513 003

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2007



HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENURUNAN KONSENTRASI *TOTAL COLIFORM* PADA AIR
SELOKAN MATARAM, YOGYAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI *BIOSAND FILTER-ACTIVATED CARBON***

Nama : Nur Sahida Antasari

NIM : 03 513 003

Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa & disetujui oleh:

Dosen pembimbing I



Eko Siswoyo, ST

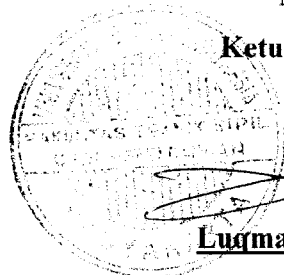
Dosen Pembimbing II



Any Juliani, ST, MSc

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Luqman Hakim, ST, MSc

MOTTO

Sesungguhnya ALLAH tidak akan merubah suatu kaum sampai mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri

(QS. Ar Ra'du : 11)

Sesungguhnya kehidupan dunia hanya permainan dan senda gurau. Dan jika kamu beriman dan bertaqwa, ALLAH akan memberikan segala pahalamu dan Dia tidak akan meminta kekayaanmu

(QS. Muhammad : 36)

Dan Rabb kalian berfirman, " Memohonlah Kepada-Ku niscaya Aku akan mengabulkan untuk kalian

(QS. Al Mukmin : 60)

Kepuasan terletak pada usaha, bukan pada hasil. Berusaha dengan keras adalah kemenangan yang hakiki

(Mahatma Gandhi)

Keberhasilan seseorang ditentukan oleh dirinya sendiri dan keberhasilan tidak akan pernah tercapai oleh orang-orang yang selalu memikirkan kegagalan

(Nur Sahida Antasari)



Persembahkanku..... Untuk.....

BAPAK-IBU TERCINTA

.....yang selalu menjadi panutan dalam hidupku.....yang selalu menyinariku dengan kehangatan dan kasih sayangnya.....yang selalu mendoakan dan mendukung setiap langkahku.....

ADIK-KU TERSAYANG

....yang selalu menjadi adik sekaligus teman dalam hidupku.....sukses YA dengan kuliahnya.....jangan kecewakan orang tua.....^_^

SAHABAT-SAHABAT TERHEBAT

.....yang telah mewarnai hidupku dalam suka dan duka.....

PENURUNAN KONSENTRASI TOTAL COLIFORM PADA AIR SELOKAN MATARAM, YOGYAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI BIOSAND FILTER-ACTIVATED CARBON

Eko Siswoyo, Any Juliani, Nur Sahida Antasari

ABSTRAK

Pembuangan limbah cair domestik langsung ke badan air dapat menurunkan kualitas air sehingga mempengaruhi ekosistem akuatik serta kesehatan manusia. Salah satu badan air yang digunakan sebagai pembuangan langsung limbah domestik adalah Selokan Mataram, Yogyakarta. Kualitas air Selokan tersebut tiap tahunnya mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya penduduk disekitarnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu teknologi alternatif yang dapat mengolah air Selokan Mataram yang telah tercemar sehingga dapat dipergunakan kembali menjadi sumber air bersih. Salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam mengolah air Selokan Mataram tersebut adalah Biosand filter-Activated carbon.

Pada penelitian ini dimensi alat yang digunakan adalah 30x30x100 cm³ untuk unit Biosand filter, sedangkan untuk unit Activated carbon dimensi alat yang digunakan adalah 15x15x70 cm³. Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir halus 0,25 mm; pasir kasar 0,85 mm; kerikil 6,3 mm dan karbon aktif berbentuk granular.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar tingkat efektifitas penurunan Total coliform yang terkandung dalam air Selokan Mataram dan variasi media yang paling efektif menurunkan Total coliform. Untuk menganalisa kandungan Total coliform tersebut digunakan metode MPN (Most Probable Number) 3-3-3 yang mengacu pada APHA 9221-B Ed. 20-1998.

Langkah pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah pembibitan bakteri pada permukaan media paling atas (pasir halus) unit Biosand filter. Pembibitan dilakukan selama ± 5 minggu. Selama penumbuhan bakteri tersebut, kondisi pH dan temperature dipantau setiap harinya untuk mendapatkan kondisi yang sesuai. Bakteri yang ditumbuhkan pada proses ini adalah bakteri aerob sehingga dibutuhkan tambahan oksigen. Tambahan supply oksigen diperoleh dari bubble reactor.

Dari hasil penelitian, konsentrasi awal Total coliform sebesar 2,10.10⁷ MPN/100 ml. Dan setelah dilakukan pengolahan, rata-rata efisiensi penurunan Total coliform pada unit Biosand filter berkisar antara 99,827 %-99,859 %. Sedangkan pada unit Activated berkisar antara (81,939 %)- 26,091 %.

Kata kunci : *Air Selokan Mataram, Teknologi Biosand filter-Activated carbon, Total coliform*

DECREASING OF TOTAL COLIFORM IN SELOKAN MATARAM WATER, YOGYAKARTA USING BIOSAND FILTER-ACTIVATED CARBON TECHNOLOGY

Eko Siswoyo, Any Juliani, Nur Sahida Antasari

ABSTRAC

The wasting of domestic liquid waste water to water body can decrease water quality so it can influence aquatic ecosystem and human health. One of water body that used as a place to disposal domestic wastewater is Mataram Ditch, Yogyakarta. Water quality decreases every year followed with increase of population in around Selokan Mataram. Because of that, we need an alternative technology that can treat of polluted Selokan Mataram water. One of technology that can be used to treat Mataram Ditch water is Biosand filter-Activated carbon.

In this research, the tools dimension that be used is 30x30x100 cm³ to Biosand filter unit and for Activated carbon unit, tools dimension that be used is 15x15x70 cm³. The research use fine sand 0,25 mm, coarse sand 0,85 mm, gravel 6,3 mm and granular carbon activ as media.

This research aim to know the removal efficiency of Total colifom in Selokan Mataram water, Yogyakarta and effectivity of media variation to removal Total coliform. To analyze Total coliform concentration can use MPN (Most Probable Number) 3-3-3 based on APHA 9221-B Ed. 20-1998.

First step to do in this research is bacterial seeding in surface media (fine sand) in Biosand filter. Seeding will be done during 5 weeks. While seeding process, condition of pH and temperature monitored every day to get suitable condition. Seeding process using aerob bacteria so need additional oxygen. Additional oxygen supply will be received from bubble reactor.

Based on the result analysis of the laboratory, the first of Total coliform concentration is 2,10.10⁷ MPN/100 ml. After using treatment, avarage efficiency of Total coliform in Biosand filter unit is 99,827 %-99,859 %. And avarage efficiency of Total coliform in Activated carbon unit is (81,939 %)-26,091 %.

Keyword : Biosand filter-Activated carbon Technology, Mataram Ditch water, Total coliform

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Wr. Wb

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan yang Maha Esa, Pencipta Alam semesta beserta isinya dan tempat berlindung bagi umat-Nya. Dan juga tak lupa shalawat serta salam penulis limpahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW.

Alhamdulillahirobbil'alamin atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“PENURUNAN KONSENTRASI TOTAL COLIFORM PADA AIR SELOKAN MATARAM, YOGYAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI BIOSAND FILTER-ACTIVATED CARBON”**.

Maksud dan tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini untuk memenuhi syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Jenjang Starata I Jurusan Teknik Lingkungan di Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini kami dari pihak penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses penulisan Tugas Akhir ini hingga selesai tepat pada waktunya, sebab tanpa adanya dukungan dari mereka tentunya kami akan mengalami banyak kendala dan kesulitan untuk menyelesaikannya. Untuk itu perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Luqman Hakim, ST, MSi, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Eko Siswoyo, ST selaku dosen pembimbing I atas arahan dan bimbingannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Any Juliani, ST, MSc selaku dosen pembimbing II atas arahan dan bimbingannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. H. Kasam, MT dan Andik Yulianto, ST selaku dosen Teknik Lingkungan, atas koreksi dan arahnya selama penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Mas Agus, yang banyak membantu menyelesaikan urusan administrasi.
6. Pak Tasyono dan Mas Iwan yang telah membantu penulis selama penelitian di Laboratorium.

7. Pihak Danone-AQUA yang telah memberikan kepercayaan dan tanggung jawab dalam bentuk beasiswa.
8. Keluarga tercinta : Bapak, Ibu dan Adikku atas doa dan dorongannya selama ini.
9. Sahabat-sahabat seperjuangan *Biosand filter-Activated carbon* : Mba' Phita n Mas Prastha.
10. Teman-teman satu Laboratorium : Acem, Ari, Ika dan Ida Cirebon (Kelompok *Aerokarbonfilter*).
11. Teman-teman Enviro khususnya angkatan 03 yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
12. Sahabat-sahabat KKN Unit 2 Pascagempa yang tidak bisa disebutin satu per satu.
13. Jkozt Crew : Mba' Yayah, Phiphi, Indah, Sarah, Een dan Ratna yang telah membantu dan menemani dalam suka dan duka. Untuk Ella, Ita dan Nabila selamat datang di Joko's Hotel serta untuk mantan Jkozt Crew, Kristin semoga sukses dan berhasil dalam dunia kerja.

Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat menjadi studi literatur bagi penelitian berikutnya.

*Wabbilahaufiq Walhidayah
Wassalamu 'alaikum Wr.Wb*

Yogyakarta, November 2007

Penulis

Nur Sahida Antasari

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
MOTTO.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAKSI.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Air.....	6
2.1.1 Sumber-sumber Air.....	6
2.1.1.1 Air permukaan.....	6
2.1.1.2 Air Tanah.....	7
2.1.1.3 Air Angkasa (Atmosfir).....	7
2.1.1.4 Air Laut.....	8
2.2 Karakteristik Air Baku.....	8
2.2.1 Karakteristik Fisik.....	8
2.2.2 Karakteristik Kimiawi.....	8
2.2.3 Karakteristik Biologis.....	8
2.3 Kualitas Air Bersih/Minum.....	8
2.4 <i>Biosand Filter</i> (BSF).....	9
2.4.1 Mekanisme Penyisihan Kontaminan Dalam <i>Biosand Filter</i>	12

2.4.2	Lapisan <i>Biofilm</i> atau <i>Schmutzdecke</i>	13
2.4.3	Pematangan Lapisan <i>Biofilm</i>	14
2.4.4	Pembersihan <i>Biosand Filter</i>	14
2.5	<i>Activated Carbon</i> (AC).....	15
2.5.1	Struktur Karbon.....	16
2.5.2	Struktur Karbon Aktif.....	18
2.5.3	Daya Serap Karbon Aktif.....	18
2.5.4	Proses Pembuatan Karbon Aktif.....	19
2.5.5	Penggunaan Karbon Aktif.....	21
2.5.6	Mekanisme Dalam <i>Activated Carbon</i>	21
2.6	Mikroorganisme Sebagai Indikator Kualitas Air.....	22
2.6.1	<i>Escherichia Coli</i> (<i>E. Coli</i>).....	23
2.6.2	Pertumbuhan dan Kematian Bakteri.....	32
2.6.2.1	Pertumbuhan Bakteri.....	32
2.6.2.2	Kematian Bakteri.....	34
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Jenis Penelitian.....	36
3.2	Objek Penelitian.....	36
3.3	Lokasi Penelitian.....	36
3.4	Variabel Penelitian.....	37
3.4.1	Variabel Bebas (<i>Independent Variable</i>).....	37
3.4.2	Variabel Terikat (<i>Dependent Variable</i>).....	38
3.5	Bahan dan Alat Penelitian.....	38
3.5.1	Penyediaan Media Pasir Halus, Pasir Kasar, Kerikil dan Karbon Aktif.....	38
3.5.2	Alat Penelitian.....	38
3.5.2.1	<i>Biosand Filter</i> (BSF).....	38
3.5.2.2	<i>Activated Carbon</i> (AC).....	39
3.5.2.3	Reservoar.....	40
3.6	Pelaksanaan Penelitian.....	41
3.6.1	Persiapan Media.....	41
3.6.2	Persiapan Alat.....	41
3.6.2.1	<i>Biosand Filter</i> (BSF).....	41

3.6.2.2	<i>Activated Carbon (AC)</i>	42
3.6.3	Pengambilan Sampel Awal.....	42
3.7	Pengukuran <i>Total Coliform</i>	44
3.8	Analisa Data.....	47
3.9	Kerangka Penelitian Tugas Akhir.....	47
BAB IV HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN		
4.1	Proses <i>Seeding</i> Mikroorganisme.....	49
4.2	Hasil Pengujian <i>Total Coliform</i>	50
4.2.1	Hasil Pengujian <i>Total Coliform</i> pada <i>Biosand</i> <i>Filter 1-Activated Carbon 1A</i> dengan <i>Biosand Filter 2-</i> <i>Activated Carbon 2D</i>	53
4.2.2	Hasil Pengujian <i>Total Coliform</i> pada <i>Biosand</i> <i>Filter 1-Activated Carbon 1B</i> dengan <i>Biosand Filter 2-</i> <i>Activated Carbon 2A</i>	55
4.3	Pembahasan.....	57
4.4	Uji Statistik.....	64
4.4.1	Analisa ANOVA.....	64
4.4.2	<i>Post Hoc Tests</i>	66
4.4.3	<i>Homogeneous Subset</i>	69
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	71
5.2	Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Ketinggian Media <i>Biosand Filter</i>	4
Tabel 1.2	Ketinggian Media <i>Activated Carbon</i>	4
Tabel 2.1	Syarat-syarat Kualitas Air pada <i>Slow Sand Filter</i>	10
Tabel 2.2	Effisiensi Pengolahan dengan Menggunakan SSF (<i>Slow Sand Filter</i>).....	11
Tabel 2.3	Syarat Mutu Arang Aktif.....	16
Tabel 2.4	Penggunaan Karbon Aktif.....	21
Tabel 2.5	Jenis Bakteri dengan Metode Analisa serta Media, Suhu dan waktu yang Dibutuhkan.....	31
Tabel 3.1	Ketinggian Media <i>Biosand Filter</i>	37
Tabel 3.2	Ketinggian Media <i>Activated Carbon</i>	37
Tabel 4.1	Kandungan <i>Total Coliform</i> pada <i>Inlet</i> , BSF 1 dan BSF 2.....	51
Tabel 4.2	Kandungan <i>Total Coliform</i> pada Unit BSF 1 (45:15:10 cm)- AC 1A (60 cm) dan BSF 2 (55:10:5 cm)-AC 2D (30 cm).....	53
Tabel 4.3	Kandungan <i>Total Coliform</i> pada Unit BSF 1 (45:15:10 cm)- AC 1B (30 cm) dan BSF 2 (55:10:5 cm)-AC 2C (60 cm).....	55
Tabel 4.4	Kandungan Awal <i>Total Coliform</i>	58
Tabel 4.5	Efisiensi <i>Total Coliform</i> pada Unit BSF 1 (45:15:10 cm)- AC 1A (60 cm) dan BSF 2 (55:10:5 cm)-AC 2D (30 cm).....	59
Tabel 4.6	Efisiensi <i>Total Coliform</i> pada Unit BSF 1 (45:15:10 cm)- AC 1B (30 cm) dan BSF 2 (55:10:5 cm)-AC 2C (60 cm).....	60
Tabel 4.7	<i>Descriptives</i>	64
Tabel 4.8	<i>Test of Homogeneity of Variances</i>	65
Tabel 4.9	ANOVA.....	65
Tabel 4.10	<i>Multiple Comparisons</i>	66
Tabel 4.11	MPN.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Unit <i>Biosand Filter</i>	10
Gambar 2.2	Skema Uji Pendugaan pada Penentuan JPT <i>Total Coliform</i>	26
Gambar 2.3	Skema Uji Penegasan JPT <i>Fecal Coliform</i> (APHA, 1992).....	27
Gambar 2.4	Skema Uji Pendugaan dan Uji Penegasan pada Penentuan JPT <i>Total Coliform</i> (APHA, 1989).....	28
Gambar 2.5	Skema Tes Pendugaan dan Tes Penegasan bagi Bakteri <i>Coli</i> Tinja melalui Cara MPN (Alaerts dan Santika, 1984).....	29
Gambar 2.6	Skema Uji Lengkap pada Penentuan JPT <i>Total Coliform</i> (APHA, 1992).....	32
Gambar 3.1	Media Filtrasi dan Karbon Aktif. (a) Pasir Halus \varnothing 0,25 mm; (b) Pasir Kasar \varnothing 0,85 mm; (c) Kerikil \varnothing 6,3 mm; (d) Karbon Aktif.....	38
Gambar 3.2	<i>Biosand Filter</i>	39
Gambar 3.3	<i>Activated Carbon</i>	40
Gambar 3.4	Reservoar : (a) Reservoar volume 50 liter, (b) Reservoar volume 250 liter.....	41
Gambar 3.5	<i>Perforated Baffle</i>	42
Gambar 3.6	<i>Lactose Broth</i>	43
Gambar 3.7	Air Pengencer.....	43
Gambar 3.8	<i>Autoclave</i>	43
Gambar 3.9	Botol Sampel.....	44
Gambar 3.10	Pipet Ukur.....	44
Gambar 3.11	Inkubator.....	45
Gambar 3.12	Media dalam Inkubator.....	45
Gambar 3.13	Media BGLB.....	46
Gambar 3.14	Diagram Alir Penelitian.....	48
Gambar 4.1	<i>Total Coliform</i> pada <i>Inlet</i>	52
Gambar 4.2	<i>Output Total Coliform</i> pada Unit <i>Biosand Filter</i>	52
Gambar 4.3	<i>Output Total Coliform</i> pada Unit BSF 1 (45:15:10 cm)- AC 1A (60 cm).....	54
Gambar 4.4	<i>Output Total Coliform</i> pada Unit BSF 2 (55:10:5 cm)-	

	AC 2D (30 cm).....	54
Gambar 4.5	<i>Output Total Coliform</i> pada Unit BSF 1 (45:15:10 cm)- AC 1B (30 cm).....	56
Gambar 4.6	<i>Output Total Coliform</i> pada Unit BSF 2 (55:10:5 cm)- AC 2C (60 cm).....	56
Gambar 4.7	Efisiensi <i>Total Coliform</i> pada Unit BSF 1 (45:15:10 cm)- AC 1A (60 cm) dan BSF 2 (55:10:5 cm)-AC 2D (30 cm).....	60
Gambar 4.8	Efisiensi <i>Total Coliform</i> pada Unit BSF 1 (45:15:10 cm)- AC 1B (30 cm) dan BSF 2 (55:10:5 cm)-AC 2C (60 cm).....	61



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Hidrosfer adalah lingkungan air. Sebagian besar (71 %) dari permukaan bumi tertutup oleh air. Air merupakan sumber daya yang mutlak harus ada bagi kehidupan. Air juga merupakan bahan pelarut paling baik. Pemanfaatan air untuk berbagai kepentingan harus dilakukan secara bijaksana, dengan memperhitungkan kepentingan generasi sekarang maupun generasi mendatang. Sumber air baku yang digunakan untuk kehidupan sehari-hari sebagian besar berasal dari air permukaan seperti sungai, danau, kolam, dan sebagainya. Air sungai merupakan salah satu sumber air baku yang secara kuantitatif relatif lebih banyak dibandingkan dengan sumber air baku lainnya. Selain itu air permukaan merupakan sumber air yang mudah untuk didapat bila dibandingkan dengan sumber air lainnya seperti air tanah Untuk itu diperlukan pengolahan yang tepat dalam mengolah air sungai menjadi air bersih.

Saat ini, masalah utama yang dihadapi oleh sumber daya air meliputi kuantitas air yang sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan yang terus menerus meningkat dan kualitas air untuk keperluan domestik yang semakin menurun. Menurunnya kuantitas dan kualitas air salah satunya disebabkan karena pertumbuhan manusia cukup tinggi yang diiringi dengan perubahan pola hidup yang mengarah ke pola konsumtif, kebutuhan akan air bersih untuk keperluan sehari-hari pun meningkat, dan berakibat pada meningkatnya limbah cair yang dihasilkan terutama limbah cair domestik Berdasarkan data dari Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Jakarta tahun 2002 menyebutkan, sebanyak 17-ton limbah domestik dibuang ke perairan perharinya. Hal ini memberikan dampak negatif terhadap ekosistem badan air tersebut baik secara estetis maupun terhadap kesehatan manusia.

Air yang digunakan untuk konsumsi sehari-hari harus memenuhi standar kualitas air bersih. Kualitas air bersih dapat ditinjau dari segi fisik, kimia, mikrobiologi dan radioaktif. Namun kualitas air yang baik tidak selamanya tersedia di alam sehingga diperlukan upaya perbaikan, baik itu secara sederhana maupun modern. Jika air yang digunakan belum memenuhi standar kualitas air bersih, akibatnya akan menimbulkan masalah lain yang dapat menimbulkan kerugian bagi penggunaannya. Untuk itu diperlukan pengolahan yang tepat dalam mengolah air yang tercemar menjadi air bersih.

Berkembangnya teknologi pengolahan air maka instalasi maupun komponen instalasi yang digunakan saat ini banyak menggunakan teknologi yang modern pula. Namun demikian, adanya keterbatasan khususnya dalam operasi dan pemeliharaan instalasi pengolahan air, maka kondisi masyarakat Indonesia masih memerlukan teknologi yang sesuai dengan kondisi sosial dan ekonomi Indonesia saat ini. Teknologi pengolahan air yang dipilih harus dapat meningkatkan kualitas air *effluent* dari sistem yang digunakan baik secara fisik, kimia maupun bakteriologis. *Effluent* tersebut telah sesuai dengan persyaratan baku mutu kualitas air maka kondisi sanitasipun akan tercipta dengan baik.

Saat ini banyak air permukaan seperti sungai, danau, dan sebagainya di Indonesia khususnya Yogyakarta telah tercemar oleh limbah yang berasal dari limbah domestik. Salah satu air permukaan di Yogyakarta yang telah mengalami pencemaran adalah Selokan Mataram. Selokan Mataram dibangun untuk menghubungkan Sungai Progo dan Sungai Opak yang memiliki panjang sekitar 60 km. Wilayah-wilayah yang dilewati Selokan Mataram dengan sendirinya bisa memenuhi kebutuhan air untuk keperluan pertanian. Aliran air Sungai Progo yang mengalir di Selokan Mataram dipakai untuk mangairi persawahan. Banyak wilayah yang dilewati Selokan Mataram, sehingga hamparan sawah di kawasan yang dilewati oleh selokan Mataram akan menjadi lebih subur. Inilah fungsi ekonomis dan kultural selokan Mataram. Tetapi, saat ini Selokan Mataram sangat berbeda kondisinya dengan Selokan Mataram yang dulu. Dari segi kualitas airnya telah tercemar oleh limbah-limbah rumah tangga yang berada disekitarnya. Semakin padatnya pemukiman-pemukiman yang didirikan disekitar Selokan Mataram akan semakin mempengaruhi kualitas air permukaan tersebut. Oleh karena itu, dalam hal pemanfaatan Selokan Mataram sebagai salah satu sumber alternatif yang dapat digunakan untuk penyediaan kebutuhan air bersih, maka diperlukan suatu teknologi tepat guna untuk pengolahan air Selokan Mataram tersebut. Salah satu teknologi tersebut adalah *Biosand filter* dan *Activated carbon*.

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 dan pada media tersebut telah dilakukan penanaman bakteri (*seeding*) sehingga terjadi proses biologis didalamnya. *Biosand filter* sangat mirip dengan *Slow Sand Filter* (SSF) dalam arti bahwa mayoritas dari filtrasi dan perpindahan kekeruhan terjadi ada di puncak lapisan pasir dalam kaitan dengan ukuran pori-pori yang menurun, disebabkan oleh deposisi partikel butir. Sekitar tahun 1990-an Dr. David Manz mendesain *Biosand Filter* (BSF), dimana alat tersebut diharapkan mampu

menurunkan kontaminan-kontaminan yang terkandung dalam limbah domestik seperti bakteri (*Escherichia coli*). Efisiensi penurunan bakteri dengan BSF tersebut mampu mencapai 99 % atau 100 % (www.google.com/biosand filter). *Activated carbon* merupakan karbon yang diproses sedemikian rupa sehingga pori-porinya terbuka, dan dengan demikian akan mempunyai daya serap yang tinggi. Penggunaan *Activated carbon* saat ini banyak dikembangkan dalam pengolahan air. Proses air terjadi pada *Activated carbon*, yaitu adsorpsi dan filtrasi. *Activated carbon* tidak efektif dalam menurunkan mikroba, sodium, nitrat, flourida dan kesadahan. Untuk timbal dan logam berat dapat dihilangkan hanya dengan menggunakan *Activated carbon* yang sangat spesifik (www.ag.ndsu.org)

Parameter yang akan dianalisa pada penelitian ini adalah kandungan *Total coliform* dalam air Selokan Mataram. Kandungan *Total coliform* pada air limbah yang belum di *treatment* sangat besar, yaitu berkisar antara 10^7 - 10^9 MPN/100 ml (Metcalf & Eddy, 2003), sehingga diperlukan teknologi alternatif untuk mereduksi kandungan bakteri *Coliform* dalam air limbah. Dengan demikian dapat meminimalisasi terjadinya pencemaran air.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Seberapa besar efisiensi penurunan *Total coliform* yang terkandung di dalam air Selokan Mataram, Yogyakarta dengan menggunakan *Biosand filter-Activated carbon*.
2. Pada variasi unit pengolahan mana yang lebih efektif dalam menurunkan *Total coliform*. Variasi unit tersebut sebagai berikut :
 - a. *Biosand filter 1¹-Activated carbon 1A²* dengan *Biosand filter 2³-Activated carbon 2D⁴*
 - b. *Biosand filter 1¹-Activated carbon 1B⁵* dengan *Biosand filter 2³-Activated carbon 2C⁶*

¹ Perbandingan media filtrasi pada *Biosand filter 1*, pasir halus : pasir kasar : kerikil = 45:15:10 cm

² Ketinggian karbon pada *Activated carbon 1* = 60 cm

³ Perbandingan media filtrasi pada *Biosand filter 2*, pasir halus : pasir kasar : kerikil = 55:10:5 cm

⁴ Ketinggian karbon pada *Activated carbon 2* = 30 cm

⁵ Ketinggian karbon pada *Activated carbon 1* = 30 cm

⁶ Ketinggian karbon pada *Activated carbon 2* = 60 cm

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang ditentukan dan agar penelitian dapat berjalan dengan lancar, maka perlu adanya batasan-batasan pada penelitian ini, yaitu :

1. Metode filtrasi menggunakan unit *Biosand filter* dengan komposisi media filter adalah pasir kasar, pasir halus, dan kerikil kemudian dilanjutkan ke unit *Activated carbon* yang menggunakan karbon aktif berbentuk granular.
2. Sumber air yang digunakan berasal dari air Selokan Mataram, Yogyakarta.
3. Unit *Biosand filter-Activated carbon* menggunakan variasi ketinggian media yang berbeda dengan kecepatan aliran tertentu.
4. Parameter yang diuji adalah *Total coliform*.
5. Desain unit *Biosand filter-Activated carbon* yang digunakan, yaitu :

Tabel 1.1 Ketinggian Media Biosand Filter

	Pasir Halus (cm)	Pasir Kasar (cm)	Kerikil (cm)	Total (cm)
<i>Biosand Filter 1</i>	45	15	10	70
<i>Biosand Filter 2</i>	55	10	5	70

Tabel 1.2 Ketinggian Media Activated Carbon

	Activated carbon 1 (cm)	Activated carbon 2 (cm)
<i>Biosand Filter 1 (45:15:10)</i>	60	30
<i>Biosand Filter 2 (55:10:5)</i>	60	30

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui besarnya efisiensi kemampuan *Biosand filter-Activated carbon* dalam menurunkan *Total coliform* dalam air Selokan Mataram, Yogyakarta.
2. Untuk mencari variasi unit pengolahan yang paling efektif, sehingga mendapatkan penurunan *Total coliform* yang paling optimal.

1.5 Manfaat Penelitian

Penggunaan unit *Biosand filter-Activated carbon* dalam pengolahan air Selokan Mataram diharapkan akan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan salah satu teknologi alternatif yang tepat guna dalam menurunkan *Total coliform* pada air Selokan Mataram, Yogyakarta.
2. Memberikan data informasi tentang kemampuan unit *Biosand filter-Activated carbon* dalam menurunkan *Total coliform* pada air Selokan Mataram, Yogyakarta.
3. Sebagai refrensi untuk penelitian selanjutnya untuk mendapatkan data yang lebih lengkap tentang kemampuan *Biosand filter-Activated carbon* dalam menurunkan jumlah *Total coliform* pada air Selokan Mataram, Yogyakarta.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan untuk hajat hidup orang banyak, bahkan oleh semua makhluk hidup. Oleh karena itu, sumber daya air harus dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia serta makhluk hidup yang lain. Saat ini, masalah utama yang dihadapi oleh sumber daya air meliputi kuantitas air yang sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan yang terus menerus meningkat dan kualitas air untuk keperluan domestik yang semakin menurun. Kegiatan industri, domestik dan kegiatan lain berdampak negatif terhadap sumber daya air, antara lain menyebabkan penurunan kualitas air. Kondisi ini dapat menimbulkan gangguan, kerusakan dan bahaya bagi semua makhluk hidup yang bergantung pada sumber daya air. Pada dunia kesehatan lingkungan, air dikaitkan sebagai faktor perpindahan/penularan penyebab penyakit (*agent*). Air membawa penyebab penyakit dari kotoran (*feces*) penderita, kemudian sampai ke tubuh orang lain melalui makanan dan minuman. Air juga berperan untuk membawa penyakit non-mikrobia seperti adanya bahan-bahan *toxic* yang terkandung di dalamnya. Penyakit-penyakit infeksi yang biasanya ditularkan melalui air adalah *Thyphus abdominalis*, *Cholera*, *Dysentri baciller*, dan lain sebagainya.

2.1.1 Sumber-sumber Air

Pada prinsipnya, jumlah air di alam tetap dan mengikuti suatu aliran yang dinamakan "*cyclus hydrologie*". Siklus hidrologi adalah salah satu proses alami untuk membersihkan dirinya, dengan syarat bahwa kualitas udara cukup bersih. Apabila udara tercemar, maka air hujanpun akan tercemar. Dari siklus hidrologi ini diketahui adanya berbagai sumber air, yaitu (Totok Sutrisno, 2004) :

2.1.1.1 Air permukaan

Air permukaan merupakan air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, dedaunan, dan sebagainya. Air permukaan ada 2 macam, yaitu :

1. Air sungai

Dalam penggunaannya sebagai air minum, haruslah mengalami suatu pengolahan yang semourna, mengingat bahwa air sungai ini pada umumnya mempunyai derajat pengotoran yang tinggi.

2. Air rawa/danau

Kebanyakan air rawa berwarna yang disebabkan oleh adanya zat-zat organis yang telah membusuk, misalnya asam humus yang larut dalam air yang menyebabkan warna kuning coklat. Dengan adanya pembusukan kadar zat organis tinggi, maka umumnya kadar Fe dan Mn akan tinggi pula dalam kelarutan O₂ kurang, sehingga unsur-unsur Fe dan Mn akan larut.

2.1.1.2 Air Tanah

Air tanah sebagian besar terbebas dari polutan, hal tersebut dikarenakan air berada dibawah permukaan tanah. Tetapi hal tersebut tidak menutup kemungkinan bahwa air tanah dapat tercemar oleh zat-zat mengganggu kesehatan seperti adanya kandungan Fe, Mn, kesadahan yang terbawa oleh aliran permukaan tanah. Air tanah dibagi menjadi dua, yaitu : air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal memiliki kualitas yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kualitas air tanah dalam. Hal ini disebabkan air tanah dangkal lebih mudah mendapat kontaminasi dari luar dan fungsi tanah sebagai penyaring lebih sedikit. Dari segi kualitas, apabila air tanah dipakai sebagai sumber air dapat memenuhi persyaratan, tetapi jika dilihat dari segi kontinuitas, maka dapat menjadi masalah karena pengambilan air tanah secara terus menerus maka akan menyebabkan penurunan muka air tanah.

2.1.1.3 Air Angkasa (Atmosfir)

Air angkasa, yaitu air yang berasal dari atmosfer, seperti hujan. Beberapa sifat kualitas air hujan adalah sebagai berikut :

- a. Bersifat lunak karena tidak mengandung larutan garam dan zat-zat mineral.
- b. Air hujan pada umumnya bersifat air bersih
- c. Dapat bersifat korosif karena mengandung zat-zat yang terdapat diudara seperti NH₃, CO₂ agresif, ataupun SO₂. Adanya konsentrasi SO₂ yang tinggi diudara dimana bercampur dengan air hujan dapat menyebabkan terjadinya hujan asam (*acid rain*).

2.1.1.4 Air Laut

Mempunyai sifat asin, karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut 3 %. Dengan keadaan ini, maka air laut tidak memenuhi syarat untuk air minum.

2.2 Karakteristik Air Baku

2.2.1 Karakteristik Fisik

Sifat-sifat fisis air adalah tidak berbau, tidak berassa, tidak berwarna, suhu air hendaknya dibawah sela udara (sejuk $\pm 25^{\circ}\text{C}$), air harus jernih.

2.2.2 Karakteristik Kimiawi

Air bersih mempunyai pH = 7 dan oksigen terlarut (DO) jenuh pada 9 mg/l. Air merupakan pelarut yang universal, hampir semua jenis zat dapat larut di dalam air. Oleh karena itu lebih cepat dan tepat untuk menilai sifat-sifat air dari suatu sampel. Air minum tidak boleh mengandung racun, zat-zat mineral atau zat-zat kimia tertentu dalam jumlah yang melampaui batas yang telah ditentukan (Juli Soemirat Slamet, 2004).

2.2.3 Karakteristik Biologis

Air minum tidak boleh mengandung bakteri-bakteri penyakit (patogen) sama sekali dan tidak boleh mengandung bakteri golongan *Coli* melebihi batas-batas yang telah ditentukan yaitu 1 *Coli*/100 ml air. Air yang mengandung golongan *Coli* dianggap telah terkontaminasi dengan kotoran manusia dan hewan berdarah panas.

2.3 Kualitas Air Bersih/Minum

Hal penting yang perlu diperhatikan dalam penyediaan air bersih/minum adalah kuantitas dan kualitas supaya memenuhi standar baku mutu yang berlaku. Air bersih/minum yang ideal seharusnya jernih, tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa dan tidak mengandung kuman patogen serta segala makhluk hidup yang membahayakan kesehatan manusia. Standar air bersih/minum di setiap negara berbeda sesuai dengan keadaan sosial-ekonomi-budaya setempat.

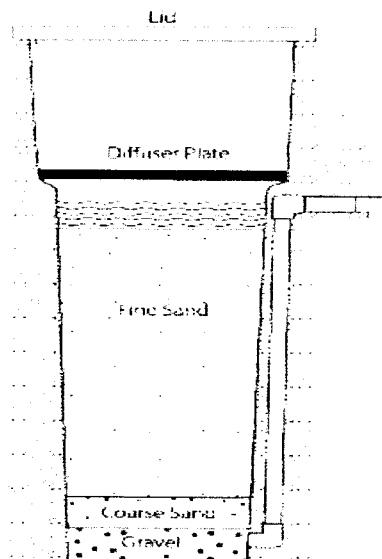
Dalam hal air bersih/minum, sudah merupakan praktek umum bahwa dalam menetapkan kualitas dan karakteristik air dikaitkan dengan suatu baku mutu air tertentu

(standar kualitas air). Untuk memperoleh gambaran yang nyata tentang karakteristik air baku, seringkali diperlukan pengukuran sifat-sifat air atau biasa disebut parameter kualitas air, yang beraneka ragam. Formulasi-formulasi yang dikemukakan dalam angka-angka standar tentu saja memerlukan penilaian yang kritis dalam menetapkan sifat-sifat dari tiap parameter kualitas air. Parameter kualitas air, yaitu (Juli Soemirat Slamet, 2004) :

1. Parameter fisis, seperti TDS, kekeruhan, rasa, bau dan suhu
2. Parameter kimiawi, seperti kimia anorganik : air raksa, aluminium, dan sebagainya; kimia organik : DDT, detergen, benzena, dan sebagainya.
3. Parameter biologis, seperti *fecal coliform* dan *total coliform*.
4. Parameter radioaktivitas, seperti aktivitas alfa, aktivitas beta.

2.4 **Biosand Filter (BSF)**

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 dan pada media tersebut telah dilakukan penanaman bakteri (*seeding*) sehingga terjadi proses biologis didalamnya. BSF sangat mirip dengan *Slow Sand Filter* (SSF) dalam arti bahwa mayoritas dari filtrasi dan perpindahan kekeruhan terjadi ada di puncak lapisan pasir dalam kaitan dengan ukuran pori-pori yang menurun, disebabkan oleh deposisi partikel butir. Keuntungan teknologi ini selain murah, membutuhkan sedikit pemeliharaan dan beroperasi secara grafitasi. Faktor yang berperan penting dalam *Biosand filter* adalah ukuran butiran pasir dan kedalaman pasir. Keduanya memiliki efek penting dalam ilmu bakteri dan kualitas air secara fisik. Kebanyakan literatur merekomendasikan bahwa ukuran pasir yang efektif yang digunakan untuk saringan pasir lambat yang dioperasikan sekitar 0,15-0,35 mm dan keseragaman koefisien sekitar 1,5-3 mm (Murcott & Lucas, 2002).



Gambar 2.1 Unit *Biosand Filter*

Biosand filter yang merupakan pengembangan dari *Slow Sand Filter*, hanya saja pada *Biosand filter*, lapisan atas media filter dilakukan penumbuhan bakteri. Syarat-syarat kualitas air yang akan diolah dengan menggunakan *Biosand filter* sama seperti kualitas air yang diolah dengan menggunakan *Slow Sand Filter*.

Tabel 2.1 Syarat-syarat Kualitas Air pada *Slow Sand Filter*

Parameter Kualitas Air	Kualitas Air Mengacu pada Refrensi 1991		
	Spencer, et al.	Cleasby	Di Bernardo
Kekeruhan (NTU) ⁽¹⁾	5-10	5	10
Alga (units/ml)	200 ⁽²⁾	5 µg/l ⁽³⁾	250
True colour (PCU)	15-25		5
Dissolved okygen (mg/l)	> 6		
Phospat (PO ₄) (mg/l)	30		
Ammonia (mg/l)	3		
Total iron (mg/l)	1	0,3	20
Mangan (mg/l)		0,05	0,2
Fecal coliform (CFU/100 ml)			200

Sumber : Jo Smet dan Christine van Wijk, 2002

- (1) Jenis kekeruhan dan distribusi partikel dapat menyebabkan perubahan kualitas air dari *effluent* SSF.
- (2) Jumlah dan jenis alga yang ada sangat penting. Disarankan untuk membuat pelindung untuk filter.
- (3) Batasan ini berhubungan dengan klorofil A di air, yang secara tidak langsung digunakan untuk mengukur kandungan alga.

Tabel 2.2 Efisiensi Pengolahan dengan Menggunakan SSF (*Slow Sand Filter*)

Parameter Kualitas Air	Removal	Keterangan
Bakteri	90-99,9 %	
Virus	99-99,9 %	20 °C : 5 log pada 0,2 m/j dan 3 log pada 0,4 m/j 6 °C : 3 log pada 0,2 m/j dan 1 log pada 0,4 m/j
<i>Giardia cycts</i>	99-99,99 %	Effisiensi sangat tinggi, bahkan sesaat setelah filter dibersihkan
<i>Cryptosporidium</i>	> 99,9 %	
<i>Cercaria</i>	100 %	
Kekeruhan	< 1 NTU	Tingkat kekeruhan dan distribusi partikel mempengaruhi kapasitas pengolahan
Pestisida	0-100 %	
DOC ¹	5-40 %	
UV-absorbance (254 nm)	5-35 %	
Warna (<i>true colour</i>)	25-40 %	
UV-absorbance (400 nm)	15-80 %	
TOC ² , COD ³	< 15-25 %	
AOC	14-40 %	
BDOC	46-75 %	
Besi dan Mangan	30-90 %	

Sumber : Jo Smet dan Christine van Wijk, 2002

¹ DOC = *dissolved organic carbon*

² TOC = *total organic carbon*

³ COD = *chemical organic demand*

Biosand filter dapat menghilangkan bakteri patogen melalui proses yang sama dengan saringan pasir lambat, yang mana 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 tinggi di lapisan pasir paling atas menuju *biofilm*. BSF didesain 5 cm di bagian atas air yang dilapisi pasir halus. Ketinggian 5 cm menjadi ketinggian optimum dari perpindahan patogen. Jika tingkatan air terlalu dangkal, lapisan *biofilm* dapat lebih mudah terganggu karena rusak oleh kecepatan datangnya air. Disisi lain, jika tingkatan air terlalu dalam, jumlahnya tidak cukup pada difusi O₂ pada *biofilm*, mengakibatkan kematian dari mikroorganisme pada lapisan *biofilm*.

Ketika air yang terkontaminasi mikroorganisme dimurnikan dengan *Biosand filter*, organisme pemangsa (predator) yang berada di lapisan *biofilm* akan memakan patogen-patogen yang ada (Tommy Ngai & Sophie, 2003).

2.4.1 Mekanisme Penyisihan Kontaminan Dalam *Biosand Filter*

Pada *Biosand filter* terdapat beberapa mekanisme dalam penyisihan kontaminan-kontaminan di dalam air limbah. Mekanisme tersebut antara lain (Huisman, 2004) :

1. *Mechanical straining*

Dengan ukuran media 0,15 mm, maka partikel berukuran $> 20 \mu\text{m}$ akan tertahan pada media. Sedangkan partikel berukuran 5-10 μm akan tertahan seiring dengan pertambahan deposit partikel di permukaan media pada saat operasional filter. Koloid (0,001-1 μm) dan bakteri (1 μm) tidak dapat disisihkan dengan mekanisme ini. *Mechanical straining* terutama terjadi pada permukaan filter sampai kedalaman 5 cm (Hardjono, 1996).

2. Sedimentasi

Partikel mengendap pada permukaan media filter. Pengendapan ini terjadi akibat aliran air di dekat media, dimana efisiensi sedimentasi sangat dipengaruhi oleh beban permukaan dan kecepatan pengendapan pada pori media. Untuk partikel yang mempunyai kecepatan mengendap lebih besar dari beban permukaan akan mengendap seluruhnya, sedangkan dengan diameter yang lebih kecil akan mengendap sebagian.

3. Adsorpsi

Adsorpsi dapat terjadi secara aktif ataupun pasif. Secara aktif, adsorpsi dipengaruhi oleh gaya tarik antar dua partikel (gaya *Van der Waals*) dan gaya tarik elektrostatis antara muatan yang berbeda (gaya *Coulomb*). Sedangkan adsorpsi secara pasif dipengaruhi oleh interaksi dan ikatan kimia.

4. Biokimia

Beberapa partikel yang terakumulasi di permukaan media akan mengalami proses biokimia. Seperti misalnya oksidasi Fe^{2+} dan Mn^{2+} dari bentuk terlarut menjadi bentuk yang tidak larut. Hal yang sama terjadi pula pada bahan-bahan organik terlarut, yang dimanfaatkan sebagai elektron donor untuk pembangkitan energi mikroorganisme. Tetapi oksidasi biokimia ini hanya dapat berjalan secara optimal pada kondisi dimana terdapat cukup waktu kontak dan temperatur tidak terlalu rendah.

5. Aktivitas bakteri

Aktivitas bakteri melibatkan akumulasi mikroorganisme di permukaan filter, kematian bakteri akibat adanya predator dan juga pengurangan mikroorganisme akibat berkurangnya *supply* elektron donor. Aktivitas mikroorganisme pada permukaan filter dikenal sebagai lapisan *Schmutzdecke*, dimana lapisan ini tersusun dari matriks gelatin bakteri, jamur, protozoa, rotifera dan larva serangga air. Seiring dengan makin bertambahnya usia *Schmutzdecke* maka alga cenderung untuk tumbuh dan kemungkinan organisme akuatik yang lebih besar akan muncul seperti brizoa, siput dan cacing (www.wikipedia.org).

2.4.2 Lapisan *Biofilm* atau *Schmutzdecke*

Kata *Schmutzdecke* berasal dari bahasa Jerman yaitu berarti "Lapisan kotor". Lapisan *film* yang lengket ini, yang mana berwarna merah kecoklatan, terdiri dari bahan organik yang terdekomposisi, besi, mangan dan silika dan oleh karena itu bertindak sebagai suatu saringan yang baik yang berperan untuk meremoal 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 (WEDC, 1999). Biasanya istilah *Schmutzdecke* digunakan untuk menandakan zona aktivitas biologi yang umumnya terjadi di dalam *bed* pasir. Dalam kaitannya dengan fungsi ganda yang meliputi penyaringan mekanis, kedalaman *Schmutzdecke* bisa dikatakan dapat menghubungkan kepada zona penetrasi dari partikel-partikel padatan dimana ukurannya antara 0,5-2 cm dari *bed* suatu BSF (WEDC, 1999). Pada cakupan kedalaman ini, *Schmutzdecke* menggabungkannya dengan lapisan biologi yang lebih dalam dan partikel-partikel bebas yang mengalir ke dalam zona ini setelah melintasi lapisan *Schmutzdecke* tersebut. Zona yang lebih dalam ini bukan merupakan sebuah zona penyaringan mekanis tetapi lebih merupakan suatu lanjutan area perlakuan secara biologis.

Schmutzdecke perlu didiamkan tanpa adanya gangguan. Hal ini dilakukan sehingga populasi biologi yang ada di puncak pasir tidaklah diganggu atau ditekan, yang mana tidak membiarkan lapisan *film* yang penuh untuk dihancurkan, yang akan mengurangi efek ketegangan pada *film* tersebut sedangkan partikel padatan akan terdorong lebih lanjut ke dalam pasir itu.

2.4.3 Pematangan Lapisan *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). 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 air dapat memacu pematangan *biofilm* (Tommy Ngai & Sophie, 2003).

2.4.4 Pembersihan *Biosand Filter*

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

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

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 bakteri patogen tetapi dengan ketentuan operasi dan pemeliharaan filter dilakukan secara benar dan baik.

b. Murah

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

c. Sederhana

Karena operasi dan pemeliharaannya murah, tidak memerlukan tenaga khusus yang terdidik dan terampil, sehingga cara ini 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 dilakukan secara manual sehingga akan membutuhkan tenaga manusia yang banyak, tetapi dalam skala kecil tidak terlalu berat.

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 kulit saringan sebagaimana bahan-bahan pengotor yang membentuk kulit filter akan hilang dari permukaan butiran pasir akibat pengerusan oleh aliran air yang melewatinya, tetapi tidak terdapat tanda adanya pengotoran secara tetap pada bagian lapisan pasir dibawahnya. Hal ini akan menghancurkan kulit filter kemudian akan menjadi tetap hidup sebagai jenis mikroorganisme 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.

2.5 *Activated Carbon* (AC)

Karbon berpori atau yang lebih dikenal dengan nama karbon aktif (*Activated carbon*) digunakan secara luas sebagai adsorben untuk menghilangkan sejumlah pengotor, terutama yang berhubungan dengan zat warna, pengolahan limbah, pemurnian air, obat-obatan dan lain-lain (Sahrul Effendy A, 2004). *Activated carbon* merupakan karbon yang akan membentuk *amorf*, yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta memiliki permukaan dalam (*internal surface*), sehingga mempunyai daya serap yang lebih baik.

Activated carbon berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa, dan mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon yang belum menjalani

proses aktivasi, serta mempunyai permukaan yang luas, yaitu antara 300 sampai 2000 m per gram. Luas permukaan yang luas disebabkan karbon mempunyai permukaan dalam (*internal surface*) yang berongga, sehingga mempunyai kemampuan menyerap gas dan uap atau zat yang berada di dalam suatu larutan. Sifat dari *Activated carbon* yang dihasilkan tergantung dari bahan yang digunakan, misalnya, tempurung kelapa menghasilkan arang yang lunak dan cocok untuk menjernihkan air.

Menurut Standard Industri Indonesia (SNI No. 0258-79) persyaratan arang aktif adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3 Syarat Mutu Arang Aktif

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1. Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C	%	Maksimum 15
2. Air	%	Maksimum 10
3. Abu	%	Maksimum 2,5
4. Bagian yang tidak mengarang	%	Tidak ternyata
5. Daya serap terhadap larutan I ₂	%	Maksimum 20

Sumber : www.warintek.net

Activated carbon untuk semua tujuan, dan dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bubuk dan granular. Karbon bentuk bubuk digunakan untuk adsorpsi dalam larutan. Misalnya untuk menghilangkan warna (*dechlorisasi*), sedangkan karbon bentuk granular digunakan untuk absorpsi gas dan uap, dikenal pula sebagai karbon pengadsorpsi gas. Karbon bentuk granular kadang-kadang juga digunakan di dalam media larutan khususnya untuk deklorinasi air dan untuk penghilang warna dalam larutan serta pemisahan komponen komponen dalam suatu sistem yang mengalir.

2.5.1 Struktur Karbon

Arang, kokas dan karbon aktif disebut *amorf*. Penyelidikan dengan sinar X menunjukkan bahwa karbon *amorf* mempunyai sifat kristal yang tidak tertentu, yang tidak menunjukkan sudut dan permukaan kristal seperti bentuk rombis, monoklin, dan lain-lain. Dari penyelidikan yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa karbon *amorf* terdiri dari pelat-pelat datar dimana atom C (karbon) tersusun dalam sisi heksagon dan setiap atom karbon yang lainnya. Pelat-pelat ini bertumpuk satu sama lainnya membentuk kristal-kristal dengan sisa hidrokarbon yang tertinggal pada permukaannya. Dengan menghilangkan hidrokarbon pada permukaannya, permukaan akan menjadi lebih luas,

sehingga daya serap akan menjadi lebih besar. Pada grafit, pelat-pelat ini lebih dekat satu sama lainnya dan terikat dengan cara tertentu, yang tidak dijumpai pada karbon kristal.

Struktur dasar karbon aktif dan karbon hitam diperkirakan menyerupai struktur grafit murni. Kristal grafit tersusun dari lapisan-lapisan heksagonal yang tersusun dari atom-atom karbon, yang terikat dengan gaya *Van der Waals* yang lemah dan jarak antara lapisan-lapisan bidang tersebut adalah 3,35 Angstrom. Jarak ikatan antara atom-atom karbon dalam masing-masing lapisan adalah 1,415 Angstrom. Tiga dari keempat elektron karbon membentuk ikatan kovalen dengan atom yang berdekatan, sedangkan elektron yang keempat beresonansi dengan beberapa struktur ikatan valensi. Struktur karbon aktif sedikit berbeda dari grafit.

Selama proses karbonisasi terbentuk dari beberapa inti aromatis yang mempunyai struktur yang sama dengan grafit. Dari data spektrograf sinar x, struktur diinterpretasikan sebagai struktur mikrokristal yang tersusun dari gabungan cincin-cincin heksagonal dari atom-atom karbon. Adanya pengotor pada saat pembuatan ini mempengaruhi pembentukan senyawa-senyawa didalam mikro kristal. Garten dan Weiss (1983) menyatakan bahwa struktur cincin pada ujung-ujung bidang sering kali merupakan gugus heterosiklis yang berasal baik dari bahan baku maupun dari proses pembuatannya. Gugus-gugus heterosiklis akan cenderung mempengaruhi jarak dari bidang sekitarnya dan sifat adsorpsi karbon.

Susunan teratur dari ikatan-ikatan karbon pada permukaan kristal dirusak selama proses aktivasi, menghasilkan valensi bebas yang sangat reaktif. Perkembangan struktur yang dihasilkan adalah fungsi dari temperatur karbonisasi dan struktur aktivasi.

Struktur pori suatu adsorban dapat dibagi menjadi tiga kelas utama yaitu, makropori, transisional pori dan mikropori. Dua tingkat oksidasi terjadi selama proses aktivasi dengan gas pengoksidasi pada temperatur tinggi. Pertama, makropori terbentuk karena terbakarnya gugus ujung mikrokristal. Kedua, mikropori terbentuk terutama karena terbakarnya bidang mikrokristal.

Pori yang mempunyai radius efektif lebih besar dari 50-100 nm dikelompokkan oleh Dubinin sebagai mikropori. Pada karbon aktif, radius efektif mikroporinya berkisar 500-2000 nm, volumenya antara 1,2- 0,8 ml/gram. Harga luas permukaan yang kecil atau dapat diabaikan, menunjukkan bahwa mikropori karbon aktif tidak cukup berperan dalam adsorpsi kecuali untuk senyawa-senyawa organik yang mempunyai ukuran molekul yang besar.

Transisional pori menurut Duninin mempunyai ukuran antara 100-200 nm dan 1,6 nm. Adsorpsi monomolekuler terjadi pada permukaan dalam pori ini. Biasanya karbon

aktif mempunyai volume transisional pori relatif kecil dan berkisar antara 20-70 m/gram. Untuk karbon aktif dengan porositas transisional pori dapat dapat mencapai 7 ml/gram dan luas permukaan spesifiknya dapat mencapai 450 m/gram. Radius efektifnya biasanya 4-20 nm.

Radius efektif mikropori lebih kecil dari pada 1,82 nm, berkaitan dengan ukuran molekul. Untuk karbon aktif, volume mikroporinya kira-kira 0,15-0,5 ml/gram dan luas spesifiknya minimal 95 % dari luas permukaan seluruhnya.

2.5.2 Struktur Karbon Aktif

Sifat adsorpsi karbon aktif tidak hanya ditentukan oleh struktur porinya, tetapi ditentukan juga oleh komposisi kimianya. Misalnya ketidakteraturan struktur mikrokristal elementer, karena adanya lapisan karbon yang terbakar tidak sempurna (terbakar sebagian), akan mengubah susunan awan elektron dalam rangka karbon. Akibatnya akan terjadi elektron tak berpasangan, keadaan ini akan mempengaruhi sifat adsorpsi karbon aktif, terutama senyawa polar atau yang dapat terpolarisasi. Jenis ketidakteraturan yang lain adalah adanya hetero atom didalam struktur karbon.

Karbon aktif mengandung elemen-elemen yang terikat secara kimia, seperti oksigen dan hidrogen. Elemen-elemen ini dapat berasal dari bahan baku yang tertinggal akibat tidak sempurnanya proses karbonisasi, atau pula dapat terikat secara kimia pada proses aktivasi. Demikian pula adanya kandungan abu yang bukan bagian organik dari produk. Untuk tiap-tiap jenis karbon aktif kandungan abu dan komposisinya ada bermacam-macam. Adsorpsi elektrolit dan non-elektrolit dari larutan dari karbon aktif, juga dipengaruhi oleh adanya sejumlah kecil abu. Adanya oksigen dan hidrogen mempunyai pengaruh besar pada sifat-sifat karbon aktif. Elemen-elemen ini berkombinasi dengan atom-atom karbon membentuk gugus-gugus fungsional tertentu. Gugus yang biasanya terdapat pada permukaan atom adalah: (1) gugus karbositat, (2) gugus hidroksi fenol, (3) gugus kuinon tipe karbonil (4) normal lakton, (5) lakton tipe fluoresein, (6) asam karbositat anhidrit dan peroksida siklis.

2.5.3 Daya Serap Karbon Aktif

Proses adsorpsi terjadi pada bagian permukaan antara padatan-padatan, padatan-cairan, cairan-cairan, atau cairan gas. Adsorpsi dengan bahan padat seperti karbon, tergantung pada luasan permukaannya. Sifat daya serap karbon aktif terbagi atas dua jenis,

yaitu daya serap fisika dan daya serap kimia. Keduanya dapat terjadi atau tidaknya perubahan kimia yang terjadi antara zat yang mengadsorpsi (adsorban).

Karbon aktif dapat menyerap senyawa organik maupun anorganik. Mekanisme penyerapan tersebut antara lain penyerapan golongan fenol dan aldehid aromatis maupun derivatnya. Senyawa fenol-aldehid maupun derivatnya terserap oleh karbon karena adanya peristiwa donor-akseptor elektron. Gugus karbonil pada permukaan karbon bertindak sebagai donor elektron. Karena ada peristiwa tersebut, maka inti benzena akan berikatan dengan gugus karbonil pada permukaan berikut :

- a. Dengan adanya pori-pori mikro antar partikuler yang sangat banyak jumlahnya pada karbon aktif, akan menimbulkan gejala kapiler yang menyebabkan adanya daya serap. Selain itu distribusi ukuran pori merupakan faktor penting dalam menentukan kemampuan adsorpsi karbon aktif. Misalnya, ukuran 20 Angstrom dapat digunakan untuk menghilangkan campuran rasa dan bau, hanya lebih efektif untuk pembersihan gas, sedangkan untuk ukuran 20-100 Angstrom efektif untuk menyerap warna.
- b. Pada kondisi yang bervariasi ternyata hanya sebagian permukaan yang mempunyai daya serap. Hal ini dapat terjadi karena permukaan karbon dianggap heterogen, sehingga hanya beberapa jenis zat yang dapat diserap oleh bagian permukaan yang lebih aktif, yang disebut pusat aktif.

2.5.4 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Pembuatan karbon aktif telah banyak diteliti, dan dalam pustaka telah didapat data yang cukup banyak. Diantaranya dituliskan bahwa karbonisasi untuk memperoleh karbon yang baik untuk diaktivasi harus dilakukan pada temperatur dibawah 600 °C. Disamping itu ditemukan pula bahwa aktivasi arang dengan uap air sangat baik pada temperatur 900-1000 °C, dan penambahan garam KCNS akan mempertinggi daya adsorpsi karbon aktif yang diperoleh. Secara umum dalam pembuatan karbon aktif terdapat dua tingkatan proses, yaitu :

1. Proses pengarangan (karbonisasi)

Proses ini merupakan proses pembentukan arang dari bahan baku. Secara umum, karbonisasi sempurna adalah pemanasan bahan baku tanpa adanya udara, sampai temperatur yang cukup tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa dalam karbon. Hasil yang diperoleh biasanya kurang aktif dan hanya mempunyai luas permukaan beberapa meter persegi pergram. Selama proses karbonisasi dengan adanya

dekomposisi pirolitik bahan baku, sebagian elemen-elemen bukan karbon, yaitu hidrogen dan oksigen dikeluarkan dalam bentuk gas dan atom-atom yang terbebaskan dari karbon elementer membentuk kristal yang tidak teratur, yang disebut sebagai kristal grafit elementer. Struktur kristalnya tidak teratur dan celah-celah kristal ditempati oleh zat dekomposisi tar. Senyawa ini menutupi pori-pori karbon, sehingga hasil proses karbonisasi hanya mempunyai kemampuan adsorpsi yang kecil. Oleh karena itu, karbon aktif dapat juga dibuat dengan cara lain, yaitu dengan mengkarbonisasi bahan baku yang telah dicampur dengan garam dehidrasi atau zat yang dapat mencegah terbentuknya tar, misalnya $ZnCl$, $MgCl$, dan $CaCl$. Perbandingan garam dengan bahan baku adalah penting untuk menaikkan sifat-sifat tertentu dari karbon.

2. Proses aktivasi

Secara umum, aktivasi adalah mengubah karbon dengan daya serap rendah menjadi karbon yang mempunyai daya serap tinggi. Untuk menaikkan luas permukaan dan memperoleh karbon yang berpori, karbon diaktivasi, misalnya dengan menggunakan uap panas, gas karbondioksida dengan temperatur antara 700-1100 °C, atau penambahan bahan-bahan mineral sebagai aktivator. Selain itu aktivasi juga berfungsi untuk menghilangkan tar yang melekat pada permukaan dan pori-pori karbon. Aktivasi menaikkan luas permukaan dalam (*internal area*), menghasilkan volume yang besar, berasal dari kapiler-kepiler yang sangat kecil, dan mengubah permukaan dalam dari struktur pori. Jadi karbon aktif dapat dibuat dengan dua metode aktivasi (Smisek, 1970), yaitu :

1. Aktivasi fisika, pada aktivasi ini digunakan gas pengaktif, misalnya uap air atau CO , yang dialirkan pada karbon hasil yang dibuat dengan metode karbonasi biasa. Pada saat ini senyawa-senyawa hasil ikutan akan hilang dan akhirnya akan memperluas hasil permukaan. Aktivasi ini dilakukan sampai derajat aktivasi cukup, yaitu sampai kehilangan berat berkisar antara 30-70 %.
2. Aktivasi kimia, pada aktivasi ini bahan dikarbonisasi dengan tambahan zat pengaktif (aktivator) yang mempengaruhi jalannya pirolisis. Kemudian dicuci dengan air dan kemudian dikeringakan.

Pembuatan karbon aktif akan melalui beberapa tahapan sebagai berikut : penghilangan air (dehidrasi), pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon, dan dekomposisi tar yang juga memperluas pori-pori. Pada proses produktif karbon aktif, metode tersebut dapat dikembangkan untuk maksud tertentu.

2.5.5 Penggunaan Karbon Aktif

Karbon aktif dapat digunakan sebagai bahan pemucat, penyerap gas, penyerap logam, menghilangkan polutan mikro misalnya zat organik, detergen, bau, senyawa phenol dan lain sebagainya. Pada saringan arang aktif ini terjadi proses adsorpsi, yaitu proses penyerapan zat-zat yang akan dihilangkan oleh permukaan arang aktif. Apabila seluruh permukaan arang aktif sudah jenuh, atau sudah tidak mampu lagi menyerap maka kualitas air yang disaring sudah tidak baik lagi, sehingga arang aktif harus diganti dengan arang aktif yang baru.

Tabel 2.4 Penggunaan Karbon Aktif

Untuk Zat Cair	
1. Industri obat dan makanan	Menyaring dan menghilangkan warna, bau, rasa yang tidak enak pada makanan
2. Minuman ringan, minuman keras	Menghilangkan warna, bau pada arak/ minuman keras dan minuman ringan
3. Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah, zat perantara
4. Pembersih air	Menyaring/menghilangkan bau, warna, zat pencemar dalam air, sebagai pelindung dan penukaran resin dalam alat/penyulingan air
5. Pembersih air buangan	Mengatur dan membersihkan air buangan dan pencemar, warna, bau, logam berat.
6. Penambakan udang dan benur	Pemurnian, menghilangkan bau, dan warna
7. Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut, sisa metanol, etil acetat dan lain-lain

2.5.6 Mekanisme Dalam Activated Carbon

Proses yang terjadi di karbon aktif dalam penurunan kontaminan-kontaminan yang terkandung dalam air limbah yang paling utama adalah proses fisik, dimana terjadi proses adsorpsi dan filtrasi. *AC adsorption* maupun *AC filtration* efektif dalam menurunkan kontaminan organik dalam air, tetapi *AC filtration* pada umumnya digunakan untuk meningkatkan nilai estetika dari air. Proses adsorpsi karbon aktif melalui tiga tahapan, yaitu (www.wikipedia.org) :

- 1) *Macro transport*, pergerakan material organik dalam karbon aktif yang melalui sistem *macro-pore* > 50 nm.
- 2) *Micro transport*, pergerakan material organik dalam karbon aktif yang melalui sistem *meso-pore* (2-50 nm) dan *micro-pore* (< 2 nm).
- 3) *Sorption*, menempelnya material organik secara fisik pada permukaan karbon aktif di antara *meso-pore* dan *micro-pore*.

Adsorpsi karbon aktif terjadi di permukaan karbon aktif, dimana tingkat aktivitasnya dipengaruhi oleh konsentrasi dari substansi dalam air, temperatur dan polaritas dari substansi. *Polar substance* (substansi yang terlarut dalam air) sukar dihilangkan melalui karbon aktif, *non-polar substance* (substansi yang tidak larut dalam air) dapat dihilangkan melalui karbon aktif. Proses adsorpsi dan filtrasi karbon aktif dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

- 1) Propertis fisik karbon aktif, seperti distribusi ukuran pori dan area permukaan.
- 2) *Chemical nature* dari sumber karbon atau sejumlah oksigen dan hidrogen yang terkandung di dalamnya.
- 3) Komposisi kimia dan konsentrasi kontaminan.
- 4) Temperatur dan pH dari air.
- 5) Debit dan waktu kontak air di karbon aktif.

Proses filtrasi karbon aktif mampu menghilangkan beberapa kimia organik berbahaya seperti *trihalomethanes* (THM), pestisida, bahan pelarut industri (*halogenated hydrocarbons*), *polychlorinated biphenyls* (PCBs) dan *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAHs). *AC filtration* tidak efektif dalam menurunkan mikroba, sodium, nitrat, flourida dan kesadahan. Untuk timbal dan logam berat dapat dihilangkan hanya dengan menggunakan *AC filtration* yang sangat spesifik (www.ag.ndsu.edu).

2.6 Mikroorganisme Sebagai Indikator Kualitas Air

Istilah “mikroorganisme indikator” sebagaimana digunakan dalam analisa air mengacu pada sejenis mikroorganisme yang kehadirannya di dalam air merupakan bukti bahwa air tersebut terpolusi oleh tinja dari manusia atau hewan berdarah panas. Artinya, terdapat peluang bagi berbagai macam mikroorganisme patogenik yang secara berkala terdapat dalam saluran pencernaan untuk masuk kedalam air tersebut. Beberapa ciri penting suatu organisme indikator ialah :

1. Terdapat dalam air tercemar dan tidak ada dalam air yang tidak tercemar.
2. Terdapat dalam air bila ada patogen.

3. Jumlah mikroorganisme indikator berkorelasi dengan kadar polusi.
4. Mempunyai kemampuan bertahan hidup yang lebih besar daripada patogen.
5. Mempunyai sifat yang seragam dan mantap.
6. Tidak berbahaya bagi manusia dan hewan.
7. terdapat dalam jumlah yang lebih banyak daripada patogen (hal ini membuatnya mudah di deteksi).
8. Mudah di deteksi dengan teknik laboratorium yang sederhana.

Di antara organisme-organisme yang hampir memenuhi semua persyaratan suatu organisme indikator yang ideal adalah *Escherichia coli* dan kelompok bakteri *Coli* lainnya. Bakteri-bakteri tersebut dianggap sebagai indikator polusi tinja yang dapat diandalkan. (Michael J. Pelczar dan E. C. S. Chan, 1998).

2.6.1 *Escherichia Coli (E. Coli)*

Berbagai organisme baik yang patogen maupun tidak, dapat berada di perairan. Organisme patogen termasuk bakteri, protozoa, virus, cacing dan kesemuanya yang dapat menyebabkan berbagai macam penyakit seperti halnya disentri, kolera, hepatitis, typhus, paratyphus, dan penyakit saluran pencernaan. Sumber utama organisme patogen berasal dari kotoran manusia dan kotoran hewan yang dibuang melalui air limbah rumah tangga atau peternakan.

Bakteri-bakteri patogen ada bermacam-macam dan konsentrasinya agak rendah, hal ini menyebabkan bakteri-bakteri tersebut sulit dideteksi. Analisa bakteriologi untuk bakteri-bakteri tersebut biasanya berdasarkan organisme petunjuk (*indicator organism*). Bakteri-bakteri ini menunjukkan adanya pencemaran oleh tinja manusia atau hewan berdarah panas, dan mudah dideteksi. Dengan demikian bila organisme petunjuk tersebut ditemui dalam sampel air, berarti air tersebut telah tercemar dan ada kemungkinan cukup besar bahwa air tersebut mengandung bakteri patogen. Sebaliknya bila sampel air tidak mengandung organisme petunjuk berarti tidak ada pencemaran oleh tinja dan air tidak mengandung bakteri patogen asal tinja. (Alaerts & Santika, 1984). Keragaman mikroba yang dapat menimbulkan penyakit *water borne diseases* menyebabkan para ahli mencari indikator untuk mencari adanya mikroba patogen sehingga dapat diketahui kualitas mikrobiologi atau sanitasi air. Sebagai indikator pencemaran air yang banyak digunakan adalah kelompok *Coliform* (Lay, 1995).

Golongan bakteri *Coli*, merupakan jasad indikator dalam substrat air, bahan makanan, dan sebagainya untuk kehadiran jasad berbahaya, yang mempunyai persamaan sifat: Gram negatif berbentuk batang, tidak membentuk spora dan mampu memfermentasikan kaldu laktosa pada temperatur 37 °C dengan membentuk asam dan gas dalam waktu 48 jam (Suriawiria, 2003). *Escherichia coli* adalah salah satu grup *Coliform* yang dapat memfermentasikan laktosa dengan menghasilkan asam dan gas pada suhu 44 °C, indol positif, tidak dapat menggunakan citrat, menghasilkan asam dari manitol pada suhu 37 °C, MR positif, VD negatif.

Bakteri *Coliform* berasal dari tinja, dilingkungan laboratorium, bakteri *Coliform* terbagi menjadi 2 kelompok, pertama yaitu bagian yang betul-betul berasal dari tinja atau feses. Misalnya *Escherichia coli* yang dinamakan *Fecal coli* golongan yang bersifat perantara, kedua yaitu bagian yang mempunyai bentuk dan sifat seperti *Coli*, misalnya *Aerobacter* dan *Klebsiella* yang tidak patogen (tidak menyebabkan penyakit), yang dinamakan *Non-fecal coli*. Perbedaan antara kedua kelompok ini terletak pada temperatur inkubasi selama fermentasi kaldu laktosa, kandungan bakteri *Coli* serta sifat-sifat biokimia lainnya.

Parameter mikrobiologik yang digunakan sebagai petunjuk pencemaran air ada dua, yaitu (Waluyo, 2004) :

- 1) *Coliform tinja (Fecal coliform)*, air yang mengandung *Coliform tinja* berarti air tersebut telah tercemar oleh tinja. Tinja ini sangat potensial untuk menularkan penyakit yang berhubungan dengan air.
- 2) *Coliform total (Total coliform)*, bila air mengandung bakteri kelompok ini akan dapat mengakibatkan penyakit-penyakit saluran pencernaan. Kuman *Coliform* total tidak sepenuhnya *apatogen*, beberapa tipe menyebabkan disentri pada bayi.

Pedoman penentuan kualitas air menurut Menteri Kesehatan Republik Indonesia (2002) sebagai penyempurnaan pedoman sebelumnya, yakni tahun 1990, WHO (1981) maupun Pedoman Baku Mutu Air Golongan A dan Golongan B (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia) tahun 1990 masih memakai *Total coliform* dan *Fecal coliform* sebagai parameter mikrobiologis atau bakteriologis. Standar *European Economic Community* (EEC) 1975 yang dikutip oleh Evison dalam James dan Evisoin 1978, disamping *Total coliform* dan *Fecal coliform*, juga dipakai *Streptococcus tinja*, hitung koloni dan *Clostridium* pereduksi sulfit sebagai parameter mikrobiologik dalam penentuan kualitas air (Waluyo, 2005). Untuk menentukan jumlah *Total coliform* dan *Fecal coliform* di dalam

sampel air, dipakai prosedur tabung fermentasi atau yang disebut juga prosedur MPN (*Most Probable Number*) atau prosedur JPT (Jumlah Perkiraan Terdekat) dan prosedur saringan membran.

1. Dengan cara *The Membrane Method* atau Prosedur Saringan Membran

Pada penentuan *Coliform* total berdasarkan prosedur saringan membran dengan memakai media Membran-Endo (M-Endo) pada suhu $35 \pm 0,5$ °C selama 24 jam menurut pedoman dari Millipore (1982). Definisi *Coliform* untuk menghitung *Coliform* total adalah jumlah mikroba yang menghasilkan koloni merah tua dengan warna kilat logam. Koloni-koloni warna merah tanpa kilat logam tidak dimasukkan ke dalam perhitungan *Coliform* total karena dianggap bukan *Coliform*.

Menurut APHA (*American Public Health Association*) tahun 1992, jumlah *coliform* total dalam 100 ml air, dihitung dengan rumus :

$$\sum \text{coliform per 100 ml} = \frac{A}{B} \times 100$$

Dimana :

A = Jumlah koloni *Coliform* yang dihitung

B = Volume (ml) sampel air yang disaring

Menurut APHA (1992), Millipore (1982) dan Alaerts dan Santika (1984), penentuan *Coliform* tinja dengan prosedur saringan membran dengan memakai media M-FC dengan suhu biakan $44,5 \pm 0,2$ °C selama 24 jam. Perhitungan *Coliform* tinja berdasarkan jumlah koloni yang berwarna biru, sedangkan koloni yang berwarna abu-abu sampai coklat muda tidak ikut dihitung penentuan *Coliform* tinja.

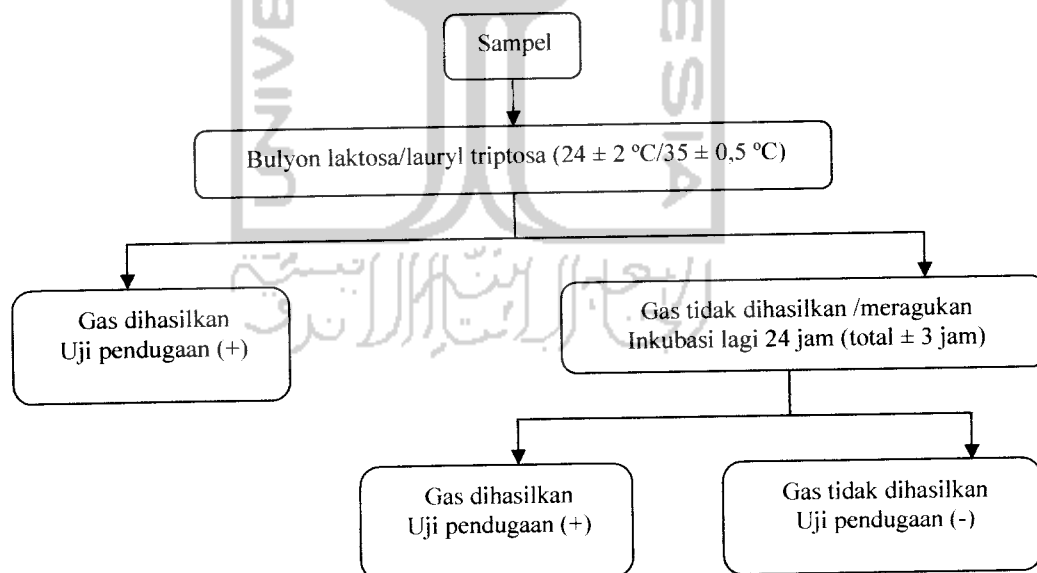
Prosedur perhitungan *Coliform* total dengan teknik saringan membran menurut Millipore (1982), yang dihitung sebenarnya sudah diarahkan ke *E. Coli* dan bukan kelompok *Coliform*. Karena juga dihitung adalah koloni berwarna merah tua dengan kilat logam. Demikian juga pada perhitungan *Coliform* tinja dengan teknik saringan membran, yang dihitung sebenarnya koloni ke arah *E. Coli* tinja. Oleh karena itu berdasarkan APHA (1982), Millipore (1982) dan Alaerts dan Santika (1984), dengan prosedur saringan membran yang memakai media pertumbuhan M-FC pada suhu $44,5 \pm 0,2$ °C selama 24-48 jam, koloni yang dihitung adalah yang berwarna biru, dan dengan media Endo pada $44,5$ °C selama 22-24 jam, koloni yang dihitung adalah koloni yang berwarna merah muda sampai merah dengan kilat logam (Waluyo, 2005).

2. Dengan cara *The Multiple Tube Fermentation Technique* atau Prosedur Tabung Fermentasi

Pada penentuan JPT *Total coliform* dan *Fecal coliform* menurut APHA (1992), Alaerts dan Santika (1984), baik uji pendugaan maupun uji penegasan untuk *Total coliform* dan *Fecal coliform* tidak diarahkan ke *E. Coli*, tetapi tidak semua bakteri *Coliform* yang mampu meragi laktosa menjadi asam dan gas, atau semua bakteri *Coliform* tinja (*Coliform* tahan panas) yang mampu meragi laktosa menjadi asam dan gas pada suhu $44,5 \pm 0,2$ °C. Hal ini dimungkinkan karena bila dipakai agar Endo atau EMB isolasi bakteri, tidak dianjurkan untuk memilih koloni-koloni spesifik ke arah *E. Coli* alam penentuan *Coliform* total dan *Coliform* tinja. Ada tiga tahapan pemeriksaan, yaitu :

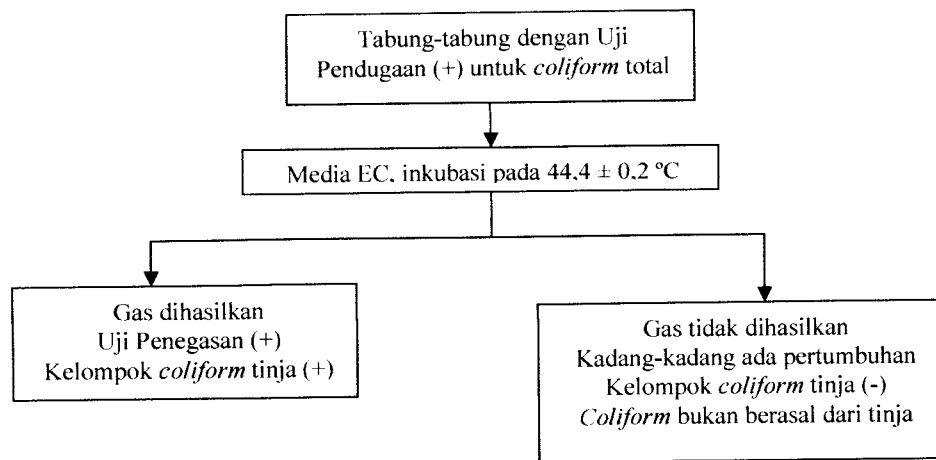
a) *Presumptive Test* (Tes Pendugaan)

Tes pendugaan didasarkan pada bakteri *Coliform* dapat meragi laktosa dengan membentuk gas. Apabila hasil dari tes tersebut menunjukkan hasil negatif, maka sampel air tidak mengandung *Coliform*. Sebaliknya jika hasilnya positif berarti sampel air mengandung *Coliform*. Jika terjadi *presumptive test* positif, maka dilanjutkan dengan *confirm test* untuk memastikan adanya *Coliform* di dalam sampel air.



Gambar 2.2

Skema Uji Pendugaan pada Penentuan JPT *Total Coliform*

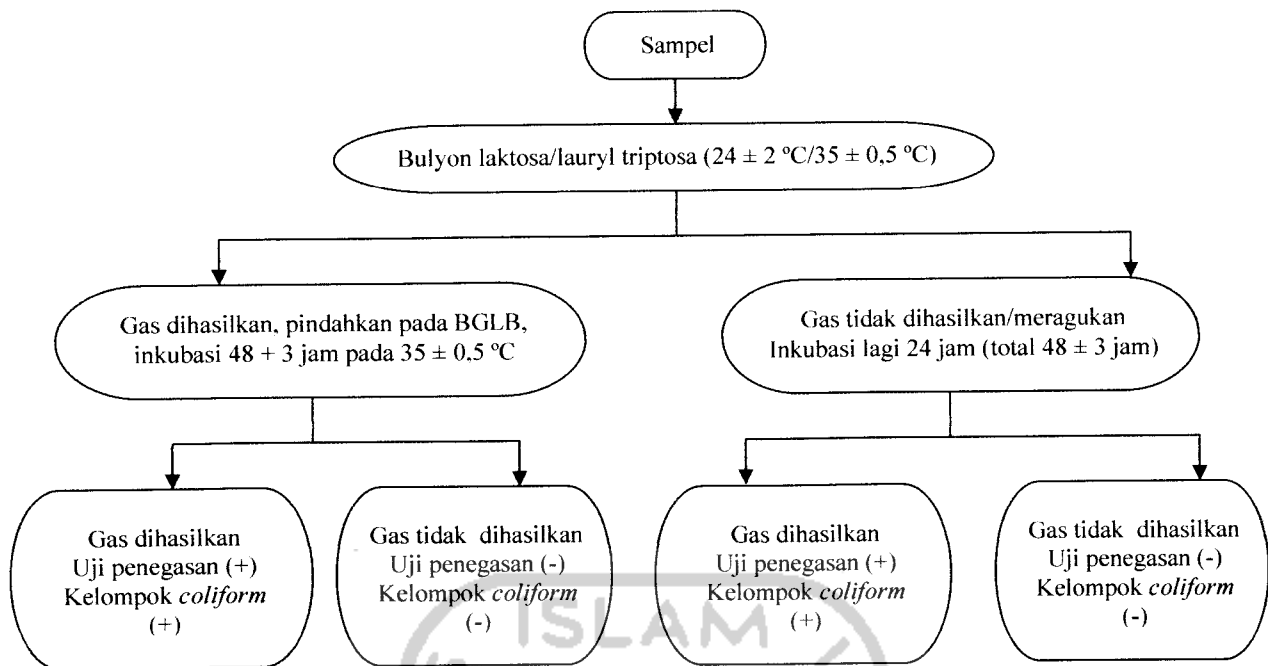


Gambar 2.3

Skema Uji Penegasan JPT *Fecal Coliform* (APHA, 1992)

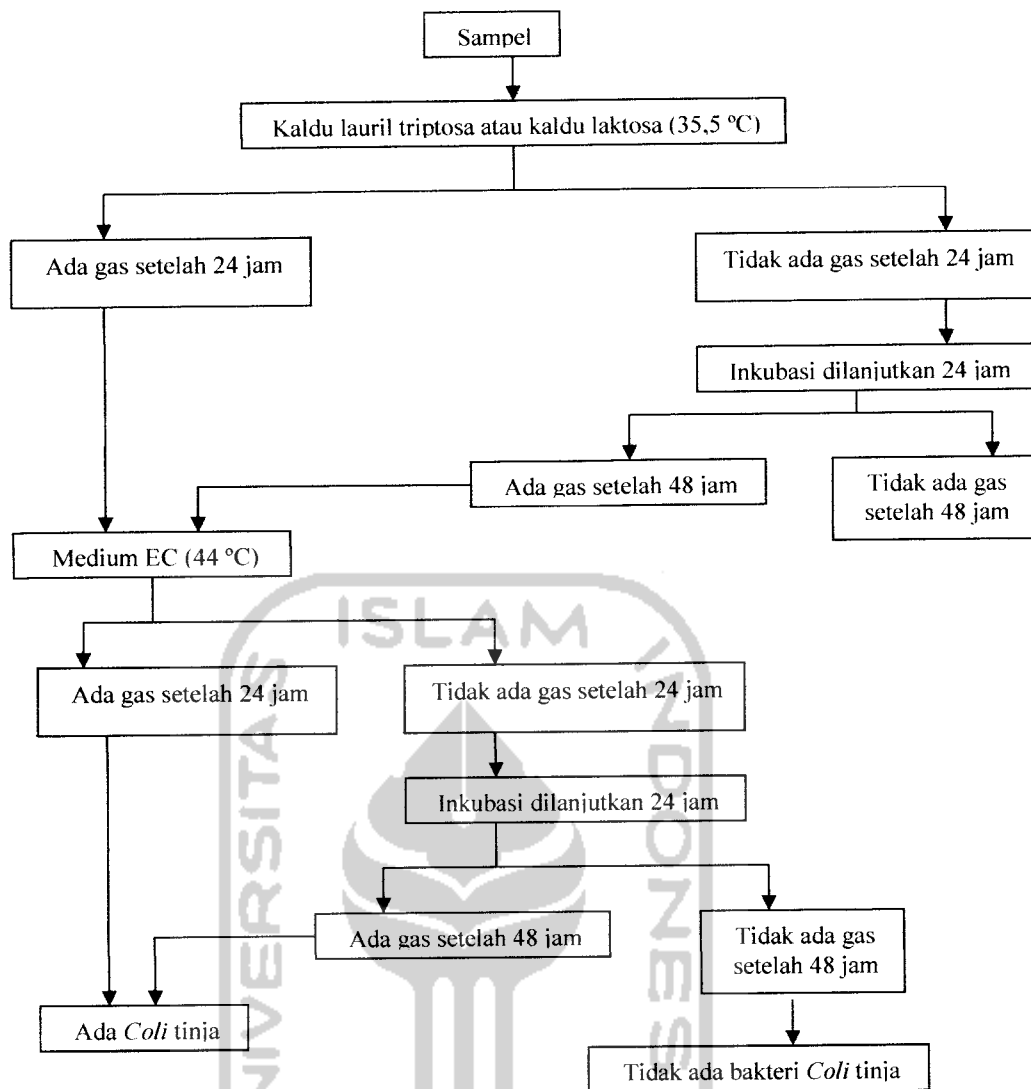
b) *Confirmed Test* (Tes Penegasan)

Pada confirm test digunakan medium *Brilliant Green Laktose Bile Broth* (BGLB), *Eosin Methylene Blue Agar* (EMB) atau Endo Agar. Sampel air dari uji pendugaan positif dipindahkan ke dalam tabung yang berisi BGLB atau digeserkan ke dalam cawan petri berisi EMB atau Endo Agar. Jika dalam tabung BGLB terdapat gas setelah dieramkan selama 2 x 24 jam pada temperatur $35 \pm 0,5$ °C, maka *confirmed test* dinyatakan positif, demikian pula dengan media EMB atau Endo Agar.



Gambar 2.4

Skema Uji Pendugaan dan Uji Penegasan pada Penentuan JPT *Total Coliform* (APHA, 1989)



Gambar 2.5

Skema Tes Pendugaan dan Tes Penegasan bagi Bakteri *Coli* Tinja melalui Cara MPN (Alaerts dan Santika, 1984)

c) *Completed Test* (Tes Lengkap)

Pada *completed test* digunakan medium EMB Endo agar dan laktose builyon serta agar miring. Senua sampel dari *confirmed test* dengan BGLB digeserkan di atas EMB atau Endo agar, kemudian dieramkan pada $35 \pm 0,5$ °C selama 24 jam. Dicari koloni *Coliform* bakteri dalam setiap lempeng. Jika ditemukan koloni tersangka, maka dipindahkan ke *laktose bulyon* dan agar miring, kemudian dieramkan pada $35 \pm 0,5$ °C selama 24-48 jam. Dari agar miring dibuat

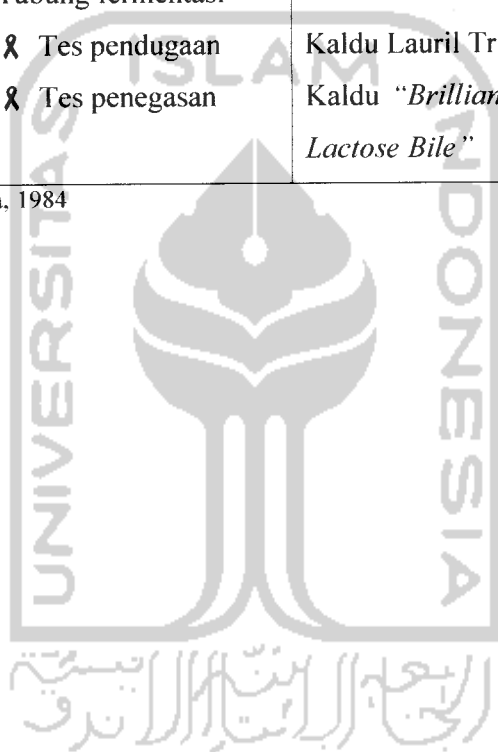
sediaan dan dicat menurut *Gram* untuk melihat adanya spora. *Completed test* dinyatakan positif bila terbentuk gas dalam medium laktosa dan bersifat *Gram* negatif serta tidak membentuk spora. Jika di dalam medium laktosa tidak terbentuk gas dalam waktu 48 jam, tes dinyatakan negatif. Demikian apabila tidak ada koloni pada EMB atau Endo agar, dinyatakan tes negatif.

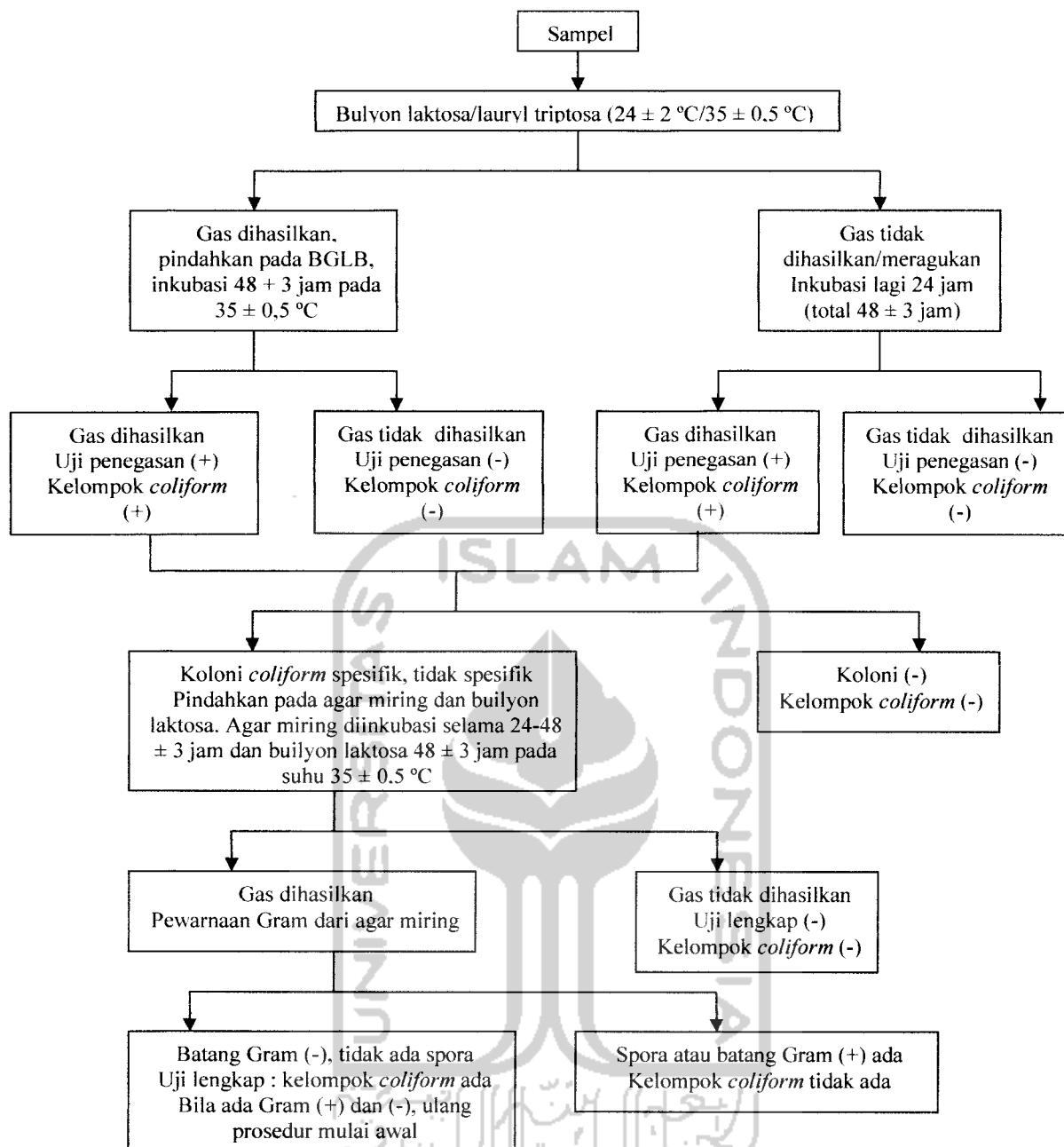
Khusus untuk pemeriksaan kuman golongan *Coli* yang berasal dari tinja (*fecal coliform*) dilakukan sebagai berikut : suhu inkubasi dinaikkan untuk memisahkan kuman golongan *Coli* yang berasal dari tinja (*fecal coliform*) dengan kuman golongan *Coli* yang tidak berasal dari tinja (*non-fecal coliform*). Semua tabung dari test perkiraan (*presumptive test*) yang positif dipindahkan ke dalam tabung-tabung yang berisi medium *Boric Acid Laktose Broth* (BALB) yang telah dipanaskan terlebih dahulu, kemudian diinkubasikan pada suhu $43 \pm 0,5$ °C selama 48 ± 3 jam. Jika dalam waktu 48 ± 3 jam terbentuk gas dalam tabung peragian, dinyatakan positif dan menunjukkan adanya kuman *Coli* tinja dalam sampel air yang diperiksa. Hasil pemeriksaan kuman golongan *Coli* dengan cara *multiple tube fermentation technique* dinyatakan dengan indeks MPN (*Most Probable Number*) atau JPT (Jumlah Pendekatan terdekat), yaitu perkiraan terdekat jumlah kuman golongan *Coli*. Indeks MPN merupakan indeks dari jumlah golongan *Coli* yang paling mungkin, yang berarti bukan perhitungan sebenarnya. Berikut adalah jenis bakteri dengan metode yang digunakan dalam pemeriksaan bakteriologis (Alaerts dan Santika, 1984).

Tabel 2.5 Jenis Bakteri dengan Metode Analisa serta Media, Suhu dan waktu yang Dibutuhkan

Jenis Bakteri	Metode	Medium	Suhu (°C)	Waktu (Jam)
Bakteri total	Total plate count	Tripton Glukosa Ekstrak Agar	35 ± 0,5	48 ± 3
<i>E. Coli</i> tinja	1. Penyaringan membran	Medium M-FC	44,5 ± 0,2	24 ± 2
	2. Tabung fermentasi			
	✕ Tes pendugaan	Kaldu Lauril Triptosa	35 ± 0,5	24 ± 2
	✕ Tes penegasan	Medium EC	44,5 ± 0,2	24 ± 2
<i>Coli</i> total	1. Penyaringan membran	Medium M-Endo	35 ± 0,5	24 ± 2
	2. Tabung fermentasi			
	⌘ Tes pendugaan	Kaldu Lauril Triptosa	35 ± 0,5	24 ± 2
	⌘ Tes penegasan	Kaldu "Brilliant Green Lactose Bile"	35 ± 0,5	48 ± 3

Sumber : Alaerts & Santika, 1984





Gambar 2.6

Skema Uji Lengkap pada Penentuan JPT *Total Coliform* (APHA, 1992)

2.6.2 Pertumbuhan dan Kematian Bakteri

2.6.2.1 Pertumbuhan Bakteri

Istilah “pertumbuhan” umum digunakan untuk bakteri dan mikroorganisme lain dan biasanya mengacu pada perubahan di dalam hasil panen sel (pertambahan total massa sel) dan bukan perubahan individu organisme (Michael J. Pelczar dan E. C. S. Chan, 1986).

Pertumbuhan adalah peningkatan secara teratur jumlah semua komponen suatu organisme (Geo F. Brooks, Janet S. Butel dan Stephen A. Morse, 2001). Di dalam pertumbuhan bakteri terdapat faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhinya, yaitu :

⌘ Nutrien

Sumber nutrisi bagi pertumbuhan bakteri berasal dari karbon, nitrogen, belerang, fosfor dan mineral. Nutrisi tersebut akan digunakan sebagai sumber makanan dalam pertumbuhan mikroorganisme.

⌘ Suhu

Karena semua proses pertumbuhan bergantung pada reaksi kimiawi dan karena laju reaksi ini dipengaruhi oleh suhu, maka pola pertumbuhan bakteri dapat sangat dipengaruhi oleh suhu. Setiap spesies bakteri tumbuh pada suatu kisaran suhu tertentu. Atas dasar ini maka bakteri dapat diklasifikasikan sebagai : *psikrofil*, yang dapat tumbuh pada 0 sampai 30 °C; *mesofil*, yang dapat tumbuh pada 25 sampai 40 °C; dan *termofil*, yang tumbuh pada suhu 50 °C atau lebih. Temperatur yang ekstrim, selain berpengaruh pada laju pertumbuhan dapat juga membunuh mikroorganisme. Panas yang ekstrim digunakan untuk sterilisasi, dingin yang ekstrim juga membunuh sel mikroba (Michael J. Pelczar dan E. C. S. Chan, 1986).

⌘ Atmosfer gas

Gas-gas utama yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri adalah oksigen dan karbon dioksida. Bakteri memperlihatkan keragaman yang luas dalam hal respon terhadap oksigen bebas dan atas dasar ini maka bakteri terbagi ke dalam empat kelompok: *aerobik* (organisme yang membutuhkan oksigen), *anaerobik* (tumbuh tanpa oksigen molekular), *anaerobik fakultatif* (tumbuh pada keadaan aerobik dan anaerobik) dan *mikroaerofilik* (tumbuh terbaik bila ada sedikit oksigen atmosferik).

⌘ Konsentrasi ion Hidrogen (pH)

pH optimum pertumbuhan bagi kebanyakan bakteri terletak antara 6,5-7,5. Namun beberapa spesies dapat tumbuh dalam keadaan sangat asam atau sangat basa.

⌘ Kekuatan ionik dan tekanan osmosis

Pada tingkatan yang lebih kecil, faktor-faktor seperti tekanan osmotik dan konsentrasi garam harus dapat dikontrol. Untuk kebanyakan organisme, sifat media yang umum sudah cukup memuaskan, tetapi untuk organisme laut dan organisme-organisme yang beradaptasi pada larutan gula pekat, faktor-faktor ini harus diperhitungkan. Organisme yang membutuhkan konsentrasi garam tinggi disebut halofilik, yang membutuhkan tekanan osmotik tinggi disebut osmofilik.

⌘ Aerasi

Organisme aerob secara khusus membutuhkan oksigen sebagai penerima hidrogen, beberapa adalah fakultatif, mampu hidup secara aerob atau secara anaerob, membutuhkan substansi selain oksigen sebagai penerima hidrogen dan menjadi peka terhadap penghambatan oksigen. Dan organisme anaerob mempunyai masalah untuk mengusir oksigen. Banyak metode yang tersedia untuk ini, agen pereduksi seperti *Sodium thioglycolate* dapat ditambahkan kedalam perbenihan cair, tabung agar dapat ditutup dengan selapis minyak dan parafin, saluran perbenihan dapat ditempatkan dalam sebuah kontainer darimana oksigen diambil dengan evakuasi atau secara kimia, atau organisme dapat ditangani dalam *glove-box* anaerobik.

Bakteri yang diinokulasikan kedalam suatu medium yang sesuai dan pada keadaan yang optimum bagi pertumbuhannya, maka terjadi kenaikan jumlah yang amat tinggi dalam waktu yang relatif pendek. Pada beberapa spesies, populasi (panen sel terbanyak yang dapat diperoleh) tercapai dalam waktu 24 jam, populasinya dapat mencapai 10 sampai 15 milyar sel bakteri per mililiter. Perbanyakan seperti ini disebabkan oleh pembelahan sel secara seksual. Proses reproduksi paling umum di dalam daur pertumbuhan populasi bakteri adalah pembelahan biner melintang, yaitu suatu proses reproduksi aseksual, setelah pembentukan dinding sel melintang maka suatu sel tunggal membelah menjadi dua sel, dan disebut sel anak. Pada bakteri, proses tersebut mengakibatkan terbentuknya dua organisme baru, masing-masing dapat mengulangi proses tersebut. Proses pembelahan sel tersebut dikenal sebagai waktu generasi. Tidak semua spesies bakteri mempunyai waktu generasi yang sama, seperti *Escherichia coli* dapat berlangsung singkat 15 sampai 20 menit. Waktu generasi sangat tergantung pada cukup tidaknya nutrisi didalam medium serta sesuai tidaknya kondisi fisik. (Michael J. Pelczar dan E. C. S. Chan, 1986)

2.6.2.2 Kematian Bakteri

Pada sel mikroba, kematian berarti kehilangan kemampuan untuk berproduksi (tumbuh dan membelah) secara ireversibel. Tes empiris kematian adalah kultur sel pada media padat, sebuah sel dianggap mati jika sel tersebut gagal untuk membangun sebuah koloni pada beberapa media. Pada mikroorganisme biasanya tidak diukur kematian secara individual tetapi kematian suatu populasi. Seringkali, setelah sebagian besar sel mati, laju kematian berkurang secara drastis, sehingga sejumlah kecil sel yang hidup dapat bertahan

selama beberapa bulan atau tahun. Faktor-faktor yang mempengaruhi fase kematian (penurunan) bakteri adalah (Satish Gupte, 1990) :

- ✘ Habisnya zat-zat makanan.
- ✘ Menumpuknya zat-zat beracun
- ✘ Enzim-enzim otolitik.



BAB III METODE PENELITIAN

Suatu penelitian dapat disebut dengan penelitian ilmiah jika menggunakan metodologi yang sistematis. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian laboratorium (*labour experiment*), yang dilakukan dengan percobaan dalam batasan waktu tertentu terhadap keberadaan *Total coliform* didalam air Selokan Mataram, Yogyakarta dengan menggunakan unit *Biosand filter-Activated carbon*.

3.2 Objek Penelitian

Sebagai objek penelitian ini adalah kandungan *Total coliform* dalam air Selokan Mataram, Yogyakarta.

3.3 Lokasi Penelitian

Adapun lokasi-lokasi yang digunakan sebagai tempat penelitian adalah sebagai berikut :

1. Selokan Mataram, Yogyakarta
Merupakan tempat pengambilan sampel air. Air Selokan Mataram yang digunakan terletak di sekitar Magister Manajemen, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
2. Laboratorium Jalan Raya, Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.
Tempat pengayakan media filter, yaitu pasir halus, pasir kasar dan kerikil. Selain pengayakan media tersebut, dilakukan juga pengeringan (menggunakan oven) untuk media pasir halus dan pasir kasar.
3. Laboratorium Rancang Bangun, Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.
Merupakan tempat diletakkannya alat penelitian, yaitu unit *Biosand filter-Activated carbon*.
4. Laboratorium Kualitas Air, Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.
Merupakan tempat analisis sampel air untuk mengetahui kandungan *Total coliform* dalam air Selokan Mataram, Yogyakarta.

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas (*Independent Variable*)

a. *Biosand Filter*

- Tinggi /ketebalan media filter yang digunakan yaitu :

Pasir halus dengan ketinggian : 45 cm & 55 cm

Pasir kasar dengan ketinggian : 15 cm & 10 cm

Kerikil dengan ketinggian : 10 cm & 5 cm

- Diameter media:

Pasir halus : 0,25 mm

Pasir kasar : 0,85 mm

Kerikil : 6,3 mm

Untuk lebih jelasnya, variasi ketinggian media dalam *Biosand filter* pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Ketinggian Media *Biosand Filter*

	Pasir Halus (cm)	Pasir Kasar (cm)	Kerikil (cm)	Total (cm)
<i>Biosand Filter 1</i>	45	15	10	70
<i>Biosand Filter 2</i>	55	10	5	70

b. *Activated Carbon* :

Ketinggian media karbon aktif untuk reaktor *Biosand filter 1* dan *Biosand filter 2* adalah 60 cm dan 30 cm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Ketinggian Media *Activated Carbon*

	<i>Activated carbon 1</i> (cm)	<i>Activated carbon 2</i> (cm)
<i>Biosand Filter 1</i> (45:15:10)	60	30
<i>Biosand Filter 2</i> (55:10:5)	60	30

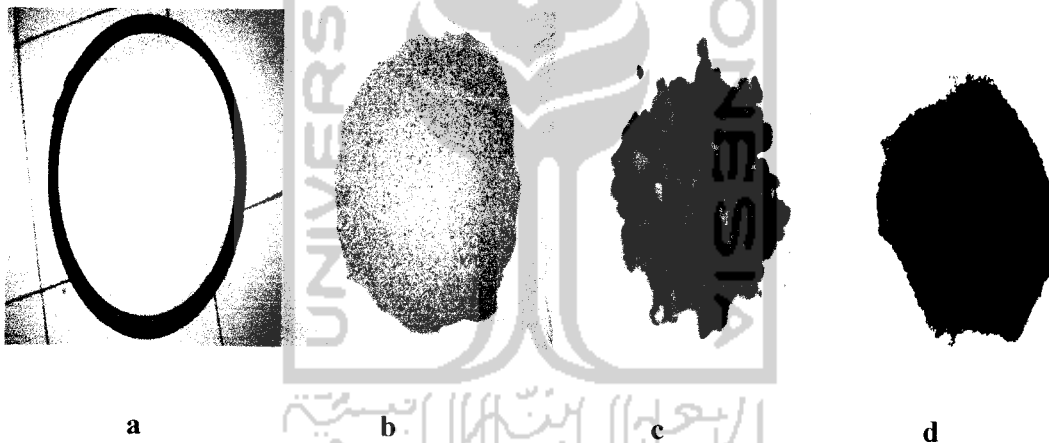
3.4.2 Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Parameter yang diteliti adalah *Total coliform* dalam air Selokan Mataram, Yogyakarta.

3.5 Bahan dan Alat Penelitian

3.5.1 Penyediaan Media Pasir Halus, Pasir Kasar, Kerikil dan Karbon Aktif

Pada penelitian ini, sebelum media dimasukkan kedalam alat, pertama-tama media diayak/disaring agar diameter butiran sama. Pengayakan dilakukan dengan menggunakan mesin pengayak dimana ukuran ayakan didasarkan pada ukuran *mesh*. Adapun *mesh* yang digunakan adalah *mesh* ¼ inci dengan ukuran 6,3 mm untuk media kerikil, kemudian *mesh* 20 dengan ukuran 0,85 mm untuk media pasir kasar dan *mesh* 60 dengan ukuran 0,25 mm untuk media pasir halus. Pengayakan dilakukan kurang lebih 1 bulan, lamanya waktu yang dibutuhkan dalam pengayakan tersebut dikarenakan keterbatasan alat pengayakan. Berikut ini ada gambar media filtrasi dan karbon aktif (gambar 3.1).



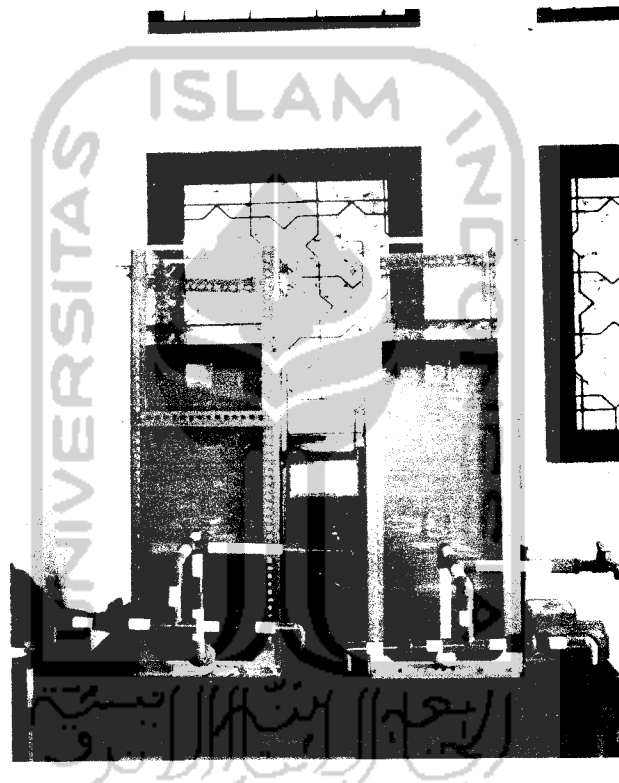
Gambar 3.1 Media Filtrasi dan Karbon Aktif. (a) Pasir Halus Ø 0,25 mm; (b) Pasir Kasar Ø 0,85 mm; (c) Kerikil Ø 6,3 mm; (d) Karbon Aktif

3.5.2 Alat Penelitian

3.5.2.1 *Biosand Filter* (BSF)

Dalam penelitian ini, unit pertama adalah *Biosand filter*. Jumlah dari unit BSF sebanyak 2 buah, dimana tiap BSF memiliki variasi ketinggian media filtrasi yang berbeda. Adapun dimensi unit BSF yang direncanakan adalah :

Panjang	: 30 cm
Lebar	: 30 cm
Tinggi	: 100 cm
Tinggi total media	: 70 cm
Tinggi air diatas media pasir halus	: 5 cm
Tinggi dari muka air ke <i>perforated baffle</i>	: 5 cm
<i>Freeboard (fb)</i>	: 20 cm
Lebar <i>perforated baffle</i>	: 30 cm
Panjang <i>perforated baffle</i>	: 30 cm



Gambar 3.2 Biosand Filter

3.5.2.2 Activated Carbon (AC)

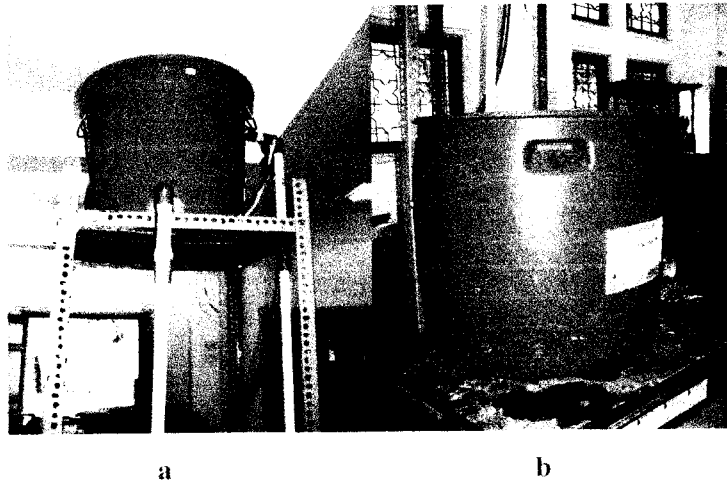
Unit karbon aktif merupakan unit pengolahan kedua setelah BSF. Jumlah dari unit ini sebanyak 4 buah, dimana sebanyak 2 unit karbon aktif ditempatkan untuk satu unit BSF. Adapun dimensi dari reaktor karbon aktif adalah lebar 15 cm, panjang 15 cm dan tinggi 70 cm. Ketinggian media karbon aktif untuk BSF 1 dan 2 adalah 60 cm dan 30 cm.



Gambar 3.3 *Activated Carbon*

3.5.2.3 Reservoir

Jumlah reservoir yang digunakan untuk menampung air Selokan Mataram sebanyak 4 buah, 3 buah diantaranya memiliki volume 250 liter dan satu buahnya lagi memiliki volume 50 liter. Penampung air yang bervolume 50 liter diletakkan diatas menara air sebagai reservoir utama, sedangkan 3 reservoir lainnya diletakkan dibawah menara sebagai tempat penampungan sementara sebelum dialirkan ke reservoir utama.



Gambar 3.4 Reservoir :

(a) Reservoir volume 50 liter, (b) Reservoir volume 250 Liter

3.6 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari tiga tahapan. Adapun tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut :

3.6.1 Persiapan Media

Setelah seluruh media diayak, sesuai dengan ukuran butiran yang diinginkan, kemudian media tersebut dicuci. Pencucian dilakukan agar kotoran/debu yang menempel pada media pasir serta kerikil hilang yang selanjutnya media filtrasi tersebut dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 105 °C. Tujuan dari pengeringan (oven) tersebut adalah untuk mensterilkan media filtrasi. Untuk media karbon aktif, sebelum digunakan terlebih dahulu dicuci dengan air garam dan direndam selama 24 jam. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan daya aktif dari karbon tersebut.

3.6.2 Persiapan Alat

3.6.2.1 Biosand Filter (BSF)

Unit *Biosand filter* terbuat dari kaca 0,8 mm dengan bentuk *rectangular*. Digunkannya kaca dalam pembuatan unit tersebut agar pembentukan lapisan *biofilm* dan proses filtrasi dapat terlihat secara visual. Sebelum media filtrasi dimasukkan kedalam alat, maka terlebih dahulu alat telah siap digunakan (tidak mengalami kebocoran). Setelah alat siap digunakan, media filter dimasukkan ke masing-masing unit BSF, dimana tiap unitnya memiliki ketinggian media filter yang berbeda.

Ketinggian total media dari tiap *Biosand filter* adalah 75 cm, dimana 70 merupakan tinggi total media, dan 5 cm tinggi permukaan air dari media pasir halus. Air tersebut berfungsi agar pasir halus tidak kering dan juga untuk menjaga kelembaban pada pasir halus dimana merupakan tempat terbentuknya lapisan *biofilm* sehingga lapisan *biofilm* yang telah terbentuk tidak rusak. Agar lapisan atas media filter (pasir halus) tidak mengalami kerusakan saat sampel air dimasukkan kedalam reaktor, maka 5 cm dari muka air terdapat *perforated baffle* yang terbuat dari *fiber glass*. Fungsi dari *perforated baffle* adalah untuk menjaga agar lapisan atas media filter (pasir halus) tidak mengalami kerusakan saat sampel air masuk kedalam alat.



Gambar 3.5 *Perforated Baffle*

3.6.2.2 *Activated Carbon (AC)*

Unit karbon aktif terbuat dari kaca 0,5 mm dengan lebar 15 cm, panjang 15 cm dan tinggi 70 cm. Bentuk dari unit tersebut adalah *rectangular*. Karbon aktif yang digunakan berbentuk granular. Karbon aktif yang telah direndam selama 24 jam dengan air garam dan telah dikeringkan, dimasukkan kedalam unit *Activated carbon* dengan ketinggian karbon 60 cm dan 30 cm.

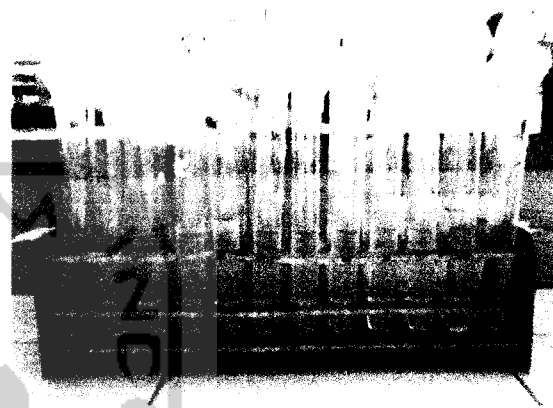
3.6.3 **Pengambilan Sampel Awal**

Air baku yang digunakan sebagai objek penelitian ini diambil dari air Selokan Mataram, Yogyakarta yang berada disekitar Magister Manajemen, Universitas Gajah Mada. Sebelum memulai penelitian ini, dilakukan uji awal *Total coliform*, dimana uji awal tersebut digunakan sebagai acuan penelitian sampel berikutnya. Sebelum melakukan uji

laboratorium untuk analisa *Total coliform*, maka perlu disiapkan media yang dibutuhkan untuk pengujian tersebut. Untuk tes perkiraan bahan yang dibutuhkan adalah laktosa tunggal : *Lactose Broth* 13,9 gr (gambar 3.6) yang ditambah aquades 1000 ml dan air pengencer : (gambar 3.7) NaCl 10 gr ditambah aquadest 1000 ml. Setelah semua media di masukkan ketabung reaksi yang berisi tabung durham (posisi tabung durham dalam keadaan terbalik), maka media tersebut disterilkan dengan *autoclave* dengan suhu 120 °C selama \pm 2 jam.



Gambar 3.6 *Lactose Broth*



Gambar 3.7 Air Pengencer



Gambar 3.8 *Autoclave*

Hal yang perlu diperhatikan dalam pengambilan air sampel adalah kondisi botol sampel dalam keadaan steril. Sterilisasi botol sampel dengan cara mengoven botol tersebut selama \pm 2 jam pada suhu 105 °C. Selain botol sampel yang disterilkan, maka pipet ukur yang digunakan untuk mengambil air sampel pada botol sampel harus steril juga. Sterilisasi dilakukan untuk membunuh kuman-kuman yang berada pada alat. Gambar 3.9 dan 3.10

menunjukkan keadaan botol sampel dan pipet ukur yang akan disterilkan.



Gambar 3.9 Botol Sampel



Gambar 3.10 Pipet Ukur

Cara pengambilan air sampel (Modul Praktikum Mikrobiologi Lingkungan, 2004) :

1. Pengambilan air sampel pada kran
 Pertama-tama kran dibuka dan air dibiarkan mengalir ± 2 menit, kemudian kran ditutup kembali dan api dilewatkan pada bibir kran. Saat air sampel akan diambil bibir botol sampel yang telah steril dilewatkan pada api dan air sampel yang diambil sebanyak $\frac{3}{4}$ botol, kemudian botol sampel dilewatkan kembali diatas api.
2. Pengambilan air sampel pada air permukaan
 Bibir botol sampel yang telah steril dilewatkan diatas api dan kemudian air sampel diambil sampai botol penuh dan botol sampel dilewatkan lagi diatas api. Saat mengambil air, posisi botol dalam keadaan miring dan pada saat itu gelumbang udara tidak boleh ikut masuk ke dalam botol sampel.

3.7 Pengukuran *Total Coliform*

Outlet dari unit *Biosand filter* dan *Activated carbon* dianalisa di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan metode MPN (*Most Probable Number*) yang mengacu pada APHA 9221-B Ed. 20-1998. Prinsip kerja dari metode ini adalah :

1. Tes Perkiraan (*Presumptive Test*)

Media yang digunakan adalah *Lactose Broth* (LB) 0,5 %.

Cara pemeriksaannya adalah :

a) Menyiapkan :

3 tabung reaksi masing-masing berisi 10 ml LB 0,5 % (seri 1)

3 tabung reaksi masing-masing berisi 10 ml LB 0,5 % (seri 2)

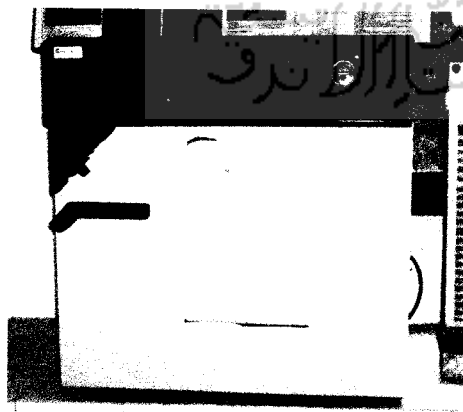
3 tabung reaksi masing-masing berisi 10 ml LB 0,5 % (seri 3)

b) Membuat pengenceran sampel sesuai dengan tingkat kekeruhan spesimen, tingkat pengenceran *inlet* yang digunakan pada penelitian ini antara 10^{-7} sampai 10^{-9} (didasarkan pada konsentrasi bakteri *Total coliform* pada air limbah domestik yang belum di-*treatment*, Metcalf & Eddy, 2003) sedangkan untuk *outletnya*, tingkat pengenceran yang dilakukan lebih kecil daripada *inlet*. Tingkat pengenceran yang digunakan sangat tergantung dari tingkat kekeruhan, jika kekeruhannya rendah maka tingkat pengencerannya dikurangi, sebaliknya jika kekeruhannya tinggi maka tingkat pengencerannya ditingkatkan.

c) Memberi tanda pada masing-masing tabung reaksi sebagai berikut : nomer/kode sampel, kode pengenceran yang akan ditanam, misalnya *inlet* 10^{-5} , 10^{-6} dan 10^{-7} ; *outlet* 10^{-1} , 10^{-2} dan 10^{-3} .

d) Memasukkan sampel yang sudah diencerkan pada 3 tabung reaksi seri 1 masing-masing 1 ml dengan pipet steril, selanjutnya untuk 3 tabung reaksi seri 2 masing-masing 1 ml dan 3 tabung reaksi seri 3 masing-masing 1 ml. Setelah sampel dimasukkan ke seluruh tabung reaksi, maka tabung reaksi digoyang-goyangkan agar sampel dan media LB tercampur rata.

e) Ketiga seri tabung reaksi tersebut diinkubator selama 2x24 jam di dalam inkubator dengan suhu 37 °C.



Gambar 3.11 Inkubator

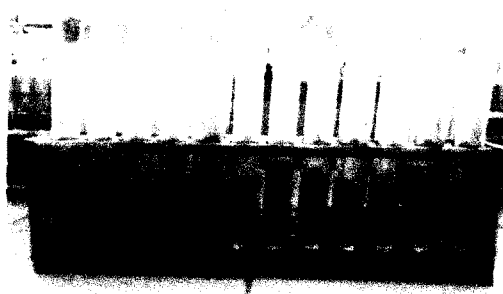


Gambar 3.12 Media dalam Inkubator



2. Tes Penegasan (*Confirmative Test*)

Media yang digunakan adalah *Brilliant Green Lactose Broth* (BGLB) 2 %.



Gambar 3.13 Media BGLB

Cara pemeriksaannya adalah :

- a) Dari hasil pembacaan pada tes perkiraan, tabung reaksi yang positif (dalam tabung durham terdapat gelembung) dipisahkan.
- b) Menyiapkan tabung reaksi yang telah berisi BGLB 2 % sejumlah tabung yang positif pada tes perkiraan.
- c) Menginokulasikan tabung positif (pada tes perkiraan) ke dalam tabung reaksi yang berisi BGLB dengan menggunakan jarum ose. Kemudian dimasukkan ke dalam inkubator pada suhu 37 °C selama 2x24 jam.

3. Pembacaan hasil

Pembacaan hasil dilakukan dengan menghitung jumlah tabung yang positif pada masing-masing seri saat tes penegasan. Contoh :

Misal dari pembacaan pada tes penegasan diperoleh :

- Dari penanaman dengan volume sampel 1 ml pengenceran 10^{-5} , pada tes penegasan 3 tabung BGLB 2 positif gas.
- Dari penanaman dengan volume sampel 1 ml pengenceran 10^{-6} , pada tes penegasan 2 tabung BGLB 1 positif gas.
- Dari penanaman dengan volume sampel 1 ml pengenceran 10^{-7} , pada tes penegasan 2 tabung BGLB 1 positif gas.

Sehingga diperoleh angka 2-1-1. Hasil tersebut akan dicocokkan pada tabel MPN, dimana angka yang diperoleh adalah 20, artinya MPN dari pemeriksaan tersebut adalah 20 dikalikan pengenceran pada seri yang di tengah yaitu $20 \times 10^6 / 100$ ml.

3.8 Analisa Data

Untuk mengetahui efisiensi penurunan jumlah bakteri *Coliform* pada air Selokan Mataram. Dalam penelitian ini digunakan formula sebagai berikut :

$$E = \frac{C_0 - C_1}{C_1} \times 100\%$$

Dimana :

E = Efisiensi (%)

C₀ = Konsentrasi awal *Total coliform* (MPN/100 ml)

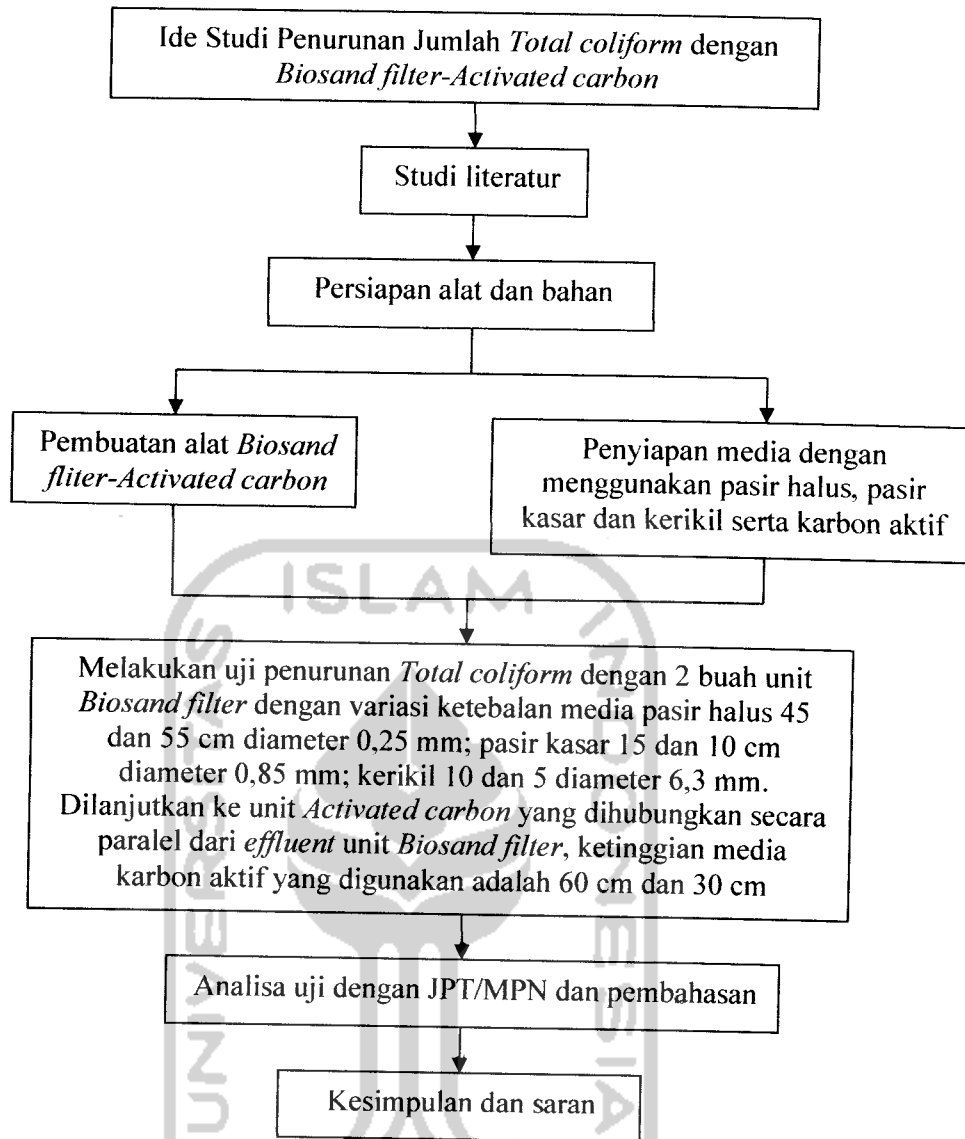
C₁ = Konsentrasi akhir *Total coliform* (MPN/100 ml)

Hasil data yang diperoleh dari uji laboratorium tersebut, selanjutnya akan di uji statistik. Uji statistik yang dilakukan menggunakan *Analisis of Variance* (ANOVA). Pemakaian ANOVA bertujuan untuk mengetahui apakah perbedaan ketinggian media akan mempengaruhi penurunan *Total coliform*.

3.9 Kerangka Penelitian Tugas Akhir

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





Gambar 3.14 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses *Seeding* Mikroorganism

Tahapan awal dari penelitian ini sebelum memasuki tahapan analisa kandungan *Total coliform* di dalam air Selokan Mataram adalah proses *seeding* (pembibitan) bakteri pada kedua unit *Biosand filter*. Proses pembibitan bakteri yang dilakukan terhadap air Selokan Mataram berlangsung selama ± 5 minggu, dimana dilakukan perendaman media pasir halus dengan limbah domestik yang berasal dari air Selokan Mataram dengan ketinggian air 5 cm dari permukaan media pasir halus. Proses *seeding* yang dilakukan akan membentuk suatu lapisan, yaitu lapisan *biofilm* (*biological zone*) yang akan terbentuk pada media filter paling atas (pasir halus). Lapisan *biofilm* adalah cairan atau lapisan liat yang dihasilkan oleh mikroorganism yang hidup di dalam air. Pada proses *seeding* tersebut dilakukan penambahan lumpur aktif dari IPAL Sewon ± 1 liter yang memiliki kadar organik yang cukup tinggi, penambahan tersebut bertujuan untuk menyediakan populasi mikroba aktif dalam jumlah yang besar sehingga dapat membantu mempercepat pembentukan lapisan *biofilm*. Untuk menjaga keberadaan lapisan *biofilm* diatas media pasir halus, maka ketinggian air diatas media tersebut setinggi 5 cm harus dipantau secara rutin sampai terbentuknya lapisan *biofilm*. Jika ketinggian air kurang dari 5 cm akan mengakibatkan lapisan *biofilm* yang berada diatas permukaan pasir halus rusak. Sedangkan jika ketinggian air melebihi 5 cm maka jumlah oksigen bebas yang terdapat pada air tidak cukup untuk proses metabolisme bakteri pada lapisan *biofilm* sehingga mikroorganism pada *biofilm* tersebut akan mati (Tommy & Sophie, 2003). Sehingga, untuk menjaga ketinggian air setinggi 5 cm, air dialirkan secara kontinyu dengan debit air yang telah diatur. Debit tiap *Biosand filter* (BSF) mengalami perbedaan dikarenakan ketinggian media filter yang berbeda, debit unuk BSF I sebesar 85 L/hr dan BSF II sebesar 53,1 L/hr.

Pertumbuhan *biofilm* banyak dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti interaksi antara bakteri, permukaan yang ditemplei, kelembaban permukaan, makanan yang tersedia, ikatan ion, ikatan *Van der Waals*, tegangan serta kondisi permukaan (Yung, 2003). Selain itu, *supply* oksigen, pH, temperature dan waktu kontak juga harus diperhatikan. Proses *seeding* ini menggunakan mikroorganism *aerob* sehingga untuk *supply* oksigen digunakan *bubble aerator* disamping *supply* oksigen dari air baku. pH juga terus dipantau agar terus berada dalam keadaan netral, karena mikroorganism khususnya

bakteri dapat tumbuh dengan baik dalam suasana tersebut. pH selama proses *seeding* berkisar 5-7 yang menunjukkan adanya pertumbuhan mikroorganisme pada media filter. Sedangkan temperature juga dijaga sesuai dengan suhu ruangan antara 25 °C sampai 28 °C karena mikroorganisme dapat tumbuh dengan baik pada suhu tersebut (suhu *mesotherem*). Pada waktu sekitar 2-3 minggu lapisan *biofilm* sudah tumbuh antara 85-90 % (Palmateer, G.; Manz, D.; Jurkovic, A.; McInnis, R.; Unger, S.; Kwan, K.K. and Dutka, B.J., 1999), sehingga dalam rentang waktu proses *seeding* yang memakan waktu \pm 5 minggu lapisan *biofilm* sudah terbentuk.

Proses *seeding* yang membutuhkan waktu \pm 5 minggu, diharapkan proses *seeding* tersebut telah membentuk lapisan *biofilm*. Untuk mengetahui apakah telah terbentuk lapisan *biofilm*, dapat dilihat secara visual (fisik), dimana pada bagian atas media pasir halus mengalami perubahan warna dari kuning menjadi kecoklatan (coklat muda) serta adanya lendir pada permukaan pasir halus. Dan untuk memastikan apakah alat telah *steady* dilakukan uji efisiensi unit *Biosand filter-Activated carbon* dengan menguji parameter *Total coliform inlet* dan *outlet* di Laboratorium Kualitas Air, Teknik Lingkungan, UII. Jika efisiensi unit pengolahan sudah melebihi 50 % berarti telah terbentuk lapisan *biofilm* dan alat telah *steady*, sehingga siap untuk digunakan. Pada lapisan *biofilm* terdapat organisme predator seperti amoeba dan metazoa yang berkembang setiap harinya, sebagian besar bakteri akan mati dalam lingkungan tersebut, dikarenakan meningkatnya kompetisi bakteri dalam lapisan *biofilm* tersebut sehingga dapat membantu mereduksi kandungan *Total coliform* dalam air Selokan Mataram, Yogyakarta (www.wikipedia.org).

4.2 Hasil Pengujian *Total Coliform*

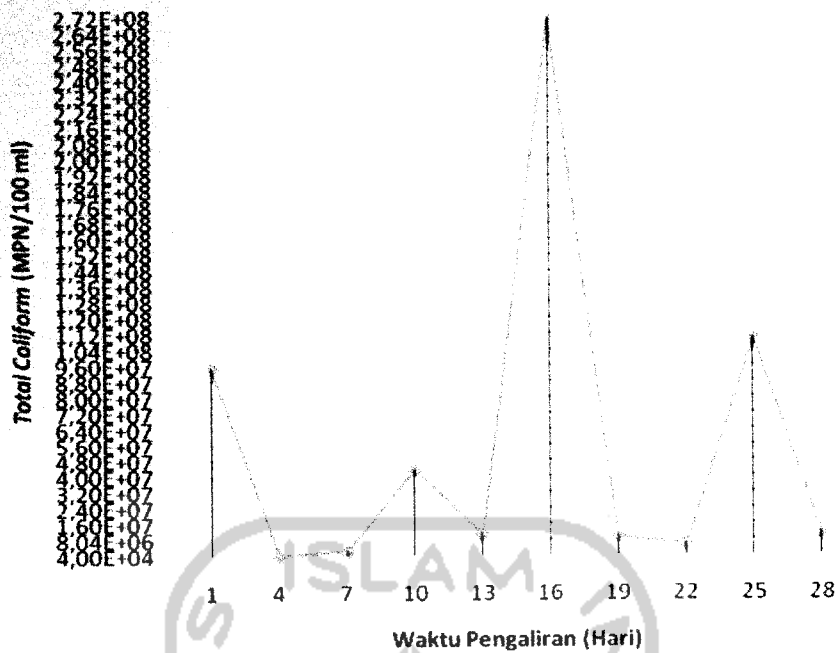
Pengambilan sampel untuk analisa *Total coliform* dilakukan 3 hari sekali dimulai dari tanggal 1 Agustus 2007 sampai 1 September 2007. Setiap pengambilan sampel, jumlah titik sampling yang dianalisa sebanyak 7 titik, yaitu *inlet*, *outlet* 1 (*Biosand filter* 1), *outlet* 2 (*Biosand filter* 2), *outlet* 1A (*Activated carbon* 1 dengan ketinggian 60 cm), *outlet* 1B (*Activated carbon* 1 dengan ketinggian 30 cm), *outlet* 2A (*Activated carbon* 2 dengan ketinggian 60 cm) dan *outlet* 2B (*Activated carbon* 2 dengan ketinggian 30 cm).

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, kandungan *Total coliform* mengalami fluktuasi, hal ini dikarenakan adanya perbedaan pengenceran yang dilakukan untuk setiap kali pengambilan sampel air. Terjadinya perbedaan dalam penggunaan air pengencer tergantung dari tingkat kekeruhan air Selokan Mataram. Jika tingkat kekeruhan pada air baku tinggi maka tingkat pengenceran yang dilakukan akan tinggi pula, sebaliknya

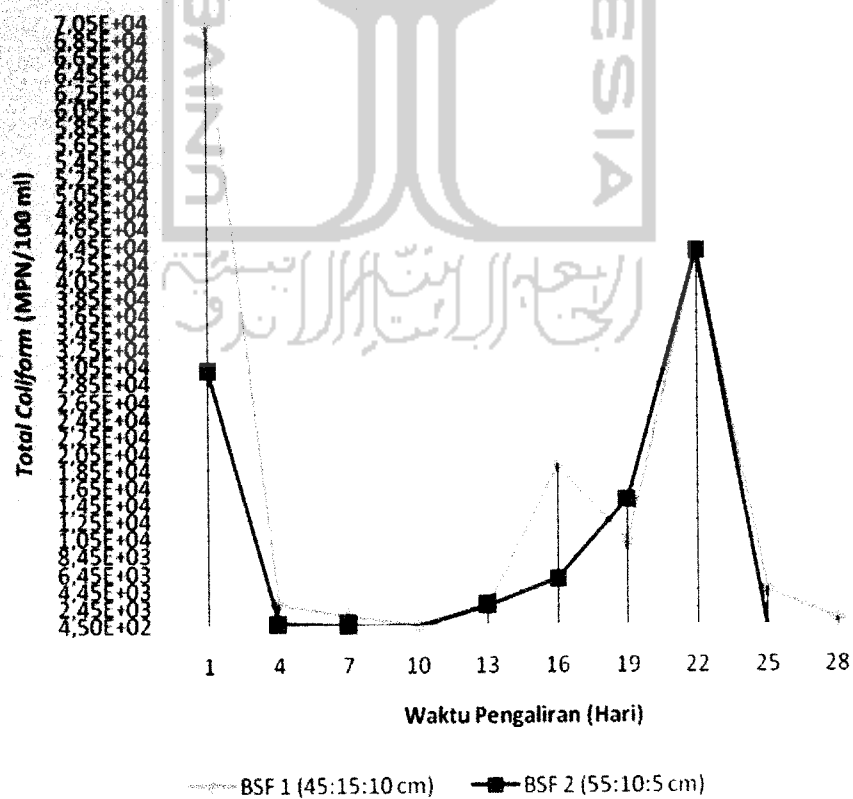
jika tingkat kekeruhannya rendah maka tingkat pengenceran yang digunakan akan rendah. Menurut tabel 4.1 kandungan *Total coliform* terbesar pada *inlet* terjadi pada sampel ke-6, untuk BSF 1 terjadi pada sampel ke-1 dan BSF 2 pada sampel ke-8. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.1 sampai 4.2. Dari tabel 4.1 terlihat pada sampel ke-9 dan ke-10 pada unit *Biosand filter* 2 kandungan *Total coliform* bernilai nol, hal tersebut dikarenakan tidak dilakukannya pengambilan sampel sebab terjadi kerusakan (bocor) pada unit *Biosand filter* tersebut.

Tabel 4.1 Kandungan *Total Coliform* pada *Inlet*, BSF 1 dan BSF 2

Waktu Pengaliran (Hari)	Satuan	Inlet	BSF 1	BSF 2
1	MPN/100 ml	9,50E+07	7,00E+04	3,00E+04
4	MPN/100 ml	4,00E+05	2,90E+03	7,00E+02
7	MPN/100 ml	2,71E+06	1,50E+03	4,60E+02
10	MPN/100 ml	4,38E+07	4,60E+02	2,90E+02
13	MPN/100 ml	1,10E+07	2,71E+03	2,71E+03
16	MPN/100 ml	2,71E+08	1,90E+04	5,80E+03
19	MPN/100 ml	1,00E+07	1,00E+04	1,50E+04
22	MPN/100 ml	6,00E+06	4,38E+04	4,38E+04
25	MPN/100 ml	1,10E+08	4,60E+03	0
28	MPN/100 ml	1,10E+07	1,00E+03	0



Gambar 4.1 Total Coliform pada Inlet



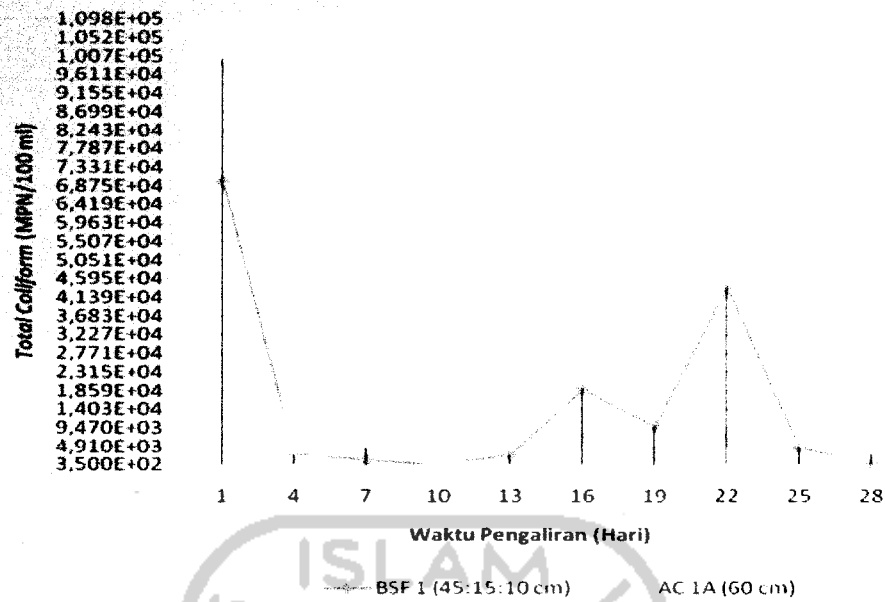
Gambar 4.2 Output Total Coliform pada Unit Biosand Filter

4.2.1 Hasil Pengujian *Total Coliform* pada *Biosand Filter 1-Activated Carbon 1A* dengan *Biosand Filter 2-Activated Carbon 2D*

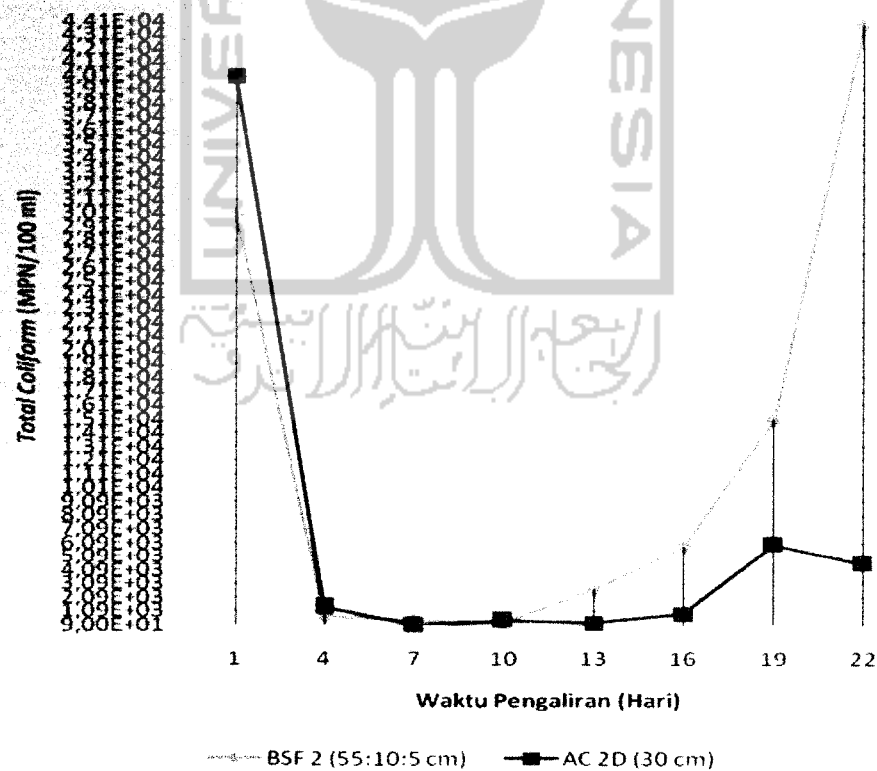
Variasi unit pengolahan pertama adalah rangkaian antara *Biosand filter 1*(45:15:10 cm)-*Activated carbon 1A* (60 cm) dengan *Biosand filter 2* (55:10:5 cm)-*Activated carbon 2D* (30 cm). Adapun hasil pengujian pada variasi unit ini diketahui bahwa kandungan *Total coliform* pada air baku mengalami penurunan setelah melewati unit *Biosand filter*, tetapi setelah melewati *Activated carbon*, kandungan *Total coliform* mengalami penurunan yang tidak begitu signifikan dan bahkan terjadi kenaikan ataupun tidak mengalami penurunan sama sekali, misalnya sampel ke-10 pada AC 1A terjadi kenaikan *Total coliform* dari 1.10^3 MPN/100 ml menjadi $2,9.10^3$ MPN/100 ml. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Kandungan *Total Coliform* pada Unit BSF 1 (45:15:10 cm)-AC 1A (60 cm) dan BSF 2 (55:10:5 cm)-AC 2D (30 cm)

Waktu Pengaliran (Hari)	Satuan	Inlet	BSF 1	AC 1A	BSF 2	AC 2D
1	MPN/100 ml	9,50E+07	7,00E+04	1,00E+05	3,00E+04	4,00E+04
4	MPN/100 ml	4,00E+05	2,90E+03	1,50E+03	7,00E+02	1,40E+03
7	MPN/100 ml	2,71E+06	1,50E+03	4,60E+03	4,60E+02	1,00E+02
10	MPN/100 ml	4,38E+07	4,60E+02	4,60E+02	2,90E+02	4,60E+02
13	MPN/100 ml	1,10E+07	2,71E+03	4,60E+02	2,71E+03	2,90E+02
16	MPN/100 ml	2,71E+08	1,90E+04	7,60E+03	5,80E+03	9,50E+02
19	MPN/100 ml	1,00E+07	1,00E+04	3,00E+03	1,50E+04	6,00E+03
22	MPN/100 ml	6,00E+06	4,38E+04	7,20E+03	4,38E+04	4,60E+03
25	MPN/100 ml	1,10E+08	4,60E+03	7,00E+02	0	0
28	MPN/100 ml	1,10E+07	1,00E+03	2,90E+03	0	0



Gambar 4.3 Output Total Coliform pada Unit BSF 1 (45:15:10 cm)-
AC 1A (60 cm)



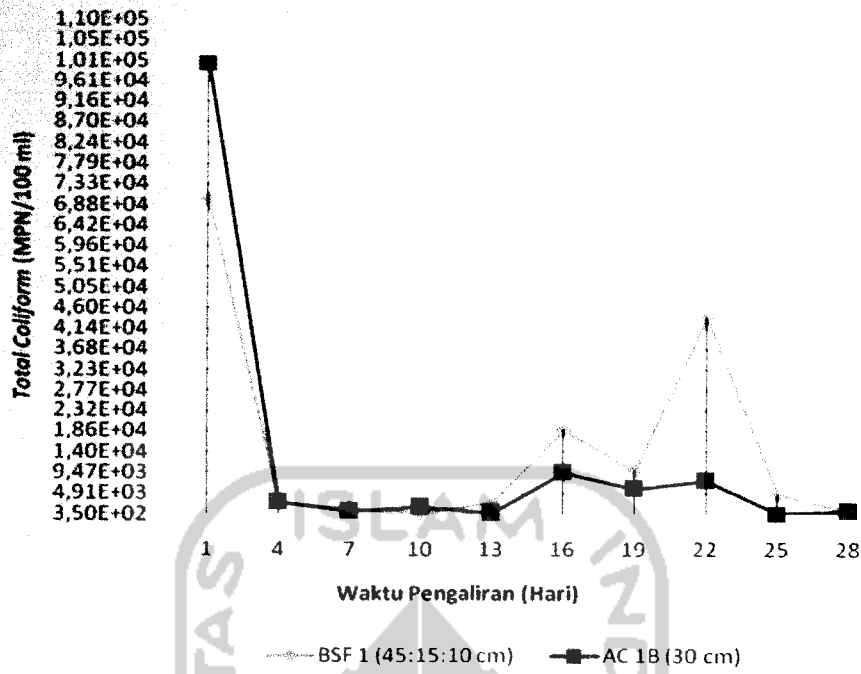
Gambar 4.4 Output Total Coliform pada Unit BSF 2 (55:10:5 cm)-
AC 2D (30 cm)

4.2.2 Hasil Pengujian *Total Coliform* pada *Biosand Filter 1-Activated Carbon 1B* dengan *Biosand Filter 2-Activated Carbon 2A*

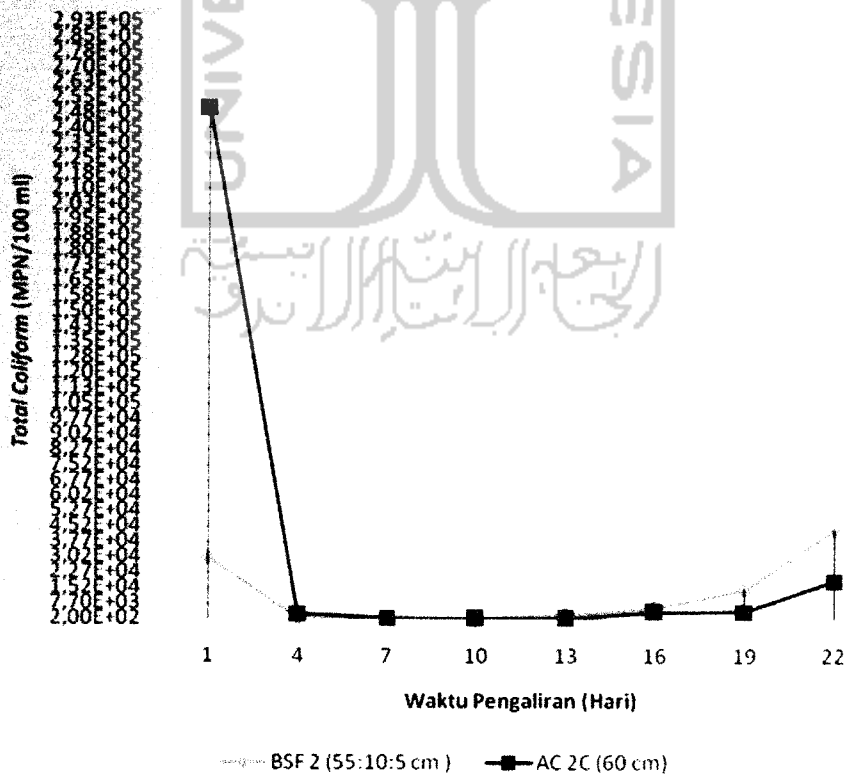
Variasi unit pengolahan kedua adalah *Biosand filter 1 (45:15:10 cm)-Activated carbon 1B (30 cm)* dengan *Biosand filter 2 (55:10:5 cm)-Activated carbon 2A (60 cm)*. Sama halnya dengan variasi unit pertama, pada variasi unit ini kandungan *Total coliform* mengalami penurunan sesaat setelah melewati *Biosand filter*, tetapi setelah melewati *Activated carbon* kandungan *Total coliform* mengalami peningkatan, penurunan bahkan tetap (tidak terjadi penurunan). Adapun hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Kandungan *Total Coliform* pada Unit BSF 1 (45:15:10 cm)-AC 1B (30 cm) dan BSF 2 (55:10:5 cm)-AC 2C (60 cm)

Waktu Pengaliran (Hari)	Satuan	Inlet	BSF 1	AC 1B	BSF 2	AC 2C
1	MPN/100 ml	9,50E+07	7,00E+04	1,00E+05	3,00E+04	2,50E+05
4	MPN/100 ml	4,00E+05	2,90E+03	2,90E+03	7,00E+02	2,90E+03
7	MPN/100 ml	2,71E+06	1,50E+03	1,00E+03	4,60E+02	7,60E+02
10	MPN/100 ml	4,38E+07	4,60E+02	1,90E+03	2,90E+02	5,80E+02
13	MPN/100 ml	1,10E+07	2,71E+03	4,60E+02	2,71E+03	5,80E+02
16	MPN/100 ml	2,71E+08	1,90E+04	9,50E+03	5,80E+03	3,80E+03
19	MPN/100 ml	1,00E+07	1,00E+04	6,00E+03	1,50E+04	4,00E+03
22	MPN/100 ml	6,00E+06	4,38E+04	7,60E+03	4,38E+04	1,90E+04
25	MPN/100 ml	1,10E+08	4,60E+03	4,00E+02	0	0
28	MPN/100 ml	1,10E+07	1,00E+03	1,00E+03	0	0



Gambar 4.5 Output Total Coliform pada Unit BSF 1 (45:15:10 cm)-AC 1B (30 cm)



Gambar 4.6 Output Total Coliform pada Unit BSF 2 (55:10:5 cm)-AC 2C (60 cm)

4.3 Pembahasan

Bakteri *Coliform* adalah golongan bakteri intestinal, yaitu hidup dalam saluran pencernaan manusia. Bakteri *Coliform* adalah bakteri indikator keberadaan bakteri patogenik lain. Contoh bakteri *Coliform* adalah, *Esherichia coli* dan *Entereobacter aerogenes*. Makin sedikit kandungan *Coliform*, artinya kualitas air semakin baik (Institut Teknologi Bandung, 2006). Golongan bakteri *Coli*, merupakan jasad indikator dalam substrat air, bahan makanan, dan sebagainya untuk kehadiran jasad berbahaya, yang mempunyai persamaan sifat : *Gram* negatif berbentuk batang, tidak membentuk spora dan mampu memfermentasikan kaldu laktosa pada temperatur 37 °C dengan membentuk asam dan gas dalam waktu 48 jam (Suriawiria, 2003).

Metode pengujian yang digunakan dalam analisa bakteri *Coliform* adalah metode *Most Probable Number* (MPN) atau terminologi Indonesiannya, Jumlah Perkiraan Terbatas (JPT). Metode tersebut mengacu pada APHA 9221-B Ed. 20-1998. Metode ini merupakan metode standar *World Health Organization* (WHO) dalam identifikasi *Coliform* di air, susu, dan makanan tertentu. Metode MPN terdiri dari tiga tahap, yaitu uji pendugaan (*presumptive test*), uji konfirmasi (*confirmed test*), dan uji kelengkapan (*completed test*). Dalam uji tahap pertama, keberadaan *coliform* masih dalam tingkat probabilitas rendah, masih dalam pendugaan. Uji ini mendeteksi sifat fermentatif *Coliform* dalam sampel. Karena beberapa jenis bakteri selain *Coliform* juga memiliki sifat fermentatif, diperlukan uji konfirmasi untuk menguji kembali kebenaran adanya *coliform* dengan bantuan medium selektif diferensial. Uji kelengkapan kembali meyakinkan hasil tes uji konfirmasi dengan mendeteksi sifat fermentatif dan pengamatan mikroskop terhadap ciri-ciri *Coliform* : berbentuk batang, *Gram* negatif, tidak-berspora. *Output* metode MPN adalah nilai MPN. Nilai MPN adalah perkiraan jumlah unit tumbuh (*growth unit*) atau unit pembentuk koloni (*colony-forming unit*) dalam sampel. Namun, pada umumnya, nilai MPN juga diartikan sebagai perkiraan jumlah individu bakteri. Satuan yang digunakan, umumnya per 100 mL atau per gram. Jadi misalnya terdapat nilai MPN 10/g dalam sebuah sampel air, artinya dalam sampel air tersebut diperkirakan setidaknya mengandung 10 *Coliform* pada setiap gramnya. Makin kecil nilai MPN, maka air tersebut makin tinggi kualitasnya, dan makin layak minum. Metode MPN memiliki limit kepercayaan 95 persen sehingga pada setiap nilai MPN, terdapat jangkauan nilai MPN terendah dan nilai MPN tertinggi (Institut Teknologi Bandung, 2006).

Air baku yang digunakan sebagai objek penelitian ini diambil dari air Selokan Mataram yang terdapat di sekitar Magister Manajemen, Universitas Gajah Mada,

Yogyakarta. Sebelum penelitian dilakukan, hal terpenting yang dilakukan adalah pengujian awal kualitas air Selokan tersebut guna mendapatkan data primer yang akan dipakai sebagai acuan dalam melaksanakan penelitian selanjutnya. Berdasarkan hasil analisa laboratorium yang dilakukan terhadap air Selokan Mataram, didapatkan data primer sebagai berikut :

Tabel 4.4 Kandungan Awal *Total Coliform*

No	Titik Sampel	Satuan	Hasil Analisa
1	<i>Inlet</i>	MPN/100 ml	2.10E+07
2	<i>Biosand filter 1 (45:15:10 cm)</i>	MPN/100 ml	7.00E+04
3	<i>Biosand filter 2 (55:10:5 cm)</i>	MPN/100 ml	3.90E+05
4	<i>Activated carbon 1A (60 cm)</i>	MPN/100 ml	1.90E+04
5	<i>Activated carbon 1B (30 cm)</i>	MPN/100 ml	2.71E+04
5	<i>Activated carbon 2A (60 cm)</i>	MPN/100 ml	4.38E+04
7	<i>Activated carbon 2B (30 cm)</i>	MPN/100 ml	4.38E+04

Sumber : Data Primer 2007

Tingginya kandungan *Total coliform* pada lokasi tersebut disebabkan karena penduduk sekitar menggunakannya sebagai area pembuangan langsung limbah domestik mereka. Meningkatnya penduduk disekitar Selokan Mataram, maka pembuangan limbah domestik meningkat pula. Kurangnya kesadaran dari masyarakat sekitar yang kurang peduli terhadap lingkungannya, merupakan salah satu faktor mengapa Selokan Mataram dijadikan area pembuangan limbah mereka. Oleh karena itu, diperlukan suatu teknologi alternatif yang tepat guna untuk mengolah limbah mereka, salah satu teknologi alternatif tersebut adalah *Biosand filter* yang diparalel dengan unit *Activated carbon*.

Diketahuinya kandungan awal *Total coliform* pada air Selokan Mataram, maka unit *Biosand filter-Activated carbon* mulai dijalankan sesuai dengan variasi unit pengolahan, yaitu :

- a. Variasi pertama *Biosand filter 1*¹-*Activated carbon 1A*² dengan *Biosand filter 2*³-*Activated carbon 2D*⁴

¹ Perbandingan media filtrasi pada *Biosand filter 1*, pasir halus : pasir kasar : kerikil = 45:15:10 cm

² Ketinggian karbon pada *Activated carbon 1* = 60 cm

³ Perbandingan media filtrasi pada *Biosand filter 2*, pasir halus : pasir kasar : kerikil = 55:10:5 cm

⁴ Ketinggian karbon pada *Activated carbon 2* = 30 cm

- b. Variasi kedua *Biosand filter* 1¹-*Activated carbon* 1B⁵ dengan *Biosand filter* 2³-*Activated carbon* 2C⁶

Setiap variasi unit mendapatkan perlakuan yang sama dalam pengambilan sampel, yaitu setiap 3 kali sehari, dimana setiap kali pengambilan sampel terdapat 7 titik sampel. Setelah data analisa terkumpul semua, maka nilai efisiensi setiap variasi unit diketahui. Tabel 4.4 dan 4.5 menunjukkan nilai efisiensi setiap unit variasi pengolahan, sedangkan gambar 4.8 dan 4.9 menunjukkan grafik efisiensi (*removal*) peningkatan dan penurunan alat dalam menurunkan kandungan *Total coliform* dalam air Selokan Mataram.

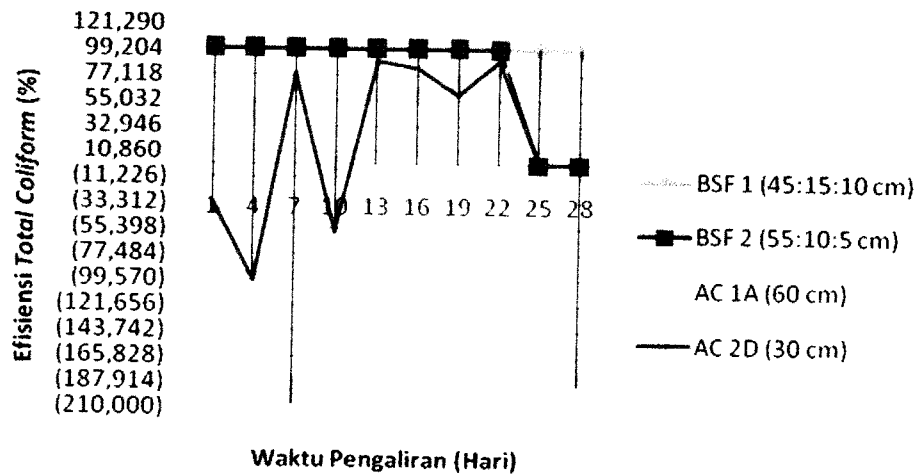
Tabel 4.5 Efisiensi *Total Coliform* pada Unit BSF 1 (45:15:10 cm)-AC 1A (60 cm) dan BSF 2 (55:10:5 cm)-AC 2D (30 cm)

Waktu Pengaliran (Hari)	% BSF 1	% AC 1A	% BSF 2	% AC 2D
1	99.926	(42.857)	99.968	(33.333)
4	99.275	48.276	99.825	(100.000)
7	99.945	(206.667)	99.983	78.261
10	99.999	0	99.999	(58.621)
13	99.975	83.026	99.975	89.299
16	99.993	60.000	99.998	83.621
19	99.900	70.000	99.850	60.000
22	99.270	83.562	99.270	89.498
25	99.996	84.783	0	0
28	99.991	(190.000)	0	0
Rata-rata	99.827	(0.988)	99.859	26.091

1) Artinya bernilai negatif, terjadi kenaikan *removal Total coliform*

⁵ Ketinggian karbon pada *Activated carbon* 1 = 30 cm

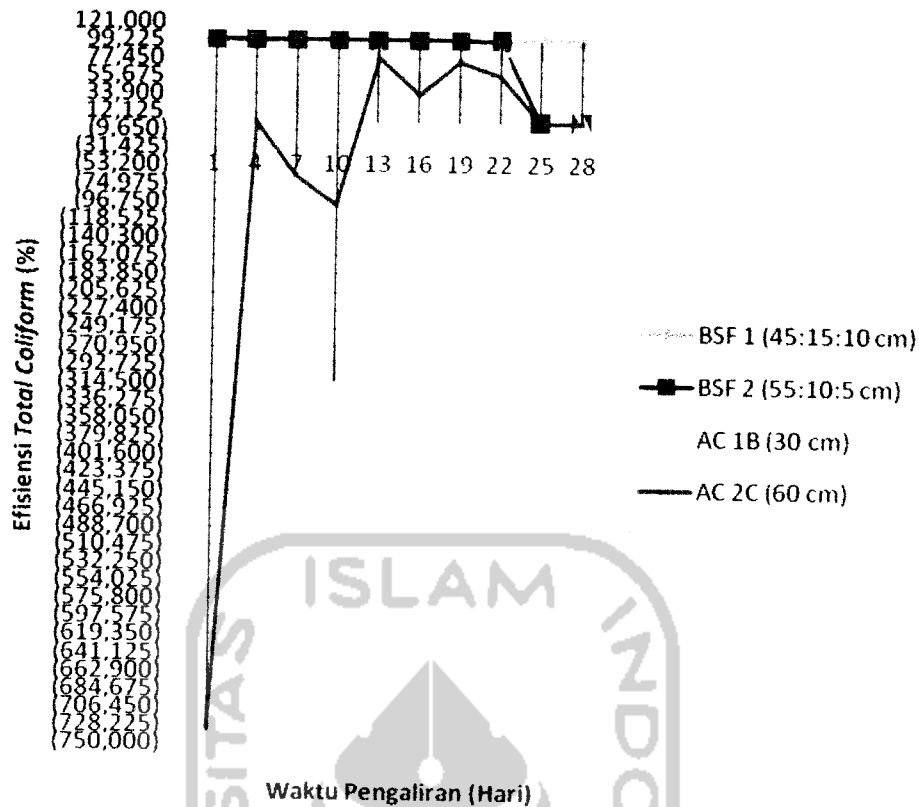
⁶ Ketinggian karbon pada *Activated carbon* 2 = 60 cm



Gambar 4.7 Efisiensi *Total Coliform* pada Unit BSF 1 (45:15:10 cm)-AC 1A (60 cm) dan BSF 2 (55:10:5 cm)-AC 2D (30 cm)

Tabel 4.6 Efisiensi *Total Coliform* pada Unit BSF 1 (45:15:10 cm)-AC 1B (30 cm) dan BSF 2 (55:10:5 cm)-AC 2C (60 cm)

Waktu Pengaliran (Hari)	% BSF 1	% AC 1B	% BSF 2	% AC 2C
1	99.926	(42.857)	99.968	(733.333)
4	99.275	-	99.825	0
7	99.945	33.333	99.983	(65.217)
10	99.999	(313.043)	99.999	(100.000)
13	99.975	83.026	99.975	78.598
16	99.993	50.000	99.998	34.483
19	99.900	40.000	99.850	73.333
22	99.270	82.648	99.270	56.621
25	99.996	91.304	0	0
28	99.991	0	0	0
Rata-rata	99.827	2.441	99.859	(81.939)



Gambar 4.8 Efisiensi *Total Coliform* pada Unit BSF 1 (45:15:10 cm)-AC 1B (30 cm) dan BSF 2 (55:10:5 cm)-AC 2C (60 cm)

Berdasarkan hasil uji laboratorium, pada variasi unit pertama menunjukkan bahwa *Biosand filter* 1 mampu menurunkan *Total coliform* sebesar 99,270 % sampai 99,999 % dengan rata-rata 99,827 % dan *Activated carbon* 1A sebesar -206,667 % sampai 84,783 % dengan rata-rata -0,988 %, sedangkan *Biosand filter* 2 mampu menurunkan sebesar 99,270 % sampai 99,999 % dengan rata-rata 99,859 % dan *Activated carbon* 2D sebesar -100,000 % sampai 89,498 % dengan rata-rata -81,939 %. Untuk variasi unit kedua, efisiensi *Biosand filter* 1 dan 2 sama seperti pada variasi unit pertama, tetapi efisiensi dari *Activated carbon* 1B sebesar -313,043 % sampai 91,304 % dengan rata-rata 2,441 % dan untuk *Activated carbon* 2C sebesar -733,333 % sampai 78,598 % dengan rata-rata 26,091 %. Dari variasi unit pertama yang lebih efektif menurunkan *Total coliform* adalah *Biosand filter* 2-*Activated carbon* 2D walaupun tingkat efektifitas *Activated carbon* 1A (-0,988 %) lebih baik daripada *Activated carbon* 2D (-81,939 %) tetapi *Biosand filter* 2 (99,859 %) lebih efektif daripada *Biosand filter* 1 (99,827 %) dan untuk variasi unit kedua

yang lebih efektif adalah *Biosand filter 2-Activated carbon 2C*. Sehingga dari kedua variasi unit tersebut dapat disimpulkan bahwa variasi unit kedua *Biosand filter 2 (55:10:5 cm)-Activated carbon 2C (60 cm)* yang lebih efektif. Perbandingan antara kedua variasi unit tersebut kurang optimal dikarenakan perbedaan pengambilan sampel pada *Biosand filter 2, Activated carbon 2C* dan *2D* yang hanya dilakukan 8 kali pengambilan sampel sebab alat tersebut mengalami kerusakan yang cukup parah (bocor) dan jika pengambilan sampel terus dilanjutkan dikhawatirkan hasil analisa yang diperoleh tidak akurat.

Rata-rata tingkat penurunan *Total coliform* dengan *Biosand filter* relatif tinggi > 99 %. Hal ini dikarenakan adanya aktivitas mikroorganisme di bagian atas media filter, yaitu pada lapisan *biofilm (Schmutzdecke)*. Saat air masuk dan melewati lapisan *biofilm*, bakteri akan menempel pada lapisan tersebut (Gordon A. McFeters, 1990). Aktivitas mikroorganisme yang terjadi pada lapisan *biofilm* melibatkan akumulasi mikroorganisme, kematian bakteri akibat adanya predator dan juga adanya pengurangan mikroorganisme akibat berkurangnya *supply* elektron donor (oksigen) (www.wikipedia.org). Dengan adanya pengaliran air Selokan Mataram secara kontiyu, akan membantu pertumbuhan lapisan *biofilm*, sehingga dapat menurunkan *Total coliform* dengan optimal. Dengan bertambahnya waktu pengoperasian maka akan semakin bertambah tinggi muka air yang berada di atas permukaan media pasir halus dan juga terjadi penumpukan/akumulasi zat-zat organik pada permukaan media pasir sehingga dapat menimbulkan penyumbatan pada *Biosand filter*. Akhirnya *Biosand filter* dianggap telah menunjukkan titik jenuh. Menurut Brault & Monod (1991) penyumbatan pada celah-celah media pasir mengakibatkan terjadinya kenaikan kehilangan tekanan. Penyumbatan ini dapat menimbulkan terjadinya kondisi *anaerobik* pada lingkungan permukaan pasir, sehingga dapat menyebabkan bakteri-bakteri yang terdapat dalam *biofilm* unit *Biosand filter* akan mati. Berdasarkan gambar 4.8 dan 4.9 unit BSF 1 dan 2 belum menandakan terjadinya penyumbatan (*clogging*), dimana efisiensi penurunan *Total coliform* masih > 99 %.

Pada penelitian ini, karbon aktif yang digunakan diaktivasi terlebih dahulu dengan merendam karbon dalam air garam selama 24 jam dan kemudian dikeringkan melalui proses pemanasan (dengan bantuan sinar matahari), sehingga pori-porinya terbuka, dengan demikian akan mempunyai daya serap yang tinggi (Pari, 1999). Proses filtrasi karbon aktif mampu menghilangkan beberapa kimia organik berbahaya seperti *trihalomethanes (THM)*, pestisida, bahan pelarut industri (*halogenated hydrocarbons*), *polychlorinatec biphenyls (PCBs)* dan *polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)*. *Activated carbon* tidak efektif dalam menurunkan mikroba, sodium, nitrat, flourida dan kesadahan. Untuk timbal dan

logam berat dapat dihilangkan hanya dengan menggunakan *Activated carbon* yang sangat spesifik (www.ag.ndsu.edu).

Rata-rata tingkat penurunan *Total coliform* dengan *Activated carbon* dapat dikatakan relatif kecil dengan rata-rata antara -81,939 % sampai 26,091 %. Hal ini dikarenakan mekanisme yang terjadi pada *Activated carbon* adalah proses adsorpsi, yaitu proses yang terjadi secara fisik-kimia, dimana terjadi proses pemisahan komponen antara partikel tersuspensi dengan air. Pengaruh lainnya yang menyebabkan pemakaian karbon aktif tidak efektif dalam menurunkan *Total coliform* adalah ukuran bakteri yang lebih kecil dibandingkan dengan ukuran pori karbon aktif sehingga menyebabkan bakteri tidak tertahan (lolos) pada karbon. Menurut AWWA (1992) ukuran minimum pori karbon aktif berbentuk granular adalah 0,97 mm. Dimana ukuran tersebut sangat besar dibandingkan dengan ukuran bakteri.

Pada penelitian ini, ketinggian media yang digunakan berbeda, hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah ketinggian tersebut akan mempengaruhi proses penurunan *Total coliform* atau tidak dengan menggunakan unit *Biosand filter-Activated carbon*. Dari hasil penelitian yang telah saya lakukan, diketahui bahwa ketinggian media (pasir) pada *Biosand filter* mempengaruhi penurunan *Total coliform*, dimana efisiensi *Biosand filter 2* dengan ketinggian pasir halus 55 cm dan pasir kasar 10 cm mampu menurunkan *Total coliform* rata-rata sebesar 99,859 % sedangkan *Biosand filter 1* dengan ketinggian pasir halus 45 cm dan pasir kasar 15 cm, rata-ratanya sebesar 99,827 %. Tetapi perbedaan ketinggian pasir yang relatif kecil, tidak dapat dikatakan bahwa perbedaan ketinggian media mempengaruhi penurunan *Total coliform*. Walaupun efisiensi yang dihasilkan tiap unit *Biosand filter* tidak terlalu signifikan. Hasil ini didukung pula dengan uji statistik menggunakan ANOVA yang menyatakan bahwa perbedaan ketinggian media tidak begitu signifikan mempengaruhi penurunan *Total coliform* (dapat dilihat pada sub bab 4.4). Begitu pula ketinggian karbon 60 cm dan 30 cm pada unit *Activated carbon* tidak berpengaruh terhadap penurunan *Total coliform*. Ketinggian karbon 60 cm mampu menurunkan *Total coliform* antara -81,939 % sampai -0,988 % dan ketinggian karbon 30 cm menurunkan *Total coliform* sebesar 2,441 % sampai 26,091 %. Sehingga efisiensi *Activated carbon* dengan ketinggian karbon 30 cm lebih baik daripada ketinggian karbon 60 cm. Dari kedua unit *Biosand filter* dan *Activated carbon*, maka *Biosand filter* lebih berperan dalam menurunkan *Total coliform* dibandingkan dengan *Activated carbon*. Hal ini terlihat dari rata-rata efisiensi setiap unitnya.

Batas baku mutu kandungan *Total coliform* dalam air menurut PP No. 82 Tahun 2001 untuk golongan 1 sebesar 1000 Jml/100 ml, golongan 2 sebesar 5000 Jml/100 ml, golongan 3 dan 4 sebesar 10000 Jml/100 ml. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, rata-rata *output Total coliform* pada unit BSF masih berada diatas baku mutu kualitas air, untuk BSF 1 kandungan *Total coliform*nya sebesar $1,56 \cdot 10^4$ MPN/100 ml dan BSF 2 sebesar $1,23 \cdot 10^4$ MPN/100 ml. Sedangkan pada unit AC rata-rata *output Total coliform* juga masih berada diatas baku mutu kualitas air, untuk AC 1A sebesar $1,28 \cdot 10^4$ MPN/100 ml, AC 1B sebesar $1,31 \cdot 10^4$ MPN/100 ml, AC 2C sebesar $3,52 \cdot 10^4$ MPN/100 ml. Tetapi pada AC 2D telah sesuai dengan baku mutu kualitas air, yaitu sebesar $6,73 \cdot 10^3$ MPN/100 ml. Untuk unit yang kandungan *Total coliform* yang masih diatas baku mutu kualitas air memerlukan suatu penambahan unit pengolahan lebih lanjut misalnya unit desinfektan, sehingga *output* yang dihasilkan telah sesuai dengan baku mutu kualitas air.

4.4 Uji Statistik

Uji statistik dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi perbedaan yang signifikan dalam penurunan *Total coliform* untuk setiap variasi unit pengolahan yang memiliki ketebalan media yang berbeda. Uji statistik yang digunakan adalah dengan menggunakan ANOVA.

4.4.1 Analisa ANOVA

Tabel 4.7 Descriptives

MPN

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
inlet	8	54988750.0000	92935340.87702	32857604.87301	-22707139.3320	132684639.3320	400000.0	2.71E+08
bsf1 (45:15:5 cm)	8	18796.2500	25273.54231	8935.54658	-2332.9601	39925.4601	460.00	70000.00
ac1a (60 cm)	8	15602.5000	34215.55442	12097.02528	-13002.4193	44207.4193	460.00	100000.0
ac1b (30 cm)	8	16170.0000	34028.32937	12030.83123	-12278.3953	44618.3953	460.00	100000.0
bsf2 (55:10:5 cm)	8	12345.0000	16327.09230	5772.49884	-1304.7907	25994.7907	290.00	43800.00
ac2c (60 cm)	8	35202.5000	87003.58970	30760.41413	-37534.3212	107939.3212	580.00	250000.0
ac2d (30 cm)	8	6725.0000	13619.96014	4815.38309	-4661.5716	18111.5716	100.00	40000.00
Total	56	7870513.0357	38418773.99942	5133924.62592	-2418101.8287	18159127.9001	100.00	2.71E+08

Tabel 4.8 Test of Homogeneity of Variances

MPN			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
8.281	6	49	.000

Tabel 4.9 ANOVA

MPN					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	207212007 47933090. 000	6	34535334579 88849.000	2.799	.020
Within Groups	604589200 11096200. 000	49	12338555104 30536.000		
Total	811801207 59029300. 000	55			

KEPUTUSAN :

Hipotesis :

$H_0 : \mu_{\text{Inlet}} = \mu_{\text{BSF-1}} = \mu_{\text{BSF-2}} = \mu_{1A} = \mu_{1B} = \mu_{2C} = \mu_{2D}$ (identik)

$H_1 : \mu_{\text{Inlet}} \neq \mu_{\text{BSF-1}} \neq \mu_{\text{BSF-2}} \neq \mu_{1A} \neq \mu_{1B} \neq \mu_{2C} \neq \mu_{2D}$ (tidak identik)

Dalam pengujian kali ini digunakan tingkat signifikan 0,05 ($\alpha = 5\%$) atau dengan kata lain tingkat kepercayaan sebesar 0,95 (=95%).

Penarikan kesimpulan :

F hitung > F tabel \rightarrow tolak H_0

F hitung < F tabel \rightarrow terima H_0

Nilai statistik F tabel adalah $F_{(6,49;0,05)} = 2,29$ (dari tabel distribusi F)

Terlihat dari tabel ANOVA bahwa nilai F hitung = 2,799. F hitung > F tabel, sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 DITOLAK, yang artinya perbedaan ketinggian media pada unit *Biosand filter-Activated carbon* berpengaruh terhadap penurunan *Total coliform*.

4.4.2 Post Hoc Tests

Tabel 4.10 Multiple Comparisons

Dependent Variable: MPN

	(I) Unit	(J) Unit	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	inlet	bsf1 (45:15:5 cm)	54969953.75000(*)	17563139.74 230	.043	980253.2070	108959654.2930	
		ac1a (60 cm)	54973147.50000(*)	17563139.74 230	.043	983446.9570	108962848.0430	
		ac1b (30 cm)	54972580.00000(*)	17563139.74 230	.043	982879.4570	108962280.5430	
		bsf2 (55:10:5 cm)	54976405.00000(*)	17563139.74 230	.043	986704.4570	108966105.5430	
		ac2c (60 cm)	54953547.50000(*)	17563139.74 230	.044	963846.9570	108943248.0430	
		ac2d (30 cm)	54982025.00000(*)	17563139.74 230	.043	992324.4570	108971725.5430	
		bsf1 (45:15:5 cm)	inlet	-54969953.75000(*)	17563139.74 230	.043	-108959654.2930	-980253.2070
			ac1a (60 cm)	3193.75000	17563139.74 230	1.000	-53986506.7930	53992894.2930
			ac1b (30 cm)	2626.25000	17563139.74 230	1.000	-53987074.2930	53992326.7930
			bsf2 (55:10:5 cm)	6451.25000	17563139.74 230	1.000	-53983249.2930	53996151.7930
			ac2c (60 cm)	-16406.25000	17563139.74 230	1.000	-54006106.7930	53973294.2930
			ac2d (30 cm)	12071.25000	17563139.74 230	1.000	-53977629.2930	54001771.7930
	ac1a (60 cm)		inlet	-54973147.50000(*)	17563139.74 230	.043	-108962848.0430	-983446.9570
			bsf1 (45:15:5 cm)	-3193.75000	17563139.74 230	1.000	-53992894.2930	53986506.7930
			ac1b (30 cm)	-567.50000	17563139.74 230	1.000	-53990268.0430	53989133.0430
			bsf2 (55:10:5 cm)	3257.50000	17563139.74 230	1.000	-53986443.0430	53992958.0430
			ac2c (60 cm)	-19600.00000	17563139.74 230	1.000	-54009300.5430	53970100.5430
			ac2d (30 cm)	8877.50000	17563139.74 230	1.000	-53980823.0430	53998578.0430
		ac1b (30 cm)	inlet	-54972580.00000(*)	17563139.74 230	.043	-108962280.5430	-982879.4570
			bsf1 (45:15:5 cm)	-2626.25000	17563139.74 230	1.000	-53992326.7930	53987074.2930
			ac1a (60 cm)	567.50000	17563139.74 230	1.000	-53989133.0430	53990268.0430
			bsf2 (55:10:5 cm)	3825.00000	17563139.74 230	1.000	-53985875.5430	53993525.5430
			ac2c (60 cm)	-19032.50000	17563139.74 230	1.000	-54008733.0430	53970668.0430
			ac2d (30 cm)	9445.00000	17563139.74 230	1.000	-53980255.5430	53999145.5430
	bsf2 (55:10:5 cm)		inlet	-54976405.00000(*)	17563139.74 230	.043	-108966105.5430	-986704.4570
			bsf1 (45:15:5 cm)	-6451.25000	17563139.74 230	1.000	-53996151.7930	53983249.2930
			ac1a (60 cm)	-3257.50000	17563139.74 230	1.000	-53992958.0430	53986443.0430
			ac1b (30 cm)	-3825.00000	17563139.74 230	1.000	-53993525.5430	53985875.5430
			ac2c (60 cm)	-22857.50000	17563139.74 230	1.000	-54012558.0430	53966843.0430
			ac2d (30 cm)	5620.00000	17563139.74 230	1.000	-53984080.5430	53995320.5430

Bonferroni	ac2c (60 cm)	inlet	-54953547.50000(*)	17563139.74 230	.044	-108943248.0430	-963846.9570	
		bsf1 (45:15:5 cm)	16406.25000	17563139.74 230	1.000	-53973294.2930	54006106.7930	
		ac1a (60 cm)	19600.00000	17563139.74 230	1.000	-53970100.5430	54009300.5430	
		ac1b (30 cm)	19032.50000	17563139.74 230	1.000	-53970668.0430	54008733.0430	
		bsf2 (55:10:5 cm)	22857.50000	17563139.74 230	1.000	-53966843.0430	54012558.0430	
		ac2d (30 cm)	28477.50000	17563139.74 230	1.000	-53961223.0430	54018178.0430	
	ac2d (30 cm)	inlet	-54982025.00000(*)	17563139.74 230	.043	-108971725.5430	-992324.4570	
		bsf1 (45:15:5 cm)	-12071.25000	17563139.74 230	1.000	-54001771.7930	53977629.2930	
		ac1a (60 cm)	-8877.50000	17563139.74 230	1.000	-53998578.0430	53980823.0430	
		ac1b (30 cm)	-9445.00000	17563139.74 230	1.000	-53999145.5430	53980255.5430	
		bsf2 (55:10:5 cm)	-5620.00000	17563139.74 230	1.000	-53995320.5430	53984080.5430	
		ac2c (60 cm)	-28477.50000	17563139.74 230	1.000	-54018178.0430	53961223.0430	
	inlet	bsf1 (45:15:5 cm)	54969953.75000	17563139.74 230	.062	-1311592.6766	111251500.1766	
		ac1a (60 cm)	54973147.50000	17563139.74 230	.062	-1308398.9266	111254693.9266	
		ac1b (30 cm)	54972580.00000	17563139.74 230	.062	-1308966.4266	111254126.4266	
		bsf2 (55:10:5 cm)	54976405.00000	17563139.74 230	.062	-1305141.4266	111257951.4266	
		ac2c (60 cm)	54953547.50000	17563139.74 230	.062	-1327998.9266	111235093.9266	
		ac2d (30 cm)	54982025.00000	17563139.74 230	.062	-1299521.4266	111263571.4266	
		bsf1 (45:15:5 cm)	inlet	-54969953.75000	17563139.74 230	.062	-111251500.1766	1311592.6766
			ac1a (60 cm)	3193.75000	17563139.74 230	1.000	-56278352.6766	56284740.1766
			ac1b (30 cm)	2626.25000	17563139.74 230	1.000	-56278920.1766	56284172.6766
			bsf2 (55:10:5 cm)	6451.25000	17563139.74 230	1.000	-56275095.1766	56287997.6766
			ac2c (60 cm)	-16406.25000	17563139.74 230	1.000	-56297952.6766	56265140.1766
			ac2d (30 cm)	12071.25000	17563139.74 230	1.000	-56269475.1766	56293617.6766
	ac1a (60 cm)	inlet	-54973147.50000	17563139.74 230	.062	-111254693.9266	1308398.9266	
		bsf1 (45:15:5 cm)	-3193.75000	17563139.74 230	1.000	-56284740.1766	56278352.6766	
		ac1b (30 cm)	-567.50000	17563139.74 230	1.000	-56282113.9266	56280978.9266	
		bsf2 (55:10:5 cm)	3257.50000	17563139.74 230	1.000	-56278288.9266	56284803.9266	
		ac2c (60 cm)	-19600.00000	17563139.74 230	1.000	-56301146.4266	56261946.4266	
		ac2d (30 cm)	8877.50000	17563139.74 230	1.000	-56272668.9266	56290423.9266	
ac1b (30 cm)	inlet	-54972580.00000	17563139.74 230	.062	-111254126.4266	1308966.4266		
	bsf1 (45:15:5 cm)	-2626.25000	17563139.74 230	1.000	-56284172.6766	56278920.1766		
	ac1a (60 cm)	567.50000	17563139.74 230	1.000	-56280978.9266	56282113.9266		
	bsf2 (55:10:5 cm)	3825.00000	17563139.74 230	1.000	-56277721.4266	56285371.4266		
	ac2c (60 cm)	-19032.50000	17563139.74 230	1.000	-56300578.9266	56262513.9266		
	ac2d (30 cm)	9445.00000	17563139.74 230	1.000	-56272101.4266	56290991.4266		
bsf2 (55:10:5 cm)	inlet	-54976405.00000	17563139.74 230	.062	-111257951.4266	1305141.4266		
	bsf1 (45:15:5 cm)	-6451.25000	17563139.74 230	1.000	-56287997.6766	56275095.1766		

ac2c (60 cm)	ac1a (60 cm)	-3257.50000	17563139.74 230	1.000	-56284803.9266	56278288.9266
	ac1b (30 cm)	-3825.00000	17563139.74 230	1.000	-56285371.4266	56277721.4266
	ac2c (60 cm)	-22857.50000	17563139.74 230	1.000	-56304403.9266	56258688.9266
	ac2d (30 cm)	5620.00000	17563139.74 230	1.000	-56275926.4266	56287166.4266
	inlet	-54953547.50000	17563139.74 230	.062	-111235093.9266	1327998.9266
ac2d (30 cm)	bsf1 (45:15:5 cm)	16406.25000	17563139.74 230	1.000	-56265140.1766	56297952.6766
	ac1a (60 cm)	19600.00000	17563139.74 230	1.000	-56261946.4266	56301146.4266
	ac1b (30 cm)	19032.50000	17563139.74 230	1.000	-56262513.9266	56300578.9266
	bsf2 (55:10:5 cm)	22857.50000	17563139.74 230	1.000	-56258688.9266	56304403.9266
	ac2d (30 cm)	28477.50000	17563139.74 230	1.000	-56253068.9266	56310023.9266
	inlet	-54982025.00000	17563139.74 230	.062	-111263571.4266	1299521.4266
	bsf1 (45:15:5 cm)	-12071.25000	17563139.74 230	1.000	-56293617.6766	56269475.1766
	ac1a (60 cm)	-8877.50000	17563139.74 230	1.000	-56290423.9266	56272668.9266
	ac1b (30 cm)	-9445.00000	17563139.74 230	1.000	-56290991.4266	56272101.4266
	bsf2 (55:10:5 cm)	-5620.00000	17563139.74 230	1.000	-56287166.4266	56275926.4266
ac2c (60 cm)	-28477.50000	17563139.74 230	1.000	-56310023.9266	56253068.9266	

* The mean difference is significant at the .05 level.

Setelah diketahui bahwa ada perbedaan yang signifikan di antara ketujuh unit, analisis *Bonferroni* dan *Turkey* dalam *post hoc* test perlu dilakukan.

Berdasarkan nilai Probabilitas :

Jika probabilitas > 0,05, maka H_0 diterima.

Jika probabilitas < 0,05, maka H_0 ditolak.

KEPUTUSAN :

Terlihat bahwa probabilitas adalah 0,000. Oleh karena probabilitas < 0,05 maka H_0 DITOLAK atau perbedaan konsentrasi *Total coliform* antara *inlet* dengan unit *Biosand filter* dan *Activated carbon* benar-benar nyata (signifikan). Hasil uji signifikansi dapat dilihat pada *output* dengan ada atau tidaknya tanda * pada kolom "*Mean Difference*". Jika tanda * ada di angka *Mean Difference* atau perbedaan rata-rata, maka perbedaan tersebut nyata atau signifikan. Jika tidak ada tanda *, maka perbedaan tidak signifikan.

Dengan melihat ada tidaknya tanda * pada kolom *Mean Difference*, terlihat bahwa:

- Mean dari *inlet* berbeda secara nyata dengan BSF 1, BSF 2, AC 1A, AC 1B, AC 2C dan AC 2D.
- Mean dari BSF 1 berbeda secara nyata dengan *inlet*.

- Mean dari BSF 2 berbeda secara nyata dengan *inlet*.
- Mean dari AC 1A berbeda secara nyata dengan *inlet*.
- Mean dari AC 1B berbeda secara nyata dengan *inlet*.
- Mean dari AC 2C berbeda secara nyata dengan *inlet*.
- Mean dari AC 2D berbeda secara nyata dengan *inlet*.

4.4.3 Homogeneous Subset

Tabel 4.11 MPN

	Unit	N	Subset for alpha = .05	
			1	2
Tukey HSD(a)	ac2d (30 cm)	8	6725.0000	
	bsf2 (55:10:5 cm)	8	12345.0000	
	ac1a (60 cm)	8	15602.5000	
	ac1b (30 cm)	8	16170.0000	
	bsf1 (45:15:5 cm)	8	18796.2500	
	ac2c (60 cm)	8	35202.5000	
	inlet	8		54988750.0000
	Sig.		1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

Jika test *Tukey* dan *Bonferroni* untuk menguji sampel yang memiliki perbedaan yang signifikan, maka dalam *Homogeneous Subset* akan dicari grup atau *subset* mana yang mempunyai perbedaan rata-rata yang tidak berbeda secara signifikan.

- ✦ Pada *subset* 1, terlihat grup dengan unit dari BSF 1, BSF 2, AC 1A, AC 1B, AC 2C dan AC 2D. Dengan kata lain dapat dikatakan BSF 1, BSF 2, AC 1A, AC 1B, AC 2C dan AC 2D tidak mempunyai perbedaan yang signifikan satu dengan yang lain.
- ✦ Pada *subset* 2, terlihat hanya grup dengan unit dari *inlet* saja. Dengan kata lain dapat dikatakan *inlet* mempunyai perbedaan dengan yang lainnya.

Dari hasil uji statistik, kesemua unit baik *Biosand filter* maupun *Activated carbon* tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan satu dengan yang lain. Sehingga dapat dikatakan bahwa variasi ketinggian media tidak terlalu berpengaruh dalam penurunan konsentrasi *Total coliform*. Meskipun demikian unit *Biosand filter-Activated carbon* menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan *inlet*. Sehingga dapat dikatakan bahwa teknologi ini cocok untuk digunakan dalam menurunkan konsentrasi *Total coliform*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yang didasarkan pada tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa unit *Biosand filter* mampu menurunkan kandungan *Total coliform* dalam air Selokan Mataram dengan rata-rata efisiensi 99,827 % untuk *Biosand filter* 1 dan *Biosand filter* 2 sebesar 99,859 %. Sedangkan untuk unit *Activated carbon* tidak efektif menurunkan *Total coliform* karena efisiensi yang dihasilkan kurang dari 50 %, untuk *Activated carbon* 1A sebesar -0,988 %; *Activated carbon* 1B sebesar 2,441 %; *Activated carbon* 2C sebesar 26,091 %.
2. Variasi unit yang lebih efektif menurunkan *Total coliform* adalah variasi unit kedua, antara *Biosand filter* 2 (55:10:5 cm)-*Activated carbon* 2C (60 cm). Tetapi dikarenakan adanya perbedaan jumlah pengambilan sampel, maka perbandingan antara variasi unit pertama dengan kedua tidak optimal.
3. Berdasarkan hasil penelitian perbedaan ketinggian media tidak begitu signifikan mempengaruhi penurunan *Total coliform* dalam air Selokan Mataram dan hal tersebut didukung pula dengan hasil uji ANOVA.
4. Rata-rata *output* yang dihasilkan dari tiap unit *Biosand filter-Activated carbon* sebagian besar masih berada diatas baku mutu kualitas air, kecuali pada unit *Activated carbon* 2 dengan ketinggian karbon 30 cm (AC 2D) yang telah sesuai dengan baku mutu kualitas air. Adapun hasil *output Total coliform* untuk tiap unit adalah BSF 1 kandungan *Total coliform* sebesar $1,56 \cdot 10^4$ MPN/100 ml, BSF 2 sebesar $1,23 \cdot 10^4$ MPN/100 ml, AC 1A sebesar $1,28 \cdot 10^4$ MPN/100 ml, AC 1B sebesar $1,31 \cdot 10^4$ MPN/100 ml, AC 2C sebesar $3,52 \cdot 10^4$ MPN/100 ml dan AC 2D sebesar $6,73 \cdot 10^3$ MPN/100 ml.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan guna kesempurnaan penelitian tentang unit *Biosand filter-Activated carbon* ini antara lain :

1. Diperlukan pengolahan lanjutan untuk menurunkan kandungan *Total coliform* dalam limbah cair seperti unit desinfektan. Sehingga *output* yang dihasilkan telah sesuai dengan baku mutu kualitas air.

2. Diperlukan ketelitian dalam pengambilan sampel dimana hal tersebut dapat mempengaruhi hasil analisa, seperti perlunya sterilisasi alat sampling.
3. Untuk penelitian berikutnya, kondisi alat penelitian diteliti dengan cermat apakah siap untuk digunakan atau belum sehingga tidak terjadi kerusakan alat saat penelitian sedang berlangsung yang dapat mempengaruhi hasil analisa.
4. Disarankan pula pada penelitian selanjutnya, dilakukan penghitungan HL (*headloss*) sehingga diketahui kapan waktu pencucian media filter (*backwash*).
5. Pemakaian bakteri saat *seeding* sebaiknya menggunakan kultur murni untuk mencegah tumbuhnya organisme lain selain organisme yang akan ditumbuhkan sebagai lapisan *biofilm*.



DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G. dan S. S Santika, 1984, *Metode Penelitian Air*, Usaha Nasional, Surabaya, Indonesia.
- APHA, 1992, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, Washington.
- Brooks, Geo F., Janet S. Butel dan Stephen A. Morse, 2001, *Mikrobiologi Kedokteran*, Salemba Medika, Jakarta.
- Galvis, G., J. Lattore, & A. Galvis, 2002, *Multi-stage Filtration Technology*, dalam *Small Water Community Water Supplies : Technology, People & Partnership*, editor : J . Smet & C. van Wijk, IRC Technical papers 40, Delft.
- Gupte, Satish MD., 1990, *Mikrobiologi Dasar*, Binarupa Aksara, Jakarta.
- Hakim, L., dkk, 2004, *Modul Paraktikum Mikrobiologi Lingkungan*, Jurusan Teknik Lingkungan, UII, Yogyakarta.
- Hardjono, 1996, Pengaruh Kekeruhan Air Baku pada Efisiensi Saringan Pasir Lambat, *Jurnal Teknik Lingkungan* Vol. 2 No. 2 Mei 1996, Hal. 103-108.
- Henry, J. G. and Heinke, G. W., 1996, *Environmental Science And Engineering*, Prentice Hall International, Inc.
- Huisman, L., 2004, *Slow Sand Filter 2nd Edition*, Delft University of Technology, Delft.
- Lay, B. W., 1994, *Analisa Mikroba di Laboratorium*, Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Metcalf and Eddy, 2003, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition*, McGraw Hill, New York.
- Miller, B., Murcott, S. And Presterio, T., 2002, *Appropriate Water Purification Technology for Nicaragua*,
http://www.thinkcycle.media.mit.edu/thinkcycle/main/houshold_water_treatment_s

ystem /thinkspace bio sand filters in nicaragua/final review v2.ppt. Retrieved January 26, 2003.

Ngai, T. and Sophie, 2003, *The Arsenic Biosand Filter (ABF) Design of An Appropriate Household Drinking Water Filter for Rural Nepal*, Nepal.

Palmateer, G.; Manz, D.; Jurkovic, A.; McInnis, R.; Unger, S.; Kwan, K.K. and Dutka, B.J. 1999. *Toxicant and Parasite Challenge of Manz Intermittent Slow Sand Filter*. Environmental Toxicology, vol. 14, pp. 217- 225.

Pelczar, M. J. & E. C. S. Chan, 1986, *Dasar-dasar Mikrobiologi Jilid 1*, UI Press, Jakarta

Pelczar, M. J. & E. C. S. Chan, 1998, *Dasar-dasar Mikrobiologi Jilid 2*, UI Press, Jakarta.

PP No. 82 Tahun 2001 tentang *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.

Slamet, J. S., 2004, *Kesehatan Lingkungan*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

SNI No. 0258-79 tentang *Persyaratan Arang Aktif*.

Sugiharto, 1987, *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*, Universitas Indonesia, Jakarta.

Suriawiria, U., 2005, *Air Dalam Kehidupan Dan Lingkungan Yang Sehat*, PT. Alumni, Bandung.

Sutrisno, C. T., 2004, *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Rinerka Cipta, Jakarta.

Tjokrokusumo, KRT, Ir, 1998, *Pengantar Environmental Engineering*, STTL, Yogyakarta.

Unpublished information supplied by WEDC, 1999.

Waluyo, L., 2004, *Mikrobiologi Umum*, UMM Press, Malang.

Waloyu, L., 2005, *Mikrobiologi Lingkungan*, UMM Press, Malang.

www.ag.ndsu.edu untuk entri kata **activated carbon**, diakses tanggal 21 April 2007 dengan update terakhir Februari 2006.

www.itb.ac.id untuk entri kata *Escherichia coli*, diakses tanggal 15 Agustus 2007 dengan update terakhir April 2007.

www.warintek.net untuk entri kata *activated carbon*, diakses tanggal 8 April 2007 dengan update terakhir Februari 2006.

www.wikipedia.org untuk entri kata **schumtzdecke**, diakses tanggal 21 Februari 2006, dengan update terakhir 8 Januari 2006.

World Health Organization (WHO), 1981, *Guidelines for Drinking-Water Quality*, WHO, Geneva.



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO MHS	PRODI
1	Nur Sahida Antasari	03516003	Teknik Lingkungan
2			

JUDUL TUGAS AKHIR: Penurunan Jumlah Bakteri Coliform pada air Permukaan Salokan Malaram Dengan Menggunakan Teknologi Carbon Active Biosand Filter

PERIODE Genap
TAHUN AKADEMIK 2006/2007

No	Kegiatan	Bulan Ke						
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Juni	Juli
1	Pendaftaran							
2	Pembuatan Dosen							
3	penelitian							
4	Pembuatan Proposal							
5	Seminar proposal							
6	Konsultasi Penyusunan							
7	Sidang sidang							
8	Pendaftaran							

DOSEN PEMBIMBING I : Eko Siswono ST
 DOSEN PEMBIMBING II : Ansyuliani ST MS
 DOSEN PEMBIMBING III :



Dik. Makl. H. Alim
Korwilat. 1A

(Eko Siswono ST)

Gairah

Seminar
 Sidang
 Pendaftaran

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

No	Tanggal	Catatan Konsultasi	Tanda Tangan	
			Pemb. I	Pemb. II
1	10/01/2023	<p>1. Uraikan isi bab 1 dan 2 dari buku "Kebijakan dan Strategi Pembangunan Nasional" yang diterbitkan oleh Bappenas.</p> <p>2. Bagaimana hal-hal yang berkaitan dengan pembangunan nasional yang terdapat dalam buku tersebut?</p>		
2	11/01/2023	<p>1. Uraikan isi bab 3 dan 4 dari buku "Kebijakan dan Strategi Pembangunan Nasional" yang diterbitkan oleh Bappenas.</p> <p>2. Bagaimana hal-hal yang berkaitan dengan pembangunan nasional yang terdapat dalam buku tersebut?</p>		

No : /XI/07L.K.L TSP UII

Hal : 1 dari 1

SERTIFIKAT HASIL UJI KUALITAS AIR

Tugas Akhir

Nama Mahasiswa : NUR SAHIDA ANTASARI
 Jenis Contoh Uji : Air Selokan
 Asal Contoh Uji : Treatment Selokan Mataram
 Pengambil Contoh Uji : NUR SAHIDA ANTASARI
 Tanggal Pengambilan Contoh : 1 Agustus
 Tanggal Pengujian Contoh : 1 Agustus – 1 September 2007
 Parameter yang diuji : Bakteri Echerchia Coli (E-Coli)
 Kode Contoh Uji : 2007.01.11.coli
 Kode Lab. : 03LKL FTSP

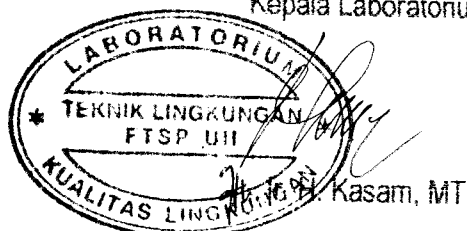
Sampel Ke -	Satuan	Hasil Pengujian							Metode Uji
		inlet	BSF 1	BSF 2	AC 1A	AC 1B	AC 2C	AC 2D	
1	MPN/100 ml	9.5×10^7	7×10^4	3×10^4	1×10^5	1×10^5	2.5×10^5	4×10^4	APHA 9221-B Ed.
2	MPN/100 ml	4×10^5	2.9×10^3	7×10^2	1.5×10^3	2.9×10^3	2.9×10^3	1.4×10^3	APHA 9221-B Ed.
3	MPN/100 ml	$2.71 \cdot 10^6$	1.5×10^3	4.6×10^2	4.6×10^3	1×10^3	7.6×10^2	1×10^3	APHA 9221-B Ed.
4	MPN/100 ml	4.38×10^7	4.6×10^2	2.9×10^2	4.6×10^3	1.9×10^3	5.8×10^2	4.6×10^2	APHA 9221-B Ed.
5	MPN/100 ml	1.1×10^7	2.71×10^3	2.71×10^3	4.6×10^3	4.6×10^2	5.8×10^2	2.9×10^2	APHA 9221-B Ed.
6	MPN/100 ml	2.71×10^4	5.8×10^3	5.8×10^3	7.6×10^3	9.5×10^3	3.8×10^3	9.5×10^2	APHA 9221-B Ed.
7	MPN/100 ml	1×10^7	1.5×10^4	1.5×10^4	3×10^3	6×10^3	4×10^4	6×10^3	APHA 9221-B Ed.
8	MPN/100 ml	6×10^7	4.38×10^4	4.38×10^4	7.2×10^3	7.6×10^3	1.9×10^4	4.6×10^3	APHA 9221-B Ed.
9	MPN/100 ml	4.6×10^3	4.6×10^3	0	7×10^2	4×10^2	0	0	APHA 9221-B Ed.
10	MPN/100 ml	$1.1 \cdot 10^7$	1×10^3	0	2.9×10^3	1×10^3	0	0	APHA 9221-B Ed.

Keterangan :

1. BSF 1 : Biosand Filter 1
2. BSF 2 : Biosand Filter 2
3. AC 1A : Activated Carbon 1 dengan ketinggian karbon 60 cm
4. AC 1B : Activated Carbon 2 dengan ketinggian karbon 30 cm
5. AC 2C : Activated Carbon 1 dengan ketinggian karbon 60 cm
6. AC 2D : Activated Carbon 2 dengan ketinggian karbon 30 cm

Catatan : 1. Hasil uji ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Kepala Laboratorium



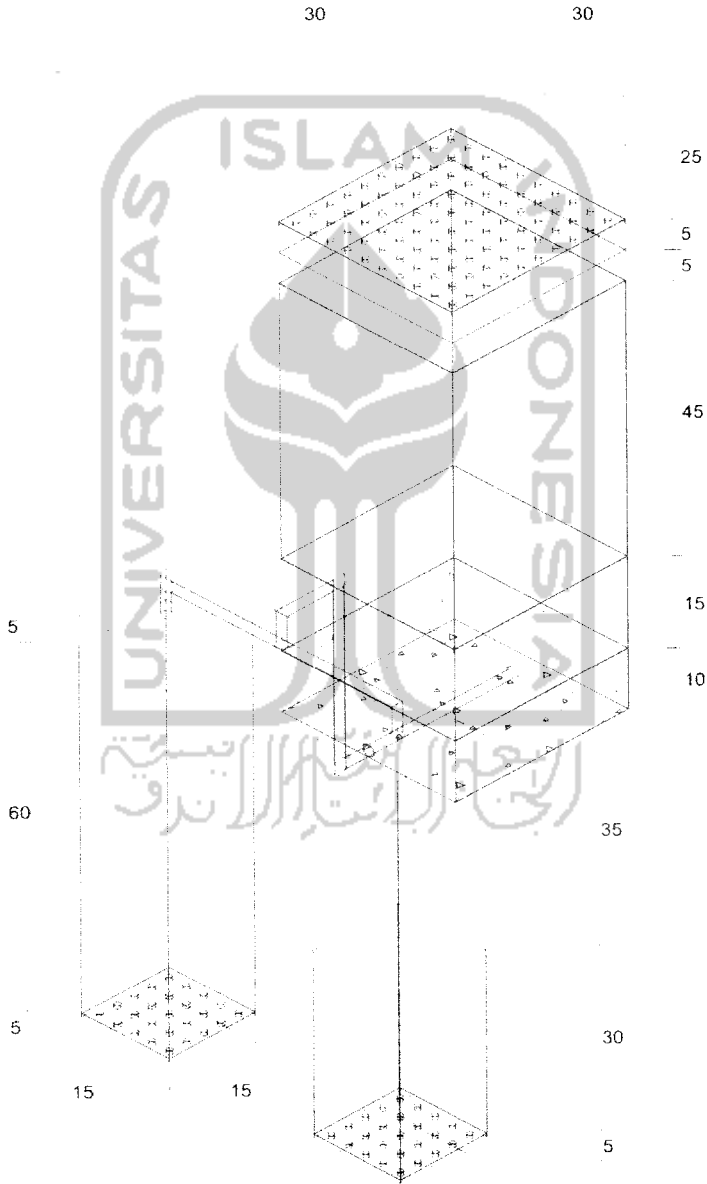


LAMPIDAN 1

**GAMBAR UNIT PENGOLAHAN
BIOSAND FILTER-ACTIVATED CARBON**

LAMPIRAN 1

BIOSAND FILTER 1 -ACTIVATED CARBON 1A & 1B



LAMPIDAN 2

TABEL MPN 3-3-3 MENURUT FORMULA
THOMAS

LAMPIRAN 2

TABEL MPN 3-3-3 MENURUT FORMULA THOMAS

Jumlah TB (+) Gas pada Penanaman			Indeks MPN per 100 ml	Jumlah TB (+) Gas pada Penanaman			Indeks MPN per 100 ml
3 X 10 ml	3 X 1 ml	3 X 0,1 ml		3 X 10 ml	3 X 1 ml	3 X 0,1 ml	
0	0	0	0	2	0	0	10
0	0	1	3	2	0	1	14
0	0	2	6	2	0	2	19
0	0	3	9	2	0	3	24
0	1	0	3	2	1	0	15
0	1	1	6	2	1	1	20
0	1	2	9	2	1	2	25
0	1	3	12	2	1	3	30
0	2	0	6	2	2	0	21
0	2	1	9	2	2	1	26
0	2	2	12	2	2	2	31
0	2	3	16	2	2	3	37
0	3	0	9	2	3	0	27
0	3	1	13	2	3	1	33
0	3	2	16	2	3	2	38
0	3	3	19	2	3	3	44
1	0	0	4	3	0	0	29
1	0	1	7	3	0	1	39
1	0	2	11	3	0	2	49
1	0	3	14	3	0	3	60
1	1	0	7	3	1	0	46
1	1	1	11	3	1	1	58
1	1	2	15	3	1	2	72
1	1	3	18	3	1	3	86
1	2	0	11	3	2	0	76
1	2	1	15	3	2	1	95
1	2	2	19	3	2	2	116
1	2	3	23	3	2	3	139
1	3	0	15	3	3	0	190
1	3	1	19	3	3	1	271
1	3	2	23	3	3	2	438
1	3	3	27	3	3	3	≥ 1898



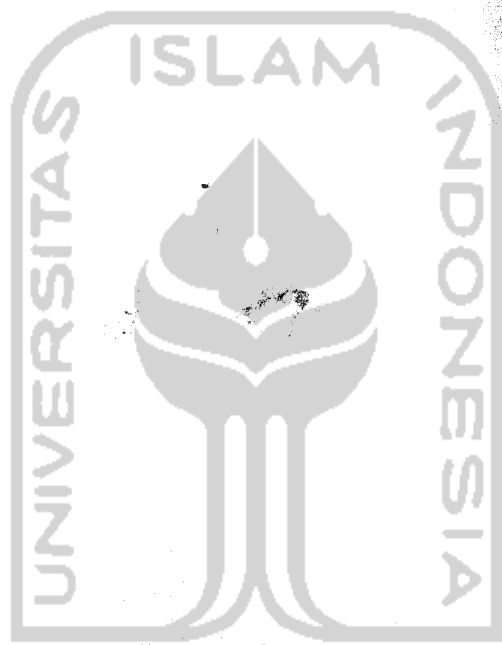
LAMP DAN 3

LAMPIRAN 3

HASIL PENGOLAHAN AIR SELOKAN MATARAM DENGAN BIOSAND FILTER-ACTIVATED CARBON

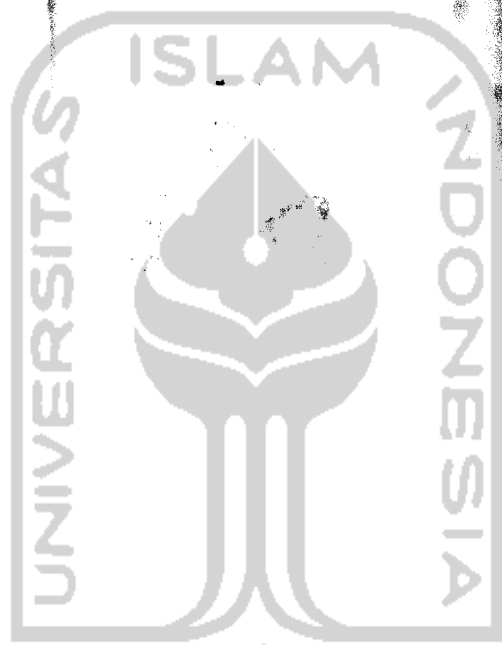


INLET



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

INLET DENGAN BIOSAND FILTER 1



الجامعة الإسلامية
الابدية لا ت perish

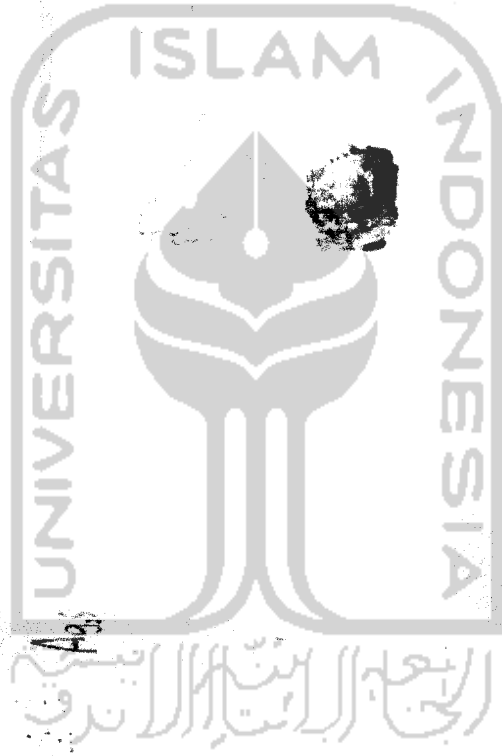
INLET DENGAN BIOSAND FILTER 2

ACTIVATED CARBON 1A (KETINGGIAN KARBON 60 cm)



ACTIVATED CARBON 1B (KETINGGIAN KARBON 30 cm)

ACTIVATED CARBON 2C (KETINGGIAN KARBON 60 cm)



ACTIVATED CARBON 2D (KETINGGIAN KARBON 30 cm)

LAMPIDANA

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

LAMPIRAN 4

KRITERIA MUTU AIR BERDASARKAN KELAS

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviiasi 3	Deviiasi 3	Deviiasi 3	Deviiasi 3	Deviiasi temperatur dari keadaan alamiahnya
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	1000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000mg/L
KIMIA ORGANIK						
PH		6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	
Total Fosfat sebagai P	mg/L	0.2	0.2	1	5	Angka batas minimum
NO ₃ sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
NH ₃ -N	mg/L	0.5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan ammonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0.0.2 mg/L sebagai NH ₃
Arsen	mg/L	0.05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.05	

Gross - B	Bq/L	1	1	1	1	1
KIMIA ORGANIK						
Minyak & Lemak	ug/L	1000	1000	1000	1000	(-)
Detergen sebagai MBAS	ug/L	200	200	200	200	(-)
Senyawa Fenol sebagai Fenol	ug/L	1	1	1	1	1
BHC	ug/L	210	210	210	210	(-)
Aldrin/Dieldrin	ug/L	17	(-)	(-)	(-)	(-)
Chlordane	ug/L	3	(-)	(-)	(-)	(-)
DDT	ug/L	2	2	2	2	2

Sumber: Lampiran PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

