

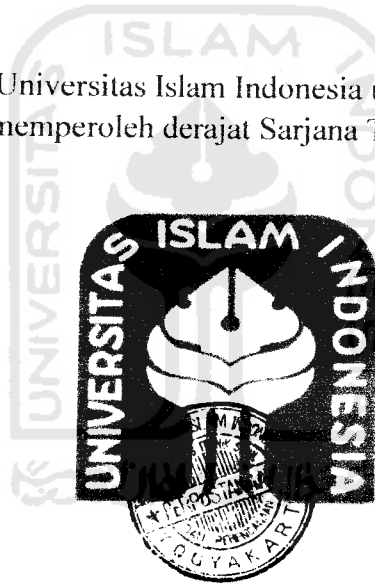
PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELE	
TGL. TERIMA :	31 Mei 2007
NO. JUDUL :	2000460
NO. INV. :	5120002460001
NO. INDIK. :	

TA/TL/2007/0197

**TUGAS AKHIR**

**PENURUNAN KONSENTRASI COD DAN TSS PADA EFFLUENT  
SEPTICTANK DENGAN SUBSURFACE WASTEWATER  
INFILTRATION SYSTEMS (SWISS)**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh derajat Sarjana Teknik Lingkungan



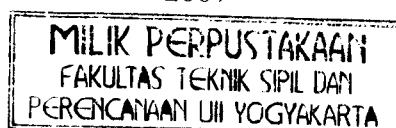
Oleh :

Nama : FLORA ANGGREINI

NIM : 01513090

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

2007



## MOTTO

*"Bila Allah menolongmu, tidak ada yang dapat mengalahkan kamu, sebaliknya kalau Allah meninggalkan kamu, siapa lagi yang dapat menolongmu selain Dia. Maka kepada Allahlah para mukmin harus bertawakal".*

*(Q.S. Ali Imran : 160)*

*"Mohonlah pertolongan Allah dengan sabar dan shalat, Hal itu sangat berat kecuali bagi mereka yang khusyuk".*

*(Q.S Al Baqarah : 45)*

*"Sungguh bersama kesukaran pasti ada kemudahan".*

*(Q.S Al As Syarh : 5)*

*Mencintai seseorang bukanlah apa-apa*

*Dicintai seseorang adalah sesuatu*

*Dicintai oleh orang yang kau cintai sangatlah berarti*

*Tapi dicintai oleh Sang Pencinta adalah segalanya*

9. Mas Iwan Ardiyanta, Amd selaku Laboran di Laboratorium Kualitas Lingkungan.
10. Teman-teman seperjuangan Mala dan Uus, akhirnya kita bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Teman-teman satu kos, Ririn, Dwi, Upik dan Rini yang telah memberi semangat dan dorongan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, makasih ya...
12. Teman-teman Teknik Lingkungan dari angkatan 1999 sampai 2003, khususnya teman-teman angkatan 2001, terima kasih atas kebersamaannya selama ini.

Penulis sadar dalam pembuatan laporan ini banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharap kritik dan saran untuk perbaikan dan penyempurnaan penulisan dalam laporan ini. Penulis berharap semoga laporan ini menjadi kajian di dalam meningkatkan kualitas lingkungan dan tentunya akan bermanfaat bagi kita semua, Amin.

Wassalamu`alaikum Wr.Wb



Yogyakarta, April 2007

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
INTI SARI.....	xiii
ABSTRACK.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Batasan Masalah.....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Air Buangan/Air Limbah.....	6
2.2. Sumber Air Limbah.....	8
2.3. Analisis Sifat-sifat Air Limbah.....	10
2.4. Pengolahan Air Limbah.....	13
2.5. Pertumbuhan Mikroorganisme.....	18
2.6. Langkah-Langkah Pengolahan Air Limbah.....	21
2.7. Parameter Yang di Ujikan.....	23
2.7.1. COD ( <i>Chemical Oxygen Demand</i> ).....	23
2.7.2. TSS ( <i>Total Suspended Solid</i> ).....	25
2.8. Mekanisme Removal dan Mekanisme Filtrasi Pada Reaktor <i>SWISs</i> .....	27



2.8.1. Mekanisme Removal.....	27
2.8.2. Mekanisme Filtrasi.....	28
2.9. Landasan Teori .....	31
2.9.1. <i>Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs)</i> ....	31
2.9.2. Penempatan Permukaan Infiltrasi .....	33
2.9.3. Geometri, Orientasi dan Konfigurasi Permukaan Infiltrasi	34
2.9.4. Distribusi Air Limbah ke Dalam Permukaan Infiltrasi..	36
2.9.5. Pembersihan Filter dan Pemeliharaan Reaktor <i>SWISs</i> ...	37
2.10. Septictank .....	39
2.11. Hipotesa .....	41
<b>BAB III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>42</b>
3.1. Umum .....	42
3.2. Obyek Penelitian.....	43
3.3. Lokasi Penelitian .....	43
3.4. Parameter Penelitian dan Metode Uji .....	44
3.5. Variabel Penelitian.....	44
3.6. Tahapan Penelitian.....	44
3.6. 1. Persiapan Alat .....	44
3.6.2. Proses Sampling .....	45
3.6.3. Prosedur Penelitian.....	46
3.6.4. Pengambilan Air Limbah .....	47
3.6.5. a. Perencanaan Reaktor <i>SWIS</i> .....	47
3.6.5.b. Desain Reaktor <i>SWISs</i> .....	48
3.7. Analisis Data.....	50
3.8. Kerangka Penelitian.....	51
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>52</b>
4.1. Analisa Kualitas Air Limbah Effluent Septictank .....	52
4.1.1 Penurunan Konsentrasi <i>COD</i> Dengan <i>SWISs</i> .....	52
4.1.2. Analisa Efisiensi <i>COD</i> .....	59
4.1.3. Penurunan Konsentrasi <i>TSS</i> dengan <i>SWISs</i> .....	62
4.1.4. Analisa Efisiensi <i>TSS</i> .....	69

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	72
5.1. Kesimpulan.....	72
5.2 Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kualitas Air limbah Rumah Tangga Non WC/Kakus.....	7
Tabel 2.2 Kualitas Air limbah Rumah Tangga Dari WC/Kakus .....	7
Tabel 2.3 Sifat Fisik Limbah Domestik .....	11
Tabel 2.4 Komposisi Tipikal Air Limbah Domestik Yang Tidak Terolah .....	40
Tabel 2.5 Karakteristik Effluent Septictank .....	41
Tabel 3.1 Parameter Penelitian dan Metode Uji .....	44
Tabel 3.2 Diagram Alir Penelitian .....	51
Tabel 4.1 Data Rata-rata Konsentrasi COD Pada Reaktor 1 .....	52
Tabel 4.2 Data Rata-rata Konsentrasi COD Pada Reaktor 2 .....	54
Tabel 4.3 Data Rata-rata Konsentrasi COD Pada Reaktor 3 .....	56
Tabel 4.4 Output Bagian Pertama .....	59
Tabel 4.5 Output Bagian Kedua.....	60
Tabel 4.6 Data Rata-rata Konsentrasi TSS Pada Reaktor 1 .....	62
Tabel 4.7 Data Rata-rata Konsentrasi TSS Pada Reaktor 2 .....	64
Tabel 4.8 Data Rata-rata Konsentrasi TSS Pada Reaktor 3 .....	66
Tabel 4.9 Output Bagian Pertama .....	69
Tabel 4.10 Output Bagian Kedua.....	70

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva Pertumbuhan Mikroba Pada Sisitem Tertutup .....	18
Gambar 2.2 Kurva Pertumbuhan Bakteri Pada Bak Reaktor .....	21
Gambar 2.3 Sistem Konvensional <i>Subsurface Wastewater Infiltration Systems</i> ( <i>SWISs</i> ) .....	31
Gambar 2.4 Rearasi Yang Terjadi Pada Zona Infiltrasi .....	33
Gambar 2.5 Sistem Bukit Buatan Yang di Buat Dari Urugan .....	33
Gambar 3.1 Media Kerikil .....	42
Gambar 3.2 Media Pasir.....	42
Gambar 3.3 Reaktor SWISs.....	45
Gambar 3.4 Reservoar Reaktor SWISs.....	46
Gambar 3.5 Outlet Reaktor SWISs .....	46
Gambar 3.6.a Reaktor SWISs Tampak Atas Dengan 1 Pipa Distribusi.....	48
Gambar 3.6.b Reaktor SWISs Tampak Atas Dengan 2 Pipa Distribusi .....	48
Gambar 3.6.c Reaktor SWISs Tampak Atas Dengan 3 Pipa Distribusi.....	49
Gambar 3.6.d Reaktor SWISs Tampak Melintang.....	49
Gambar 3.6.e Reaktor SWISs Tampak Membujur .....	50
Gambar 4.1 Grafik Efisiensi COD Reaktor 1 (1 Pipa Distribusi).....	53
Gambar 4.2 Grafik Efisiensi COD Reaktor 2 (2 Pipa Distribusi).....	55
Gambar 4.3 Grafik Efisiensi COD Reaktor 3 (3 Pipa Distribusi).....	57
Gambar 4.4 Grafik Efisiensi COD Reaktor 1,2 dan 3.....	55
Gambar 4.5 Grafik Efisiensi TSS Reaktor 1 (1 Pipa Distribusi) .....	58
Gambar 4.6 Grafik Efisiensi TSS Reaktor 2 (2 Pipa Distribusi) .....	64
Gambar 4.7 Grafik Efisiensi TSS Reaktor 3 (3 Pipa Distribusi) .....	67
Gambar 4.8 Grafik Efisiensi TSS Reaktor 1,2 dan 3 .....	68

## LAMPIRAN

- Lampiran I Data Hasil Spektrofometer COD Hari Pertama Sampai Ketujuh  
Data Hasil Pengukuran TSS Hari Pertama Sampai Hari Ketujuh
- Lampiran II Keputusan Menteri No.112 Tahun 2003  
Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.82 Tahun 2001
- Lampiran I Alat Alat Uji Sampel



**Penurunan Konsentrasi COD (Chemical Oxygen Demand) dan TSS  
(Total Suspended Solid) Dengan Subsurface Wastewater Infiltration Systems  
(SWISs)**

**Flora Anggreini**

**Inti Sari**

Kepadatan penduduk yang terus meningkat khususnya di DI Yogyakarta menyebabkan pencemaran pada air permukaan dan air tanah. Penyebab utama dari pencemaran ini salah satunya adalah limbah domestik karena debit air buangan cenderung meningkat perharinya bersamaan dengan meningkatnya populasi, perubahan gaya hidup dan aktifitas lainnya. Masalah yang dihadapi masyarakat yang hidup didaerah pemukiman yang padat penduduk diantaranya WC tidak berfungsi karena tidak adanya sistem resapan, saluran drainase kotor dan berbau berasal dari *septic tank* yang sudah penuh. Tingginya konsentrasi *COD* dan *TSS* pada limbah domestik dinilai perlu untuk dibuat suatu pengolahan alternatif yaitu *Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs)*. Tujuan utama dari penelitian ini untuk mengetahui apakah reaktor *SWISs* dapat menurunkan konsentrasi *COD* dan *TSS* pada *effluent septic tank* serta mengetahui besar penurunan dan efisiensi konsentrasi *COD* dan *TSS*.

Metode penelitian yang dilakukan yaitu proses filtrasi atau penyaringan suspensi-suspensi melalui media berpori yaitu pasir dan kerikil. Data dari hasil penelitian akan dilihat besarnya penurunan konsentrasi dan efisiensi untuk parameter *COD* dan *TSS* dengan menggunakan reaktor *SWISs*.

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, maka diperoleh efisiensi rata-rata untuk parameter *COD* pada reaktor (dengan 1 pipa distribusi) sebesar 31,47%, pada reaktor (dengan 2 pipa distribusi) sebesar 13,29% dan pada reaktor (dengan 3 pipa distribusi) sebesar 24,01%. Untuk parameter *TSS* pada reaktor (dengan 1 pipa distribusi) rata-rata efisiensi sebesar 59,93%, pada reaktor (dengan 2 pipa distribusi) sebesar 36,60% dan pada reaktor (dengan 3 pipa distribusi) sebesar 38,12%. Dari hasil uji statistik diketahui bahwa ada pengaruh variasi jumlah pipa distribusi pada masing-masing reaktor, dan reaktor yang paling baik yaitu reaktor dengan variasi 1 pipa distribusi.

Kata kunci: *COD (Chemical Oxygen Demand)*, *TSS (Total Suspended Solid)*, *effluent septic tank*, reaktor *SWISs*.

**The Decrease of COD (Chemical Oxygen Demand) and TSS  
(Total Suspended Solid) by Subsurface Wastewater Infiltration Systems  
(SWISs)**

**Flora Anggreini**

**Abstrack**

Population density which increasing specially in Yogyakarta causing contamination at surface water and ground water. The root cause from this contamination one of them is domestic waste because debit irrigate discard to increase the same time at the height of population, change of life style and other activities. Problem faced by society which was solid settlement area life of resident among others WC do not function for nothing diffusion system, dirty drainage channel and smell came from *septic tank* which have full. Concentration height of *COD* and of *TSS* at assessed domestic waste require to be made by a processing of alternative that is *Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs)*. Especial target of this research to know reactor of *SWISs* can degrade concentration of *COD* and of *TSS* at *septic tank effluent* and also know bigly of concentration efficiency and degradation of *COD* and of *TSS*.

Research method that is process of filtrasi or screening of suspended through media have pore that is gravel and sand. Data of research result will be seen by the level of degradation of efficiency and concentration for the parameter of *COD* and *TSS* using reactors of *SWISs*.

From attempt result which have been done, hence obtained mean efficiency for the parameter of *COD* at reactors (by 1 distribution pipe) equal to 31,47%, at reactor (by 2 distribution pipe) equal to 13,29% and at reactor (by 3 distribution pipe) equal to 24,01%. For the parameter of *TSS* at reactors (by 1 distribution pipe) efficiency mean equal to 59,93%, at reactor (by 2 distribution pipe) equal to 36,60% and at reactor (by 3 distribution pipe) equal to 38,12%. From statistical test result known that is influence of variation is amount of distribution pipes at each reactor, and best reactor that is reactor with variation of 1 distribution pipe.

Key word: *COD (Chemical Oxygen Demand)*, *TSS (Total Suspended Solid)*, *effluent septic tank*, *SWISs reactor*.

# LEMBAR PENGESAHAN

## TUGAS AKHIR

### "PENURUNAN KONSENTRASI COD DAN TSS PADA EFFLUENT SEPTICTANK DENGAN SUBSURFACE WASTEWATER INFILTRATION SYSTEMS (SWISs)"

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagai  
persyaratan memperoleh derajat Sarjana Teknik Lingkungan

Disusun Oleh :

NAMA : FLORA ANGGREINI

NIM : 01513090

Pembimbing I  
**Ir.H.Kasam, MT**

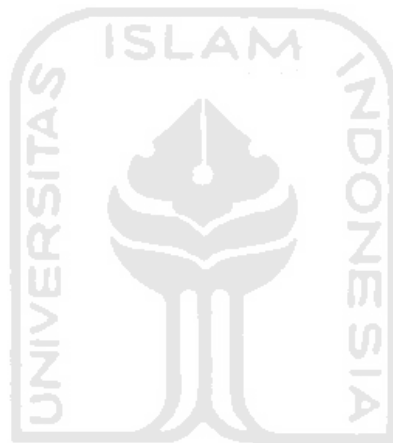
  
Tanggal : 6-15-07

Pembimbing II  
**Hudori, ST**

  
Tanggal :



## HALAMAN PERSEMBAHAN



*Kupersembahkan karya ini kepada :*

*Ibundaku yang tercinta dan Ayahanda yang kusayangi*

*Terima kasih atas segala pengorbanan lahir batin, do'a dan kasih sayangnya*

*Kedua kakakku Inche Ariyanti & Eka Putri, abangku Adi Pribadi & Fiktur Rahman*

*dan Zainal Abidin & Anyik tercinta sebagai motivator*

*Keponakanku yang tersayang Egha, Daffa dan Indah*

*Semoga Allah SWT mencatatnya sebagai amal kebajikan*

*Amin.*

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada hambanya, serta shalawat dan salam senantiasa terlimpah kepada junjungan kita Nabi besar Rasulullah saw beserta keluarga dan para sahabatnya.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rangkaian ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya pada semua pihak yang telah membantu dalam proses penelitian dan penyusunan laporan Tugas Akhir (TA) dengan judul "Penurunan Konsentrasi COD dan TSS Pada *Effluent Septic tank* Dengan *Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs)*".

Dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini, tak lepas dari bimbingan dan pengarahan dari beberapa pihak yang terkait. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Drs. Edy Suandi Hamid, MEd selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Ir. H. Ruzardi, MS selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Luqman Hakim, ST, M.Si. selaku dosen dan Kepala Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
4. Bapak H. Kasam, MT selaku dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia dan Pembimbing I Tugas Akhir.
5. Bapak Hudori, ST selaku dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia dan Pembimbing II Tugas Akhir.
6. Bapak Eko Siswoyo, ST selaku dosen dan Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
7. Bapak Andik Yulianto, ST selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan.
8. Mas Agus Prananto bagian pengajaran Jurusan Teknik Lingkungan.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air limbah merupakan salah satu hasil dari aktifitas hidup manusia. Hal tersebut keberadaannya sangat dipengaruhi oleh kondisi sosial ekonomi masyarakat itu sendiri dan aktifitas manusia. Sumber air limbah dari aktifitas manusia berkaitan dengan penggunaan air seperti mandi, mencuci, tempat cuci, WC, industri dan lain-lain. Kualitas air limbah yang dihasilkan tersebut sangat beragam, tergantung dari sumber dan sistem pengolahan yang digunakan. Sehingga kualitas air limbah akan semakin baik jika ditangani atau diolah dengan sistem pengolahan yang tepat.

Limbah rumah tangga (domestik) mengandung berbagai macam pencemar termasuk bakteri patogen. Selama ini zat pencemar berupa detergent biasanya dibuang begitu saja ke saluran, sedangkan kotoran manusia masuk ke *septic tank* individual. Cara seperti ini bisa merusak lingkungan karena kotoran manusia mengandung berbagai macam bakteri yang membahayakan tubuh manusia itu sendiri.

Salah satu contoh yang terjadi di kota Yogyakarta, pada perairan pantai Samas yang telah tercemar oleh nutrient (nitrat dan fosfat) serta coliform dengan besaran konsentrasi 50-70 kali lebih besar dari baku mutu yang ditetapkan. Tingginya konsentrasi nitrat, fosfat dan amoniak disebabkan oleh masukan buangan limbah domestik dari beberapa sungai yang bermuara ke sungai Opak.

Kandungan nutrient yang tinggi akan memicu ledakan pertumbuhan alga sehingga menyebabkan menurunnya kandungan oksigen terlarut secara drastis. Kandungan bakteri coliform yang tinggi di muara perairan pantai membuktikan bahwa telah terjadi pencemaran limbah domestik khususnya tinja. Hal ini disebabkan karena WC yang dibuat tidak dilengkapi dengan *septic tank* dan umumnya buangnya langsung dialirkan ke sungai. Masih sangat sedikit yang mengelola limbahnya secara memadai baik secara individu maupun komunal (Anonim, 2006).

Pada umumnya limbah domestik mempunyai kandungan padatan tersuspensi yang tinggi, dimana padatan tersuspensi ini merupakan salah satu penyebab kekeruhan pada air yang tentu saja akan mempengaruhi dari segi estetika air tersebut. Adanya padatan tersuspensi dalam air juga akan mempengaruhi penetrasi sinar matahari ke dalam air sehingga akan mempengaruhi regenerasi oksigen serta fotosintesis. Dalam air limbah juga terkandung *COD* yang cukup tinggi, kadar *COD* yang tinggi pada air sungai selalu menunjukkan adanya pencemaran.

Berkembangnya teknologi pengolahan air limbah maka instalasi maupun komponen instalasi yang digunakan saat ini menggunakan teknologi yang modern pula. Namun demikian adanya keterbatasan khusus dalam operasi dan pemeliharaan instalasi pengolahan air limbah, maka masih diperlukan teknologi yang sesuai dengan kondisi sosial dan ekonomi masyarakat Indonesia saat ini. Teknologi pengolahan yang dipilih harus dapat meningkatkan kualitas air effluent dari sistem yang digunakan baik secara fisik, kimia maupun bakteriologis.

Sebagai salah satu alternatif pengolahan untuk menurunkan konsentrasi pencemar dengan parameter *COD* dan *TSS* yang dapat dilakukan adalah sistem pengolahan air limbah ditempat (on site) dengan *Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs)* bermedia pasir dan kerikil dengan proses aerobik.

*SWISs* adalah sistem pengolahan pasif, efektif dan murah karena kapasitas asimilatif dari banyak tanah bisa mentransformasi dan mendaur ulang sebahagian besar bahan pencemar yang ditemukan pada air limbah domestik dan non domestik. *SWISs* adalah metoda pengolahan pilihan didaerah pedalaman yang belum memiliki pipa riol, dimana titik pelepasan ke air permukaan tidak diijinkan. *SWISs* menawarkan sebuah alternatif jika air tanah tidak saling berhubung dengan air permukaan. Karakteristik tanah, ukuran, dan kedekatan dengan sumber air yang sensitif mempengaruhi penggunaan *SWISs*. Hasil-hasil dari berbagai macam penelitian telah menunjukkan *SWISs* mencapai tingkat penghilangan untuk *BOD*, *COD*, *TSS* sebesar 90%, *Nitrogen* sebesar 10-20%, *Fosfor* sebesar 0-100% dan *Fecal Coliform* sebesar 99,99%. Kebutuhan oksigen biokimia, benda-benda padat yang tertahan, indikator tinja, dan zat aktif kapiler secara efektif hilang dalam 2 sampai 5 kaki pada tanah aerobik tak jenuh. Bahan-bahan yang mengandung logam dan fosfor dapat dihilangkan melalui penyerapan, pertukaran ion, dan reaksi presipitasi dan endapan (Anonim, 2002)

Berdasarkan konstruksi-konstruksi yang telah dilakukan sebelumnya, maka penelitian ini untuk mengolah limbah *effluent septic tank* dari *effluent septic tank* UII Yogyakarta dengan menggunakan *Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs)* bermedia pasir dan kerikil dengan tiga reaktor

infiltrasi yang pemasangan pipa distribusinya bervariasi untuk menurunkan konsentrasi *COD* dan *TSS*. Dimana perbedaan pemasangan pipa pada tiap reaktor ini akan mempengaruhi kecepatan dan debit air limbah yang masuk.

Diharapkan dari hasil pengolahan dengan alat ini, konsentrasi pencemar dengan parameter *COD* dan *TSS* dapat diturunkan sehingga aman apabila dibuang ke badan air atau selokan.

### 1.2 Rumusan Masalah

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

- a. Seberapa besar laju kemampuan *Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs)* menurunkan *COD* dan *TSS* pada limbah *effluent septic tank*?
- b. Apakah terjadi perbedaan hasil dari proses *Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs)* apabila variasi pemasangan pipa diubah ubah?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Kegiatan penelitian dengan membuat instalasi untuk pengolahan limbah *effluent septic tank* berupa konstruksi *SWISs* adalah bertujuan:

- a. Untuk mengetahui kemampuan *Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs)* dalam menurunkan *COD* dan *TSS* pada *effluent septic tank*.
- b. Untuk mengetahui variasi pemasangan pipa distribusi pada reaktor yang paling efektif (yaitu 1, 2 dan 3 pipa distribusi) sehingga mendapatkan penurunan kadar *COD* dan *TSS* yang paling optimal.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

- a. Memberikan salah satu alternatif teknologi dalam menurunkan kadar *COD* dan *TSS* yang terlalu tinggi pada *effluent septic tank* yang akan dibuang ke badan air.
- b. Sebagai referensi pada penelitian berikutnya agar mencoba berbagai variasi percobaan sehingga nantinya akan mendapatkan data yang lebih lengkap tentang kemampuan *Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs)* dalam menurunkan kadar *COD* dan *TSS* pada *effluent septic tank*.

#### 1.5 Batasan Masalah

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

- a. *SWISs* menggunakan media pasir dan kerikil
- b. Sumber air limbah yang digunakan limbah *effluent septic tank* yang terdiri dari air buangan *septic tank*, air buangan kamar mandi dan air buangan dari dapur di FTSP UII, Jalan Kaliurang Yogyakarta.
- c. Variasi pemasangan pipa distribusi yaitu dengan menggunakan 1 pipa, 2 pipa, dan 3 pipa.
- d. Parameter yang diukur adalah *COD* dan *TSS*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Buangan/Air Limbah**

Air buangan dapat diartikan sebagai kejadian masuknya atau dimasukkannya benda padat, cair dan gas kedalam air dengan sifatnya yang berupa endapan atau padatan, padatan tersuspensi, terlarut, sebagai koloid, emulsi yang menyebabkan air di maksud harus dibuang dengan sebutan air buangan (Tjorokusumo, 1995).

Air limbah domestik yang berasal dari air bekas mandi, bekas cuci pakaian maupun cuci perabot, bahan makanan, air buangan dari manusia yaitu urin dan tinja tentunya mengandung banyak detergent atau sabun dan mikroorganisme. Sekalipun mengandung zat padat tetapi tinja dikelompokkan sebagai air buangan. Dibandingkan dengan air bekas cuci maka tinja jauh lebih berbahaya karena mengandung banyak kuman patogen. Tinja merupakan cara transport utama bagi penyakit bawaan air, terutama berbahaya bagi masyarakat berpenghasilan rendah yang seringkali kekurangan gizi.

Kualitas limbah menunjukkan spesifikasi limbah yang diukur dari jumlah kandungan bahan pencemar didalam limbah. Kandungan pencemar di dalam limbah terdiri dari berbagai parameter. Semakin kecil jumlah parameter dan semakin kecil konsentrasinya, hal itu menunjukkan semakin kecilnya peluang untuk terjadinya pencemaran lingkungan. Karakteristik air limbah rumah tangga non kakus (Grey Water) dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.



Tabel 2.1 Kualitas Air Limbah Rumah tangga Non Kakus (Grey Water)

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	pH	-	8,5
2	Temperatur	°C	24
3	Amonium	Mg/L	10
4	N total	Mg/L	0
5	N total	Mg/L	0,005
6	Sulfat	Mg/L	150
7	Phospat	Mg/L	6,7
8	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Mg/L	44
9	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Mg/L	107
10	DO	Mg/L	4,01
11	BOD <sub>5</sub>	Mg/L	189
12	COD	Mg/L	317
13	Klorida	Mg/L	47
14	Zat Organik	mg/L KMnO <sub>4</sub>	554
15	Detergen	mg/L MBAS	2,7
16	Minyak	Mg/L	<0,05

Sumber: Laboratorium TL ITE tahun 1994

Karakteristik air limbah rumah tangga dari wc/kakus dari dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Kualitas Air Limbah Rumah tangga Dari WC/Kakus

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	pH	-	6,5 – 7,0
2	Temperatur	°C	37
3	Amonium	Mg/L	25
4	N total	Mg/L	0
5	N total	Mg/L	0
6	Sulfat	Mg/L	20
7	Phospat	Mg/L	30
8	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Mg/L	
9	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Mg/L	120
10	BOD <sub>5</sub>	Mg/L	220
11	COD	Mg/L	510
12	Klorida	Mg/L	45
13	Tota Coli	MPN	3 X 10 <sup>5</sup>

Sumber: Laboratorium Esia Lingkungan Perumahan 1994

Beberapa kemungkinan yang akan terjadi akibat masuknya limbah ke dalam lingkungan :

- Ada pengaruh perubahan, tetapi tidak mengakibatkan pencemaran.
- Memberikan perubahan dan menimbulkan pencemaran.
- Lingkungan tidak mendapat pengaruh yang berarti. Hal ini disebabkan karena volume limbah kecil, parameter pencemar yang terdapat dalam limbah sedikit dengan konsentrasi yang kecil.

Sedangkan faktor – faktor yang mempengaruhi kualitas limbah adalah :

- Volume limbah.
- Kandungan bahan pencemar
- Frekuensi pembuangan limbah (Kristanto, 2002).

## 2.1 Sumber Air Limbah

Sumber air limbah dapat dibedakan menjadi air limbah domestik dan air limbah Non-domestik :

### 1. Air Limbah domestik

Limbah domestik adalah semua limbah yang berasal dari kamar mandi, WC, dapur, tempat cuci pakaian, apotik, rumah sakit, dan sebagainya. Yang secara kuantitatif limbah tadi terdiri atas zat organik, baik padat ataupun cair, bahan berbahaya dan beracun (B3), garam terlarut, lemak dan bakteri.

Air limbah domestik adalah sumber utama pencemar badan air di daerah perkotaan. Masuknya air limbah domestik ke lingkungan tanpa diolah akan mengakibatkan menurunnya kualitas air di badan air penerima seperti sungai,

yang pada akhirnya menyebabkan beberapa masalah yaitu kerusakan keseimbangan ekologi di aliran sungai, masalah kesehatan penduduk yang memanfaatkan air sungai secara langsung, yang dapat menurunkan derajat kesehatan masyarakat dan meningkatkan angka kematian akibat infeksi air, bertambahnya biaya pengolahan air minum oleh perusahaan air minum (PAM) serta kerusakan perikanan di muara (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003) .

Air buangan domestik merupakan campuran yang rumit antara bahan organik dan anorganik dalam bentuk, seperti partikel-partikel benda padat besar dan kecil atau sisa-sisa bahan larutan dalam bentuk koloid (Mahida, 1984). Air buangan ini juga mengandung unsur-unsur hara, sehingga dengan demikian merupakan wadah yang baik sekali untuk pembiakan mikroorganisme.

Untuk mengetahui air buangan domestik secara luas diperlukan pengetahuan yang mendetail tentang komposisi atau kandungan yang ada didalamnya. Setelah diadakan analisis ternyata diketahui bahwa sekitar 75 % dari benda-benda terapung dan 40 % benda-benda padat yang dapat disaring adalah berupa bahan organik. Komposisi utama bahan-bahan organik tersebut tersusun oleh 40-60 % protein, 25-50 % karbohidrat dan 10 % sisanya berupa lemak.

## 2. Air Limbah Non-Domestik

Limbah non domestik adalah limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi, dan sumber-sumber lain. Limbah ini sangat bervariasi, lebih-lebih untuk limbah industri. Limbah pertanian biasanya

terdiri atas bahan padat bekas tanaman yang bersifat organik, pestisida, bahan pupuk yang mengandung Nitrogen, dan sebagainya.

### **2.3 Analisis sifat-sifat air limbah**

Untuk mengetahui lebih luas tentang air limbah, maka perlu kiranya diketahui juga secara detail mengenai kandungan yang ada di dalam air limbah juga sifat-sifatnya. Setelah diadakan analisis ternyata bahwa air limbah mempunyai sifat yang dapat dibedakan menjadi tiga bagian besar, diantaranya :

- **Sifat Fisik**

Sebagian besar air buangan domestik tersusun atas bahan-bahan organik. Pendegradasian bahan-bahan organik pada air buangan akan menyebabkan kekeruhan. Selain itu kekeruhan yang terjadi akibat lumpur, tanah liat, zat koloid dan benda-benda terapung yang tidak segera mengendap. Pendegradasian bahan-bahan organik juga menimbulkan terbentuknya warna. Parameter ini dapat menunjukkan kekuatan pencemaran.

Komponen bahan-bahan organik tersusun atas protein, lemak, minyak dan sabun. Penyusun bahan-bahan organik tersebut cenderung mempunyai sifat berubah-ubah (tidak tetap) dan mudah menjadi busuk. Keadaan ini menyebabkan air buangan domestik menjadi berbau. Secara fisik sifat-sifat air buangan domestik dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.3 Sifat Fisik Limbah Domestik

No	Sifat-sifat	Penyebab	Pengaruh
1.	Suhu	Kondisi udara sekitar	Mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen atau gas lain. Juga kerapatan air, daya viskositas dan tekanan permukaan.
2.	Kekeruhan	Benda-benda tercampur seperti limbah padat, garam, tanah, bahan organik yang halus, algae, organisme kecil.	Mematikan sinar, jadi mengurangi produksi oksigen yang dihasilkan.
3.	Warna	Sisa bahan organik dari daun dan tanaman.	Umumnya tidak berbahaya, tetapi berpengaruh terhadap kualitas air.
4.	Bau	Bahan volatil, gas terlarut, hasil pembusukan bahan organik.	Mengurangi estetika.
5.	Rasa	Bahan penghasil bau, benda terlarut dan beberapa ion.	
6.	Benda Padat	Benda organik dan anorganik yang terlarut atau tercampur.	Mempengaruhi jumlah organik padat.

(Sumber : Sugiharto, 1987)

- Sifat Kimia

Pengaruh kandungan bahan kimia yang ada di dalam air buangan domestik dapat merugikan lingkungan melalui beberapa cara. Bahan-bahan terlarut dapat menghasilkan *DO* atau oksigen terlarut dan dapat juga menyebabkan timbulnya bau (*Odor*). Protein merupakan penyebab utama terjadinya bau ini, sebabnya ialah struktur protein sangat kompleks dan tidak stabil serta mudah terurai menjadi bahan kimia lain oleh proses dekomposisi.

Didalam air buangan domestik dijumpai karbohidrat dalam jumlah yang cukup banyak, baik dalam bentuk gula, kanji dan selulosa. Gula cenderung mudah



algae. Bakteri adalah mikroorganisme bersel satu yang menggunakan bahan organik dan anorganik sebagai makanannya. Berdasarkan penggunaan makanannya, bakteri dibedakan menjadi bakteri autotrof dan heterotrof. Bakteri autotrof menggunakan karbondioksida sebagai sumber zat karbon, sedangkan bakteri heterotrof menggunakan bahan organik sebagai sumber zat karbonnya. Bakteri yang memerlukan oksigen untuk mengoksidasi bahan organik disebut bakteri aerob, sedangkan yang tidak memerlukan oksigen disebut bakteri anaerob.

Selain bakteri, jamur juga termasuk dekomposer pada air buangan domestik. Jamur adalah mikroorganisme nonfotosintesis, bersel banyak, bersifat aerob dan bercabang atau berfilamen yang berfungsi untuk memetabolisme makanan. Bakteri dan jamur dapat memetabolisme bahan organik dari jenis yang sama. Protozoa adalah kelompok mikroorganisme yang umumnya motil, bersel tunggal dan tidak ber dinding sel. Kebanyakan protozoa merupakan predator yang sering kali memangsa bakteri. Peranan protozoa penting bagi penanganan limbah organik karena protozoa dapat menekan jumlah bakteri yang berlebihan. Selain itu protozoa dapat mengurangi bahan organik yang tidak dapat di metabolisme oleh bakteri ataupun jamur dan membantu menghasilkan effluen yang lebih baik (Sugiharto, 1987).

#### **2.4 Pengolahan Air Limbah**

Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi BOD, partikel tercampur, serta membunuh organisme patogen. Selain itu, diperlukan juga tambahan pengolahan untuk menghilangkan bahan nutrisi, komponen

beracun, serta bahan yang tidak dapat terdegradasi agar konsentrasi yang ada menjadi rendah. (Sugiharto, 1987).

Berdasarkan karakteristik limbah, proses pengolahan dapat digolongkan menjadi tiga bagian, yaitu fisika, kimia, dan biologi.

a. Proses Fisika

Perlakuan terhadap air limbah dengan cara fisika, yaitu proses pengolahan secara mekanis dengan atau tanpa penambahan kimia. Proses - proses tersebut diantaranya adalah penyaringan, penghancuran, perataan air, penggumpalan, sedimentasi, pengapungan dan filtrasi.

b. Proses Kimia

Proses pengolahan secara kimia menggunakan bahan kimia untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar di dalam limbah. Dengan adanya bahan kimia berarti akan terbentuk unsur baru dalam air limbah, yang mungkin berfungsi sebagai *katalisator*. Kegiatan yang termasuk dalam proses kimia diantaranya adalah pengendapan, klorinasi, oksidasi dan reduksi, netralisasi, ion exchanger dan desinfektan.

c. Proses Biologi

Proses pengolahan limbah secara biologis adalah memanfaatkan *mikroorganisme* (ganggang, bakteri, protozoa) untuk menguraikan senyawa organik dalam air limbah menjadi senyawa yang sederhana dan dengan demikian mudah mengambilnya. Pengolahan ini terutama digunakan untuk menghilangkan bahan organik yang biodegradable dalam air buangan.



Pengolahan biologis dapat dibedakan menurut pemakaian oksigennya, menjadi proses aerobik, anaerobic dan Fakultatif (Kristanto, 2002).

Proses pengolahan secara biologi berdasarkan pendekatan di bagi menjadi:

#### 1. Berdasarkan Lingkungan Proses Biologi

Proses pengolahan secara biologi merupakan sebuah proses biokimia yang berlangsung pada dua kondisi lingkungan utama, yaitu lingkungan aerob dan lingkungan anaerob.

##### a. Lingkungan *Aerob*

merupakan lingkungan dimana oksigen terlarut dalam air terdapat cukup tersedia sehingga oksigen bukan merupakan faktor pembatas. Pada lingkungan ini oksigen bertindak sebagai akseptor elektron.

Proses biologis secara aerobik berarti proses dimana terdapat oksigen terlarut. Oksidasi bahan organik menggunakan molekul oksigen sebagai aseptor elektron akhir adalah proses utama yang menghasilkan energi kimia untuk mikroorganisme dalam proses ini. Mikroba yang menggunakan oksigen sebagai aseptor elektron akhir adalah mikroorganisme aerobik. Beberapa pengolahan limbah cair secara aerobik adalah lumpur aktif, tricliling filter, kolam oksidasi, lagoon aerasi dan parit oksidasi (Jenie, B.S.L, 1993).

Senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam limbah cair dapat dipecahkan oleh mikroorganisme aerobik menjadi senyawa-senyawa yang tidak

mencemari, dimana pemecahan ini berlangsung dalam suasana aerobik atau ada oksigen.

b. Lingkungan *anaerob*

merupakan kebalikan dari lingkungan aerob, yaitu tidak terdapat oksigen terlarut atau ada tetapi dengan konsentrasi yang sangat rendah, sehingga menjadi faktor pembatas berlangsungnya proses aerob.

Pengolahan air buangan secara anaerobik yaitu proses penguraian air buangan dilakukan oleh mikroorganisme anaerobik, dalam kondisi tanpa oksigen. Bahkan mikroba yang bersifat obligat anaerobik tidak dapat hidup bila ada oksigen terlarut. Bakteri tersebut antara lain bakteri etan yang umumnya terdapat pada digester anaerobik dan *lagoon anaerobik*. Proses anaerobik memperoleh energi dari oksidasi bahan-bahan organik kompleks tanpa menggunakan oksigen terlarut, tetapi menggunakan senyawa-senyawa lain sebagai pengoksidasi, yaitu ; oksigen, karbon dioksida, senyawa-senyawa organik yang teroksidasi sebagian, sulfat dan nitrat (Jenie B. S. L., 1993).

Pengubahan asam organik menjadi gas metan menghasilkan sedikit energi, sehingga laju pertumbuhannya lambat. Laju pengurangan buangan organik pada proses anaerobik dan lumpur yang dihasilkan menjadi lebih sedikit dibandingkan dengan proses pengolahan secara aerobik. Pada proses anaerobik sintesa sel lebih kecil sehingga nutrien yang dibutuhkan lebih sedikit bila dibandingkan dengan proses aerobik. Pada proses anaerobik ini keseluruhan dari prosesnya terdiri dari bakteri, sehingga stabilitasnya prosesnya mudah terganggu, karena itu perlu pengawasan yang ketat.

2. Berdasarkan Konfigurasi Reaktor, berdasarkan kondisi pertumbuhan mikroorganismenya, terdiri dari :

a. Reaktor Pertumbuhan Tersuspensi (*suspended growth reactor*)

Menurut Jenie (1995), pertumbuhan tersuspensi merupakan istilah campuran antara organisme dengan limbah organik. Pertumbuhan tersuspensi dapat terjadi pada reaktor aerob maupun anaerob. Mikroorganismenya mampu membentuk gumpalan menjadi masa flokulan dan mampu bergerak dalam aliran cairan. Contoh dari pertumbuhan tersuspensi yaitu unit lumpur aktif, lagoon aerasi, parit oksidasi, dan digester anaerobik yang tercampur baik.

Didalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganismenya tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi, proses lumpur aktif yang banyak dikenal langsung dalam reaktor jenis ini. Proses lumpur aktif berkembang terus dengan berbagai modifikasi. Proses lumpur aktif dengan berbagai modifikasi ini mampu memurnikan BOD, COD dengan efisiensi 75-95%. (Sugiharto, 1987).

b. Reaktor Pertumbuhan Melekat (*attached growth reactor*)

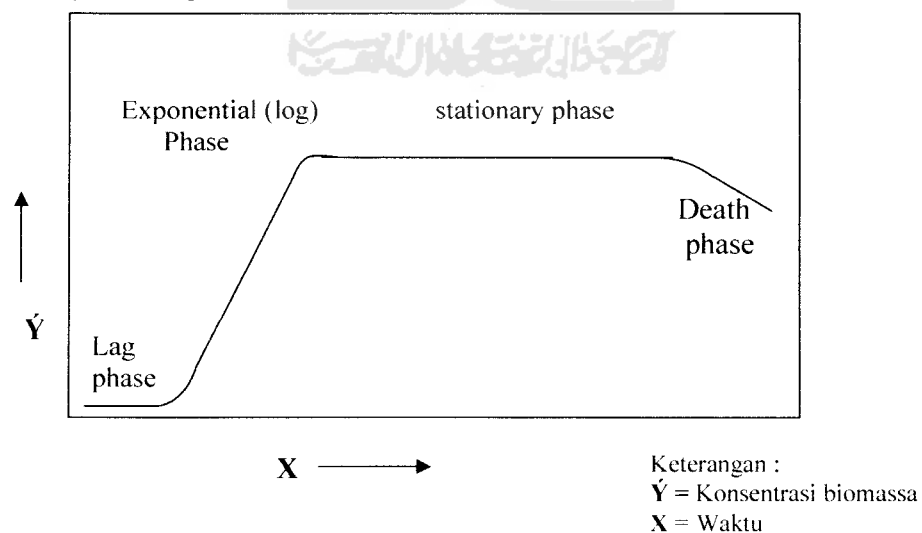
Dalam reaktor pertumbuhan melekat, mikroorganismenya tumbuh dan berkembang dalam keadaan melekat pada suatu media dengan membentuk lapisan biofilm. Dalam reaktor pertumbuhan melekat (*attached growth reactor*), populasi dari mikroorganismenya yang aktif berkembang disekeliling media padat (seperti batu dan plastik). Mikroorganismenya yang melekat ini akan menstabilisasi bahan organik pada air buangan yang lewat

disekitar mereka. Contoh reaktor ini yaitu Trickle Filter dan Rotating Biological Contactors (RBC) (Qasim, 1985).

Menurut *Jenie (1995)*, pertumbuhan mikrobia akan melekat bila mikrobia tersebut tumbuh pada media padat sebagai pendukung dari aliran limbah yang kontak dengan mikroorganisme. Media pendukung antara lain batu-batu besar, karang, lembar plastik bergelombang, atau cakram berputar. Contoh unit pertumbuhan melekat untuk pengolahan limbah cair adalah filter yang menetes atau trickling filter, cakram biologi berputar dan filter anaerobik.

## 2.5 Pertumbuhan Mikroorganisme

Menurut (Prescott 1994) pertumbuhan mikroorganisme dapat diplotkan sebagai logaritma dari jumlah sel dengan waktu inkubasi. Dari hasil kurva terdiri dari empat fase (gambar 2.1)



Gambar 2.1. Kurva Pertumbuhan Mikroba pada Sistem Tertutup

Sumber : Prescott, 1999

➤ Fase awal (*Lag phase*)

Ketika mikroorganisme diperkenalkan kepada media kultur segar, biasanya tidak ada penambahan jumlah sel atau massa, periode ini disebut fase awal.

Fase awal (lag) merupakan masa penyesuaian mikroba, sejak inokulasi sel mikroba diinokulasikan ke mediabiakan. Selama periode ini tidak terjadi penangkaran sel (Mangunwidjaja, 1994).

➤ Fase Ekponensial (*Exponential phase*)

Menurut fase Eksponensial, mikroorganisme tumbuh dan terbagi pada angka maksimal. Pada fase ini pertumbuhannya adalah konstan mengikuti fase eksponensial. Mikroorganisme terbagi dan terbelah di dalam jumlah pada interval regular.

➤ Fase Stasioner (*Stationary phase*)

Fase ini yaitu ketika populasi pertumbuhan berhenti dan kurva pertumbuhan menjadi horizontal.

Pada fase stasioner, konsentrasi biomassa mencapai maksimal, pertumbuhan berhenti dan menyebabkan terjadinya modifikasi struktur biokimiawi sel (Mangunwidjaja, 1994).

➤ Fase kematian (*Death phase*)

Kondisi lingkungan yang merugikan mengubah seperti penurunan nutrient dan menimbulkan limbah racun, mengantarkan berkurangnya jumlah dari sel hidup sehingga menyebabkan kematian.

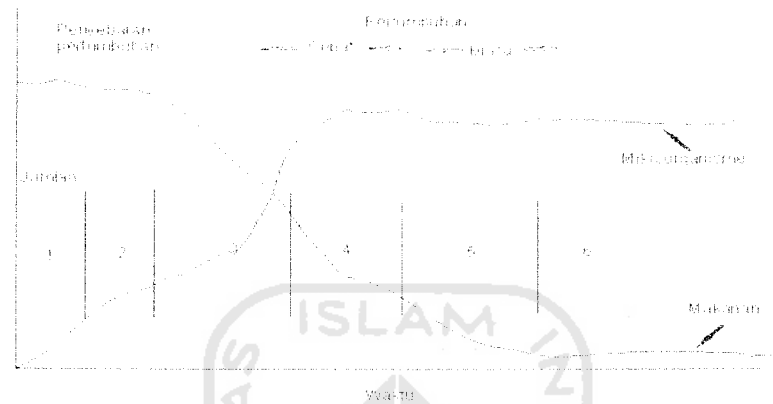
- Pertumbuhan Bakteri dalam Bak Reaktor

Bakteri diperlukan Untuk menguraikan bahan organik yang ada didalam air limbah. Oleh karena itu diperlukan jumlah bakteri yang cukup untuk menguraikan bahan-bahan tersebut. Bakteri tersebut akan berkembang biak apabila jumlah makanan yang terkandung didalamnya cukup tersedia, sehingga pertumbuhan bakteri dapat dipertahankan secara konstan. Pada permulaannya bakteri berbiak secara konstan dan agak lambat pertumbuhannya karena adanya suasana baru pada air limbah tersebut, keadaan ini dikenal sebagai *lag phase*. Setelah beberapa saat berjalan, bakteri akan tumbuh berlipat ganda dan fase ini disebut fase akselerasi (*accelarastion phase*). Setelah tahap ini maka terdapat bakteri yang tetap dan bakteri yang terus meningkat jumlahnya. Pertumbuhan yang cepat setelah fase ini disebut sebagai *log phase*. Selama *log phase* diperlukan banyak persediaan makanan, sehingga suatu saat terdapat pertemuan antara pertumbuhan bakteri yang meningkat dan penurunan jumlah makanan yang terkandung didalamnya. Apabila tahap ini berjalan terus, maka akan terjadi keadaan dimana jumlah bakteri dan makanan tidak seimbang dan keadaan ini disebut sebagai *declining growth phase*. Pada akhirnya makanan akan habis dan kematian bakteri akan terus meningkat sehingga dicapai suatu keadaan dimana jumlah bakteri yang mati dan tumbuh akan berimbang yang dikenal sebagai *statinary phase*.

Setelah jumlah makanan habis digunakan, maka jumlah kematian akan lebih besar dari jumlah pertumbuhan keadaan ini disebut *endogeneus phase*, dan

pada saat ini bakteri menggunakan energi simpanan ATP untuk pernapasannya sampai ATP habis dan kemudian akan mati (Sugiharto,1987)

Kurva pertumbuhan bakteri dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini:



Ket: 1. *Lag Phase* 4. *Declining Growth Phase*  
 2. *Accelaration Phase* 5. *Stationary Phase*  
 3. *Log Phase* 6. *Endogeneous Phase*

Gambar 2.2 Kurva Pertumbuhan Bakteri Pada Bak Reaktor

Sumber: Sugiharto, 1987

## 2.6 Langkah-langkah pengolahan air limbah

### a. Tujuan pengolahan air limbah

Pengolahan air limbah dengan tujuan untuk dipergunakan kembali, biasanya akan memerlukan biaya yang lebih besar dibandingkan apabila pengolahan air limbah hanya akan dibuang ke lingkungan.

Lingkungan atau badan air tempat pembuangan air limbah juga menentukan sampai seberapa jauh pengolahan air limbah harus dilaksanakan. Apabila badan air tempat pembuangan limbah dikategorikan badan air golongan B, maka air limbah harus memenuhi kriteria golongan I. air limbah yang

memenuhi kriteria golongan II, III dan IV masing-masing (maksimum) hanya boleh dibuang pada badan air golongan C, D, dan E.

b. Penentuan Reagen

Penentuan reagen yang sesuai akan menghilangkan logam berat, bau, warna dan polutan lainnya dari air limbah. Dari beberapa percobaan (menggunakan 250 ml air limbah), polutan yang terdapat dalam air limbah dapat diserap oleh reagen dalam waktu sekitar 2 menit. Pada tahap berikutnya reagen yang telah menyerap polutan diendapkan dan dipisahkan. Waktu yang diperlukan untuk pengendapan polutan dalam percobaan tersebut sekitar 2 menit.

c. Menentukan ukuran dan peralatan

Ukuran dan jenis peralatan yang dipergunakan dalam pengolahan air limbah tergantung dari debit air limbah, hasil pengolahan yang diinginkan, area yang disediakan, proses pengolahan yang dipilih, dan biaya yang disediakan untuk pengolahan. Percobaan skala laboratorium sangat diperlukan dalam menentukan ukuran dan jenis peralatan yang dipergunakan. dari percobaan yang dilakukan di laboratorium, hasil pengolahan limbah sudah dapat diketahui.

d. Pembangunan instalasi dan uji coba

Pembangunan instalasi dilakukan apabila sudah dapat dipastikan bahwa dengan instalasi tersebut air limbah dapat diproses sesuai dengan hasil yang diharapkan. Setelah instalasi pengolahan air limbah selesai, kemudian dilakukan ujicoba apakah hasil yang diharapkan dalam pengolahan dapat terpenuhi. (Darsono, 1992).



## 2.7 Parameter Yang Diujikan

### 2.7.1 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD adalah jumlah ( $\text{mg O}_2$ ) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada di dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  digunakan sebagai sumber oksigen (oxidizing agent). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air (Alaerts, 1984).

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat didalam air limbah secara sempurna. Prinsip kerjanya adalah dengan mengambil contoh air dan kemudian ditambahkan dengan larutan oksidator ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) yang akan mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat didalam air limbah domestik. Kelebihan zat oksidator ini diukur kembali selisih harganya yang kemudian dipakai untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat didalam air limbah domestik.

COD adalah banyaknya oksigen ppm atau  $\text{mg/L}$  yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan bahan-bahan organik yang ada didalam air limbah domestik. COD adalah sejumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan-bahan yang teroksidasi oleh senyawa oksidator, nilai COD merupakan suatu bilangan yang dapat menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi  $\text{CO}_2$  dalam air dengan perantara oksida kuat dalam suasana asam.

Perbedaan COD dan BOD (Benefield, 1980) :

1. Angka BOD adalah jumlah komponen organik biodegradable dalam air buangan, sedangkan tes COD menentukan total organik yang dapat teroksidasi, tetapi tidak dapat membedakan komponen biodegradable / non biodegradable.
2. Beberapa substansi inorganik seperti sulfat dan tiosulfat, nitrit dan besi ferrous yang tidak akan terukur dalam tes BOD akan teroksidasi oleh kalium dikromat, membuat nilai COD inorganik yang menyebabkan kesalahan dalam penetapan komposisi organik dalam laboratorium.
3. Hasil COD tidak tergantung pada aklimasi bakteri, sedangkan hasil tes BOD sangat dipengaruhi aklimasi seeding bakteri.

COD ini secara khusus bernilai apabila BOD tidak dapat ditentukan karena terdapat bahan-bahan beracun. Waktu pengukurannya juga lebih singkat dibandingkan pengukuran BOD. Namun demikian bahwa BOD dan COD tidak menentukan hal yang sama dan karena itu nilai-nilai secara langsung COD tidak dapat dikaitkan dengan BOD. Hasil pengukuran COD tidak dapat membedakan antara zat organik yang stabil dan yang tidak stabil. COD tidak dapat menjadi petunjuk tentang tingkat dimana bahan-bahan secara biologis dapat diseimbangkan. Namun untuk semua tujuan yang praktis COD dapat dengan cepat sekali memberikan perkiraan yang teliti tentang zat-zat arang yang dapat dioksidasi dengan sempurna secara kimia (Mahida, 1984).

Efektivitas *SWISs* untuk meremoval bahan-bahan organik dari air limbah dengan cara infiltrasi tergantung pada kedalaman dan luas area infiltrasi itu

sendiri. Proses ini berdasarkan kemampuan media berpori untuk menyaring air limbah dengan menyimpan pada fraksi-fraksi kosongnya. Berkurangnya bahan-bahan organik menyebabkan kadar COD yang terdapat dalam air limbah juga berkurang.

### **2.7.2 TSS (*Total Suspended Solid*)**

Zat padat tersuspensi atau suspended solid adalah padatan yang tersuspensi yang dapat mempengaruhi kekeruhan dan kecerahan air. Hal ini dapat berpengaruh terhadap proses fotosintesis dan pembusukan, sehingga mempengaruhi nilai guna perairan. Padatan tersuspensi total adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter  $> 1\mu\text{m}$ ) yang tertahan pada saringan milipore dengan diameter pori  $0,5\ \mu\text{m}$ . TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Suspended solid dapat dihasilkan oleh bahan organik maupun bahan anorganik (Alaerts dan Santika, 1987).

Zat tersuspensi biasanya sebagai benda padat yang berpengaruh terhadap jumlah organik padat, dan juga merupakan indikator pencemaran atau kepekatan limbah. Zat padat tersuspensi didalam air limbah, bekas pencucian ikan cukup tinggi. Hal ini merupakan materi suspensi yang diperkirakan dari sisa-sisa dari pencucian ikan. Pengendapan zat padat ini di dalam badan dasar air, akan mengganggu kehidupan di dalam air tersebut. Endapan solid di dasar badan air akan mengalami dekomposisi yang menyebabkan menurunnya kadar oksigen terlarut disamping menimbulkan bau busuk dan pemandangan tidak sedap.

Air yang terpolusi selalu mengandung padatan yang dapat dibedakan atas tiga kelompok berdasarkan besar partikalnya dan sifat-sifat lainnya terutama kelarutannya, yaitu:

- Padatan terendap (sedimen)

Sedimen adalah padatan yang dapat langsung mengendap jika air didiamkan tidak terganggu selama beberapa waktu. Padatan yang mengendap tersebut terdiri dari partikel-partikel padatan yang mempunyai ukuran relatif besar dan berat sehingga dapat mengendap dengan sendirinya. Sedimen yang terdapat didalam air biasanya terbentuk sebagai akibat dari erosi, dan merupakan padatan yang umum terdapat di dalam air permukaan. Adapun sedimen dalam jumlah tinggi didalam air akan sangat merugikan.

- Padatan tersuspensi (koloid)

Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari pada sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya. Selain mengandung padatan tersuspensi air buangan juga sering mengandung bahan-bahan bersifat koloid, misalnya protein. Jumlah padatan tersuspensi didalam air dapat diukur menggunakan alat turbidimeter.

- Padatan terlarut

Padatan terlarut adalah bahan-bahan yang mempunyai ukuran lebih kecil dari pada padatan tersuspensi. Padatan ini terdiri dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang larut dalam air, garam dan mineral.

Berdasarkan prinsip cara kerja *SWISs* yaitu memproses bahan yang tidak terendapkan dan bahan yang terlarut dengan cara penyaringan air limbah dengan melewati pada media yang porous. Penurunan benda-benda padat yang mengambang dan organik dapat mencapai 90-98%. Beberapa nitrifikasi juga terjadi yang menghasilkan air limbah yang stabil yang bekuad keruahan dan warna yang rendah. Kedalaman media dan luasnya area infiltrasi menentukan derajat kebersihan air limbah yang disaring, sehingga konsentrasi TSS cenderung menurun.

## **2.8 Mekanisme Removal dan Mekanisme Filtrasi pada Reaktor *SWISs***

### **2.8.1 Mekanisme Removal**

*SWISs* merupakan suatu proses penyaringan atau penjernihan air dimana air yang akan diolah dilewatkan pada suatu media proses dengan kecepatan rendah yang dipengaruhi oleh diameter butiran pasir yang lebih kecil agar dapat menyaring bakteriologi. Pada *SWISs* dengan media pasir untuk proses pengolahan air limbah domestik yang tidak melalui unit-unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi. Karena pada filter ini proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi terjadi pada filter dengan bantuan mikroorganisme yang terbentuk pada permukaan pasir. *SWISs* adalah sebuah teknologi yang terbukti dapat diadaptasikan dan dapat bertahan di negara-negara berkembang. Teknologi ini dapat mencapai sekian persen (%) meremoval bakteri. Keuntungan teknologi ini selain murah, membutuhkan sedikit pemeliharaan dan beroperasi secara gratis. (Anonim, 2002).

Ketinggian air maksimum dari *SWISs* di desain 5 cm di bagian atas air dilapisi pasir halus. Kontak pendifusi diatas lapisan butir-butir pasir memberikan tujuan yang penting untuk mengurangi kecepatan dari input air yang dapat merusak lapisan paling atas dari pasir. (Anonim, 2002).

Pada saringan pasir yang dioperasikan secara intermiten, proses biologi yang terjadi bergantung pada banyaknya air yang ada diatas pasir selama sela waktu. Semakin dangkal kedalaman air, maka oksigen yang tersedia akan lebih banyak, sehingga bisa menyebabkan lapisan pada zone biologi aktif, serta dapat tumbuh dengan lebih dalam di dalam pasir tersebut. (Anonim, 2002).

### 2.8.2 Mekanisme Filtrasi

Menurut Metcalf&Eddy (1991) proses filtrasi pada saringan kerikil terdiri dari beberapa mekanisme, yaitu :

1. *Straining (penyaringan)*, yaitu proses pemunian air dari partikel-partikel zat tersuspensi yang terlalu besar dengan jumlah pemisahan melalui celah-celah diantara butiran kerikil yang berlangsung diantara permukaan kerikil.
2. *Sedimentasi (pengendapan)*, proses pengendapan yang terjadi tidak berbeda jauh seperti pada bak pengendap biasa, tetapi pada bak pengendap biasa endapan akan terbentuk hanya pada dasar bak sedangkan pada filtrasi endapan dapat terbentuk pada seluruh permukaan butiran.
3. *Impaction (benturan)*, dimana pada proses filtrasi ini terjadi benturan antara partikel-partikel yang melayang atau terkandung dalam air baku dengan butiran media saring.

4. *Interception ( penahanan)*, adalah tertahannya partikel-partikel solid pada media saring.
5. *Adhesion (pelekatan)*, atau penyerapan dapat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel tersuspensi dengan butiran media saring, merupakan hasil gaya tarik menarik antara partikel-partikel yang bermuatan listrik berlawanan.
6. *Chemical and Physical adsorption*, media saring yang bersih mempunyai muatan listrik negative dengan demikian mampu mengadsorpsi partikel partikel positif.
7. *Biological growth*, pertumbuhan biologis yang terjadi pada permukaan media saring.

Melekatnya partikel yang lebih halus pada permukaan butiran kerikil dapat juga disebabkan oleh adanya ikatan fisik dan kimia antara partikel-partikel air dan adanya gerak brown yaitu gerak patah-patah atau (zig-zag) dengan arah yang tidak menentu terhadap partikel-partikel koloid akan menyebabkan terjadinya tumbukan antar partikel sehingga diameter partikel bertambah besar kemudian partikel dapat ditahan oleh celah-celah antara butiran kerikil. Gerak brown terjadi akibat adanya tumbukan yang tidak seimbang antara partikel-partikel koloid dengan molekul-molekul pendepresinya.

Penurunan kemampuan gravel juga disebabkan terjadinya pengikisan material pada permukaan media kerikil karena partikel dan flokulan belum terikat secara kuat pada permukaan media penyaring, sehingga kikisan tersebut jatuh dan terdorong kelapisan kerikil yang lebih dalam karena adanya kecepatan aliran.

Pada salah satu mekanisme penyisihan partikel dalam media granular terdapat proses *adhesion* (pelekatan) dimana terjadi penumpukan partikel-partikel tersuspensi pada media kerikil, maka tidak ada proses penyaringan hal ini terjadi karena adanya penyumbatan sehingga air pada pada pengeluaran akan mendadak keruh dan diperlukan pencucian media.

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

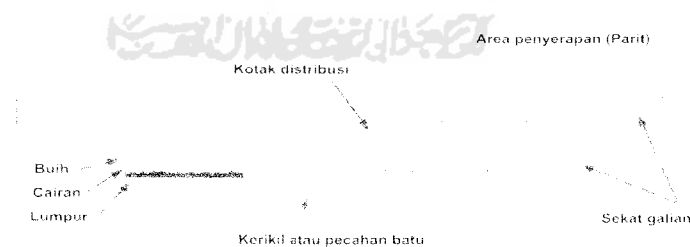
- a. *Kualitas air baku*, Semakin baik kualitas air baku yang diolah maka akan baik pula hasil penyaringan yang diperoleh.
- b. *Suhu*, Suhu yang baik yaitu antara 20-30 °C, temperatur akan mempengaruhi kecepatan reaksi – reaksi kimia.
- c. *Kecepatan penyaringan*, Pemisahan bahan-bahan tersuspensi dengan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



## 2.9 Landasan Teori

### 2.9.1 *Subsurface Wastewater Infiltration System (SWISs)*

*Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs)* adalah sistem yang paling umum digunakan untuk pengolahan air limbah di tempat (on site). *SWISs* adalah sistem pengolahan pasif, efektif dan murah karena kapasitas asimilatif dari banyak tanah bisa mentransformasi dan mendaur ulang sebahagian besar bahan pencemar yang ditemukan pada air limbah domestik dan non domestik. Kemampuan tanah dalam menahan air tergantung pada sifat permeabilitas tanah (mampu melakukan atau memindahkan air). Tanah asli tak jenuh mempunyai kemampuan untuk menyerap air, sehingga dapat menyaring air limbah pada saat infiltrasi ke dalam tanah. Ketika air limbah diserap dan disaring melalui tanah, air limbah diolah melalui berbagai macam proses dan reaksi fisika, kimia dan biokimia. Sistem konvensional *SWISs* dapat dilihat pada gambar 2.2

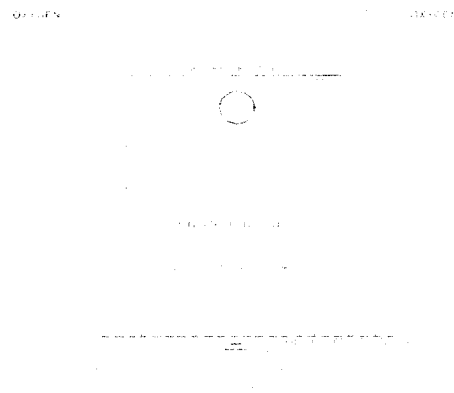


**Gambar 2.3** Sistem konvensional *Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs)*

Banyak desain dan bentuk berbeda yang digunakan tetapi semua gabungan permukaan tanah infiltrasi diletakkan pada lubang-lubang galian yang

dikubur. Permukaan utama infiltrasi diletakkan pada dasar galian, tetapi dinding-dinding sampingnya juga bisa digunakan untuk infiltrasi. Pipa dipasang agar dapat mendistribusikan air limbah di atas permukaan infiltrasi. Media berpori khususnya bebatuan yang dihancurkan di tempatkan ke dalam galian, dibawah dan di sekitar pemasngan pipa-pipa distribusi untuk menopang dan menyebarkan aliran untuk semua galian. Media berpori dapat mempertahankan struktur galian, dan memberi ruang penyimpanan pada fraksi-fraksi kosongnya (khususnya 30 % sampai 40 % dari volume).

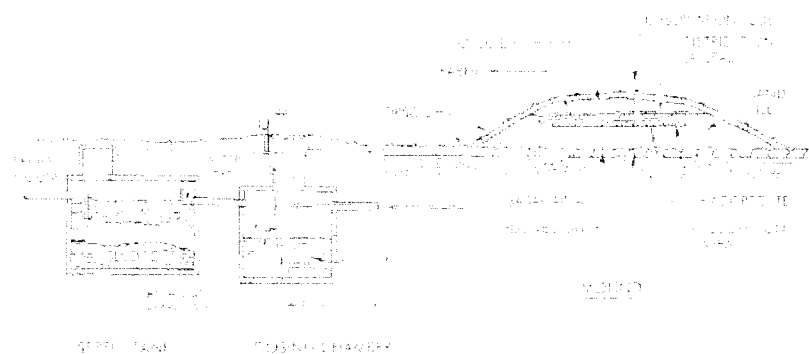
Sistem infiltrasi air limbah bawah tanah memberi pengolahan pada air limbah yang disebarkan. Air limbah yang diserap tanah akan melalui zona infiltrasi dan zona vadose. Zona yang paling aktif secara biologis dan sering disebut sebagai “biomat”. Bahan yang mengandung karbon di dalam air limbah dengan cepat dapat berubah bentuk di zona ini, dan nitrifikasi terjadi dengan cepat jika ketersediaan oksigen cukup. Oksigen yang tersedia harus memenuhi kebutuhan mikroorganisme yang mendegradasi bahan-bahan ini, jika tidak proses metabolik mikroorganisme bisa berkurang atau terhenti serta akan mempengaruhi pengolahan dan infiltrasi air limbah. Juga ada zona dimana sebagian besar reaksi serap terjadi karena potensial kelembapan negatif didalam zona tak jenuh menyebabkan air yang disaring mengalir ke dalam pori-pori yang lebih lembut yang tidak terhambat menyebabkan kontak lebih besar dengan permukaan tanah. Akhirnya banyak pemindahan fosfor dan pathogen (pembawa penyakit) terjadi di zona ini. Sedangkan zona vadose (tak jenuh) memberi jalan kembali untuk penyebaran oksigen ke zona infiltrasi. Seperti yang terlihat pada gambar 2.3



**Gambar 2.4 Rearasi Yang Terjadi Pada Zona Infiltrasi**

### 2.9.2 Penempatan Permukaan Infiltrasi

Penempatan permukaan infiltrasi *SWISs* bisa dibawah, pada atau diatas permukaan tanah yang ada (pada parit di dalam tanah, pada gradien tanah, atau dengan sitem bukit buatan “*mound*”). Penempatan permukaan infiltrasi di dalam tanah ditentukan oleh persyaratan pengolahan hidrolis. Perbedaan hanya pada infiltrasi yang dibangun diatas tanah dan bahan isian, akan tetapi mekanisme-mekanisme pengolahan dan penyebarannya sama. Sistem bukit buatan yang dibangun dari urugan dapat dilihat pada gambar 2.4



**Gambar 2.5 Sistem bukit buatan yang dibuat dari urugan**

Kedalaman permukaan infiltrasi merupakan pertimbangan yang penting dalam mempertahankan aerasi di lapisan bawah tanah. Kedalaman maksimum permukaan infiltrasi harusnya tidak melebihi 3 hingga 4 kaki.

Desain dari sistem pengolahan air limbah di tempat (on site) bervariasi menurut lokasi dan karakteristik air limbah, namun demikian semua desain harus diusahakan untuk memiliki ciri-ciri berikut :

1. Penempatan permukaan infiltrasi yang dangkal, (<2 kaki di bawah gradien akhir ).
2. Muatan organik sebanding dengan buangan sumur pada tingkat muatan hidrolis yang direkomendasikan.
3. Arah parit sejajar dengan kontur-kontur permukaan.
4. Mempersempit parit (<3 kaki lebarnya).
5. Penentuan dosis yang ditentukan waktunya dengan penyimpanan arus puncak.
6. Aplikasi air limbah yang seragam di atas permukaan yang infiltrasi.
7. Banyak ruang untuk memberi waktu istirahat, kapasitas yang tersedia dan ruangan untuk perbaikan.

### **2.9.3 Geometri, Orientasi, dan Konfigurasi Permukaan Infiltrasi**

Geometri, orientasi, dan konfigurasi dari permukaan infiltrasi merupakan faktor desain yang penting yang mempengaruhi kinerja *SWISs*. Hal-hal tersebut penting untuk meningkatkan aerasi subtanah, mempertahankan jarak pemisahan

yang dapat diterima dari zona jenuh atau horizon terbatas dan mempermudah konstruksi. Geometri terdiri dari panjang, lebar dan tinggi permukaan infiltrasi.

Lebar selokan biasanya 1 hingga 4 kaki, selokan yang lebih sempit akan lebih baik tetapi kondisi tanah dan teknik konstruksi mungkin membatasi seberapa sempit selokan dapat dibuat.

Panjang selokan dibutuhkan karena adanya pembebanan *linear downslope*, dimana dampak terhadap kualitas air tanah bisa saja terjadi. Panjang selokan dibatasi hingga 100 kaki, pembatasan ini muncul pada kode yang ditulis untuk mengatur sistem distribusi gravitasi. Panjang selokan yang melebihi 100 kaki diperlukan untuk mengatasi dampak air tanah dan memungkinkan drainase air limbah.

Tinggi dinding ditentukan oleh jenis media berpori yang digunakan dalam sistem. Dalamnya media diperlukan untuk melindungi pipa distribusi dan memberi ruang untuk penyimpanan pada saat arus puncak, karena dinding samping tidak digunakan sebagai permukaan infiltrasi yang aktif dalam ukuran luas infiltrasi. Tinggi dinding samping dapat diminimalisasi untuk menjaga permukaan infiltrasi yang memiliki profil tanah yang tinggi. Ukuran 6 inci biasanya cukup untuk aplikasi media berpori.

Orientasi permukaan infiltrasi menjadi pertimbangan penting pada tempat yang miring, tempat dengan tanah yang dangkal atau pada zona jenuh. Pada beberapa kasus air tanah mungkin berbeda dengan kontur permukaan karena adanya sejarah morfologis tanah. Jika hal ini terjadi, pertimbangan harus diberikan untuk menyesuaikan selokan dengan kontur kondisi terbatas.

Memperpanjang selokan hingga tegak dengan gradien air tanah dapat mengurangi pembebanan masa per unit area.

Konfigurasi dari permukaan infiltrasi meliputi jarak selokan, jarak berbagai selokan yang dibuat paralel satu dengan yang lainnya ditentukan oleh karakteristik tanah dan metode konstruksi. Jarak dinding ke dinding lainnya harus disesuaikan agar konstruksinya tidak merusak selokan terdekat. Semakin besar jarak selokan akan dapat memberikan transfer oksigen yang lebih memadai.

#### **2.9.4 Distribusi Air Limbah ke dalam Permukaan Infiltrasi**

Metode dan pola distribusi air limbah dalam suatu sistem infiltrasi dibawah permukaan merupakan unsur desain yang penting. Distribusi yang sama akan membantu dalam mempertahankan arus tidak jenuh dibawah permukaan infiltrasi.

Sistem gravitasi sangat sederhana dan murah namun menjadi metode distribusi yang paling tidak efisien. Ketika biomat terbentuk pada area dengan beban berlebihan, permukaan tanah akan terhambat atau tertutup sehingga memaksa air limbah mengalir melalui media berpori dari selokan hingga mencapai permukaan infiltrasi yang tidak terhambat. Tanpa adanya periode yang lebih lama untuk mengalirkan air limbah memungkinkan permukaan mengering dan terjadinya kegagalan hidroulik.

Pipa plastik berlubang dengan diameter 4 inci merupakan pipa distribusi yang biasanya digunakan untuk sistem gravitasi. Lubang-lubang pada dinding

pipa berjarak 30 cm, biasanya pipa ini di letakkan pada kerikil dengan lubang menghadap bawah.

Kotak distribusi digunakan untuk membagi arus effluent limbah diantara jalur distribusi yang banyak. Kotak ini dangkal, bagian bawah datar dan tanah air dengan satu inlet dan satu outlet pada elevasi yang sama untuk setiap jalur distribusi. Penempatan yang tidak merata akan menghasilkan arus tidak sama pada jalur lateral karena elevasi lubang outlet berhenti pada level tersebut. Jika ini terjadi harus dilakukan penyesuaian untuk membuat kembali pembagian arus yang sama.

#### **2.9.5 Pembersihan Filter dan Pemeliharaan Reaktor *SWISs***

Efisiensi filter tidak konstan tetapi dapat meningkat pada awal operasi filter dan menurun ketika bahan solid terakumulasi secara berlebihan didalam filter. Oleh karena itu, removal periodik dari bahan yang terakumulasi tadi dibutuhkan untuk memulihkan efisiensi dan mungkin kinerja dari media filter tersebut.

Partikel-partikel padat dari air limbah yang tertahan oleh media filtrasi akan membentuk endapan yang kemudian menempel pada permukaan media. Ketika endapan terus terbentuk dengan beban yang berlebihan, permukaan filtrasi akan terhambat atau tertutup, sehingga memaksa limbah mengalir melalui media berpori ke permukaan yang tidak terhambat. Hal ini dapat menyebabkan seluruh permukaan infiltrasi tergenang sehingga kinerja dari media untuk memfiltrasi air limbah tidak efektif lagi.

Titik pengaliran harus dibilas atau yang biasa disebut dengan “backwashing” secara teratur untuk melindungi masuknya benda-benda padat. Menyempurnakan pembilasan dengan membuka katup bilasan yang akan dikembalikan pada pipa dengan menambahkan kecepatan yang diinginkan. Setiap penambahan kecepatan pada prosedur ini harus memperhitungkan standar, volume pembilasan dan desain konstruksi jika terjadi kehilangan tekanan air. Jika pembilasan dilakukan bergantian, pembilasan ini setidaknya dilakukan sebulan sekali. Pembersihan filter secara teratur sangat perlu untuk pemeliharaan dan performa yang memuaskan.

Untuk pemeliharaan *SWISs* sendiri memerlukan sedikit bantuan dari orang yang mengoperasikan dalam pemeliharaan dan pemantauan. Tetapi semuanya memerlukan persiapan sebelum pengolahan lebih lanjut, besar dan banyaknya pengaliran secara bergantian, dan tingginya resiko karena penambahan instalasi maka sangat dibutuhkan pemantauan dan pemeliharaan, antara lain:

- Perputaran ruang infiltrasi dengan mengarahkan air limbah ke penyiapan ruang istirahat pengoperasian, frekuensinya dilakukan setahun sekali.
- Kolam permukaan infiltrasi dengan memantau kolam air limbah apabila kedalamannya melebihi diatas permukaan infiltrasi dan pegangan untuk memutar, frekuensinya dilakukan sebulan sekali.
- Pemeriksaan permukaan dan garis keliling *SWISs* dengan memantau seluruh area *SWISs*, mengawasi kolam permukaan atau memberi tanda jika terjadi tekanan atau kerugian, frekuensinya dilakukan sebulan sekali.



- Penilaian integritas dan tingkatan kepadatan tangki dengan memantau kedalaman tangki benda-benda padat dan pemeriksaan lumpur, akumulasi buih, kondisi dari dinding antara inlet dan outlet, dan tambahan perlengkapan saluran juga potensi yang menyebabkan terjadinya kebocoran. Frekuensinya bervariasi sesuai dengan ukuran tangki dan program manajemen.

## 2.10 Septic Tank

Septic tank adalah tangki yang tertutup rapat untuk menampung aliran limbah yang melewatinya sehingga kandungan bahan padat dapat dipisahkan, diendapkan atau diuraikan oleh aktivitas bakteriologis didalam tangki. Fungsinya bukan untuk memurnikan air limbah tetapi untuk mencegah bau dan menghancurkan kandungan bahan padat (Salvato, 1992).

Septic tank mempunyai beberapa fungsi diantaranya:

1. *Sedimentasi*, Fungsi yang paling pokok dari septic tank adalah kemampuannya mereduksi kandungan bahan padat terlarut (SS) pada limbah cair domestik.
2. *Penyimpanan*, Septic tank diharapkan menampung akumulasi endapan.
3. *Penguraian*, Penguraian lumpur oleh bakteri secara anaerobik merupakan akses dari lama waktu penyimpanan endapan dalam tangki. Bakteri akan menghasilkan oksigen yang akan terlarut jika ia mengurai bahan organik yang terkandung didalam limbah. Bakteri ini juga akan mengurai bahan organik kompleks dan mereduksinya menjadi selulosa dan menghasilkan gas meliputi  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $H_2S$  dan  $CH_4$ .

4. *Menahan laju aliran*, Septic tank akan mereduksi terjadinya beban aliran puncak.

Selama limbah ditahan dalam septic tank maka benda-benda padat akan mengendap didasar tangki, dimana benda-benda tersebut dirombak secara anaerobik. Lapisan tipis yang terbentuk di permukaan akan membantu memelihara kondisi anaerobik. Keluaran dari septic tank, dari sudut pandang kesehatan masyarakat sama bahayanya dengan air limbah segar sehingga memerlukan pengolahan lebih lanjut sebelum dibuang (Mara, 1978).

Waktu tinggal limbah pada septictank berukuran besar tidak boleh kurang dari 12 jam, detensi selama 24 hingga 72 jam direkomendasikan untuk septic tank berukuran besar. (Salvato, 1992)

Tabel 2.4 Komposisi Tipikal Air Limbah Domestik Yang Tidak Terolah

kontaminan	unit	konsentrasi		
		minimum	medium	Maksimum
TSS	mg/L	120	210	400
COD	mg/L	250	430	800
Nitrogen (Total as N)	mg/L	20	40	70

(Sumber : Metchalf & Eddy, 1991)

Septic tank adalah ruang kedap berkamar tunggal atau lebih yang berfungsi untuk pengolahan tunggal atau awal terutama dalam sistem pengolahan air buangan skala kecil dan setempat (Mouras Automatic Scavenger, 1860) dan kemudian mempelajari proses yang terjadi dan memberi nama "*Septic Tank*" (Donal Cameron, 1895).

Proses utama yang terjadi didalam *septic tank* adalah:

1. Sedimentasi SS
2. Flotasi lemak dan material lain ke permukaan air
3. Terjadinya proses biofisik kimia di ruang lumpur

Ditinjau dari segi kuantitasnya air buangan yang masuk ke dalam *septic tank* berupa Sullage (*Grey water*) yang berasal dari aktivitas pencucian, dapur, kamar mandi. **Black water** (*human body waste*) yang berasal dari feces dan urin.

Tabel 2.5 Karakteristik Effluent Septic tank

Komponen	Range konsentrasi	Tipikal konsentrasi
TSS	36–85 mg/L	60 mg/L
BOD <sub>5</sub>	118–189 mg/L	120 mg/L
pH	6,4–7,8	6,5
Fecal Coliform	10 <sup>6</sup> – 10 <sup>7</sup> CFU / 100 mL	10 <sup>6</sup> CFU / 100 mL

(Sumber : EPA, 2002)

## 2.11 Hipotesa

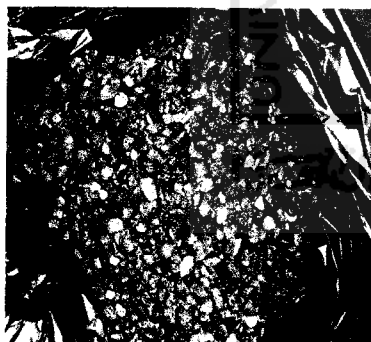
- a. *SWISs* dapat menurunkan kandungan *COD* dan *TSS* pada air limbah *effluent septic tank*.
- b. Dengan adanya variasi pemasangan pipa distribusi pada *SWISs*, maka kemungkinan dapat menurunkan konsentrasi *COD* dan *TSS* pada air limbah *effluent septic tank*.

### BAB III

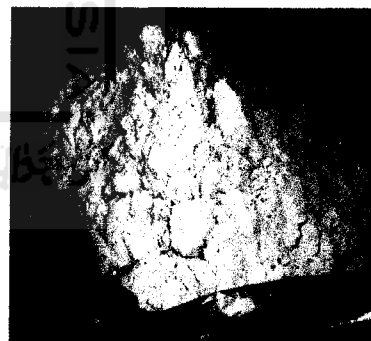
#### METODOLOGI PENELITIAN

##### 3.1 Umum

Sebelum penelitian ini berjalan, semua media pasir halus, pasir kasar, dan kerikil serta reaktor *SWISs* sebagai alat yang digunakan harus dalam keadaan siap. Media yang digunakan juga harus bersih dan kering sehingga pada saat dilakukan running bahan-bahan yang tertinggal di media tidak tercampur pada air limbah yang akan di filtrasi. Penelitian selanjutnya adalah mengambil sampel awal dari *effluent septictank*, kemudian menguji parameter *COD* dan *TSS* setelah melalui reaktor *SWISs*. Gambar media pasir dan kerikil yang dapat dilihat pada gambar 3.1 dan 3.2.



Gambar 3.1 Media Kerikil



Gambar 3.2 Media Pasir

Adapun tahap awal penelitian ini adalah menyaring seluruh media berupa pasir halus, pasir kasar serta kerikil. Selanjutnya pengujian sampel air baku, parameter yang diuji adalah kandungan *COD* dan *TSS* serta hasil dari penelitian ini akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

Pengujian sampel dilakukan dalam jangka waktu 7 hari serta mengamati. Aliran reaktor berjalan secara sistem batch, dengan mengalirkan limbah yang berasal dari *septictank*. Sampel air limbah diambil pada inlet dan outlet untuk diuji konsentrasi *COD* dan *TSS*. Penelitian ini termasuk ke dalam penelitian eksperimen yang dilaksanakan dalam skala laboratorium .

### **3.2. Objek Penelitian**

Sebagai objek penelitian ini adalah kandungan *COD* dan *TSS* dari sumber air baku air limbah *effluent septictank*. Air limbah *septictank* ini digunakan karena konsentrasi bahan organik dan mikroorganisme yang masih tinggi dan masih diatas standar baku mutu.

### **3.3. Lokasi Penelitian**

Lokasi pengambilan sampel bertempat di kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia (UII), daerah jakal km 14,4 Yogyakarta. Air Limbah diambil pada bagian *effluent septictank* yang terletak disebelah timur kampus FTSP.

Proses berjalannya reaktor atau pengolahan limbah dengan reaktor dilakukan di laboratorium Rancang Bangun Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Analisa sampel untuk parameter *COD* dan *TSS* dilakukan di laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

### 3.4 Parameter Penelitian dan Metode Uji

Metode pengujian pada masing-masing parameter disesuaikan dengan standar-standar pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Parameter Penelitian dan Metode Uji

No	Parameter	Satuan	Metode Uji
1	COD	Mg/l	SNI 06-6989.2-2004
2	TSS	Mg/l	SNI 06-6989.3-2004

### 3.5 Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini terdiri atas dua, yaitu:

1. Variabel bebas (*Independent Variable*)

Pada penelitian ini, media yang digunakan merupakan variabel bebas yang terdiri dari pasir halus, Pasir kasar, dan kerikil

2. Variabel terikat (*Dependent Variable*)

Parameter yang diteliti adalah kadar *COD* dan *TSS* pada air limbah *effluent* *septic tank*.

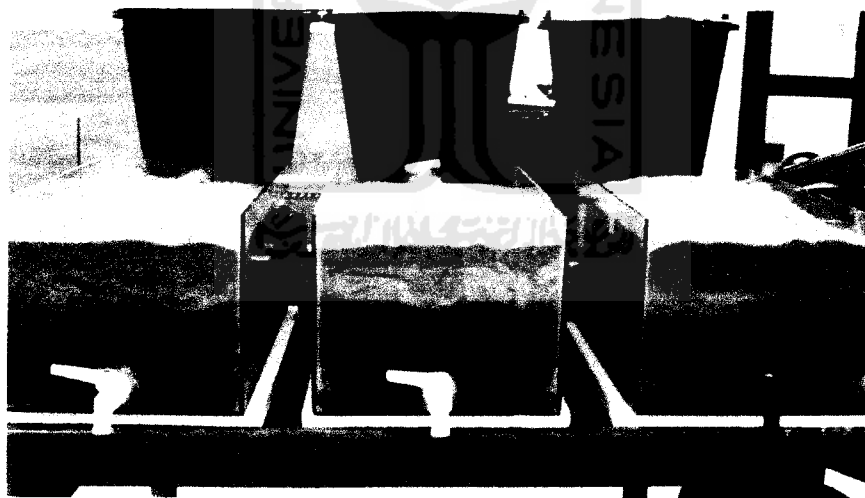
### 3.6 Tahapan Penelitian

#### 3.6.1 Persiapan Alat

- Peralatan yang digunakan berupa reaktor *SWISs* yang terdiri dari 3 reaktor infiltrasi. Reaktor pertama, kedua dan ketiga diisi dengan media pasir yang berukuran 10-5 mm, dengan tinggi media 10 cm. Media kerikil dengan ukuran 3-1 cm dengan tinggi media 13 cm. Reaktor tidak diberi penutup karena

diharapkan sebagian besar dalam keadaan aerobik. Ukuran reaktor yaitu panjang 60 cm dan lebar 30 cm serta memiliki ketinggian 25 cm.

- Merangkai masing-masing reaktor *SWISs* dengan ember yang berfungsi sebagai reservoir, ember yang berisi air kemudian dihubungkan dengan pipa-pipa distribusi yang telah dilubangi untuk mengalirkan air limbah. Pipa-pipa distribusi kemudian dipasang pada dinding reaktor yang telah dilubangi. Memasang stop kran yang berfungsi sebagai pengatur debit air yang dialirkan dan memasang stop kran untuk outlet. Tiga buah ember sebagai penampung air limbah yang telah melewati reaktor. Rangkaian keseluruhan reaktor *SWISs* dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.3 Reaktor *SWISs*

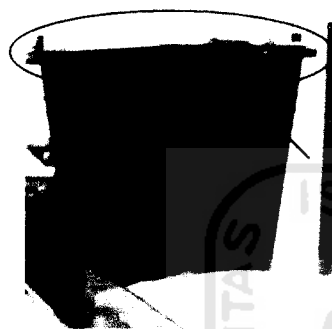
### 3.6.2 Proses Sampling

- Proses ini dilakukan setiap hari selama 7 hari.
- Dalam proses ini dilakukan pemeriksaan awal untuk parameter *COD* dan *TSS* pada inlet.

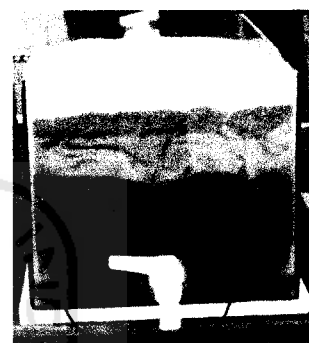


- Kemudian air limbah didiamkan selama 2 jam, setelah itu dilakukan sampling dan pemeriksaan parameter *COD* dan *TSS*.
- Sampel diambil pada dua titik, yaitu pada reservoir dan outlet.

Titik sampling yang diambil yaitu pada reservoir dan outlet yang dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan 3.5 berikut ini:



Gambar 3.4 Reservoir Reaktor *SWISs*



Gambar 3.5 Outlet Reaktor *SWISs*

### 3.6.3 Prosedur Penelitian

- Air limbah *effluent septictank* yang berasal dari Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta dimasukkan ke dalam ember yang berfungsi sebagai penampung air.
- Memeriksa kadar awal *COD* dan *TSS* yang terkandung dalam air limbah sebelum dialirkan.
- Mengalirkan air limbah ke dalam reaktor dengan debit 23 lt/jam dan didiamkan dengan waktu detensi (*td*) selama 2 jam.
- Mengambil sampel air untuk diperiksa kadar dari parameter *COD* dan *TSS* dari ketiga reaktor setelah dikeluarkan melalui outlet.



### 3.6.4 Pengambilan Air Limbah

Air baku yang digunakan diambil dari *effluent septic tank* yang terdiri dari air buangan *septic tank*, air buangan kamar mandi dan air buangan dari dapur, di FTSP, Universitas Islam Indonesia (UII) Jalan Kaliurang Yogyakarta. Sebelum penelitian dilakukan, hal terpenting yang harus diketahui adalah mengetahui kandungan air limbah guna mendapatkan data primer.

Waktu pengambilan sampel akan dilakukan pada pagi hari karena aktifitas manusia pada pukul 06.00 - 09.00 sangat banyak menggunakan air bersih, maka secara otomatis air yang terbuang juga banyak, sesuai dengan penggunaannya.

### 3.6.5 Desain Reaktor Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs)

#### a. Perencanaan Reaktor SWISs

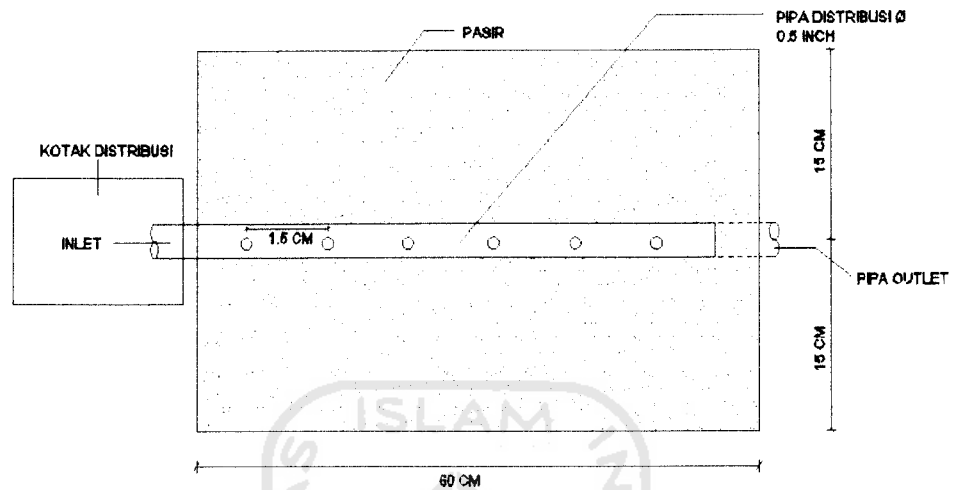
- Panjang = 60cm = 0,6m
- Lebar = 30cm = 0,3m
- Tinggi = 25cm = 0,25m
- $V = 0,13 \text{ m/jam}$
- Debit air (Q) =  $P \times L \times v$   

$$= 0,6 \times 0,3 \times 0,13 = 0,023 \text{ m}^3/\text{jam}$$
- Volume =  $P \times L \times T$   

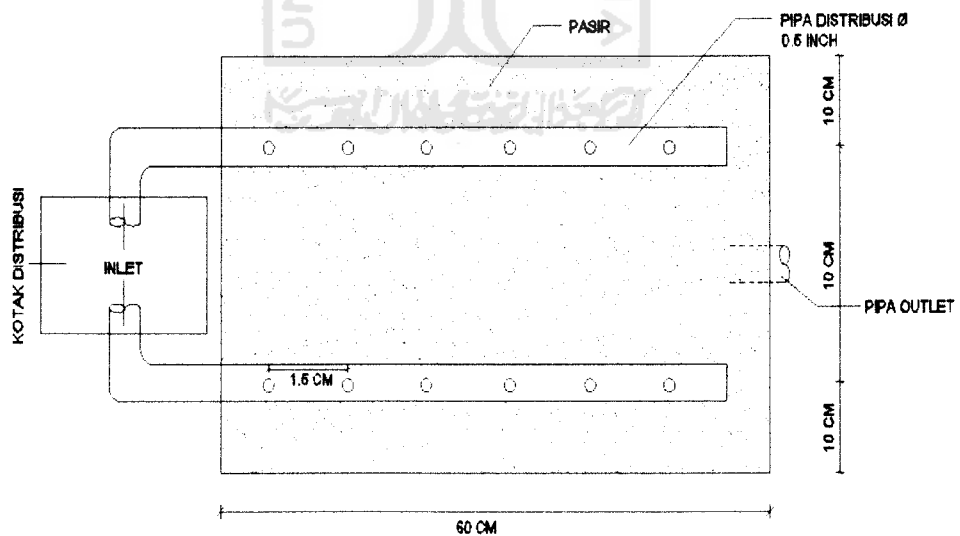
$$= 0,6 \times 0,3 \times 0,25 = 0,045 \text{ m}^3$$
- $T_d = V : Q = 0,045 \text{ m}^3 : 0,023 \text{ m}^3/\text{jam}$   

$$= 2 \text{ jam}$$

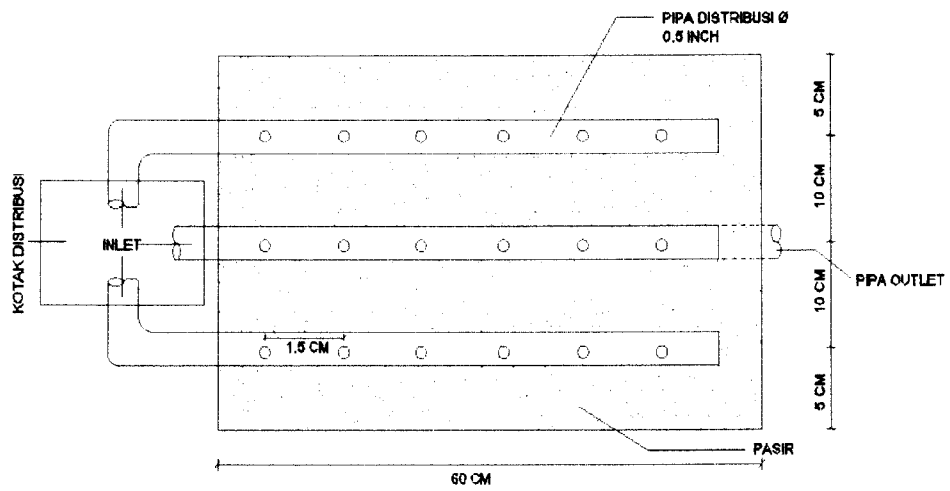
- b. Rangkaian alat yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.6a, 3.6b, 3.6c, 3.6d dan 3.6e dibawah ini :



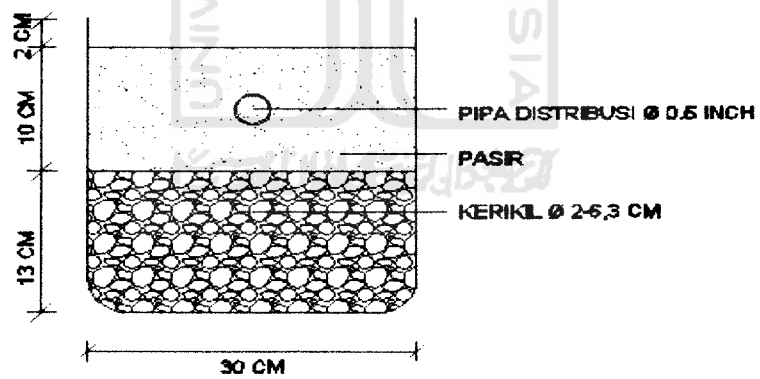
Gambar 3.6a Reaktor *SWISs* tampak atas dengan 1 pipa distribusi



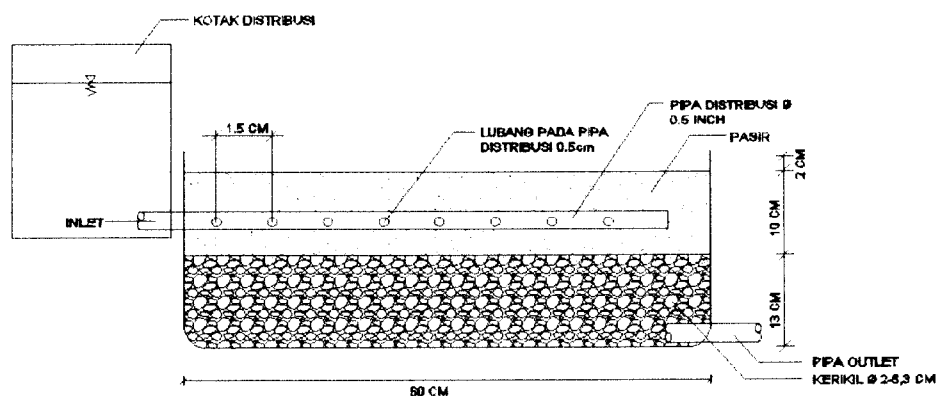
Gambar 3.6b Reaktor *SWISs* tampak atas dengan 2 pipa distribusi



Gambar 3.6c Reaktor *SWISs* tampak atas dengan 3 pipa distribusi



Gambar 3.6d Reaktor *SWISs* tampak melintang



Gambar 3.6e Reaktor *SWISs* tampak membujur

### 3.7 Analisa Data

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

$$\text{Rumus efisiensi} = \frac{\text{kadar awal} - \text{kadar akhir}}{\text{kadar awal}} \times 100\%$$

Dimana : E = Efisiensi

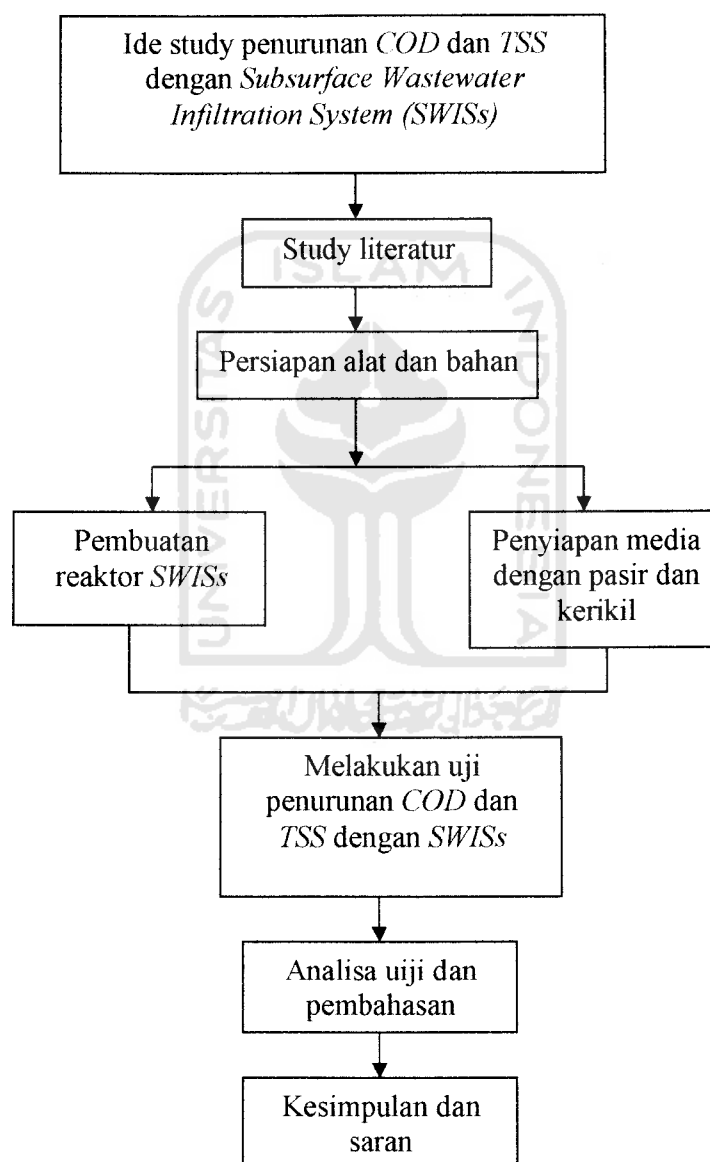
$C_1$  = Kadar *COD* dan *TSS* sebelum *treatment*

$C_2$  = Kadar *COD* dan *TSS* sesudah *treatment*

Setelah itu, data yang telah diperoleh akan diolah dengan uji statistik. Apabila data tergolong analisis lebih dari dua variabel atau lebih dari dua rata-rata maka digunakan *Analysis of Variance* (anova). Bila hanya terdapat dua rata-rata sampel maka digunakan dua jenis distribusi, yaitu distribusi-Z dan distribusi-t. Bila  $n > 30$  dan  $\alpha$  diketahui, maka digunakan distribusi-Z, dan bila tidak terpenuhi digunakan distribusi-t. Dari data penelitian yang didapat, dimana terdapat lebih dari dua rata-rata sampel maka digunakan *Analysis of Variance* (anova).

### 3.8 Kerangka Penelitian Tugas Akhir

Untuk mempermudah dalam proses pengerjaan penelitian tugas akhir ini dibuatlah kerangka diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini sebagai berikut :



Tabel 3.2 Diagram Alir Penelitian.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Kualitas Air Limbah *Effluent Septictank*

##### 4.1.1 Penurunan Konsentrasi *COD* dengan *Subsurface Wastewater*

###### *Infiltration Systems (SWISs)*

Proses penurunan kandungan pencemar *COD* didalam air limbah *septic tank* dengan menggunakan system pengolahan *SWISs* yang menggunakan 3 reaktor infiltrasi dengan variasi pemasangan pipa distribusi pada masing-masing reaktor, yaitu 1, 2 dan 3 pipa distribusi dengan waktu detensi (*td*) 2 jam. Pengukuran parameter *COD* dilakukan setiap hari selama 7 hari, dan air limbah yang digunakan berbeda setiap harinya. Titik sampling yang diukur yaitu inlet dan outlet pada reaktor 1, 2 dan 3. Berikut adalah tabel hasil pengukuran konsentrasi parameter *COD* pada reaktor *SWISs*.

Tabel 4.1 Data rata-rata konsentrasi *COD* reaktor 1

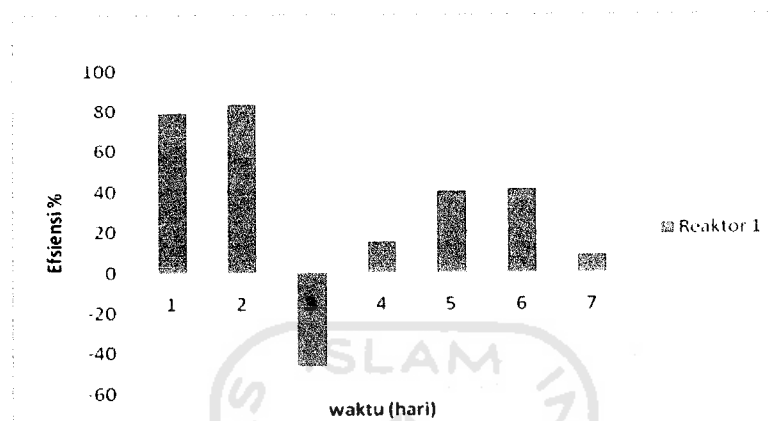
Hari	Reaktor 1		
	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Efisiensi (%)
1	78.153	16.600	78.76
2	76.627	12.530	83.65
3	110.201	161.071	- 46.16
4	167.684	142.249	15.17
5	220.589	133.601	39.43
6	203.293	119.866	41.04
7	151.914	139.197	8.37
Rata-rata	129.78	103.59	31,47

*Keterangan : tanda (-) menunjukkan adanya kenaikan konsentarası COD*

$$\text{Efisiensi COD hari pertama} = \frac{78,153 - 16,600}{78,153} \times 100\% = 78,76\%$$

Hasil perolehan data dari pengujian efisiensi *COD* dapat juga dilihat pada Gambar

4.1 berikut ini:



Gambar 4.1 Efisiensi *COD* Reaktor 1  
(1 Pipa Distribusi)

Pada reaktor pertama seperti yang terlihat pada gambar 4.1 pada hari ke 1 dan 2 didapat efisiensi *COD* sebesar 78.76% dan 83.65%, ini mungkin disebabkan oleh faktor limbah yang mengandung bahan organik soluble dan non soluble dimana bahan organik non soluble kemungkinan tersaring pada media filter dan mungkin bakteri mengalami fase pertumbuhan (fase logaritma) sehingga bahan organik yang ada pada limbah semakin berkurang dan menyebabkan penurunan konsentrasi *COD*. Pada hari ke 3 terjadi penurunan efisiensi yang drastis yaitu sebesar -46.16, ini mungkin disebabkan karena proses runing yang terhenti selama 2 hari sehingga mikroorganismenya mengalami fase kematian (fase death) karena habisnya nutrisi. Akibat kematian bakteri maka limbah organik

semakin bertambah karena bakteri yang mati akan berubah menjadi limbah organik dan menyebabkan konsentrasi *COD* meningkat.

Pada hari ke 4 didapat efisiensi *COD* sebesar 15.17%, ini disebabkan bakteri mengalami fase lag dimana bakteri dalam tahap adaptasi sehingga populasi bakteri belum bertambah karena mengalami fase death pada hari ke 3. Pada hari ke 5 dan ke 6 terjadi peningkatan efisiensi *COD* sebesar 39.43% dan 41.04%, ini disebabkan bakteri mengalami fase pertumbuhan (fase logaritma) sehingga bahan-bahan organik pada air limbah dapat berkurang akibat jumlah bakteri yang banyak dan menyebabkan penurunan konsentrasi *COD*. Pada hari ke 7 di dapat penurunan efisiensi sebesar 8.37%, ini dimungkinkan oleh sebagian bakteri yang mulai mati sedangkan kandungan bahan organik belum habis dan bakteri yang mati itu akan menjadi bahan organik dan yang lain tetap berkembang biak sehingga antara bahan organik dan bakteri tidak mengalami keseimbangan jumlah dan menyebabkan peningkatan konsentrasi *COD*.

Tabel 4.2 Data rata-rata konsentrasi *COD* reaktor 2

Hari	Reaktor 2		
	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Efisiensi (%)
1	68.996	65.435	5.16
2	62.383	48.139	22.83
3	117.323	141.232	- 20.38
4	176.332	175.823	0.29
5	182.436	176.332	3.46
6	167.684	143.226	14.56
7	313.681	103.07	67.14
Rata-rata	155,54	121,89	13,29

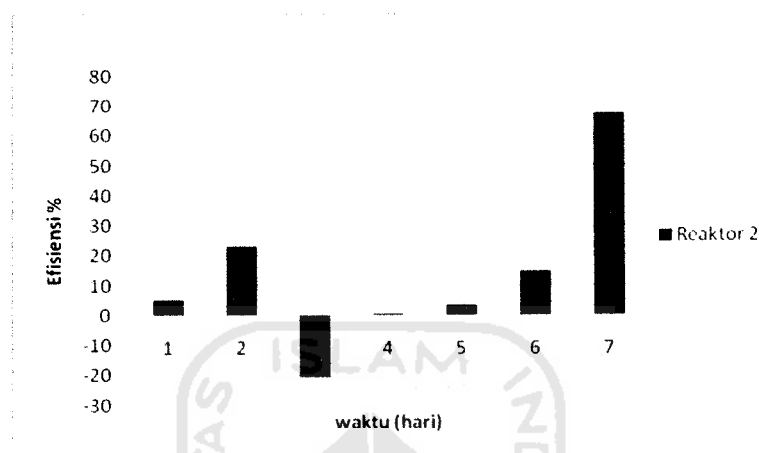
Keterangan : tanda (-) menunjukkan adanya kenaikan konsentrasasi *COD*



$$\text{Efisiensi COD hari pertama} = \frac{68,996 - 65,435}{68,996} \times 100\% = 5,16\%$$

Hasil perolehan data dari pengujian efisiensi *COD* dapat juga dilihat pada

Gambar 4.2 berikut ini:



Gambar 4.2 Efisiensi *COD* Reaktor 2  
(2 Pipa Distribusi)

Pada gambar 4.2 di hari ke 1 dan 2 didapat efisiensi *COD* sebesar 5.16%, ini diakibatkan bakteri belum mengalami pertumbuhan yang disebut dengan fase lag (fase lambat). Pada hari ke 2 efisiensi *COD* mengalami kenaikan sebesar 22.83%, ini disebabkan karena endapan-endapan yang mulai terbentuk karena adanya proses *sedimentation* pada permukaan media dan bakteri mulai mengalami pertumbuhan. Pada hari ke 3 terjadi penurunan efisiensi yang drastis yaitu sebesar -20.38, ini mungkin disebabkan karena proses runing yang terhenti selama 2 hari sehingga mikroorganisme mengalami fase kematian (fase death) karena habisnya nutrisi. Akibat kematian bakteri maka limbah organik semakin bertambah karena bakteri yang mati akan berubah menjadi limbah organik dan menyebabkan konsentrasi *COD* meningkat.

Pada hari ke 4 dan 5 didapat efisiensi *COD* sebesar 0.29% dan 3.46%, ini disebabkan bakteri mengalami fase lag dimana populasi bakteri belum bertambah karena mengalami fase death pada hari ke 3. Pada hari ke 6 endapan-endapan mulai terbentuk pada permukaan media karena adanya proses *sedimentation* dan bakteri mulai mengalami pertumbuhan. Pada hari ke 7 terjadi peningkatan efisiensi *COD* yang drastis sebesar 67.14%, ini disebabkan bakteri mengalami fase pertumbuhan (fase logaritma) sehingga bahan-bahan organik pada air limbah dapat berkurang akibat jumlah bakteri yang banyak dan menyebabkan penurunan konsentrasi *COD*.

Tabel 4.3 Data rata-rata konsentrasi *COD* reaktor 3

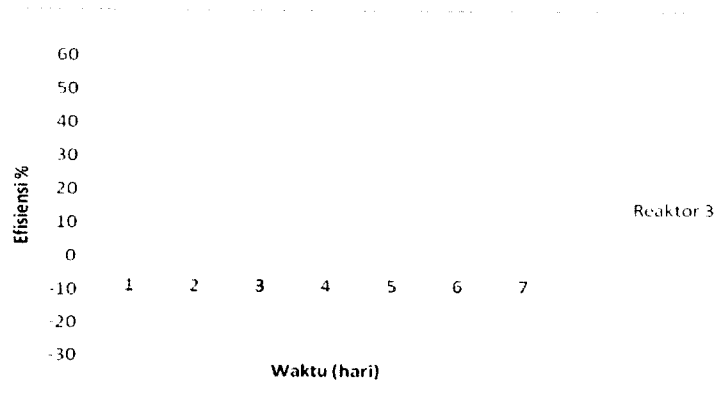
Hari	Reaktor 3		
	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Efisiensi (%)
1	79.170	65.435	17.35
2	61.874	46.104	25.49
3	124.444	146.319	- 17.58
4	220.589	136.145	38.28
5	176.332	124.444	29.43
6	175.823	133.601	24.01
7	235.80	115.288	51.11
Rata-rata	153,43	109,62	24,01

Keterangan : tanda (-) menunjukkan adanya kenaikan konsentarsi *COD*

$$\text{Efisiensi } COD \text{ hari pertama} = \frac{79,170 - 65,435}{79,170} \times 100\% = 17,35\%$$

Hasil perolehan data dari pengujian efisiensi *COD* dapat juga dilihat pada

Gambar 4.3 berikut ini:



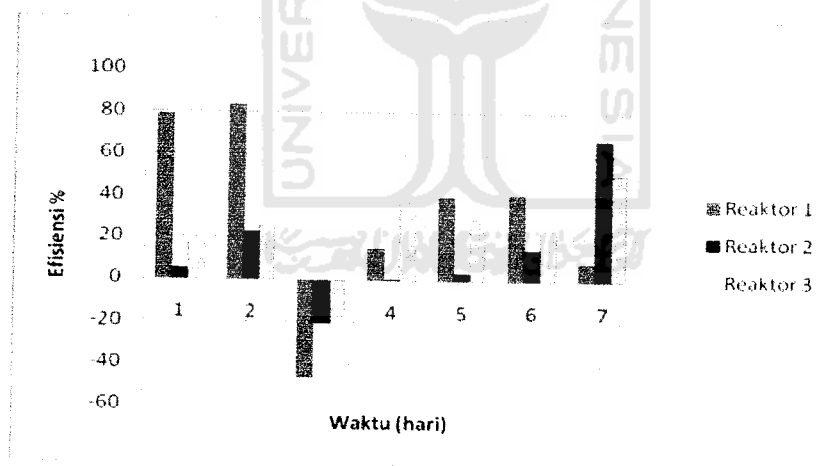
Gambar 4.3 Efisiensi *COD* Reaktor 3  
(3 Pipa Distribusi)

Pada gambar 4.3 di hari ke 1 didapat efisiensi *COD* sebesar 17.35%, ini disebabkan bakteri mengalami fase lag dimana bakteri belum mengalami pertumbuhan. Pada hari ke 2 terjadi peningkatan efisiensi *COD* sebesar 25.49%, walaupun kenaikannya tidak terlalu signifikan tetapi bakteri mulai mengalami pertumbuhan. Pada hari ke 3 terjadi penurunan efisiensi yang drastis yaitu sebesar -17.58, ini mungkin disebabkan karena proses runing yang terhenti selama 2 hari sehingga mikroorganisme mengalami fase kematian (fase death) karena habisnya nutrisi. Akibat kematian bakteri maka limbah organik semakin bertambah karena bakteri yang mati akan berubah menjadi limbah organik dan menyebabkan konsentrasi *COD* meningkat.

Pada hari ke 4 didapat efisiensi *COD* sebesar 38.28%, ini diakibatkan bakteri mengalami fase pertumbuhan dimana bahan organik yang ada pada limbah tersebut akan cepat habis. Pada hari ke 5 dan 6 terjadi penurunan efisiensi *COD* sebesar 29.43% dan 24.01%, ini dimungkinkan oleh sebagian bakteri yang mulai mati sedangkan kandungan bahan organik belum habis dan bakteri yang mati itu

akan menjadi bahan organik dan yang lain tetap berkembang biak sehingga antara bahan organik dan bakteri tidak mengalami keseimbangan jumlah dan menyebabkan peningkatan konsentrasi *COD*. Pada hari ke 7 terjadi peningkatan efisiensi sebesar 51.11%, ini disebabkan oleh bakteri yang mengalami pertumbuhan kembali sehingga semakin banyak bakteri maka bahan organik akan cepat habis dan menyebabkan penurunan konsentrasi *COD*.

Data dari hasil penelitian menunjukkan adanya variasi penurunan *COD* berdasarkan waktu yang berbeda. Dibawah ini dapat dilihat grafik efisiensi hasil analisa laboratorium terhadap penurunan *COD* pada masing-masing reaktor dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut :



Gambar 4.4 Efisiensi *COD* Reaktor 1,2 dan 3

Berdasarkan gambar 4.4 terjadi peningkatan dan penurunan efisiensi pada masing-masing reaktor. Kecenderungan penurunan efisiensi *COD* bisa dikarenakan *COD* merupakan bahan organik yang terdiri dari bahan organik soluble dan non soluble. Bahan organik non soluble kemungkinan tersaring pada

media pasir dan kerikil (Metcalf&Eddy, 2003), sehingga menyebabkan nilai efisiensi *COD* mengalami kecendrungan penurunan.

Dari hasil uji statistik diketahui bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara variasi pipa distribusi terhadap inlet dan outlet pada reaktor 1, 2 dan 3, pencapaian hasil yang baik dicapai pada reaktor 1. Hal ini disebabkan karena reaktor pertama menggunakan variasi 1 pipa distribusi (rata-rata penurunan efisiensi sebesar 31,47%) sehingga debit air limbah lebih kecil yang menyebabkan kecepatan aliran air limbah yang masuk juga lebih kecil dibandingkan dengan reaktor kedua menggunakan variasi 2 pipa distribusi (rata-rata penurunan efisiensi sebesar 13,29%) dan reaktor ketiga menggunakan variasi 3 pipa distribusi (rata-rata penurunan efisiensi sebesar 24,01%).

#### 4.1.2 Analisa Efisiensi *COD*

Analisa data konsentrasi *COD* dengan menggunakan uji statistik yaitu uji ANOVA bertujuan untuk mengetahui perbedaan yang signifikan pada efisiensi *COD*. Dari hasil perhitungan analisa statistik maka diperoleh hasil uji ANOVA yang dapat dilihat pada tabel 4.4, 4.5 berikut:

**Tabel 4.4 Output Bagian Pertama**

**Between-Subjects Factors**

		Value Label	N
SAMPEL	1.00	inlet	21
	2.00	outlet	21
REAKTOR	1.00	reaktor 1	14
	2.00	reaktor 2	14
	3.00	reaktor 3	14

Dalam kasus ini uji anova satu faktor digunakan untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara sampel inlet dan outlet dengan reaktor 1 (dengan 1 pipa distribusi), reaktor 2 (dengan 2 pipa distribusi) dan reaktor 3 (dengan 3 pipa distribusi).

*Perbedaan rata-rata kadar COD berdasarkan pada masing-masing reaktor.*

### Hipotesis:

Hipotesis untuk kasus ini :

$H_0$  = ketiga rata-rata reaktor adalah identik

$H_1$  = ketiga rata-rata reaktor adalah tidak identik

### Pengambilan Keputusan :

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan pada nilai probabilitas:

- Jika probabilitas  $> 0,05$   $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$   $H_0$  ditolak.

### Keputusan :

Terlihat bahwa F hitung adalah 0,412 dengan nilai probabilitas 0,588. Oleh karena probabilitas  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima. Atau, rata-rata konsentrasi COD ketiga reaktor tersebut tidak berbeda nyata.

**Tabel 4.5 Output Bagian Kedua**

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: COD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	16187.212 <sup>a</sup>	5	3237.442	.755	.588
Intercept	698673.052	1	698673.052	162.865	.000
SAMPEL	12083.491	1	12083.491	2.817	.102
REAKTOR	3535.857	2	1767.929	.412	.665
SAMPEL * REAKTOR	567.864	2	283.932	.066	.936
Error	154435.874	36	4289.885		
Total	869296.138	42			
Corrected Total	170623.086	41			

a. R Squared = .095 (Adjusted R Squared = -.031)

*perbedaan rata-rata konsentrasi COD berdasarkan pada sampel inlet dan outlet*

**Hipotesis:**

Hipotesis untuk kasus ini :

$H_0$  = ketiga rata-rata reaktor adalah identik

$H_i$  = ketiga rata-rata reaktor adalah tidak identik.

**Pengambilan Keputusan :**

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan pada nilai probabilitas:

- Jika probabilitas  $> 0,05$   $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$   $H_0$  ditolak.

**Keputusan :**

Terlihat bahwa  $F$  hitung adalah 2,817 dengan nilai probabilitas 0,102. Oleh karena probabilitas  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima. Atau, rata-rata konsentrasi  $COD$  kedua sampel (inlet dan outlet) tersebut tidak berbeda nyata.

**ANOVA Untuk Interaksi Dua Faktor**

**Hipotesis:**

Hipotesis untuk kasus ini :

$H_0$  = Tidak ada interaksi antara ketiga reaktor dengan sampel inlet dan outlet.

$H_i$  = Ada interaksi antara ketiga reaktor dengan sampel inlet dan outlet

**Pengambilan Keputusan :**

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan pada nilai probabilitas:

- Jika probabilitas  $> 0,05$   $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$   $H_0$  ditolak.

**Keputusan :**

Terlihat bahwa  $F$  hitung adalah 0,066 dengan nilai probabilitas 0,936. Oleh karena probabilitas  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima. Atau, tidak ada interaksi antara reaktor 1 (dengan 1 pipa distribusi), reaktor 2 (dengan 2 pipa distribusi) dan reaktor 3 (dengan 3 pipa distribusi) dengan sampel (inlet dan outlet).

#### 4.1.3 Penurunan Konsentrasi *TSS* dengan *Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs)*

Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan air limbah *effluent septic tank*, maka dapat diketahui reaktor *SWISs* dengan variasi pipa distribusi yang paling baik untuk pengolahan. Hasil analisa laboratorium dalam penelitian ini, dengan memanfaatkan 3 buah reaktor *SWISs* dengan variasi 1, 2 dan 3 pipa distribusi dengan waktu detensi ( $t_d$ ) 2 jam. Pengukuran parameter *TSS* dilakukan setiap hari selama 7 hari, dan air limbah yang digunakan berbeda setiap harinya. Berikut adalah tabel dan grafik hasil pengukuran konsentrasi parameter *TSS* pada reaktor *SWISs*.

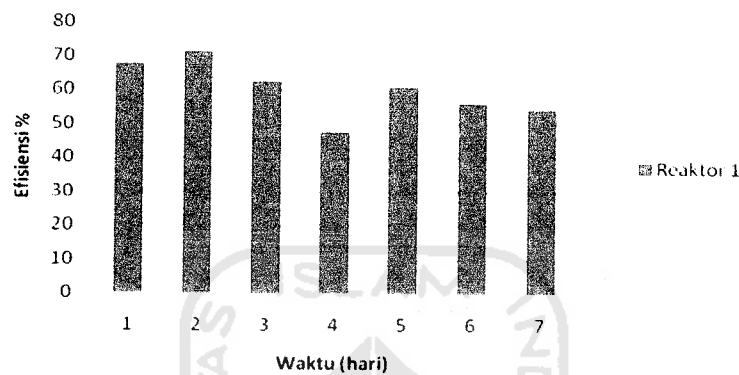
Tabel 4.6 Data rata-rata konsentrasi *TSS* reaktor 1

Hari	Reaktor 1		
	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Efisiensi (%)
1	278	90	67.63
2	250	72	71.2
3	186	70	62.37
4	160	84	47.4
5	234	92	60.68
6	168	74	55.95
7	188	86	54.26
Rata-rata	209,14	81,14	59,93



$$\text{Efisiensi TSS hari pertama} = \frac{278-90}{278} \times 100\% = 67,63\%$$

Hasil perolehan data dari pengujian efisiensi TSS dapat juga dilihat pada Gambar 4.5 berikut ini:



Gambar 4.5 Efisiensi TSS Reaktor 1  
(1 Pipa Distribusi)

Pada reaktor pertama seperti yang terlihat pada gambar 4.5 pada hari ke 1 didapat peningkatan efisiensi sebesar 67,63%, ini disebabkan oleh faktor media filter yang masih bersih sehingga efektifitas *straining* (penyaringan), *adsorption* (penyerapan) dan *interception* (penahanan) masih tinggi. Pada hari ke 2 terjadi peningkatan efisiensi yang lebih baik dari hari ke 1 yaitu 71,2 %, ini disebabkan oleh faktor air limbah yang konsentrasinya lebih kecil dibandingkan hari pertama. Pada hari ke 3 terjadi penurunan efisiensi sebesar 62,37 %, ini disebabkan adanya *sedimentation* (pengendapan) yang mulai terbentuk pada permukaan media filter sehingga efektifitas media filter menurun.

Pada hari ke 4 terjadi penurunan efisiensi sebesar 47,4 %, ini disebabkan karena terdapat adanya proses *adhesion* (pelekatan) dimana terjadi penumpukan

partikel-partikel tersuspensi pada media kerikil dan kemungkinan disebabkan ketika lapisan media mulai tersumbat, kecepatan aliran menyebabkan terjadinya pengikisan sehingga beberapa material tidak dapat tersaring dan menyebabkan konsentrasi *TSS* meningkat. Pada hari ke 5 terjadi peningkatan efisiensi sebesar 60,68%, ini disebabkan meningkatnya efektifitas media filter karena telah terjadi pengikisan pada hari ke 4. Pada hari ke 6 terjadi penurunan efisiensi sebesar 55,95%, ini disebabkan karena endapan yang mulai terbentuk kembali pada permukaan media filter. Pada hari ke 7 terjadi penurunan efisiensi sebesar 54,26%, ini disebabkan karena adanya *adhesion* (pelekatan) dimana terjadi penumpukan partikel-partikel tersuspensi pada media kerikil.

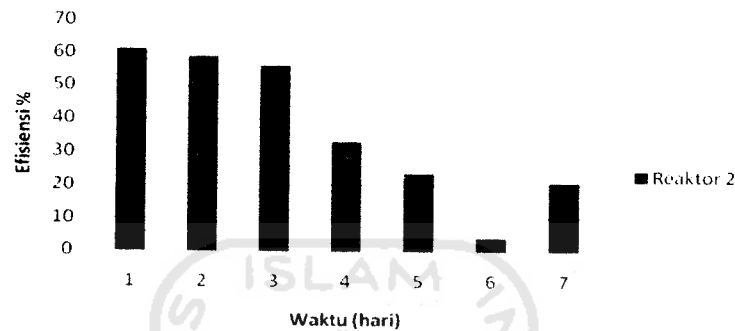
Perubahan efisiensi disebabkan terjadinya penurunan kemampuan media filter dalam menyaring partikel-partikel kasar dan halus dalam air limbah. Seperti yang dinyatakan oleh (Brault & Monod, 1991) bahwa penurunan kemampuan pasir untuk menyaring disebabkan adanya proses penghalangan secara bertahap oleh media filter tersebut.

Tabel 4.7 Data rata-rata konsentrasi *TSS* reaktor 2

Hari	Reaktor 2		
	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Efisiensi (%)
1	184	72	60.87
2	164	68	58.54
3	222	98	55.86
4	182	122	32.97
5	188	144	23.40
6	152	146	3.95
7	170	135	20.59
Rata-rata	180,29	137	36,60

$$\text{Efisiensi TSS hari pertama} = \frac{184 - 72}{184} \times 100\% = 60,78\%$$

Hasil perolehan data dari pengujian efisiensi TSS dapat juga dilihat pada Gambar 4.6 berikut ini:



Gambar 4.6 Efisiensi TSS Reaktor 2  
(2 Pipa Distribusi)

Pada gambar 4.6 pada hari ke 1 terjadi peningkatan efisiensi sebesar 60,87%, ini disebabkan oleh faktor media filter yang masih bersih sehingga efektifitas *straining* (penyaringan), *adsorption* (penyerapan) dan *interception* (penahan) masih tinggi, karena media filter yang bersih mempunyai muatan listrik negatif dengan demikian mampu mengadsorpsi partikel-partikel positif. Pada hari ke 2 dan 3 terjadi penurunan efisiensi sebesar 58,54% dan 55,86%, ini disebabkan karena adanya *sedimentation* (pengendapan) yang mulai terbentuk pada permukaan media.

Pada hari ke 4,5 dan 6 terjadi penurunan efisiensi yang signifikan dibandingkan hari ke 2 dan ke 3, ini disebabkan karena adanya proses adhesi (pelekatan) dimana terjadi penumpukan-penumpukan partikel tersuspensi pada media filter maka tidak ada lagi proses penyaringan karena adanya penyumbatan.

kemungkinan juga disebabkan terjadinya pengikisan permukaan pada lapisan media yang tersumbat karena kecepatan aliran sehingga beberapa material tidak dapat tersaring dan menyebabkan konsentrasi *TSS* meningkat. Pada hari ke 7 terjadi peningkatan efisiensi sebesar 20,59%, ini disebabkan meningkatnya efektifitas media filter karena telah terjadi pengikisan pada hari ke 6 dan menyebabkan penurunan konsentrasi *COD*.

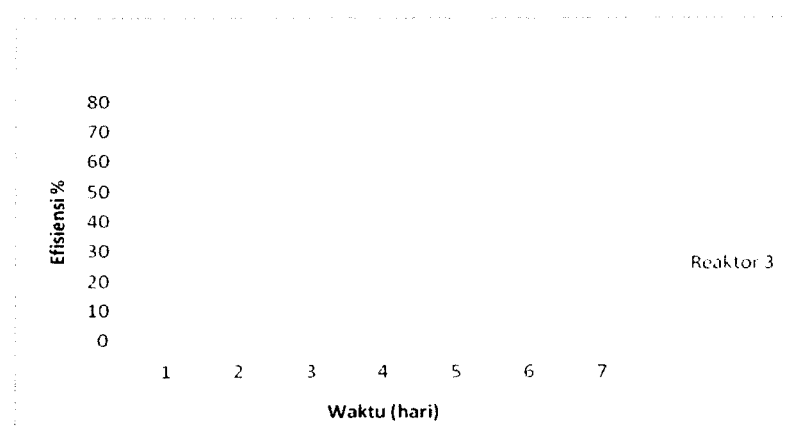
Tabel 4.8 Data rata-rata konsentrasi *TSS* reaktor 3

Hari	Reaktor 3		
	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Efisiensi (%)
1	182	56	69.23
2	194	106	45.36
3	224	104	53.57
4	166	110	33.73
5	180	115	36.11
6	164	144	12.20
7	156	130	16.67
Rata-rata	180,86	109,29	38,12

$$\text{Efisiensi TSS hari pertama} = \frac{182 - 56}{182} \times 100\% = 69,23\%$$

Hasil perolehan data dari pengujian efisiensi TSS dapat juga dilihat pada

Gambar 4.7 berikut ini :



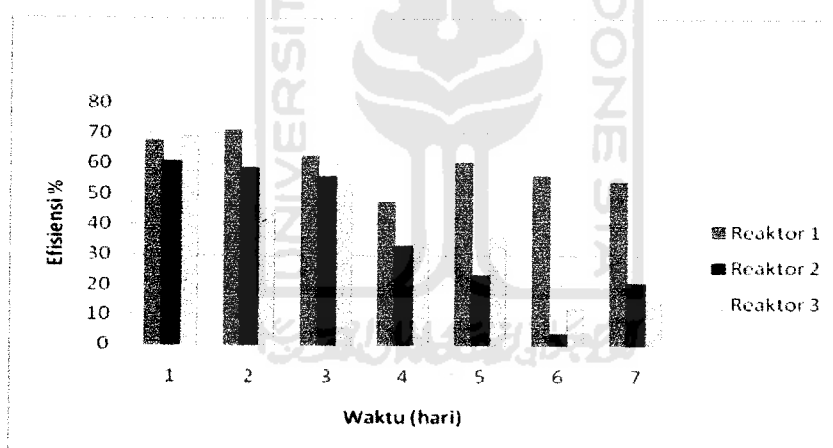
Gambar 4.7 Efisiensi TSS Reaktor 3  
(3 Pipa Distribusi)

Pada gambar 4.7 di hari ke 1 terjadi peningkatan efisiensi sebesar 69,23%, ini disebabkan karena faktor media filter yang masih bersih sehingga efektifitas *straining* (penyaringan), *adsorption* (penyerapan) dan *interception* (penahan) masih tinggi. Pada hari ke 2 terjadi penurunan efisiensi sebesar 45,36 %, ini disebabkan adanya *sedimentation* (pengendapan) yang mulai terbentuk pada permukaan media. Pada hari ke 3 terjadi peningkatan efisiensi sebesar 53,57%, ini mungkin disebabkan efektifitas media filter yang meningkat karena terjadinya pengikisan material pada permukaan media filter karena adanya kecepatan pada hari ke 2.

Pada hari ke 4 terjadi penurunan efisiensi sebesar 33,37 %, ini disebabkan terbentuknya endapan pada permukaan media filter. Pada hari ke 5 terjadi peningkatan efisiensi sebesar 36,11 %, ini mungkin disebabkan efektifitas media filter yang meningkat karena terjadinya pengikisan material pada permukaan media filter karena adanya kecepatan pada hari ke 4. Pada hari ke 6 terjadi penurunan efisiensi sebesar 12,20%, ini disebabkan karena faktor adanya

permukaan media filter karena adanya kecepatan pada hari ke 4. Pada hari ke 6 terjadi penurunan efisiensi sebesar 12,20%, ini disebabkan karena faktor adanya *adhesion* (pelekatan) dimana terjadi penumpukan-penumpukan partikel pada media filter. Pada hari ke 7 terjadi peningkatan efisiensi sebesar 16,67%, ini mungkin disebabkan karena faktor air limbah yang konsentrasinya lebih kecil dibandingkan hari ke 6.

Data dari hasil penelitian menunjukkan adanya variasi penurunan *TSS* berdasarkan waktu yang berbeda. Dibawah ini dapat dilihat grafik hasil analisa laboratorium terhadap penurunan efisiensi *TSS* pada masing-masing reaktor :



Gambar 4.8 Efisiensi *TSS* Reaktor 1,2 dan 3.

Berdasarkan gambar 4.8 dapat dilihat perbandingan efisiensi penurunan *TSS* pada reaktor 1,2 dan 3. Peningkatan dan penurunan efisiensi terjadi pada reaktor pertama tetapi hasilnya masih baik dibandingkan dengan reaktor kedua dan ketiga.

Dari hasil uji statistik diketahui bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara variasi pipa distribusi terhadap konsentrasi inlet dan outlet pada

variasi 1 pipa distribusi (dengan rata-rata penurunan efisiensi sebesar 59,93%) sehingga debit air limbah lebih kecil yang menyebabkan kecepatan aliran air limbah yang masuk juga lebih kecil dibandingkan dengan reaktor kedua menggunakan variasi 2 pipa distribusi (dengan rata-rata penurunan efisiensi sebesar 36,60%) dan reaktor ketiga menggunakan variasi 3 pipa distribusi (dengan rata-rata penurunan efisiensi sebesar 38,12%).

#### 4.1.4 Analisa Efisiensi TSS

Analisa data konsentrasi TSS dengan menggunakan uji statistik yaitu uji ANOVA bertujuan untuk mengetahui perbedaan yang signifikan antara sampel inlet dan outlet pada masing-masing reaktor. Dari hasil perhitungan analisa statistik maka diperoleh hasil uji ANOVA yang dapat dilihat pada tabel 4.9 dan 4.10 berikut:

**Tabel 4.9 Output Bagian Pertama**

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
SAMPEL	1.00	inlet	21
	2.00	outlet	21
REAKTOR	1.00	reaktor 1	14
	2.00	reaktor 2	14
	3.00	reaktor 3	14

Dalam kasus ini uji anova satu faktor digunakan untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara sampel inlet dan outlet dengan reaktor 1 (dengan 1 pipa distribusi), reaktor 2 (dengan 2 pipa distribusi) dan reaktor 3 (dengan 3 pipa distribusi)

*Perbedaan rata-rata konsentrasi TSS berdasarkan pada masing-masing reaktor.*

**Hipotesis:**

Hipotesis untuk kasus ini :

$H_0$  = ketiga rata-rata reaktor adalah identik

$H_i$  = ketiga rata-rata reaktor adalah tidak identik

**Pengambilan Keputusan :**

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan pada nilai probabilitas:

- Jika probabilitas  $> 0,05$   $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$   $H_0$  ditolak.

**Keputusan :**

Terlihat bahwa F hitung adalah 0,696 dengan nilai probabilitas 0,505.

Oleh karena probabilitas  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima. Atau, rata-rata kadar TSS ketiga reaktor tersebut tidak berbeda nyata

**Tabel 4.10 Output Bagian Kedua**

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TSS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	90195.143 <sup>a</sup>	5	18039.029	19.231	.000
Intercept	876103.714	1	876103.714	933.981	.000
SAMPEL	85771.524	1	85771.524	91.438	.000
REAKTOR	1305.143	2	652.571	.696	.505
SAMPEL * REAKTOR	3118.476	2	1559.238	1.662	.204
Error	33769.143	36	938.032		
Total	1000068.000	42			
Corrected Total	123964.286	41			

a. R Squared = .728 (Adjusted R Squared = .690)

*perbedaan rata-rata kadar TSS berdasarkan pada sampel inlet dan outlet*

**Hipotesis:**

Hipotesis untuk kasus ini :

$H_0$  = ketiga rata-rata reaktor adalah identik

$H_i$  = ketiga rata-rata reaktor adalah tidak identik



**Pengambilan Keputusan :**

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan pada nilai probabilitas:

- Jika probabilitas  $> 0,05$   $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$   $H_0$  ditolak.

**Keputusan :**

Terlihat bahwa F hitung adalah 91,436 dengan nilai probabilitas 0,000.

Oleh karena probabilitas  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak. Atau, rata-rata konsentrasi TSS kedua sampel (inlet dan outlet) tersebut memang berbeda nyata.

**ANOVA Untuk Interaksi Dua Faktor****Hipotesis:**

Hipotesis untuk kasus ini :

$H_0$  = Tidak ada interaksi antara ketiga reaktor dengan sampel inlet dan outlet.

$H_i$  = Ada interaksi antara ketiga reaktor dengan sampel inlet dan outlet

**Pengambilan Keputusan :**

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan pada nilai probabilitas:

- Jika probabilitas  $> 0,05$   $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$   $H_0$  ditolak.

**Keputusan :**

Terlihat bahwa F hitung adalah 1,662 dengan nilai probabilitas 0,204.

Oleh karena probabilitas  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima. Atau, tidak ada interaksi antara reaktor 1 (dengan 1 pipa distribusi), reaktor 2 (dengan 2 pipa distribusi) dan reaktor 3 (dengan 3 pipa distribusi) dengan sampel (inlet dan outlet).

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan menganalisa hasil pengujian dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Reaktor *Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs)* mampu menurunkan kadar *COD* pada reaktor (dengan 1 pipa distribusi) rata-rata efisiensi sebesar 31,47%, pada reaktor (dengan 2 pipa distribusi) sebesar 13,29% dan pada reaktor (dengan 3 pipa distribusi) sebesar 24,01%. Sedangkan penurunan kadar *TSS* pada reaktor (dengan 1 pipa distribusi) rata-rata efisiensi sebesar 59,93%, pada reaktor (dengan 2 pipa distribusi) sebesar 36,60% dan pada reaktor (dengan 3 pipa distribusi) sebesar 38,12%.
2. Dari variasi-variasi yang telah diujikan diperoleh hasil bahwa terdapat pengaruh antara variasi pemasangan pipa distribusi pada masing-masing reaktor terhadap penurunan *COD* dan *TSS*.
3. Variasi pemasangan pipa distribusi yang paling efektif adalah reaktor dengan variasi 1 pipa distribusi.
4. Efektifitas dari kinerja media filter hanya sampai pada hari ke tiga, pada hari keempat dan seterusnya efektifitas menurun ketika bahan solid terakumulasi secara berlebihan didalam filter.

## 5.2 SARAN

Saran-saran untuk pengolahan air limbah *septictank* selanjutnya menggunakan reaktor *SWISs* adalah :

1. Untuk memperoleh hasil yang maksimal, pada penelitian selanjutnya diharapkan melakukan proses seeding antara 2-3 hari dan dapat dipastikan reaktor dalam keadaan siap untuk proses runing.
2. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya mencoba alternatif sistem pengaliran air limbah secara kontinyu.
3. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya mencoba variasi dengan media yang berbeda atau variasi luas permukaan. Apabila melakukan percobaan variasi yang berbeda, replikasi perlakuan sebaiknya dilakukan bersamaan untuk menghindari pengaruh lingkungan.

## Daftar Pustaka

- Anonim, 2002, *USEPA Onsite Wastewater Treatment System Manual* <http://www.yahoo.com>.
- Anonim, 2006, *Pencemaran Terbanyak Karena Limbah Domestik*, . kr. co. id/ article. Php.
- Mahida U.N, 1984, *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah industri*, Rajawali, Jakarta
- Tjorokusumo, 1995, *Pengantar Konsep Teknologi Bersih Khusus Pengelolaan dan Pengolahan Air*, STTL, Yogyakarta.
- Sugiharto, 1987, *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Fardiaz, Srikandi, 1992. *Polusi Air dan Udara*, Kanisius, Yogyakarta.
- Brault&Monold, 1991, *Water Treatment, HandBook*, Sixth Edition, Volume I, Degremont, France.
- Huisman, 1975, *Slow Sand Filtration*, Lecture Note Delf University of Technology, Netherlands..
- Metcalf, and Eddy, 2003, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, 4<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill, New York.
- Metcalf, and Eddy, 1991, *Wastewater Engineering Treatment Disposal and Reuse*, McGraw-Hill, New York.
- Prescott, L. M., Harley, J. P., and Klein, D. A, 1999, *Microbiology*, McGraw-Hill Companies, USA.
- Alaerts G., dan Santika S.S Santika, *Metode Penelitian Air, Usaha Nasional*, Surabaya.
- Benfield, L.D., Randall, C.W, 1980, *Biological Process Design For Wastewater Treatment*, Prentice-Hal, Inc, New jersey.
- Qasim, S. R, 1985, *Wastewater Treatment Plants and Operation Planning, Design*, Holt, Rinehart and Winston, USA.

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO. MHS	KODI
1	Fiori Anggraeni	01513090	Teknik Lingkungan
2			

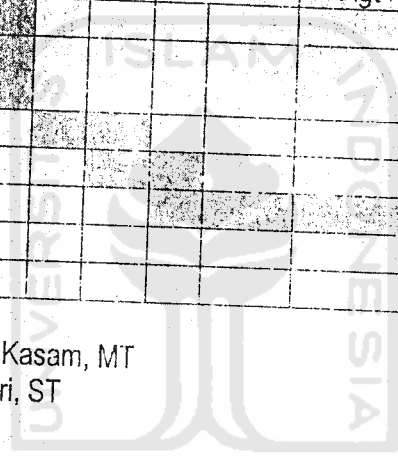
JUDUL TUGAS AKHIR : Penurunan Kadar COD dan TSS Pada Gray Water Dengan Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWIS)

PERIODE : IV  
TAHUN : Genap 2005/2006

No	kegiatan	Bulan Ke :					
		Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Nov
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA						
6	Sidang - sidang						
7	Pendadaran						

DOSEN PEMBIMBIG I  
DOSEN PEMBIMBIG II  
DOSEN PEMBIMBIG III

: Ir. H. Kasam, MT  
: Hudori, ST



Yogyakarta, 21-Nov-06  
Koordinator TA



(Eko Siswoyo, ST)

Catatan

Seminar : .....  
Sidang : .....  
Pendadaran : .....

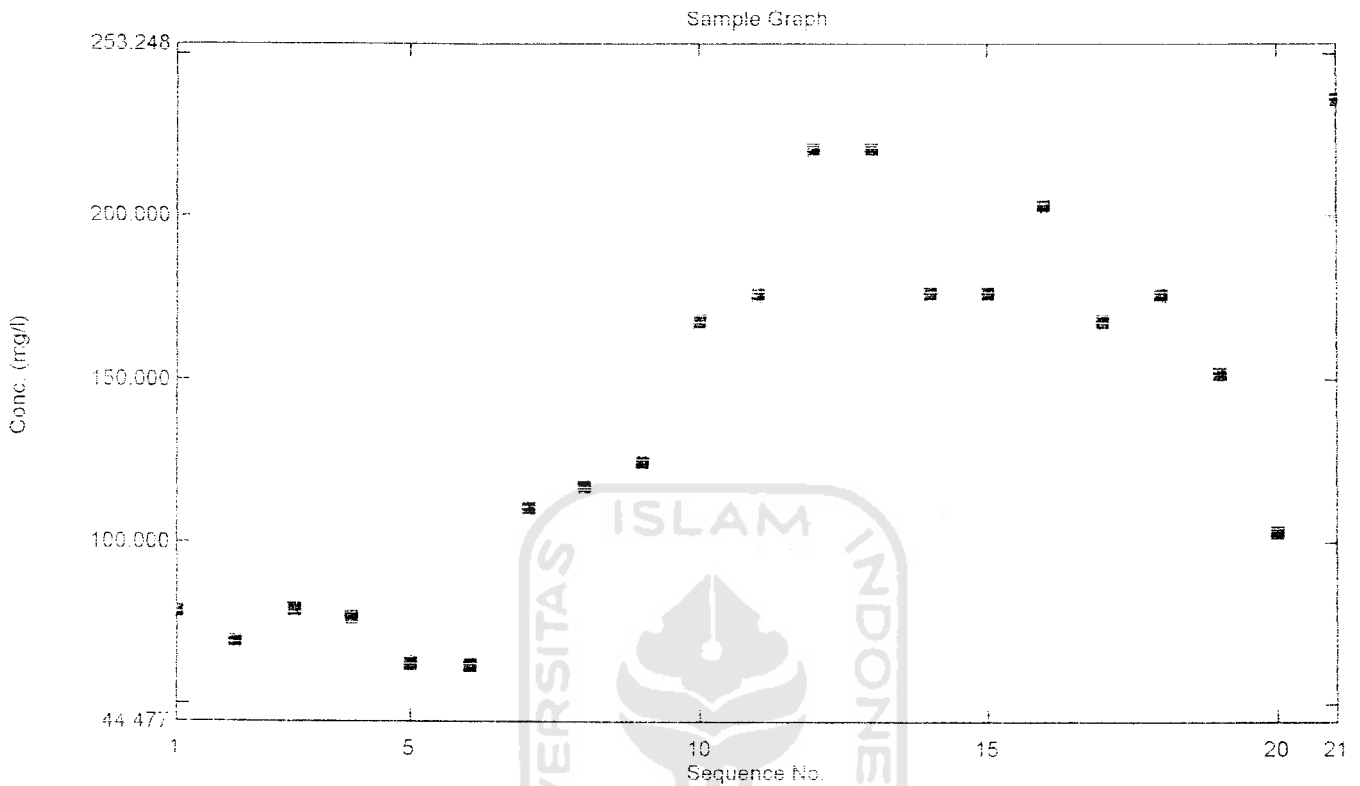
# **LAMPIRAN I**

- **DATA HASIL SPEKTROFOMETER  
COD HARI KE 1 SAMPAI HARI KE 7**
- **DATA HASIL PENGUKURAN TSS HARI  
KE 1 SAMPAI HARI KE TUJUH**

# Sample Table Report

01/16/2007 10:20:59 AM

File Name: D:\Hasil analisis Spektro\Flora\Flora COD.pho



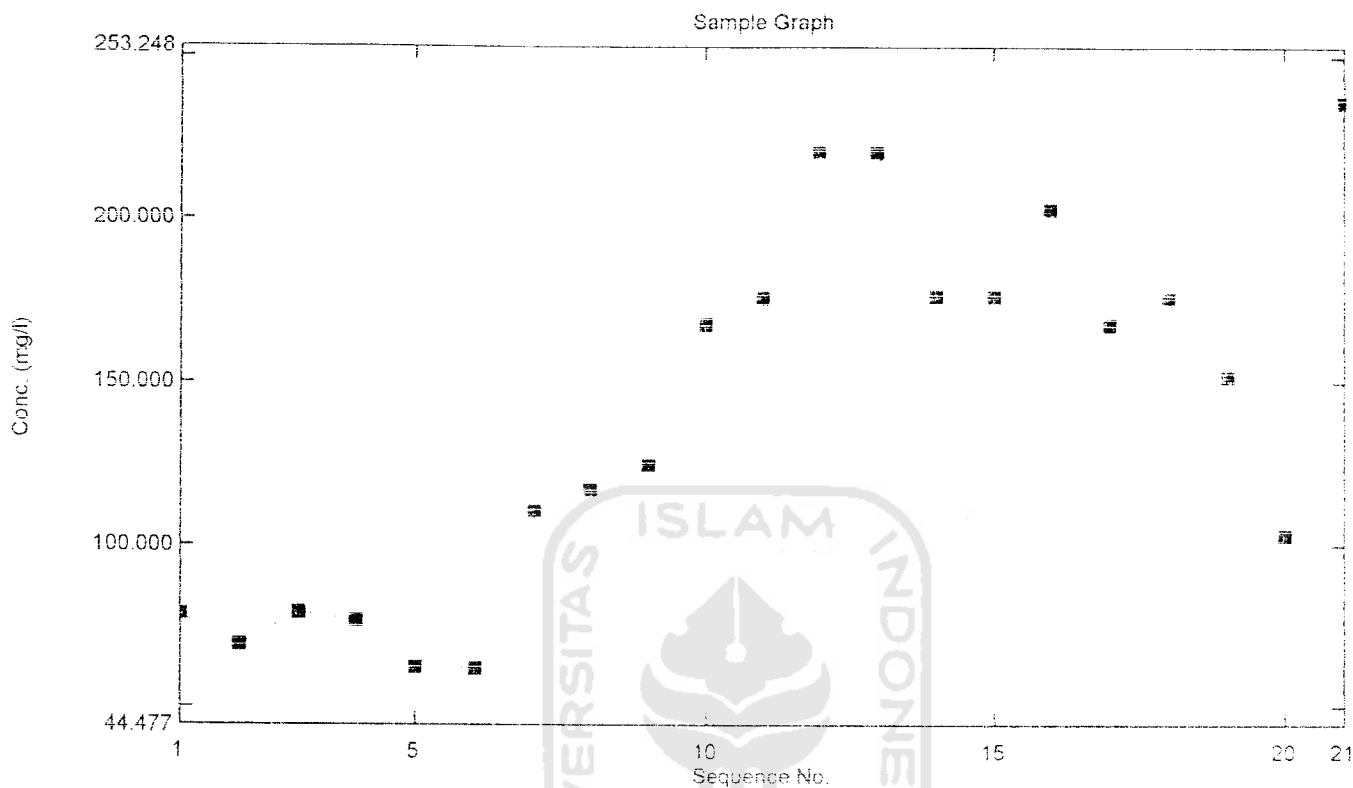
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
1	in 1.1	Unknown		78.153	0.016	
2	in 1.2	Unknown		68.996	0.014	
3	in 1.3	Unknown		79.170	0.016	
4	in 2.1	Unknown		76.627	0.015	
5	in 2.2	Unknown		62.383	0.012	
6	in 2.3	Unknown		61.874	0.012	
7	in 3.1	Unknown		110.201	0.023	
8	in 3.2	Unknown		117.323	0.025	
9	in 3.3	Unknown		124.444	0.027	
10	in 4.1	Unknown		167.684	0.037	
11	in 4.2	Unknown		175.823	0.039	
12	in 4.3	Unknown		220.589	0.050	
13	in 5.1	Unknown		220.589	0.050	
14	in 5.2	Unknown		176.332	0.039	
15	in 5.3	Unknown		176.332	0.039	
16	in 6.1	Unknown		203.293	0.046	
17	in 6.2	Unknown		167.684	0.037	
18	in 6.3	Unknown		175.823	0.039	

# Sample Table Report

01/16/2007 10:20:59 AM

File Name: D:\Hasil analisis Spektro\Flora\Flora COD.pho



Sample Table

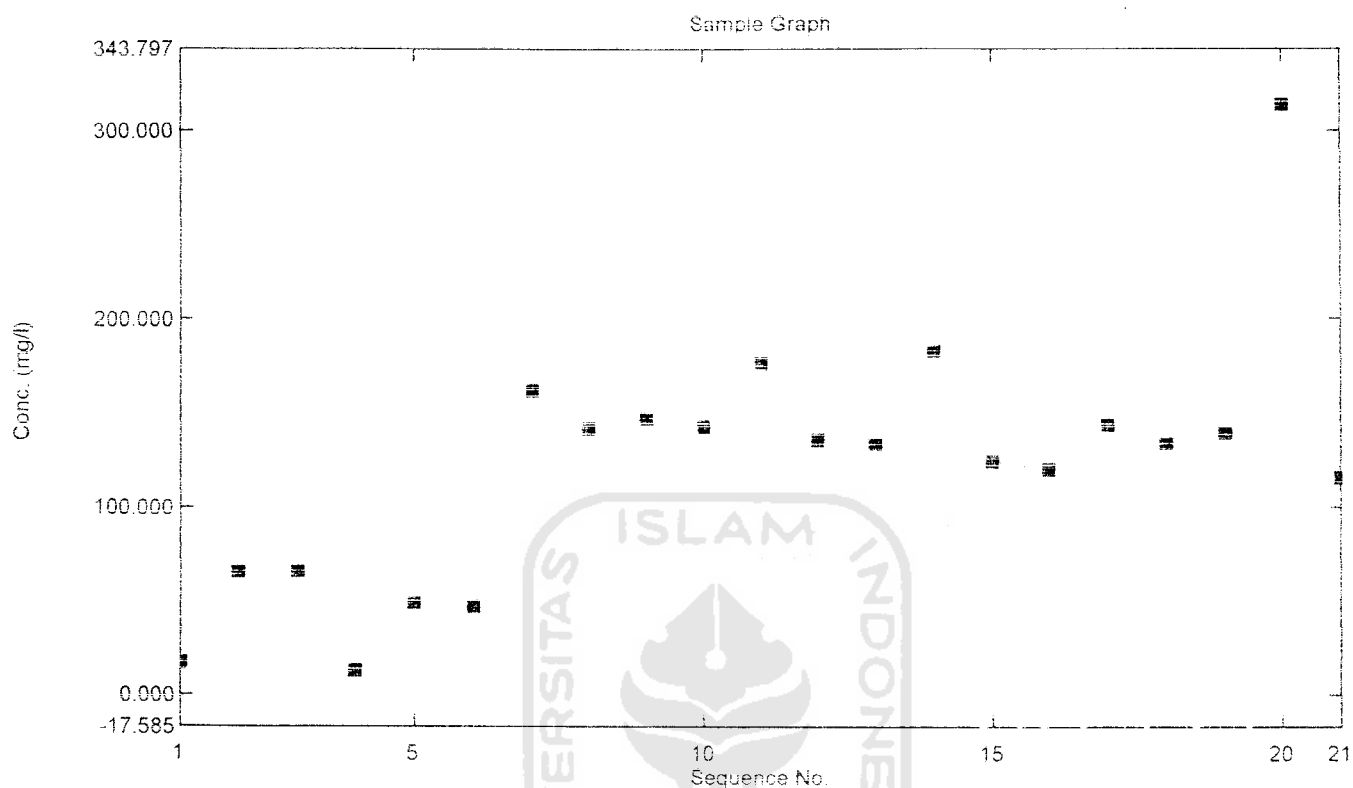
	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL 500	Comments
19	in 7.1	Unknown		151.914	0.033	
20	in 7.2	Unknown		103.079	0.022	
21	in 7.3	Unknown		235.850	0.054	
22						



# Sample Table Report

01/16/2007 10:21:56 AM

File Name: D:\Hasil analisis Spektro\Flora\Flora COD Outlet.pho



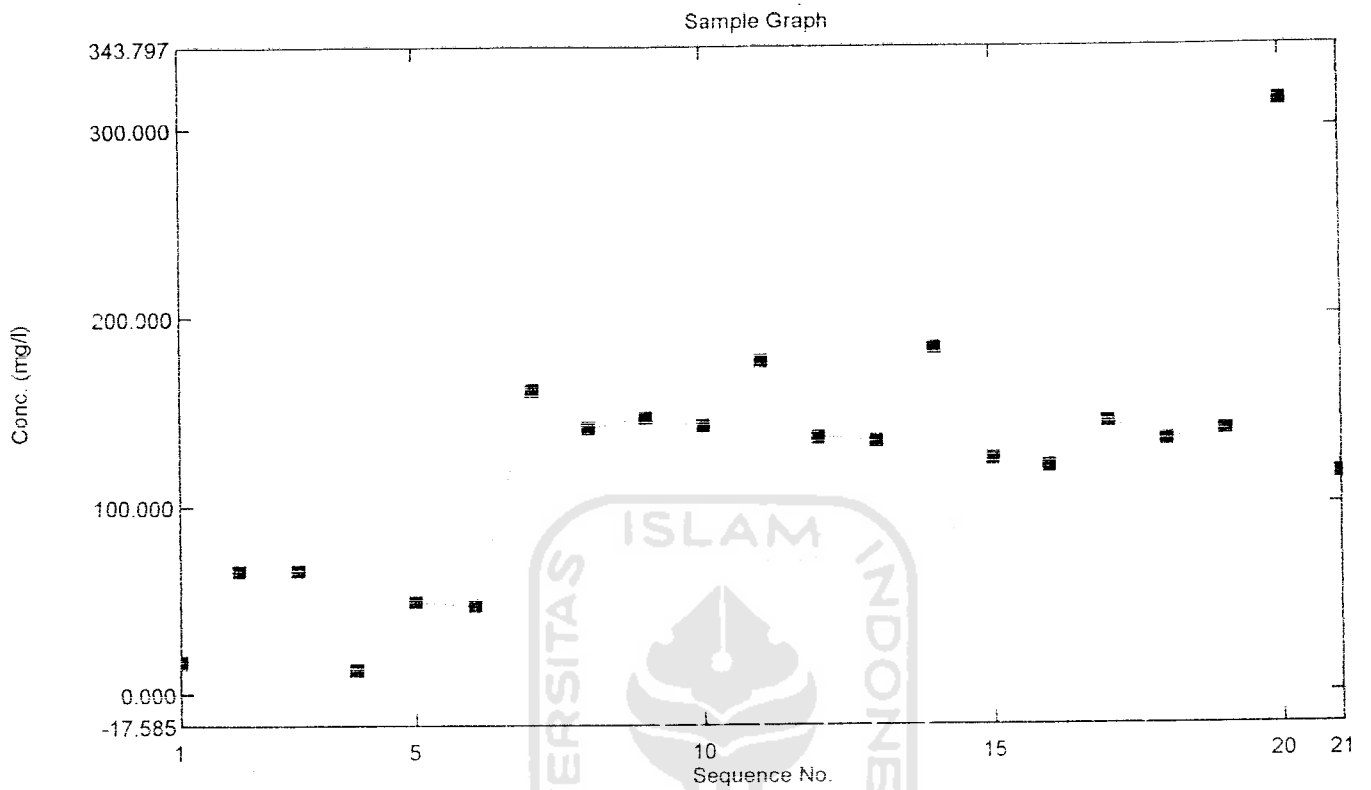
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
1	out 1.1	Unknown		16.600	0.001	
2	out 1.2	Unknown		65.435	0.013	
3	out 1.3	Unknown		65.435	0.013	
4	out 2.1	Unknown		12.530	0.000	
5	out 2.2	Unknown		48.139	0.009	
6	out 2.3	Unknown		46.104	0.008	
7	out 3.1	Unknown		161.071	0.036	
8	out 3.2	Unknown		141.232	0.031	
9	out 3.3	Unknown		146.319	0.032	
10	out 4.1	Unknown		142.249	0.031	
11	out 4.2	Unknown		176.332	0.039	
12	out 4.3	Unknown		136.145	0.030	
13	out 5.1	Unknown		133.601	0.029	
14	out 5.2	Unknown		182.436	0.041	
15	out 5.3	Unknown		124.444	0.027	
16	out 6.1	Unknown		119.866	0.026	
17	out 6.2	Unknown		143.266	0.031	
18	out 6.3	Unknown		133.601	0.029	

# Sample Table Report

01/16/2007 10:21:56 AM

File Name: D:\Hasil analisis Spektro\Flora\Flora COD Outlet.pho



Sample Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
19	out 7.1		139.197	0.030	
20	out 7.2		313.681	0.072	
21	out 7.3		115.288	0.025	
22					

**Data Hasil Pengukuran TSS Hari ke 1 Sampai Hari ke 7  
Reaktor (Dengan 1 Pipa Distribusi)**

Hari	Kertas saring	Berat kosong (gr)	Berat isi (gr)	TSS (gr/L)
1.	Inlet	1.2138	1.1999	0.278
	outlet	1.1918	1.1873	0.09
2.	Inlet	1.2272	1.2147	0.25
	Outlet	1.2159	1.2123	0.072
3.	Inlet	1.2450	1.2333	0.234
	Outlet	1.2502	1.2456	0.092
4.	Inlet	1.2598	1.2518	0.16
	Outlet	1.2383	1.2341	0.084
5.	Inlet	1.2375	1.2282	0.186
	Outlet	1.2192	1.2157	0.07
6.	Inlet	1.2234	1.2150	0.168
	Outlet	1.2187	1.2150	0.074
7.	Inlet	1.2291	1.2291	0.188
	Outlet	1.2214	1.2214	0.086

Ket : TSS (gr/L) = (( berat isi – berat kosong) / ml sampel x 1000..... (sampel =50 ml)

**Data Hasil Pengukuran TSS Hari ke 1 Sampai Hari ke 7**  
**Reaktor (Dengan 2 Pipa Distribusi)**

Hari	Kertas saring	Berat kosong (gr)	Berat isi (gr)	TSS (gr/L)
1.	Inlet	1.1982	1.1890	0.184
	Outlet	1.1986	1.1983	0.072
2.	Inlet	1.2088	1.2006	0.164
	Outlet	1.2106	1.2042	0.068
3.	Inlet	1.2509	1.2398	0.222
	Outlet	1.2397	1.2348	0.098
4.	Inlet	1.2403	1.2312	0.182
	Outlet	1.2508	1.2447	0.122
5.	Inlet	1.2408	1.2314	0.188
	Outlet	1.2396	1.2324	0.144
6.	Inlet	1.2346	1.2270	0.152
	Outlet	1.2396	1.2323	0.146
7.	Inlet	1.1924	1.1839	0.170
	Outlet	1.2232	1.2179	0.106

Ket : TSS (gr/L) = (( berat isi – berat kosong) / ml sampel x 1000..... (sampel =50 ml)

**Data Hasil Pengukuran TSS Hari ke 1 Sampai Hari ke 7**  
**Reaktor (Dengan 3 Pipa Distribusi)**

Hari	Kertas saring	Berat kosong (gr)	Berat isi (gr)	TSS (gr/L)
1.	Inlet	1.2040	1.1949	0.182
	Outlet	1.2030	1.2002	0.056
2.	Inlet	1.2043	1.1946	0.194
	Outlet	1.2152	1.2099	0.106
3.	Inlet	1.2429	1.2312	0.224
	Outlet	1.2412	1.2360	0.104
4.	Inlet	1.2620	1.2537	0.166
	Outlet	1.2556	1.2501	0.110
5.	Inlet	1.2325	1.2235	0.180
	Outlet	1.1925	1.1870	0.115
6.	Inlet	1.2244	1.2162	0.164
	Outlet	1.2396	1.2324	0.144
7.	Inlet	1.2136	1.2058	0.156
	Outlet	1.2060	1.2033	0.130

Ket :  $TSS (gr/L) = ((\text{berat isi} - \text{berat kosong}) / \text{ml sampel} \times 1000) \dots (\text{sampel} = 50 \text{ ml})$

# **LAMPIRAN II**

- **KEPMEN NO.112 TAHUN 2003**
- **PERATURAN PEMERINTAH  
REPUBLIK INDONESIA NO.82**



SALINAN

KEPUTUSAN  
MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP  
NOMOR 112 TAHUN 2003  
TENTANG  
BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK

MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP,

Menimbang : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 21 ayat (1) Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, maka dipandang perlu menetapkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik;

- Mengingat :
1. Undang-undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Tahun 1997 Nomor 68, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3699);
  2. Undang-undang Nomor 22 Tahun 1999 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Tahun 1999 Nomor 60, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3839);
  3. Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 1999 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Tahun 1999 Nomor 59, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3838);
  4. Peraturan Pemerintah Nomor 25 Tahun 2000 tentang Kewenangan Pemerintah dan Kewenangan Provinsi Sebagai Daerah Otonom (Lembaran Negara Tahun 2000 Nomor 54, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3952);
  5. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lembaran Negara Tahun 2001 Nomor 153, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4161);

6. Keputusan Presiden Nomor 2 Tahun 2002 tentang Perubahan Atas Keputusan Presiden Nomor 101 Tahun 2001 tentang Kedudukan, Tugas, Fungsi, Kewenangan, Susunan Organisasi, Dan Tata Kerja Menteri Negara;

#### MEMUTUSKAN :

Menetapkan : KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP TENTANG BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK.

#### Pasal 1

Dalam Keputusan ini yang dimaksud dengan :

1. Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama;
2. Baku mutu air limbah domestik adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah domestik yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan;
3. Pengolahan air limbah domestik terpadu adalah sistem pengolahan air limbah yang dilakukan secara bersama-sama (kolektif) sebelum dibuang ke air permukaan;
4. Menteri adalah Menteri yang ditugasi untuk mengelola lingkungan hidup dan pengendalian dampak lingkungan.

#### Pasal 2

- (1) Baku mutu air limbah domestik berlaku bagi usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan dan apartemen.
- (2) Baku mutu air limbah domestik sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) berlaku untuk pengolahan air limbah domestik terpadu.

#### Pasal 3

Baku mutu air limbah domestik adalah sebagaimana tercantum dalam lampiran Keputusan ini.



#### Pasal 4

Baku mutu air limbah domestik dalam keputusan ini berlaku bagi :

- a. semua kawasan permukiman (*real estate*), kawasan perkantoran, kawasan perniagaan, dan apartemen;
- b. rumah makan (*restaurant*) yang luas bangunannya lebih dari 1000 meter persegi; dan
- c. asrama yang berpenghuni 100 (seratus) orang atau lebih.

#### Pasal 5

Baku mutu air limbah domestik untuk perumahan yang diolah secara individu akan ditentukan kemudian.

#### Pasal 6

- (1) Baku mutu air limbah domestik daerah ditetapkan dengan Peraturan Daerah Provinsi dengan ketentuan sama atau lebih ketat dari ketentuan sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini.
- (2) Apabila baku mutu air limbah domestik daerah sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) belum ditetapkan, maka berlaku baku mutu air limbah domestik sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini.

#### Pasal 7

Apabila hasil kajian Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup atau hasil kajian Upaya Pengelolaan Lingkungan dan Upaya Pemantauan Lingkungan dari usaha dan atau kegiatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 mensyaratkan baku mutu air limbah domestik lebih ketat, maka diberlakukan baku mutu air limbah domestik sebagaimana yang dipersyaratkan oleh Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup atau Upaya Pengelolaan Lingkungan dan Upaya Pemantauan Lingkungan .

#### Pasal 8

Setiap penanggung jawab usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan dan apartemen wajib :

- a. melakukan pengolahan air limbah domestik sehingga mutu air limbah domestik yang dibuang ke lingkungan tidak melampaui baku mutu air limbah domestik yang telah ditetapkan;
- b. membuat saluran pembuangan air limbah domestik tertutup dan kedap air sehingga tidak terjadi perembesan air limbah ke lingkungan.
- c. membuat sarana pengambilan sample pada *outlet* unit pengolahan air limbah.

#### Pasal 9

- (1) Pengolahan air limbah domestik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 8 dapat dilakukan secara bersama-sama (kolektif) melalui pengolahan limbah domestik terpadu.
- (2) Pengolahan air limbah domestik terpadu harus memenuhi baku mutu limbah domestik yang berlaku

#### Pasal 10

- (1) Pengolahan air limbah domestik terpadu sebagaimana dimaksud dalam Pasal 8 menjadi tanggung jawab pengelola.
- (2) Apabila pengolahan air limbah domestik sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) tidak menunjuk pengelola tertentu, maka tanggung jawab pengolahannya berada pada masing-masing penanggung jawab kegiatan

#### Pasal 11

Bupati/Walikota wajib mencantumkan persyaratan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 dalam izin pembuangan air limbah domestik bagi usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama.

#### Pasal 12

Menteri meninjau kembali baku mutu air limbah domestik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 secara berkala sekurang-kurangnya sekali dalam 5 (lima) tahun.

#### Pasal 13

Apabila baku mutu air limbah domestik daerah telah ditetapkan sebelum keputusan ini :

- a. lebih ketat atau sama dengan baku mutu air limbah sebagaimana dimaksud dalam Lampiran Keputusan ini, maka baku mutu air limbah domestik tersebut tetap berlaku;
- b. lebih longgar dari baku mutu air limbah sebagaimana dimaksud dalam Lampiran Keputusan ini, maka baku mutu air limbah domestik tersebut wajib disesuaikan dengan Keputusan ini selambat-lambatnya 1 (satu) tahun setelah ditetapkannya Keputusan ini.

#### Pasal 14

Pada saat berlakunya Keputusan ini semua peraturan perundang-undangan yang berkaitan dengan baku mutu air limbah domestik bagi usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama yang telah ada, tetap berlaku sepanjang tidak bertentangan dengan Keputusan ini.

Pasal 15

Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di: Jakarta  
pada tanggal : 10 Juli 2003

Menteri Negara  
Lingkungan Hidup,

ttd

**Nabiel Makarim, MPA, MSM**

Salinan sesuai dengan aslinya  
Deputi MENLH Bidang Kebijakan  
Dan Kelembagaan Lingkungan Hidup,

**Hoetomo, MPA.**



CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

No	Tanggal	Catatan Konsultasi	Tanda Tangan	
			Pemb I	Pemb II
1.	26/01/07	- BAB II lebih difokuskan - Lanjut ke BAB IV		
2.	23/03/07	Subairi penulisan grafik Kalimat 2 dibuat berantitakip Komposisi materi	<i>[Signature]</i>	
	29/3/07	- Laporan tentang kegiatan batch dan kontinjen - Register BOD dan COD	<i>[Signature]</i>	
	9/4/07	<i>[Faint handwritten notes]</i>	<i>[Signature]</i>	
	14/4/07	- ACC untuk Seminar	<i>[Signature]</i>	

Lampiran  
Keputusan Menteri Negara  
Lingkungan Hidup,  
Nomor : 112 Tahun 2003  
Tanggal : 10 Juli 2003

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6 - 9
BOD	mg/l	100
TSS	mg/l	100
Minyak dan Lemak	mg/l	10

Menteri Negara  
Lingkungan Hidup,

ttd

Nabiel Makarim,MPA,MSM.

Salinan sesuai dengan aslinya  
Deputi MENLH Bidang Kebijakan  
Dan Kelembagaan Lingkungan Hidup,

Hoetomo, MPA.

**PERATURAN PEMERINTAH  
NOMOR 82 TAHUN 2001  
TANGGAL 14 DESEMBER 2001**

**TENTANG  
PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN  
PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR**

**Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas**

PARAMETER	SATUAN		KELAS		KETERANGAN	
I	II		III		IV	
<b>FISIKA</b>						
Tempelatur	°C	devias i 3	devias i 3	devias i 3	devias i 5	Deviasi temperatur dari keadaan alaminya
Residu Terlarut	mg/ L	1000	1000	1000	1000	2000
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengofahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/ L
<b>KIMIA ANORGANIK</b>						
pH	6-9	6-9	6-9	5-9		Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6		12
COD	mg/L	10	25	50		100
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1		5
NO <sub>3</sub> sebagai N	mg/L	10	10	20		20
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02 mg/L sebagai NH <sub>3</sub>
Arsen	mg/L	0,05	1	1		1
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2		0,2
Barium	mg/L	1	(-)	(-)		(-)
Boron	mg/L	1	1	1		1
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05		0,05
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01		0,01
Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05		0,01
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu ≤ 1 mg/L

Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb ≤ 0,1 mg/L
Mangan	mg/L	0,1	(-)	(-)		(-)
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002		0,005
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn ≤ 5 mg/L
Khlorida	mg/l	600	(-)	(-)		(-)
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02		(-)
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5		(-)
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO <sub>2</sub> -N ≤ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)		(-)
Khlorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belereng sebagai H <sub>2</sub> S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, S sebagai H <sub>2</sub> S <0.1 mg/L
<b>MIKROBIOLOGI</b>						
Fecal coliform	jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000 jml / 100 ml dan total coliform ≤ 10000 jml/100 ml
-Total coliform	jml/100 ml	1000	5000	10000		10000
<b>-RADIOAKTIVITAS</b>						
- Gross-A	Bq /L	0,1	0,1	0,1		0,1
- Gross-E	Bq /L	1	1	1		1
<b>KIMIA ORGANIK</b>						
Minyak dan Lemak	ug /L	1000	1000	1000		(-)
Detergen sebagai MBAS	ug /L	200	200	200		(-)
Senyawa Fenol sebagai Fenol	ug /L	1	1	1		(-)
BHC	ug /L	210	210	210		(-)
Aldrin / Dieldrin	ug /L	17	(-)	(-)		(-)
Chlordane	ug /L	3	(-)	(-)		(-)
DDT	ug /L	2	2	2		2
Heptachlor dan heptachlor epoxide	ug /L	18	(-)	(-)		(-)
Lindane	ug /L	56	(-)	(-)		(-)

Methoxychlor	ug/L	35	(-)	(-)	(-)
Endrin	ug/L	1	4	4	(-)
Toxaphan	ug/L	5	(-)	(-)	(-)

Keterangan :

mg= miligram

ug = mikrogram

ml = militer

L = liter

Bq= Bequerel

MBAS = Methylene Blue Active Substance

ABAM = Air Baku untuk Air Minum

Logam berat merupakan logam terlarut

Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO. Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum.

Nilai DO merupakan batas minimum.

Art: (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan

Tanda  $\leq$  adalah lebih kecil atau sama dengan

Tanda  $<$  adalah lebih kecil

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

ttd.

MEGAWATI SOEKARNO PUTRI



# **LAMPIRAN III**

- **ALAT-ALAT PENGUJIAN SAMPEL**

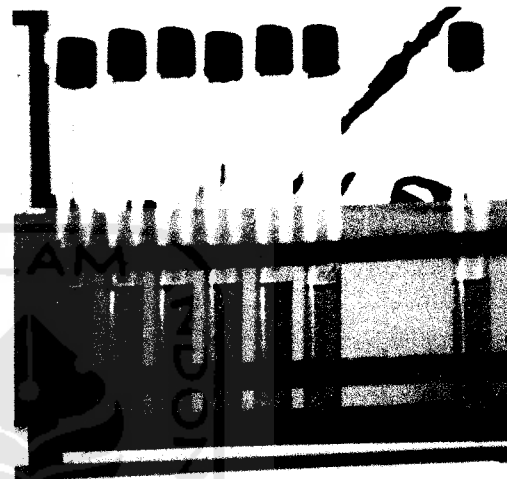


## Pegujian COD Dengan Refluks Tertutup Secara Spektrofometri

Dapat di Lihat Pada Gambar 1,2 dan 3.



Gambar 1. Pemanasan Tabung Refluks Tertutup

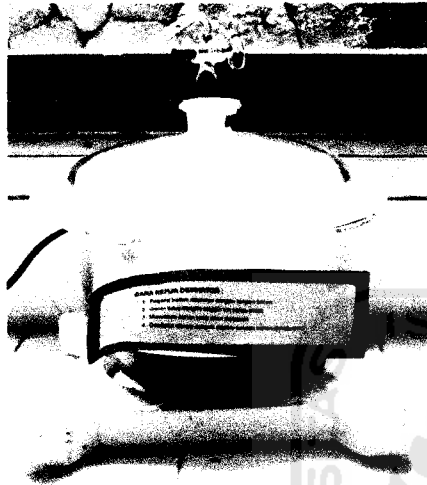


Gambar 2. Tabung Refluks Tertutup

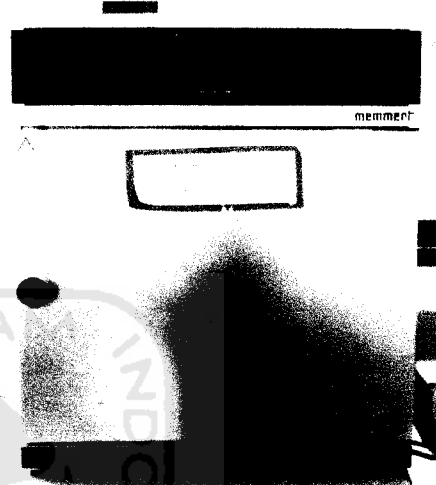


Gambar 3. Spektrofometer

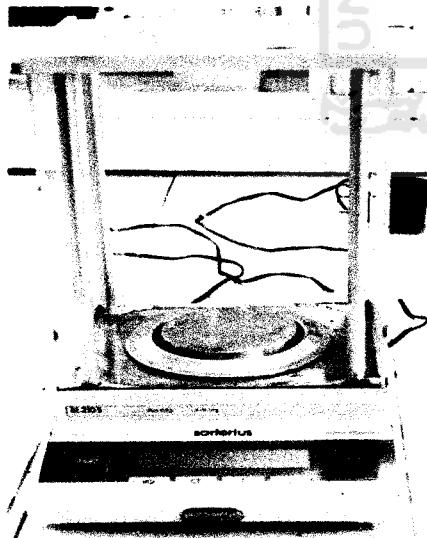
**Alat-alat Pengujian TSS Secara Gravimetri Dapat di Lihat pada  
Gambar 1,2,3 dan 4**



Gambar 1. Desicator



Gambar 2. Oven



Gambar 3. Timbangan Analitik



Gambar 4. Gelas Ukur dan Cawan Gooch