

TUGAS AKHIR

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	21 Juni 2007
NO. JUDUL :	002964
NO. INV. :	5120002964001

**PENURUNAN KADAR *BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND (BOD)* DAN  
*TOTAL DISSOLVED SOLID (TDS)* PADA AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN  
 MENGGUNAKAN REAKTOR *AEROBIC FLUIDIZED BED MEDIA*  
*STYROFOAM* SAAT *START UP***

R  
628.4  
Dew  
P  
1

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan Guna  
 Memperoleh Derajat Sarjana Strata-1 Teknik Lingkungan



41.56 bel : lang. : 28

Nama : RINTIS SUKMA DEWI

NIM : 02 513 098

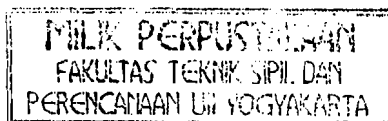
41.56 bel : lang. : 28  
 - bel lang. - as buku  
 - populer as buku

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

**JOGJAKARTA**

**2007**

Kadar BOD dan TDS  
 - vertikal. skema. skema  
 fluidized bed  
 styrofoam saat  
 start up  
 judul



**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**PENURUNAN KADAR *BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND* (BOD) DAN  
*TOTAL DISSOLVED SOLID* (TDS) PADA AIR LIMBAH DOMESTIK  
DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR AEROBIC FLUIDIZED BED  
MEDIA STYROFOAM SAAT START UP**

**Nama : RINTIS SUKAM DEWI**

**NIM : 02 513 098**

**Program Studi Teknik Lingkungan**

**Telah diperiksa & disetujui oleh:**

**LUOMAN HAKIM, ST, M. Si**  
Pembimbing I

  
Tanggal:  $\frac{10}{4}$  2007

**ANDIK YULIANTO, ST**  
Pembimbing II

Tanggal: \_\_\_\_\_

## **“Halaman Persembahan”**

***Koe***–persembahkan untuk Kedua Orang Tua–*koe* “*Terutama Ibundaku*”  
yang tercinta yang telah banyak berkorban, berdoa, dan memberikan  
segalanya untuk–*koe*

**Kakak–*koe*** “Andy” terima kasih atas dukunganya

***Eyang***–*koe* yang cerewet, makasih buat Do’anya

**N’To my Uncle N’ Family ( Md Ida, Mb Nana, Wihda, Naphan, Upan...)**

**Also To My Niece “Bella” N’ My Nephew “ Kiki”**

**LoVe U All**

.....

***SUPRA X H 3926 CL*** yang setia mengantar *A–koe* kemana saja

**Teman–teman TEKNIK LINGKUNGAN ‘02**

.....

**“Barang siapa menempuh jalan untuk menempuh ilmu maka Allah  
memudahkan bagl orang itu karena ilmu tersebut jalan menuju surga”  
(HR. Muslim)**

.....

**“Ngelmu Pari Saya Isi Saya Tumungkul, Dadia Wong Kang Luhur  
Budine**

**Bersikaplah Seperti Ilmu Padi, Semakin Berisi Semakin Merunduk  
sehingga menjadikan dirimu orang yang berbudi luhur”**

**(Pitutur Budaya Jawa)**

.....

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

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

*Alhamdulillahirobbil'alamin* atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir dengan judul "PENURUNAN KADAR *BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND (BOD)* DAN *TOTAL DISSOLVED SOLID (TDS)* PADA AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR *AEROBIC FLUIDIZED BED MEDIA STYROFOAM SAAT START UP*".

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

1. Bapak Luqman Hakim, ST, MSi, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia dan sebagai dosen pembimbing I atas arahan dan bimbingannya selama pengerjaan tugas akhir ini.
2. Bapak Andik Yulianto, ST, selaku dosen pembimbing II atas koreksi dan arahnya mulai dari pengerjaan proposal sampai pada pelaksanaan penelitian yang saya lakukan.
3. Bapak Eko Siswoyo, ST, selaku Koordinator Tugas Akhir.
4. Mas Agus, yang banyak membantu dalam berbagai administrasi Tugas Akhir ini.
5. Maz Iwan Ardiyanta, terima kasih atas bimbingannya selama berada di Laboratorium Lingkungan. Serta Keikhlasannya untuk ikut membantu mulai dari ngambil limbah *septictank* sampai pengujian...
6. Bapak Triyahya Budiarmo, S.Si,MP dan Duta Wacana Buat Foto bakterinya dan Penjelasan tentang bakteri..Makasih yaa...

7. Thanks to " *security* " N' *cantin* FTSP tercinta...
8. My Partner TuTy : Thanks For ur' cooperations.
9. D'Enviro Bersaudara cLuB (EB): Ranee yang PD banget, Unhay, Bani, Thio, The —  
unk, Ina, Thia, Neva (Thank U so much U has Helped me), NeLLy (Thank a lot For  
ur' supports)), Dian Bona, NazuLa, Lia Rinip, Tutik (Hurry up!!!), Lia Kc .
10. Teman- teman yang sempet nge- Lab bareng : Mas Dude dudedam, Ponda yang ciLik  
mentik, Mas Fahri, Mas adi@Lela, Keluarga Cemara (Maya, Suci, Mirna,  
DIAN\_andy), dll. Trimakasih Kerjasamanya yaa!!
11. Teman Enviro 02 Semuanya, Nopi U're my best friend, Pyan alias SikucLuk, Ruslan,  
DINA, Yana, Vita N'aconk, Ayu, Enno, Yudi, Beni, Heru dan Heru, Putra (D'  
smartest man), nzris, arif Si "bagi cocho cipnya dunk!!", dyah, ari, semua2nya deh  
pokoknya... LoVe U all.
12. Anak-anak Kozz: Fani Aliaz Bu Kaji, De' Rini, Diyah, Dhema, Lely, Mb Lia, Te2h  
Yeni, Retno)..
13. My boarding House " At Gang Banteng No.2F, Kaliurang Street Km13.5 N' Buat bu  
Kost Mb'Vina yang Lagi Koas..Bule' + Om (Maf Sering Pulang Telat)..Hehe..
14. Temen2 KKN Unit 114 : LoEid (Thankyou So much U made me be confident, I was  
Still Remember 4 ur'all appointment N' thanks 4 ur'supports N' "PeLuang"???...),  
Batra (have we'll graduate Together??), Lina, Dika, Doni, Eric, Raras, B'raka, Lois,  
Fikri (Si Hp berjalan) N' Septi yang pintar.
15. My friends in EI.TI: Nathan, Nana, Nanang, RizaL, Resha, Reja, Riri, Ayu+iwan,  
David, Indhi, Susi, Deni, Doni ( makaci rumusnya..), Adi inter.Law GM.U<sup>03</sup>etc. To  
all My teachers, Mr and Ms. F.O N' securitys.
14. To All my Friends In Everywhere..(FathuL, Ayok, Siska, Danik, Cipi, Cabi, dLL)

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

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb*

Jogjakarta, Februari 2007

Penulis

Rintis Sukma Dewi

## INTISARI

Salah satu sumber limbah adalah berasal dari limbah domestic yang mengandung banyak komponen yang tidak diinginkan. Bila dibuang ke lingkungan beberapa diantaranya akan memunculkan masalah pencemaran. Reaktor Fluidized bed yang menggunakan media penumbuhan bakteri dengan kecepatan aliran keatas adalah suatu unit pengolahan air limbah yang dapat mengurangi beban organik dan pencemar lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui tingkat efektifitas reaktor Fluidized bed bermedia styrofoam apabila digunakan atau dijalankan pada saat start up dalam menurunkan konsentrasi Total Disolved Solid (TDS)) dan Biochemical Oxygen Demand (BOD) pada limbah domestik (septictank). Serta untuk mengetahui kondisi reaktor aerobic Fluidized bed pada saat startup dengan mengamati nilai pH dan Suhu pada limbah domestik.

Penelitian dilakukan dengan reaktor aerobic Fluidized bed bermedia styrofoam berdiameter 5 mm sebanyak 15 % dari ketinggian. Diameter reaktor 25 cm, tinggi 100 cm, waktu detansi 18 jam dan debit 2,56 L/jam. Limbah melewati reaktor dengan aliran keatas melalui media yang ditumbuhkan mikroorganisme. Sampel diambil pada inlet dan outlet kemudian dianalisa. Analisa laboratorium untuk parameter BOD Metode yang digunakan untuk pemeriksaan BOD titrimetri menurut SNI M-69-1990-03 dan TDS yang mengacu pada SNI 03 - 1989 - F serta memperhatikan nilai pH dan Suhu.

Berdasarkan hasil analisa laboratorium, setelah dilakukan pengamatan selama 21 hari, menunjukkan adanya penurunan terhadap konsentrasi BOD namun penurunannya belum stabil dengan rata-rata persentase penurunan 0.0923 %. Dan untuk Total Dissolved Solid (TDS) terjadi penurunan dengan rata-rata persentase 19%. Rata-rata persentase perubahan pH sebesar 9.15% dan suhu 0.98%. Nilai pH dan suhu masih baik untuk keadaan start up.

**Kata Kunci : Limbah Domestik, Fluidized Bed, Start Up, BOD dan TDS**

## ABSTRACT

One of the waste source is come from domestic waste that contains by unwanted of much the component. If some of the waste Water throws away to the circles will to appears of the pollutions problem. The aerobic Fluidized Bed Reactor that using by bacteri grow media, with up flow speed is a waste water treatment unit that can lower by organic loading and the other pollutants. The objective of this research is to know about degree from aerobic Fluidized Bed reactor efectifity with tyrofoam media if using it or running it at the start up into degrees for Total Dissolved Solid (TDS) and Biochemical Oxygen Demand (BOD) concentrations from the waste water (septic tank). Also to knowing condution about aerobic fluidized bed reactor at the start up with seeing of the pH value and temperature for the domestic waste.

The research to do with use aerobic Fluidized Bed Reactor with Syrofoam as a media with diameter 5 mm as much as 15 % from the high. The Diameter of the reactor is 25 cm, the high of reactor is 100 cm, detention time is 18 hours and the flowrate is 2.56 l/hour. The waste water passing by the reactor from inlet to outlet outlet with up plow velocity passing media which grow by microorganisms. The sample that taking from the inlet and outlet and then going to the analysis. The laboratory analysis for the Biochemical Oxygen Demand (BOD) with using the method for Tritrasi BOD analysis according to the SNI M-69-1990-03 and for the Total Dissolved Solid (TDS) that refer to the SNI - 03 - 1989 - F also have observation to the value of pI and temperatures.

According to the result of the laboratory analysis, after have does observations for 21 days, it's showing to the removal from the BOD concentration, but the removal doesn't have stable yet with the removal percentage average is 0.0923%. And for The Total Dissolved Solid (TDS) is going down with the percentage average is 19%. The percentage average changes of pH is 9.15% and the temperature is 0.98%. The value of pH and temperature have been well for The start up conditions.

**Key Words : Domestic Waste, Fluidized Bed, Start Up, BOD and TDS.**



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>INTISARI</b> .....	V
<b>ABSTRAKSI</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Air Buangan .....	5
2.2 Sumber Air Buangan .....	6
2.3 Pengolahan Air Buangan Secara <i>Biologi</i> .....	8

2.4	Proses Pengolahan Air Buangan Secara <i>Aerobik</i> .....	10
2.5	Pengolahan Air Buangan Dengan <i>Fluidized Bed</i> .....	11
2.6	<i>Pertumbuhan Mikroorganisme</i> .....	15
2.7	<i>Aerasi</i> .....	19
2.8	Parameter- parameter Penelitian.....	24
	1. <i>Total Dissolved Solid (TDS)</i> .....	24
	2. <i>Biological Oxygen Demand (BOD)</i> .....	26
	3. <i>Temperature</i> .....	28
	4. <i>pH</i> .....	28
2.9	Septic Tank .....	28
2.10	Media <i>Styrofoam</i> .....	32
2.11	Penelitian Yang Telah Dilakukan Sebelumnya .....	34
2.12	Hipotesa .....	35
 <b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....		<b>36</b>
3.1	Lokasi Penelitian.....	36
3.2	Objek Penelitian.....	36
3.3	Jenis Penelitian.....	36
3.4	Kerangka Penelitian .....	36
3.5	Parameter Penelitian dan Metode uji .....	38
3.6	Variabel Penelitian.....	38
3.7	Tahapan Penelitian.....	38
	1. <i>Persiapan Alat</i> .....	38

2. Proses Starter Bakteri.....	38
3. Proses Sampling.....	39
4. Prosedur Penelitian.....	39
5. Desain Reaktor.....	40
6. Pemeriksaan Sampel.....	42
3.8 Analisa Data.....	42
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>44</b>
4.1 Hasil Konsentrasi BOD .....	45
4.1.1 Penurunan dan Kenaikan Konsentrasi BOD.....	46
4.2 Hasil Konsentrasi TDS .....	49
4.2.1 Penurunan dan Kenaikan Konsentrasi TDS.....	50
4.3 Hasil Pengukuran Suha dan pH .....	51
1 Pengukuran pH.....	52
2 Pengukuran Suhu .....	54
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>56</b>
5.1 Kesimpulan .....	56
5.2 Saran .....	56

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Limbah Domestik.....	7
Tabel 2.2	Komposisi Limbah Domestik.....	8
Tabel 2.5.1	Type Reaktor Alir Proses Berdasarkan efisiensi, HRT dan Beban organic.....	14
Tabel 2.9.1	Karakteristik efluen dari septik tank konvensional.....	30
Tabel 2.9.2	Baku Mutu Air Limbah Domestik.....	30
Tabel 2.9.3	Karakteristik Efluen Septik tank.....	31
Tabel 3.1	Parameter Penelitian dan Metode Uji.....	38

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.5.1 Diagram Alir Proses Fluidized Bed.....	13
Gambar 2.5.2 Diagram Alir Proses Fluidized Bed Untuk meremoval Methyl Chloride.....	14
Gambar 2.6.1 Kurva Pertumbuhan Mikroba pada Sistem Tertutup.....	15
Gambar 2.6.2 Kurva Pertumbuhan Bakteri Pada Bak Reaktor.....	18
Gambar 2.8.1 Skema Zat Padat Total.....	26
Gambar 2.9.1 Skema Septik tank.....	29
Gambar 2.10.1 Macam-macam Bentuk Media Plastik Sebagai Low Density Media.....	32
Gambar 2.10.2 Klasifikasi Proses Fixed Film Dalam Pengolahan Limbah.....	33
Gambar 3.1. Diagram Alir.....	37
Gambar 3..1 Reaktor Fluidized Bed bermedia styrofoam.....	41
Gambar 4.1 Konsentrasi BOD Inlet dan Outlet.....	45
Gambar 4.2 Konsentrasi TDS Inlet dan Outlet.....	49
Gambar 4.3.1 Pengukuran pH pad inlet dan Outlet.....	52
Gambar 4.3.2 Pengukuran Suhu pada inlet – outlet.....	52

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air merupakan unsur terpenting yang dibutuhkan oleh makhluk hidup, karena sekitar 65 % dari berat badan kita terdiri dari air, fungsinya tidak pernah dapat digantikan oleh senyawa lain. Air berperan di dalam tubuh diantaranya sebagai pembawa zat-zat makanan dan sisa-sisa metabolisme, media reaksi kimia di dalam tubuh, merupakan cairan yang mengisi sel tubuh kita dan lain-lain. Selain itu dalam kegiatan sehari-hari air digunakan untuk memasak, mencuci, mandi dan kegiatan penting lainnya.

Pesatnya pembangunan di berbagai sektor dan laju pertumbuhan penduduk yang tinggi, memerlukan air dalam jumlah yang besar, yang seringkali tidak tersedia. Kualitas airnya pun saat ini bukannya tanpa masalah. Masuknya bahan pencemar ke dalam air menyebabkan kualitas air tidak sesuai lagi bagi berbagai keperluan, termasuk untuk keperluan minum.

Masalah pencemaran lingkungan merupakan masalah serius bagi manusia dan lingkungan. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa tidak semua limbah yang dihasilkan diolah dan tidak semua limbah yang diolah telah memenuhi standard baku mutu lingkungan. Salah satu limbah yang tidak diolah yaitu berasal dari sumber domestik (rumah tangga, perkampungan, rumah sakit, hotel, dan lain sebagainya).

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*.

Air limbah umumnya mengandung bahan organik yang pengolahannya dapat dilakukan dengan proses biologis. Menurut Tjokrokusumo (1995) sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologis dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Pengolahan biologis pada dasarnya merupakan pengolahan air buangan dengan memanfaatkan mikroorganisme aktif yang dapat menstabilisir air buangan yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan partikel koloid yang tidak terendapkan, dan penguraian zat organik oleh mikroorganisme menjadi zat-zat yang stabil (Djajadiningrat, 1992).

Pemikiran mengenai reaktor fluidisasi sesungguhnya telah muncul sejak 1926, akan tetapi pengembangannya untuk tujuan pengolahan air buangan baru dimulai pada dekade tujuh puluhan. Dengan menggunakan media pendukung yang berukuran kecil, akan diperoleh luas permukaan yang jauh lebih besar per satuan volume sehingga diharapkan total biomassa yang di atas permukaannya tumbuh menjadi lebih banyak. Dengan demikian efisiensi penyisihan substrat akan menjadi lebih baik (Wisjnuaprpto, PAU Bioteknologi ITB).

Salah satu alternatif pengolahan yang dapat dilakukan untuk menurunkan konsentrasi pencemar dengan parameter BOD dan *Total Dissolved Solid* (TDS) ini adalah pengolahan dengan *Aerobic Fluidized Bed* aliran vertical bermedia styrofoam. *Aerobic Fluidized Bed* merupakan teknologi pengolahan air yang menggunakan proses *aerobik* dengan memanfaatkan bakteri pertumbuhan melekat (*attachet growth*) pada media styrofoam dan diharapkan dapat menurunkan konsentrasi TDS dan BOD secara optimal, sehingga layak dibuang ke badan air penerima.

*Styrofoam* merupakan bahan yang terbuat dari *foamed polistiren* dengan bahan dasar *polistiren*. Yakni suatu jenis plastik yang mempunyai ciri ringan, kaku, rapuh dan tembus cahaya. Pada suhu-kamar, *styrofoam* adalah seperti umumnya termo-plastik padat, tetapi dapat dilelehkan pada temperatur lebih tinggi untuk membentuk atau tekanan, kemudian mengeraskan kembali.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini antara lain :

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu apakah konsentrasi *Biochemical Oxigen Demand* (BOD) dan *Total Disolved Solid* (TDS) pada limbah cair domestik dapat mengalami penurunan dengan menggunakan Reaktor *Fluidized bed* bermedia *styrofoam* pada saat *start up* dan bagaimana efisiensinya.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

- a. Mengetahui kondisi Reaktor *Aerobic Fluidized Bed* bermedia *Styrofoam* saat *start up* dengan mengamati konsentrasi *Biochemical Oxigen Demand* (BOD) dan *Total Disolved Solid* (TDS) pada limbah domestik.
- b. Mengetahui apakah penelitian ini dipengaruhi oleh adanya mikroorganisme.
- c. Mengetahui efektifitas Reaktor *Fluidized Bed* apabila digunakan atau dijalankan pada saat *start up*.



#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

- a. Memberikan salah satu alternatif pengolahan terhadap penurunan kadar *Total Disolved Solid (TDS)* dan *Biochemical Oxigen Deman (BOD)* pada air limbah domestik saat keadaan *start up*.
- b. Sebagai referensi dan bahan kajian bagi peneliti berikutnya untuk mengembangkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Sesuai dengan tujuan penelitian dan supaya penelitian dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan keinginan, sehingga tidak terjadi penyimpangan dalam penelitian, maka perlu adanya batasan - batasan sebagai berikut :

- a. Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah domestik yang berasal dari septic tank FTSP (selatan kantin FTSP).
- b. Parameter air limbah yang diperiksa adalah *Total Disolved Solid (TDS)*, *Biochemical Oxigen Demand (BOD)* , *pH* dan *Temperatur*.
- c. Media yang digunakan dalam *Fluidized Bed* aliran vertical adalah *styrofoam* dengan ukuran 0,5 cm.
- d. Penelitian ini hanya memfokuskan pada saat *start up proses*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Buangan**

Di era globalisasi yang semakin meningkat ini, semakin padat jumlah penduduk serta kegiatan yang dilakukan setiap harinya semakin bertambah pula dengan buangan atau air buangan yang dihasilkan. Kualitas airnya pun saat ini bukannya tanpa masalah. Masuknya bahan pencemar ke dalam air menyebabkan kualitas air tidak sesuai lagi bagi berbagai keperluan, termasuk untuk keperluan minum.

Yang dimaksud dengan pencemaran air menurut Peraturan Pemerintah RI no.20 tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air, Pencemaran Air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (Departemen Permukiman dan prasarana Wilayah, 2003).

Tinja merupakan bagian dari buangan limbah domestik (Sugiharto, 1987). Tinja diartikan sebagai buangan yang berasal dari tubuh manusia yang merupakan sisa dari proses metabolisme tubuh dan keberadaannya di lingkungan telah bercampur dengan *urine* (air seni), air penggelontor serta air buangan lainnya yang tercampur (Anonim, 1979).

Pengolahan terhadap buangan tinja sangat penting untuk dilakukan karena didalamnya terkandung berbagai parameter pencemar dengan konsentrasi yang sangat tinggi yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran terhadap air, tanah dan udara. Selain itu kandungan bakteri pada tinja dapat menjadi vektor atau sumber penyebaran penyakit.

Pengolahan merupakan usaha yang dilakukan untuk mengurangi dampak penting negatif akibat masuk atau dimasukkannya unsur-unsur fisik, kimia, biologi atau radioaktif yang berkualitas sebagai polutan (Tjokrokusumo, 1995). Pengolahan juga berarti proses yang dilakukan sehingga menyebabkan terjadinya perubahan akibat peristiwa fisik, kimia dan biologi yang melibatkan satuan proses dan satuan operasi pada unit-unit pengolahan. Proses pengolahan bukan merupakan proses pemurnian, melainkan yaitu usaha yang dilakukan untuk memperbaiki kualitas dari buangan sehingga didapat hasil efluen yang memenuhi standar baku mutu penerimaan air buangan yang diperbolehkan (Chatib, 1986).

Secara umum tujuan utama dari setiap pengolahan air buangan adalah sebagai berikut :

1. Mencegah serta mengurangi timbulnya pencemaran lingkungan.
2. Mengubah dan mengkonversikan bahan-bahan yang terkandung di dalam air buangan menjadi bahan-bahan yang tidak berbahaya atau bahan berguna baik bagi manusia, hewan, ataupun organisme yang lain melalui proses tertentu.
3. Memusnahkan senyawa-senyawa beracun dan atau jasad-jasad pathogen.

## **2.2 Sumber Air Buangan**

Sumber air buangan dapat dibedakan menjadi:

1. Air buangan domestik

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

Secara lengkap sifat- sifat fisik air buangan domestik dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Domestik**

Sifat- sifat	Penyebab	Pengaruh
Suhu	Kondisi udara sekitar	Mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen atau gas lain. Juga kerapatan air, daya viskositas dan tekanan permukaan.
Kekeruhan	Benda- benda tercampur seperti limbah padat, garam, tanah, bahan organik yang halus, algae, organisme kecil.	Memantulkan sinar, jadi mengurangi produksi oksigen yang dihasilkan.
Warna	Benda terlarut seperti sisa bahan organik dari daun dan tanaman.	Umumnya tidak berbahaya, tetapi berpengaruh terhadap kualitas air.
Bau	Bahan volatil, gas terlarut, hasil pembusukan bahan organik.	Mengganggu estetika.
Rasa	Bahan penghasil bau, benda terlarut dan beberapa ion.	
Benda Padat	Benda organik dan anorganik yang terlarut atau tercampur.	Mempengaruhi jumlah organik padat.

**Sumber : Sugiharto, 1987**

## 2. Air Buangan 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.

**Tabel 2.2. Komposisi Limbah Domestik**

Kontaminan	Satuan	Konsentrasi Rendah	Konsentrasi Medium	Konsentrasi Tinggi
Total Solid (TS)	mg/L	390	720	1230
Total Dissolved Solid (TDS)	mg/L	270	500	860
Fixed	mg/L	160	300	520
Volatil	mg/L	110	200	340
Total Suspended Solid (TSS)	mg/L	120	210	400
Fixed	mg/l	25	50	85
Volatil	mg/L	95	160	315
Settleable Solids	mL/L	5	10	20
BOD <sub>5</sub> , 20°C	mg/L	110	190	350
Total Organik Karbon (TOC)	mg/L	80	140	260
COD	mg/L	250	430	800
Nitrogen (Total sbg N)	mg/L	20	40	70
Organik	mg/L	8	15	25
Amoniak bebas	mg/L	12	25	45
Nitrit	mg/L	0	0	0
Nitrat	mg/L	0	0	0
Phospor (Total Sbg Phospor)	mg/L	4	7	12
Organik	mg/L	1	2	4
InOrganik	mg/L	3	5	10
Klorida	mg/L	30	50	90
Sulfat	mg/L	20	30	50
Minyak dan Lemak	mg/L	50	90	100
VOCs	mg/L	<100	100-400	>400
Total Coliform	No./100mL	10 <sup>6</sup> -10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>9</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>10</sup>
Fecal Coliform	No./100mL	10 <sup>3</sup> -10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup> -10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup> -10 <sup>8</sup>

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, hal 186

### 2.3 Pengolahan Air Buangan Secara Biologi

Semua air buangan yang biodegradable dapat diolah secara biologi. Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi dipandang sebagai pengolahan yang

paling murah dan efisien. Dalam beberapa dasawarsa telah berkembang berbagai metoda pengolahan biologi dengan segala modifikasinya.

Pada dasarnya, reaktor pengolahan secara biologi dapat dibedakan atas dua jenis yaitu:

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

Didalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi. Reaktor ini berisi aliran liquid yang akan diolah, kultur media yang digunakan, dan nutrien seperti Nitrogen dan Phospor, dan udara atau oksigen jika prosesnya aerobik. Proses lumpur aktif yang banyak dikenal dalam reaktor jenis ini.

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

Di dalam reaktor ini, mikroorganisme tumbuh diatas media pendukung dengan membentuk lapisan film untuk melekatkan dirinya. Sebagian besar mikroorganisme melekat pada permukaan media dan selalu terjaga didalam reaktor. Ketika mikroorganisme terlepas dari Biofilm dan berkembang disekitar Liquid, bakteri tersuspensi ini normalnya berperan kecil dalam meremoval substrat.

Proses pengolahan dengan pertumbuhan melekat pada aerob adalah untuk mengolah materi organik pada limbah cair dan digunakan pula untuk mencapai proses *nitrifikasi*, yakni berupa proses perombakan *amonia* menjadi *nitrit*. Umumnya yang sering digunakan untuk pengolahan air limbah secara aerobik yaitu Trickling Filter. Disini air limbah didistribusikan seragam diatas permukaan media.

Aplikasi lain yang umum digunakan untuk mengolah air limbah industri yaitu UASBR (Upflow Anaerobic sludge Bed Reactor). Ketika dioperasikan mikroorganisme dalam bentuk granula mengendap cepat, dan membantu secara biologi produksi pendukung media untuk tambahan pertumbuhan biologi.

## 2.4 Proses Pengolahan Air Buangan Secara Aerobik

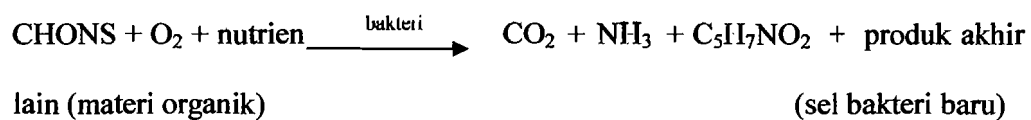
Proses aerobik pada dasarnya merupakan proses yang terjadi karena aktivitas mikroba dilakukan pada saat terdapat oksigen bebas. Proses biologis secara aerobik berarti proses dimana terdapat oksigen terlarut. Oksidasi bahan organik menggunakan molekul oksigen sebagai aseptor elektron akhir adalah proses utamayang 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, 1995).

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. Reaksi yang terjadi pada proses aerob sebagai berikut :



Pada temperatur 37° C proses berjalan baik dan kenaikan 10° C kecepatan bereaksi akan berlipat. pH antara 6,5 – 8,5 (Mahida, 1993).

Urutan mekanisme pengolahan aerobik air buangan dapat dinyatakan dalam bentuk seperti dibawah ini :



Kecepatan reaksi suatu oksidasi aerobik tidak dapat diubah sedemikian besar, namun dengan menyediakan populasi mikroorganisme yang banyak dalam bentuk "slime" atau lumpur biologi (*biosluge*) maka akan memungkinkan untuk mencapai kecepatan pemisahan material- material organik dari larutan yang lebih besar. An mikroba yang lebih besar memberikan kesempatan berlangsungnya adsorpsi awal

terhadap koloidal dan organik- organik terlarut disertai dengan sintesis sel- sel baru sehingga setelah waktu kontak yang relatif pendek sisa kandungan zat organik dalam larutan tersebut tinggal sedikit. Material organik yang terabsorpsi kemudian dioksidasi menjadi produk akhir sebagaimana lazimnya dalam proses aerobik. (*Principles of Water Quality Control*).

## 2.5 Pengolahan Air Buangan Dengan Fluidized Bed

Reaktor *fluidized bed* merupakan produk tahun 1980an, dan terdiri dari suatu *fluidized bed* atau *inert carrier material* (misalnya, sand). Melalui kecepatan alir yang tinggi (*high up flow velocity*) lewat aliran resirkulasi, *filter bed* membesar dan material tersebut sepenuhnya terjebak dalam *liquid upflow*. Biomassa menempel pada permukaan partikel-partikel pembawa (*carrier particle*) yang berukuran kecil, sehingga membentuk suatu biofilm aktif. Biomassa yang menyelimuti partikel media berada pada kondisi terfluidasi atau terekspansi (bergerak melayang-melayang) secara vertical, dengan aliran ke atas (up flow). Besarnya kecepatan vertikal dicapai dengan mengatur besarnya tingkat resirkulasi. Dalam hal ini ukuran dan densitas media akan menentukan apakah system operasi stabil dan ekonomis. Partikel yang berukuran kecil akan memberikan luas permukaan yang lebih besar yang berguna sebagai tempat menempel biofilm. Partikel juga akan dapat diekspansi pada kecepatan upflow yang lebih rendah dengan mengurangi laju resirkulasi.

*Fluidized bed* bekerja dengan *upflow* untuk mengekspansi media pendukung yang menahan *bio film*. Kekuatan tarik /*drag force* yang diakibatkan oleh *fluid flow* terhadap media pendukung menghasilkan ekspansi bed. Ketika tebal biomassa bertambah dalam media *fluidized-bed*, dapat terjadi perbedaan signifikan dalam



diameter efektif dan *settling velocity*. Rancangan reaktor harus mendistribusikan dan mengontrol aliran *influent*, sehingga perubahan densitas dalam media bed dapat dijelaskan. Dengan kontrol yang hati-hati terhadap *flow velocity* dan/atau pemakaian bidang *cross-sectional* ter-ekspansi pada bagian atas bed, biomasa tertahan dalam reaktor. Ekspansi *bed* dapat dipantau secara optikal untuk mengevaluasi ekspansi dan pembentukan (*buildup*) biomasa. Untuk substrat yang menghasilkan pertumbuhan biomasa yang tinggi, ekspansi bed dapat dikendalikan oleh media dan pembersihan pertumbuhan biomasa.. Karbon yang bersih tertahan dalam reaktor, sementara biomasa *sheared* terpotong densitas rendah mengalir ke luar dari reaktor. Jika perlu, hal ini dihilangkan oleh unit pemisah zat padat (*solids separation unit*). Aliran proses untuk *skid-mounted unit* biasanya terdapat pada kebanyakan reaktor *fluidized-bed*.

Popularitas reaktor *fluidized-bed* dihasilkan dari sedikitnya masalah penyumbatan (*clogging problem*) daripada sistem *packed-bed*. *Clogging problem* seringkali lebih bersifat kimiawi daripada biologis. Pada banyak air limbah, kondisi *aerobic* lebih mudah dipertahankan pada *fluidized bed*. Kerugian utama yaitu lebih besarnya pengadukan vertikal pada *fluidized bed* dibandingkan *packed-bed flow regime*. Jika pemisahan secara fisik komunitas biomassa spesifik diperlukan, maka perlu banyak reaktor yang harus digunakan.

Kadang-kadang, *fluidized beds* dipakai dalam pengolahan air dan pengolahan air limbah lanjut (*advanced treatment of wastewater*). *Fluidized bed* terdiri dari bed padat *granular adsorbent*. Cairan mengalir ke atas melalui *bed* dengan arah vertikal. Kecepatan cairan ke atas cukup untuk menahan zat padat, sehingga *solid* tidak memiliki kontak interpartikel yang konstan. Pada bagian atas zat padat, terdapat suatu *interface* khas antara zat padat dengan cairan efluen. Keuntungan utama *fluidized bed* yaitu bahwa cairan dengan kandungan zat tersuspensi yang dapat diapresiasi dapat

diberi pengolahan *adsorption* tanpa menyumbat *bed*, karena solid ter-suspensi melalui *bed* dan menyisakan efluen. Biasanya, *fluidized bed* bekerja dengan cara *countercurrent* yang terus menerus.

*Fluidized Bed reaktor* pada dasarnya merupakan sebuah tabung buatan yang terbuat dari bahan kasar, keras dan padat yang disusun dengan baik dan dialiri oleh air limbah. Menurut *Anonim (1986)*, faktor-faktor yang mempengaruhi bangunan *fluidized bed reaktor* adalah :

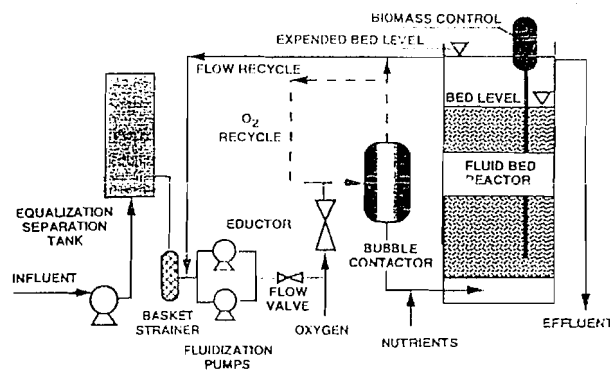
a. Faktor *Abiotis*

Faktor abiotis adalah berupa *pH*, *temperatur*, karakteristik air limbah, karakteristik filter dan bahan beracun. Air limbah yang akan diolah dengan *fluidized bed reaktor* harus diendapkan dahulu lumpurnya.

b. Faktor *Biotis*

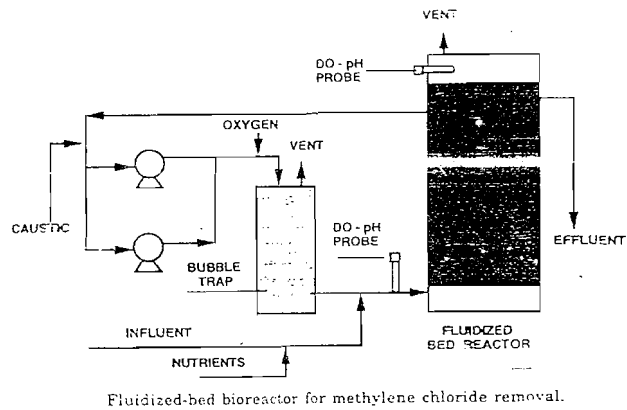
Faktor *biotis* adalah *mikroorganisme* yang mendukung proses pengolahan.

Bentuk dari pemakaian rangkain *fluidized* berbeda-beda, sesuai dengan pengolahan yang akan dilakukan. Sistem aliran dari *fluidized bed* dapat dilihat seperti Gambar 2.5.1 dan 2.5.2.



Skid-mounted fluidized-bed process flow diagram.

Gambar 2.5.1 Diagram Alir Proses *Fluidized Bed*



Gambar 2.5.2 Diagram Alir Proses *Fluidized Bed* Untuk meremoval Methyl Chloride  
 Sumber: (John, 1995)

Pemakaian reaktor ditentukan oleh berbagai hal, antara lain karakteristik limbah, perencanaan lokasi, dan kualitas dari pemeliharaan. Type reaktor berdasarkan efisiensi, *hidrolic retention time* (HRT) dan beban organik dapat dilihat pada Tabel 2.5.1 dibawah ini.

Tabel 2.5.1 Type reaktor berdasarkan efisiensi, HRT dan beban organik

Tipe reaktor	Beban Organik (kg COD/m <sup>3</sup> .hari)	HRT (hari)	% COD Removal
• <i>Anaerobic Lagoon</i>	0,1-0,5	1-20	35-75
• <i>Imhoff tank (10<sup>0</sup> C)</i>	0,3	20-50	35-65
• <i>Contac Proses</i>	205	0,5-5	70-90
• <i>Ekspanded Bed/ Fluidized Bed</i>	1-20	<1	80-85
• <i>UASB - low strenght - High streng</i>	<5 5-20	0,3-0,5 2-10	65-80 70-85

Sumber : S.Veenstra

Reaktor *Fluidized bed* yang merupakan alternatif pengolahan limbah, memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya antara lain:

- 1) Dapat digunakan untuk beban organik yang tinggi
- 2) *hidrolic retention time* (HRT) yang relatif singkat
- 3) Sesuai untuk berbagai jenis limbah
- 4) Dengan menggunakan butiran karbon aktif dapat menahan limbah
- 5) Tidak sensitif terhadap *shock loads*

6) Tidak membutuhkan area yang luas.

Sedangkan kekurangan dari pemakaian *Fluidized bed* adalah:

7) Sukarnya Proses *start up*

8) Dibutuhkan energi yang tinggi untuk fluidisasi

9) Sukar untuk mengontrol ketinggian bed

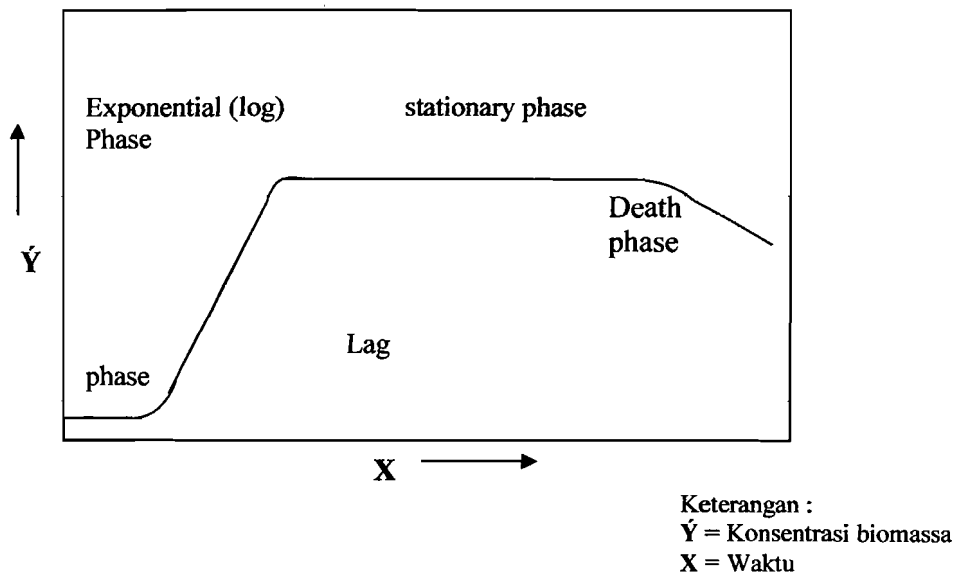
10) Sukar untuk mendesain reaktor

11) Besarnya biaya untuk media

## 2.6 Pertumbuhan Mikroorganisme

Populasi pertumbuhan *mikroba* dipelajari dengan menganalisis kurva pertumbuhan dari sebuah kultur media (Prescott, 1999). Teknik evaluasi suatu populasi mikroba baik secara kuantitatif maupun kualitatif dapat digunakan untuk memantau dan mengkaji fenomena pertumbuhan (Mangunwidjaja, 1994).

Menurut (Prescott 1994) pertumbuhan mikroorganisme dapat diplotkan sebagai logaritma dari jumlah sel dengan waktu inkubasi. Dari hasil kurva terdiri dari empat fase (gambar 2.6.1).



Gambar 2.6.1 Kurva Pertumbuhan Mikroba pada Sistem Tertutup  
Sumber : Prescott, 1999

a. 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). Oleh karena itu :

$$X = X_0 = \text{tetap}$$

dengan  $X_0$  = Konsentrasi sel, pada  $t = 0$

Laju pertumbuhan sama dengan nol.

b. 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.

c. 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).

d. Fase kematian (*Death phase*)

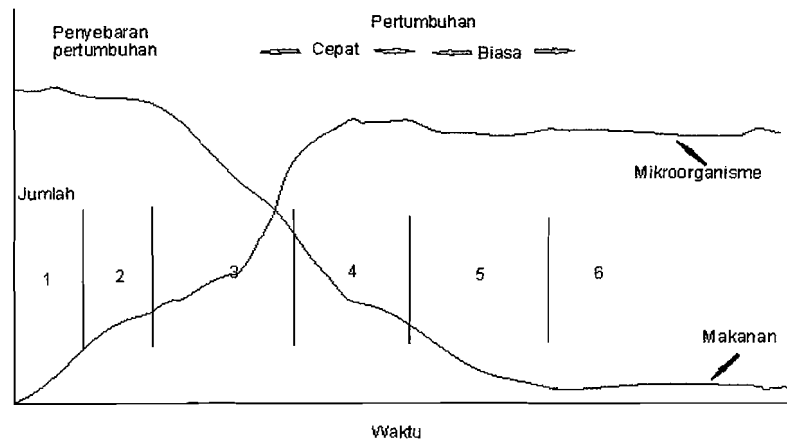
Kondisi lingkungan yang merugikan mengubah seperti penurunan nutrient dan menimbulkan limbah racun, mengantarkan berkurangnya jumlah dari sel hidup sehingga menyebabkan kematian.

## ☞ 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 *stutinary phuse*.

Setelah jumlah makanan habis digunakan, maka jumlah kematian akan lebih besar dari jumlah pertumbuhan keadaan ini disebut *endogeneous 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 2.6.2 dibawah ini:



- Ket:
- |                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1. <i>Lag Phase</i>          | 4. <i>Declining Growth Phase</i> |
| 2. <i>AccelARATION Phase</i> | 5. <i>Stationary Phase</i>       |
| 3. <i>Log Phase</i>          | 6. <i>Endogeneous Phase</i>      |

Gambar 2.6.2 Kurva Pertumbuhan Bakteri Pada Bak Reaktor

Sumber: Sugiharto, 1987

### ■ Lapisan *Biofilm*

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

*Biofilm* terbentuk karena adanya interaksi antara bakteri dan permukaan yang ditemeli. Interaksi ini terjadi dengan adanya faktor-faktor yang meliputi kelembaban permukaan, makanan yang tersedia, pembentukan matrik *ekstraseluler* (*exopolimer*) yang terdiri dari *polisakarida*, faktor-faktor fisikokimia seperti interaksi muatan permukaan dan bakteri, ikatan ion, ikatan Van Der Waals, pH dan tegangan permukaan serta pengkondisian permukaan. Dengan kata lain terbentuknya *biofilm* adalah karena adanya daya tarik antara kedua permukaan

(psikokimia) dan adanya alat yang menjembatani pelekatan (*matrik eksopolisakarida*) (Yung, 2003).

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

- a. Predasi/predator, dimana mikrobiologi dalam *biofilm* mengkonsumsi bakteri dan patogen-patogen lain yang ditemukan dalam air (misalnya penyapuan bakteri oleh protozoa).
- b. Kematian alami/inaktivasi, sebagian besar organisme akan mati dalam lingkungan yang relative berbahaya karena meningkatnya kompetisi. Sebagai contoh: ditemukan bahwa jumlah *E.coli* menurun segera saat di dalam air.
- c. Pengolahan ini menuntut aliran yang terus-menerus untuk memberikan pemasukan oksigen yang konstan ke *biofilm* (Yung, 2003).

## 2.7 Aerasi

### a. Prinsip Aerasi

Aerasi merupakan suatu sistem oksidasi melalui penangkapan  $O_2$  dari udara pada air olahan yang akan diproses. Pemasukan oksigen ini bertujuan agar  $O_2$  diudara dapat bereaksi dengan kation yang ada didalam air olahan. Reaksi kation dan oksigen menghasilkan oksigen logam yang sukar larut dalam air sehingga dapat mengendap. Jadi prinsip dasar dari aerasi yaitu pertukaran tempat suatu substansi dari air ke udara atau sebaliknya terjadi pada permukaan atau pertemuan antara udara dan air.



Tujuan aerasi adalah:

1. Menurunkan konsentrasi materi- materi penyebab rasa dan bau.
2. Mengoksidasi besi dan mangan, yang tidak dapat terlarutkan dan melarutkan gas didalam air.
3. Menghilangkan senyawa- senyawa pengganggu, contoh penghilangan hidrogen sulfida sebelum klorinasi dan menghilangkan karbon dioksida sebelum pelunakan.

Oksigen yang ada diudara, melalui proses aerasi akan bereaksi dengan senyawa ferrus dan manganous terlarut merubahnya menjadi *ferric* ( $Fe^{3+}$ ) dan *manganic oxide hydrates* yang tidak bisa larut. Setelah itu dilanjutkan dengan pengendapan (sedimentasi) dan penyaringan (filtrasi). Perlu diketahui bahwa oksidasi terhadap senyawa besi dan mangan didalam air tidak selalu terjadi dalam waktu cepat. Apabila air mengandung zat organik, pembentukan endapan besi dan mangan melalui proses aerasi terlihat sangat tidak efektif.

b. Kelarutan gas dalam cairan

Kelarutan gas dalam cairan tergantung dari:

1. Kondisi alamiah gas, umumnya dinyatakan dalam koefisien gas spesifik; koefisien distribusi  $k_D$ .
2. temperatur air.
3. Impurities (kemurnian) yang terkandung dalam air.
4. Konsentrasi gas tertentu pada fasa ( $g/m^3$ ) yang berkaitan dengan tekanan parsial gas tersebut dalam fasa gas.

c. Pengaruh konsentrasi gas terhadap kelarutan

Jika air tereksos oleh campuran gas, pertukaran yang terus menerus dari molekul- molekul gas yang berubah dari fasa cair kegas dan sebaliknya. Selama

konsentrasi kelarutan dalam fasa cair adalah melalui gas, keduanya akan sama besarnya seperti tidak ada perubahan secara keseluruhan dari konsentrasi gas dalam kedua fasa tersebut akan terjadi. Keseimbangan dinamis ini, biasanya berhubungan sebagai konsentrasi kelarutan atau konsentrasi jenuh dari gas dalam cairan. Konsentrasi gas tertinggi dalam fasa gas adah akan lebih besar konsentrasi jenuh dalam fasa cair dengan jelas. Pada kenyataannya, hubungan antara konsentrasi jenuh (*saturation concentration*)  $C_s$  ( $\text{g/m}^3$ ) dan konsentrasi gas dalam fasa gas ( $\text{g/m}^3$ ) adalah linier :

$$C_s = k_D \cdot C_g$$

Besarnya tergantung dari gas alam (serta cairan juga) kemudian akan terlihat dalam temperatur air.  $k_D$  biasanya merupakan koefisien distribusi gas dalam air.

d. Pengaruh temperatur terhadap kelarutan gas

Apabila gas larut dalam air, biasanya proses ini diikuti dengan pelepasan panas ( $\Delta H$ ). Berdasarkan prinsip Le Chatelier, yakni kenaikan temperatur akan mengakibatkan kelarutannya akan menurun.

e. Pengaruh impurities air terhadap kelarutan gas

Apabila dalam air mengandung zat- zat tertentu, zat- zat tersebut akan mempengaruhi kelarutan gas. Dengan demikian perlu diperhitungkan suatu faktor yang menunjukkan kemurnian air ( $\gamma$ ).

$$C_s = \left( \frac{k_D}{\gamma} \right) \cdot C_g$$

Untuk air murni  $\gamma = 1$

Faktor  $\gamma$  akan meningkat apabila konsentrasi substansi terlarut dalam air juga meningkat. Hal ini akan menurunkan kelarutan gas.

Pengaruh konsentrasi impurities ( $C_{imp}$ ), dapat dinyatakan dalam rumus empiris:

$\text{Log } \gamma = f \cdot C_{imp}$  untuk bukan elektrolit.

$\text{Log } \gamma = f \cdot I$  untuk elektrolit

Dengan :  $f$  = konstanta yang tergantung pada kandungan zat terlarut dalam air

$I$  = kekuatan ionik dari elektrolit

Nilai  $C_{imp}$  dan  $I$  diperoleh berdasarkan pengukuran. Sedangkan nilai  $f$  diperoleh berdasarkan percobaan dilaboratorium untuk masing- masing campuran larutan.

f. Jenis aerator

Empat tipe aerator yang umum digunakan yaitu Gravity aerators, *Spray aerators*, *Diffusers*, dan *mechanical aerators*. Pertimbangan desain terbesar untuk semua tipe aerator adalah untuk menyediakan *interface* (bidang pemisah) maksimal antara udara dan air pada pengeluaran energi yang minimal. Jenis dari aerator tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Gravity aerators*

Gravity aerators menggunakan bendungan (*weirs*), air terjun (*waterfalls*), air terjun kecil (*cascades*), didang miring dengan piringan penderas (*inclined planes with riffle plates*), menara vertikal dengan aliran udara yang naik (*vertical towers with updraft air*), menara piringan yang diulangi (*perporated tray towers*), atau *packed towers filled* dengan media kontak seperti coke atau batu (*stone*). Beberapa tipe dari gravity arators, diantaranya :

a) *Multiple tray aerator*

Aerator ini perlengkapannya sangat sederhana dan persiapannya tidak mahal serta menempati ruang yang sangat sempit. Tipe aerator ini terdiri dari 4 – 8 tray dengan lubang dibagian bawah pada interval 30 – 50 cm. Lubang air dibuat sama dengan tray di atasnya, dan aliran ke bawahnya

rata- rata sekitar  $0.002 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Air diterjunkan dan dikumpulkan lagi pada tiap- tiap tray. Tray dapat dibuat dari beberapa bahan yang sesuai seperti papan asbes yang berlubang- lubang, pipa- pipa plastik dengan diameter kecil atau bilah- bilah kayu yang disusun paralel.

b) *Cascade aerator*

Aerator ini terdiri 4 – 6 anak tangga, ketinggian masing- masing sekitar 30 cm dengan kapasitas sekitar  $0.01 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Untuk menghasilkan turbulensi dan meningkatkan efisiensi aerasi, rintangan- rintangan seringkali ditempatkan pada ujung tiap anak tangga. Dibandingkan dengan tray aerator memerlukan ruang yang lebih luas tetapi mempunyai *headloss* lebih rendah. Manfaat yang lain adalah tidak sulit dalam perawatannya.

c) *Multiple platform aerator*

Aerator ini menggunakan prinsip yang sama dengan *cascade aerator*. Piringan berlapis (*platform*) untuk terjunan air dibuat terbuka tanpa penghalang sehingga air dapat kontak dengan udara.

2. Spray aerator

Merupakan aerasi yang dapat menghasilkan semprotan air, sehingga air yang jatuh keluar akan berupa butiran- butiran. Hal ini sangat menguntungkan bila air yang semakin kecil, karena dengan butiran yang kecil kepermukaan air yang kontak langsung dengan udara semakin luas.

*Nozzled spray aerator* merupakan tipe spray aerator yang lain yaitu menggunakan pipa yang dilubangi secara teratur dengan semprotan keatas. Untuk menghindari kemacetan, lubang *nozzle* (pipa) sebaiknya berukuran lebih dari 5 mm.

### 3. *Diffused-air aerator*

Type ini terdiri dari sebuah basin dengan pipa- pipa per lokasi, tabung- tabung popous yang digunakan untuk memompakan udara yang akan dilewatkan ke air, sehingga air tersebut teraerasikan. Tingkat terjadinya gelembung- gelembung itu banyak dipengaruhi oleh *spey aerator*, tetapi meskipun demikian udara harus ditekan diatas tekanan kedalam kedalaman air dimana diffusi itu ditetapkan.

### 4. *Mechanical aerators*

*Aerator* type ini terdiri dari sebuah propeler seperti daun pengaduk terpasang pada ujung sumbu vertikal yang dikendalikan oleh sebuah motor. Akibat putaran daun pengaduk yang cepat didalam air, maka terjadi pencampuran antara udara dan air. Tipe- tipe aerator mekanik pada umumnya yaitu aerator permukaan (tipe air kedalam udara), aerator remdam (tipe udara kedalam air), dan aerator kombinasi.

## **2.8 Parameter-Parameter Penelitian**

Parameter-parameter yang diteliti dalam penelitian ini antara lain :

### 1. *Total Dissolved Solid (TDS)*

Dalam air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam, dan molekul organis, dan zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat, kwarts. Perbedaan utama antara kedua zat tersebut adalah ditentukan melalui ukuran/diameter partikel-partikel tersebut.

Analisa zat padat dalam air, sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-

proses pengolahan data dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan.

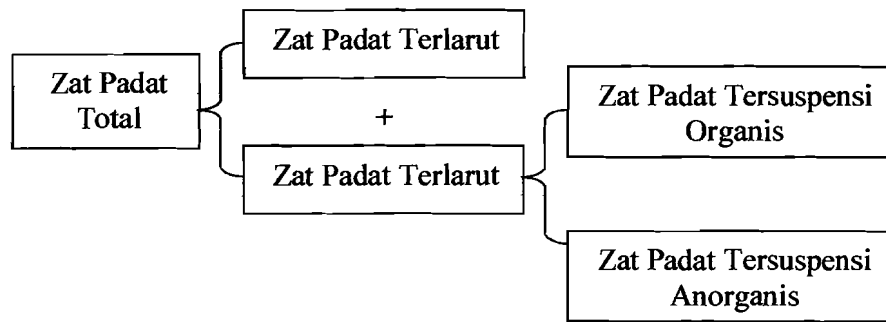
Zat-zat padat yang berada dalam suspensi dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi koloidal (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (partikel tersuspensi).

Jenis partikel koloid tersebut adalah penyebab kekeruhan dalam air (efek tyndall) yang disebabkan oleh penyimpangan sinar nyata yang menembus suspensi tersebut. Partikel-partikel koloid tidak terlihat secara visual sedangkan larutannya (tanpa partikel koloid) yang terdiri dari ion-ion dan molekul-molekul tidak pernah keruh. Larutan menjadi keruh bila terjadi pengendapan yang merupakan komponen kejenuhan dari suatu senyawa kimia.

Partikel-partikel tersuspensi biasanya, mempunyai ukuran lebih besar dari partikel koloid dan dapat menghalangi sinar yang akan menembus suspensi, sehingga suspensi tidak dapat dikatakan keruh, karena sebenarnya air diantara partikel-partikel tersuspensi tidak keruh dan sinar tidak menyimpang seperti halnya ion-ion dan molekul-molekul (zat yang terlarut), zat padat koloidal dan zat padat tersuspensi dapat bersifat inorganis (tanah liat, kwarts) dan organis (protein, sisa tanaman).

Dalam metode analisa zat padat, pengertian zat padat total adalah semua zat-zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana, bila sampel air didalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu.

Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut, dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organis dan inorganis seperti pada skema dibawah ini :



Gambar 2.8.1 Skema Zat Padat Total

Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklasifikasikan sekali lagi menjadi antara lain zat padat terapung yang selalu bersifat organik dan zat padat terendap yang dapat bersifat organik dan inorganik.

Zat padat terendap adalah zat padat dalam keadaan suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya beratnya.

Penentuan zat padat ini dapat melalui volumenya, yang disebut analisa volume lumpur (sludge volume), dan dapat melalui beratnya disebut analisa lumpur kasar atau umumnya disebut zat padat terendap (settleable solids).

Dimensi dari zat-zat padat tersebut diatas adalah dalam mg/L atau g/L, namun sering pula ditemui ” % berat ” yaitu kg zat padat / kg larutan, atau ” % volume ” yaitu dalam  $\text{dm}^3$  zat padat / liter larutan.

## 2. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan bahan-bahan organik yang terkandung didalam air pada kondisi *aerobic* (Djajadiningrat,1992). Semakin banyak zat organik, semakin besar kebutuhan dan nilai BOD semakin besar. Bila zat organik sedikit maka

kebutuhan oksigen kecil dan nilai BOD juga kecil. Nilai BOD dapat dijadikan indicator pencemar bahan organik dalam air.

Tujuan pengolahan limbah cair adalah menurunkan kadar zat-zat yang terkandung didalam air limbah sampai memenuhi persyaratan effluent yang berlaku dan untuk melindungi kesehatan masyarakat (Djajadiningrat 1992). Air limbah umumnya mengandung bahan organik yang pengolahannya dapat dilakukan dengan proses biologis. Menurut Tjokrokusumo (1995) sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologis dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Pengolahan biologis pada dasarnya merupakan pengolahan air buangan dengan memanfaatkan mikroorganismenya aktif yang dapat menstabilisir air buangan yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan partikel *koloid* yang tidak terendapkan, dan penguraian zat organik oleh mikroorganismenya menjadi zat-zat yang stabil (Djajadiningrat, 1992).

Pemikiran mengenai reaktor fluidisasi sesungguhnya telah muncul sejak 1926, akan tetapi pengembangannya untuk tujuan pengolahan air buangan baru dimulai pada dekade tujuh puluhan. Dengan menggunakan media pendukung yang berukuran kecil, akan diperoleh luas permukaan yang jauh lebih besar per satuan volume sehingga diharapkan total biomassa yang tumbuh diatas permukaannya tumbuh menjadi lebih banyak. Dengan demikian efisiensi penyisihan substrat akan menjadi lebih baik. Berbeda dengan reaktor biofilm tetap yang telah dikembangkan sebelumnya (*trickling filter* dan RBC ), proses pengolahan dengan reaktor unggun terfluidasi dapat berlangsung secara aerob dan anaerob tergantung desain yang dikehendaki. Fluidized bed yang aerob dikenal juga dengan nama fluidisasi tiga fasa (fasa cair, solid, dan gas) sampai saat ini masih terbatas pada pengembangan skala laboratorium. Sedangkan fluidized bed yang anaerob sudah



mulai diaplikasikan di negeri Belanda walau masih belum dilakukan pengembangan secara komersial.

### 3. *Temperatur*

*Temperatur* air limbah mempengaruhi badan penerima bila terdapat perbedaan suhu yang cukup besar. Temperatur air limbah akan mempengaruhi kecepatan reaksi kimia serta tata kehidupan di dalam air. Perubahan suhu memperlihatkan aktivitas kimiawi biologis pada benda padat dan gas dalam air. Pembusukan terjadi reaksi pada suhu yang tinggi dan tingkat.

### 4. *pH (Keasaman Air)*

Keasaman air diukur dengan pH meter. Keasaman ditetapkan berdasarkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hydrogen dalam air. Buangan yang bersifat alkalis (basa) bersumber dari buangan yang mengandung bahan anorganik seperti senyawa karbonat, bikarbonat dan hidroksida.

## 2.9 Septik Tank

Pada tahun 1895 seseorang kelahiran dari negara Inggris bernama Donald Cameron lebih banyak mengoreksi penjelasan dari proses-proses yang terjadi di dalam *septik tank*. (Crites and Tchobanoglous, 1997). Setelah itu konfigurasi dari jenis tangki telah dikembangkan meskipun mengingat konsepnya tetap sama, yang pada dasarnya sebagai tempat untuk proses fisik, kimiawi dan biologis pada pengolahan air limbah.

*Septik tank* adalah tangki yang teretutup 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).

Septik tank mempunyai beberapa fungsi diantaranya:

1. *Sedimentasi*

Fungsi yang paling pokok dari septik tank adalah kemampuannya mereduksi kandungan bahan padat terlarut (SS) pada limbah cair domestik.

2. *Penyimpanan*

Septik tank diharapkan menampung akumulasi endapan.

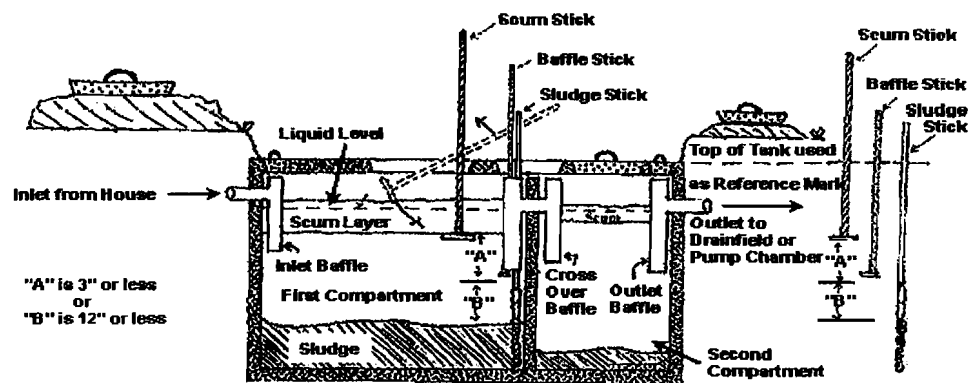
3. *Penguraian*

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*

Septik tank akan mereduksi terjadinya beban aliran puncak. Proses utama yang terjadi didalam septik tank adalah:

- a) Sedimentasi SS
- b) Flotasi lemak dan material lain ke permukaan air
- c) Terjadinya proses biofisik kimia di ruang lumpur



Gambar 2.9.1 Skema Septik tank

Proses pengolahan pada septik tank adalah sedimentasi dan stabilisasi lumpur lewat proses anaerobik. Untuk jenis limbah yang diolah pada septik tank adalah limbah yang mengandung padatan terendapkan, khususnya limbah domestik.

**Tabel 2.9.1 Karakteristik efluen dari septik tank konvensional**

Parameter	Range	Rata-rata
COD,mg/l	165 - 1,487	296
COD filtered,mg/l	12 - 78	29
BOD,mg/l	50 - 440	165
TS,mg/l	236 - 1,383	599
TSS,mg/l	62 - 1.100	290
Alkalinity,mg/l as CaCO <sub>3</sub>	240-365	275
pH	7 - 7.7	7.3
TKN,mg/l	34-60	43
TP,mg/l	7-31	17
Faecal coliforms, MPN/100mL	5 x10 <sup>4</sup> - 5.8x10 <sup>5</sup>	4.3 x 10 <sup>5</sup>

(Sumber : Metchalf & Eddy, 2003)

Sesuai dengan Kep/Men/LH/112/2003 tentang Baku Mutu Limbah Domestik, baku mutu air limbah domestik dalam keputusan ini hanya berlaku bagi:

- a. Semua kawasan permukiman (real estate), kawasan perkantoran, kawasan perniagaan dan apartemen.
- b. Rumah makan (restauran) yang luas bangunannya lebih dari 1000 m<sup>2</sup>.
- c. Asrama yang berpenghuni 100 orang atau lebih.

Baku mutu air limbah domestik untuk perumahan yang diolah secara individu akan ditentukan sebagai berikut :

**Tabel 2.9.2 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

(Sumber : KepMenLH 112/2003)

**Tabel 2.9.3 Karakteristik Efluen Septik 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)

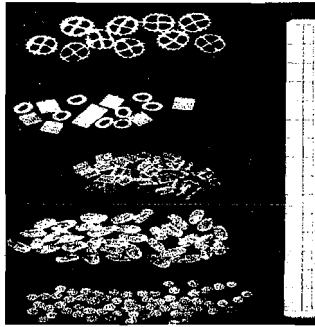
## 2.10 Media Styrofoam

*Styrofoam* sendiri, menurut Prof Winarno, dibuat dari *kopolimer polistiren* yang terdiri dari monomer stiren. Sedang stiren merupakan salah satu produk sampingan minyak bumi. Stiren pertama kali diproduksi secara komersial pada tahun 1930-an dan berperan penting selama Perang Dunia II dalam pembuatan karet sintetik. Sekarang peranan stiren telah bergeser dalam pembuatan produk polistiren komersial, salah satunya adalah wadah makanan dan minuman.

Pakar teknologi pangan Institut Pertanian Bogor (IPB) Prof Dr FG Winarno membenarkan bahwa kemasan plastik yang mengandung PVC memang berisiko bagi kesehatan, karena diketahui bersifat karsinogenik dan jika terurai mengeluarkan dioksin yang berbahaya bagi tubuh. Namun, tentang kemasan *styrofoam* yang mengandung polistiren, Winarno menyatakan, masyarakat tak perlu khawatir. Berbagai penelitian internasional menunjukkan molekul monomer stiren dari kemasan *styrofoam* yang terlarut dalam air panas, tidak bersifat karsinogen dan tidak berakumulasi di dalam tubuh (Winarno, 2000). *Styrofoam* adalah bahan yang tahan terhadap temperatur tinggi dan tak bakal terurai selama 500 tahun (Bambang, 2004).

*Styrofoam* merupakan media dengan densitas rendah yang merupakan bagian dari *Static Low Density Media* yang juga dikenal dengan *Floating bead filters*

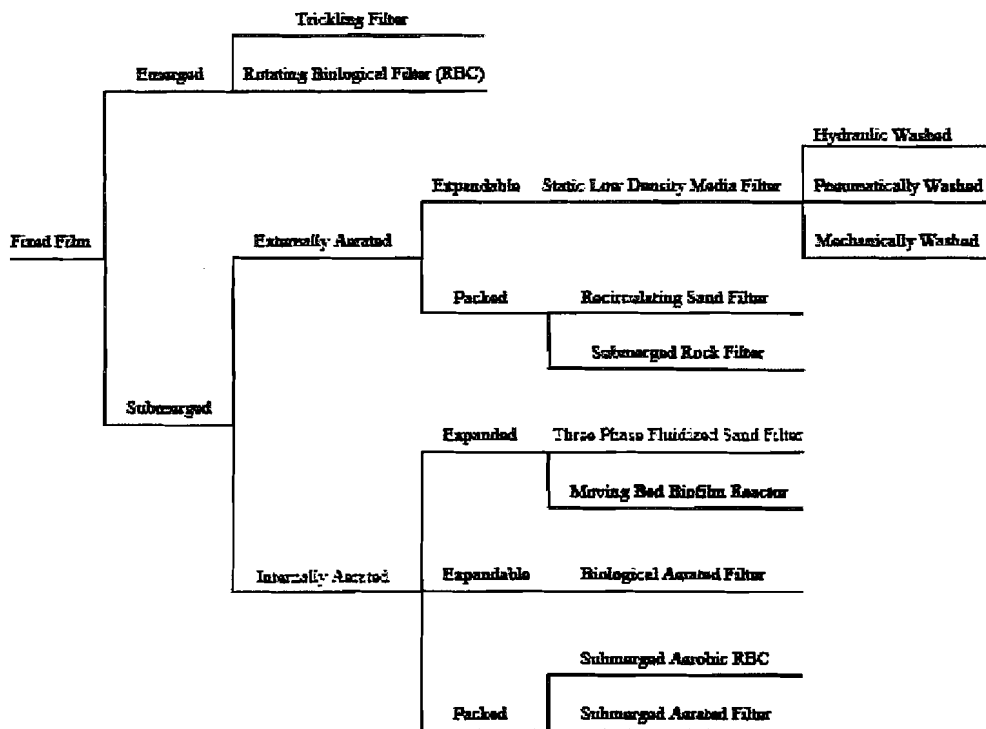
(FBFs) atau *Floating Bead Bioclarifier* (FBBs). Media plastic berdensitas rendah dapat dilihat seperti Gambar 2.10.1



*Various shapes of plastic media have been tested in SLDM Filters in the past.  
From top to bottom: KMT-type, large tubes, smaller tubes, Enhanced Nitrification (EN)  
modified, and spheres.*

**Gambar 2.10.1 Macam-macam Bentuk Media Plastik Sebagai *Low Density Media***  
(Sumber: Cynthia, 2003)

Penelitian dan perkembangan terhadap *fixed film*, terutama proses biologi *fixed film* telah berkembang dengan cepat dalam dua dekade terakhir. Klasifikasi jenis proses *fixed film* dapat dibuat berdasarkan variasi karakteristik seperti submergence, teknik aerasi, keadaan ekspansi media, yang dapat dilihat pada Gambar 2.10.2 berikut ini.



Classification of various major aerobic fixed film processes used in wastewater treatment.

### Gambar 2.10.2 Klasifikasi Proses *Fixed Film* Dalam Pengolahan Limbah

(Sumber: Cynthia, 2003)

Proses *fixed film* dapat direncanakan dengan mengklasifikasi keadaan fisik dari media, antara lain dengan *ekspanded*, *ekspandable*, atau *packed*. Melalui fluidisasi media, keadaan ekspansi dapat tercapai. Variasi media butiran dapat digunakan pada *bioclarifiers*, selain itu juga penambahan media juga dapat berasal dari variasi plastic. Media terapung (*Floating media*) dapat juga digunakan untuk meremoval COD dan Amonia serta TSS (Cynthia, 2003).

## 2.11 Penelitian Yang Telah Dilakukan Sebelumnya

Sebelum penelitian ini, telah ada penelitian yang menggunakan reaktor fluidasi, yaitu dalam penyisihan COD dan BOD untuk air buangan rumah sakit dengan reaktor fluidisasi, yang dilakukan oleh Elinda (2005). Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa konsentrasi BOD dan COD dari limbah rumah sakit dapat diturunkan. Penurunan kandungan BOD dan COD pada air buangan rumah sakit dengan menggunakan media pasir kuarsa dalam reaktor fluidisasi dipengaruhi oleh variasi diameter media (mm), Ketinggian media (cm), dan kecepatan aliran (m/dt). Semakin kecil ukuran diameter media, dan semakin tinggi media, serta semakin kecil kecepatan aliran, maka semakin tinggi penuruna kandungan BOD dan COD dari air buangan rumah sakit. Kombinasi perlakuan diameter media 0,85 mm, ketinggian media 30 cm, dan kecepatan aliran 0,00015 m/dt, cenderung menunjukkan kombinasi perlakuan yang lebih efektif dibanding dengan perlakuan yang lain. Efisiensi penurunan BOD 85,98% dan COD 88,70%.

Penelitian yang lain yaitu menggunakan reactor yang sama yaitu fluidized Bed pada kondisi anaerobik pada saat Start Up pada Limbah cair yang diambil dari septik Tank, yaitu dalam penurunan kadar BOD dan TSS yang dilakukan oleh Nelly Marlina (2006) dan penurunan kadar COD dan E-coli yang dilakukan oleh Nefa Yulia(2006).

---

Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa BOD dan TSS menunjukkan penurunan konsentrasi BOD sebesar 39.17% dan penurunan konsentrasi TSS sebesar 60.6%. Penurunan konsentrasi BOD terjadi karena adanya penguraian zat-zat organik oleh mikroorganisme sedangkan penurunan TSS terjadi karena adanya proses penyaringan. Sedangkan pada Parameter COD dan E-coli menunjukkan adanya penurunan konsentrasi COD, dengan rata-rata persentase 14,063 %. Untuk jumlah E.Coli tidak terjadi penurunan dengan jumlah tetap  $\geq 1898$  (MPN/100ml). Rata-rata persentase

perubahan pH sebesar 2,32 % dan suhu 1,46%. Nilai pH dan suhu masih baik untuk keadaan *startup*.

## 2.12 Hipotesa

Bahwa penggunaan Fluidized Bed aliran vertical bermedia styrofoam dengan proses Aerobik :

1. Konsentrasi *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Total Dissolved Solid* (TDS) pada limbah domestik mengalami perubahan sesuai dengan keadaan pada saat *Startup*.
2. Diketuainya efektifitas reaktor *aerobic Fluidized Bed* bermedia *Styrofoam* apabila sudah dijalankan saat *startup*.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, sebagai tempat untuk menganalisa sampel. Sedangkan lokasi pengambilan sampel dilakukan di septic tank (Sebelah selatan kantin FTSP).

#### **3.2 Obyek Penelitian**

Obyek penelitian adalah limbah domestik yang berasal dari *Septick tank* sebelah selatan kantin Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. *Septick tank* ini merupakan pengolahan primer untuk buangan dari orang-orang yang melakukan aktifitas di kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.

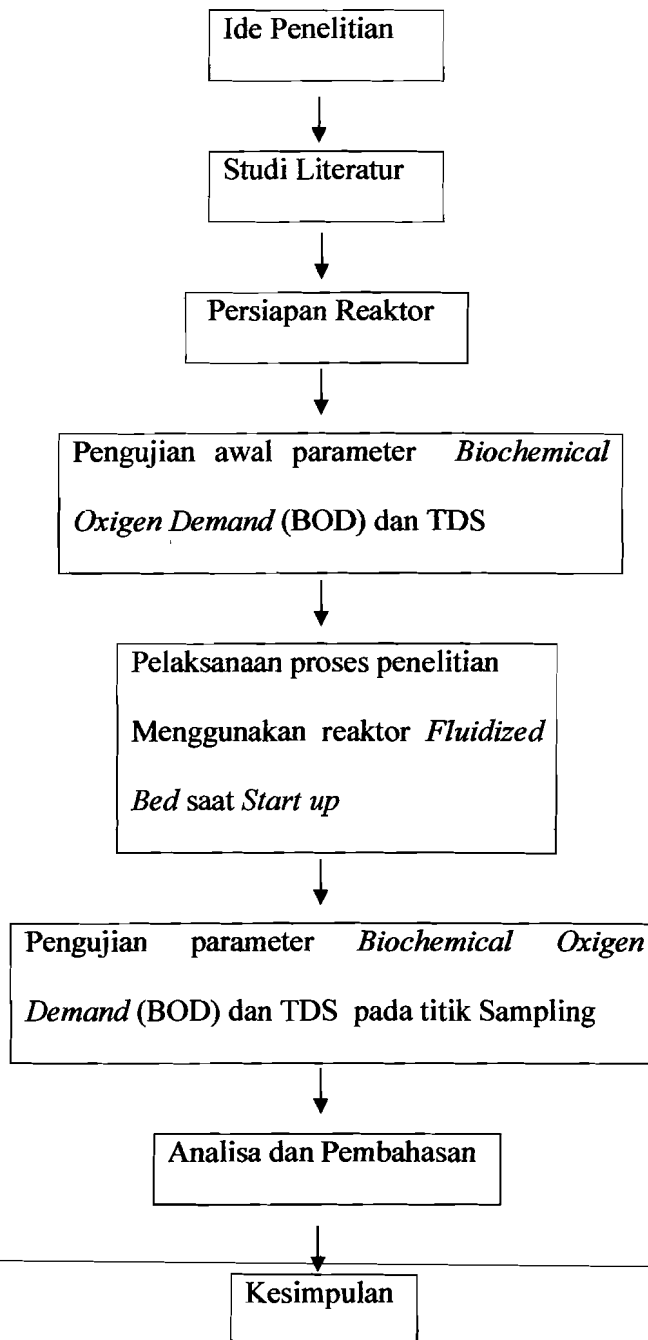
#### **3.3 Jenis Penelitian**

Penelitian ini termasuk ke dalam penelitian eksperimen yang dilaksanakan dalam skala laboratorium, dengan maksud untuk mengetahui penurunan konsentrasi BOD dan TDS air limbah *Septick tank* dengan menggunakan *Fluidized Bed Reaktor media Styrofoam*.

---

#### **3.4 Kerangka Penelitian**

Adapun kerangka penelitian untuk tugas akhir ini dapat dilihat pada diagram penelitian yaitu pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1. Diagram Alir**

### 3.5 Parameter Penelitian dan Metode uji

Dalam penelitian ini parameter yang akan diperiksa yaitu BOD dan TDS. Pada tabel 3.1 dapat dilihat parameter penelitian dan metode uji setiap parameter.

Tabel 3.1 Parameter Penelitian dan Metode Uji

Nomor	Parameter	Metode Uji
1	BOD	SNI M – 69 – 1990 – 03 Metode Titrimetri
2	TDS	SNI – 03 – 1989 - F

### 3.6 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Variabel bebas yaitu debit dan waktu detensi
2. Variabel terikat yaitu kualitas parameter BOD dan TDS air limbah Septik tank kampus FTSP

### 3.7 Tahapan Penelitian

Tahapan pelaksanaan dalam penelitian, yaitu:

#### 1. Persiapan Alat

- Peralatan yang berupa reaktor *Fluidized Bed* terbuat dari plastik, yang terdiri dari dua sekat dimana dalam tiap sekat terdapat media *styrofoam* berdiameter 0,5 cm sebanyak 15 % dari ketinggian .
- Merangkai reaktor *Fluidezed Bed* dengan reservoir, yang dihubungkan melalui sebuah pipa yang dilengkapi dengan kran pengatur debit.

#### 2. Proses Starter Bakteri

- Sebelum dilakukan proses pengolahan air limbah domestic yang menumbuhkan bakteri, terlebih dahulu dilakukan starter bakteri untuk

memberikan tambahan awal bakteri dari luar. Sehingga memacu proses pembentukan lapisan *biofilm* pada media pertumbuhan yaitu *Styrofoam*.

- Proses ini dilakukan dengan cara mengalirkan air *septic tank* yang telah diberikan tambahan bakteri EM<sub>4</sub> dari reservoir kedalam reactor dan pada reactor telah ditambahkan lumpur (*sludge*) sebanyak ± 200 ml yang diambil dari IPAL Sewon Bantul dan ditambahkan beberapa larutan: Larutan A (K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>Cl), larutan B (MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, MnSO<sub>4</sub> dan CaCl), dan Larutan Glukosa .

### 3. Proses *Sampling*

- Proses ini dilakukan dari hari pertama *startup* setelah *starter* bakteri sampai sebelum keadaan *steady state*.
- Sebelumnya, dilakukan pemeriksaan awal untuk parameter BOD dan TDS.
- Selama 21 hari setiap 2 hari sekali dilakukan *sampling* dan pemeriksaan parameter TDS dan setiap 2 hari sekali pemeriksaan BOD.
- Sample diambil pada 2 titik sample, yaitu pada inlet (kran setelah reservoir) dan outlet (kran bagian atas reaktor).

### 4. Prosedur Penelitian

- Air limbah domestik yang berasal dari *septic tank*, dimasukkan ke dalam bak penampung.
- Memompa limbah dari bak penampung ke reservoir yang ketinggiannya diatur sesuai dengan tekanan yang diharapkan.
- Memeriksa kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan TDS sample awal yang terkandung dalam air limbah yang akan dialirkan.

- Mengalirkan air limbah kedalam reaktor yaitu dengan debit sebesar 2,55 l/jam dan waktu detensi (td) 18 jam.
- Mengambil sampel air untuk diperiksa kadar dari parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan TDS yaitu pada inlet dan outlet reaktor.

## 5. Desain Reaktor

### 1) Kriteria Desain

- Diameter = 75 cm = 0,75 m
- Tinggi (H) = 3 – 6 m
- Td = <1 hari

### 2) Direncanakan

- Ukuran media – 5 mm (Styrofoam)
- Diameter Reaktor = 75 cm → 25 cm = 10 inci (skala lab)
- Tinggi Reaktor (H) = 300 cm → 100 cm = 1 m (skala lab)
- Td = 18 jam
- Diameter pipa (d) = 1 inci = 2,54 cm = 0,0254 m
- c = 120

### 3) Perhitungan

$$\begin{aligned}
 \text{Volume (V)} &= \pi (r)^2 \cdot t + 1/3 \pi (r)^2 \cdot t \\
 &= (\pi (0,125)^2 \cdot 0,9) + (1/3 \pi (0,125)^2 \cdot 0,1) \\
 &= 0,046 \text{ m}^3 \\
 \text{Debit (Q)} &= V / Td \\
 &= 0,046 \text{ m}^3 / 18 \text{ jam} \\
 &= 2,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{jam} = 2,56 \text{ l/jam} \\
 &= 61,3 \text{ l/hari} \\
 v_1 &= v_2 = 0 \text{ karena fluida dalam keadaan diam} \\
 v_1^2 / 2g + P_1 / \rho g + z_1 &= v_2^2 / 2g + P_2 / \rho g + z_2 + H_{loss}
 \end{aligned}$$

$$H_{\text{loss}} = \frac{Q^{1,85} \cdot L}{(0,2785 \cdot c \cdot d^{2,63})^{1,85}}$$

$$= \frac{(7,11 \cdot 10^{-7})^{1,85} \cdot 2,45}{(0,2785 \cdot 120 \cdot 0,0254^{2,63})^{1,85}}$$

$$= 1,78 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$z_1 = 220 \text{ cm} = 2,3 \text{ m}$$

$$z_2 = 125 \text{ cm} = 1,25 \text{ m}$$

$$P_1 = 1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$P_2 = P_1 + \rho g h$$

$$= 1 \cdot 10^5 + 9,81 \cdot 1000 \cdot 1,25$$

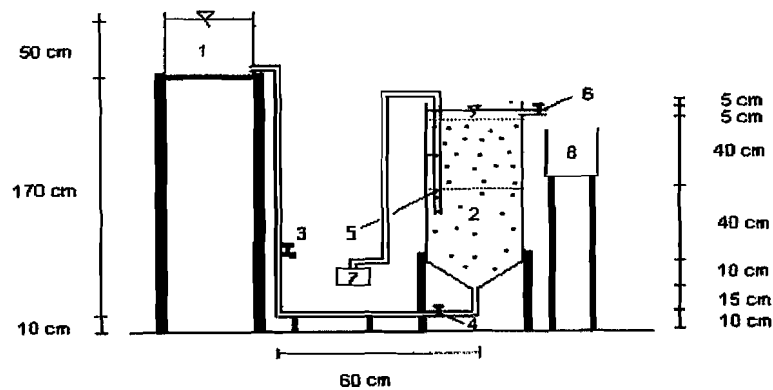
$$= 1,1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$v_1^2 / 2g + P_1 / \rho g + z_1 = v_2^2 / 2g + P_2 / \rho g + z_2 + H_{\text{loss}}$$

$$0 + 1 \cdot 10^5 / 9810 + 2,3 = 0 + 1,1 \cdot 10^5 / 9810 + 1,25 + 1,78 \cdot 10^{-5}$$

$$12,5 = 12,5$$

Sehingga air dapat mengalir karena memiliki energi yang sama



Gambar 3.1.1 Reaktor Fluidized Bed bermedia styrofoam

Keterangan:

- |                          |                     |
|--------------------------|---------------------|
| 1. Reservoir             | 6. Titik Sampling 2 |
| 2. Fluidized Bed Reactor | 7. Pompa udara      |
| 3. Titik Sampling 1      | 8. Bak Penampung    |
| 4. Gate Valve            |                     |
| 5. Plat Distribusi       |                     |

## 6. Pemeriksaan Sampel

Effluent hasil pengolahan dianalisa di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII Yogyakarta menggunakan SNI – 03 - 1989 - F untuk TDS dan metode titrimetri menurut SNI M-69-1990-03 untuk BOD.

### 3.8 Analisa Data

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

Perhitungan efisiensi :

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

Dimana :

E = Efisiensi

C<sub>1</sub> = Kadar BOD dan TDS sebelum *treatment*

C<sub>2</sub> = Kadar BOD dan TDS sesudah *treatment*

Setelah itu, data yang telah diperoleh akan diolah dengan uji statistik, menggunakan uji *T-Test*. Tujuan uji *T-Test* adalah untuk menguji kemampuan generalisasi (signifikan hasil penelitian) yang berupa perbedaan perbandingan keadaan variable dari dua rata-rata sampel. (Damanhuri, 2001)

Langkah-langkah dalam melakukan uji T-Test:

1. Langkah 1 : Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD pada inlet dan outlet.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD pada inlet dan outlet

2. Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho dalam Model Statistik

Ha :  $\mu 1 \neq \mu 2$

Ho :  $\mu 1 = \mu 2$

3. Langkah 3 : Mencari rata-rata ( $\bar{X}$ ); standar deviasi (s); varians (S) dan korelasi (r)

4. Langkah 4 : Mencari t hitung

$$t \text{ hitung} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1}{n_1} + \frac{S_2}{n_2} - 2r \left( \frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) \left( \frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right)}} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

r = Nilai korelasi  $X_1$  dengan  $X_2$

n = jumlah sampel

$\bar{X}_1$  = Rata-rata sampel ke - 1

$\bar{X}_2$  = Rata-rata sampel ke - 2

$s_1$  = Standar deviasi sampel ke-1

$s_2$  = Standar deviasi sampel ke-2

$S_1$  = Varians sampel ke 1-1

$S_2$  = Varians sampel ke 1-2

5. Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian

• Taraf signifikannya ( $\alpha = 0.05$ )

•  $dk = n-1$

Sehingga diperoleh t tabel (lihat table distribusi t)

• Kriteria pengujian dua variabel

Jika :  $- t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$ , maka Ho diterima dan Ha ditolak



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan dengan menggunakan *Fluidized Bed Reactor* secara aerobik bermedia *styrofoam* yang berukuran 50 mm, dimulai dengan menumbuhkan bakteri pada media *styrofoam* atau yang lebih dikenal dengan *seeding* proses atau *Start up*. *Seeding* atau *Start up* ini dilakukan selama 21 hari ini dimulai dengan menambahkan lumpur (*sludge*) sebanyak  $\pm$  200 ml yang diambil dari IPAL Sewon Bantul dan ditambahkan beberapa larutan: Larutan A ( $K_2HPO_4$ ,  $KH_2PO_4$ ,  $NH_4Cl$ ), larutan B ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $MnSO_4$  dan  $CaCl$ ), dan Larutan Glukosa dan EM4. Penambahan larutan ini bertujuan untuk memperbanyak jumlah atau membantu pertumbuhan bakteri secara cepat agar proses biologis dalam menguraikan zat organik dalam reactor dapat berjalan lebih cepat. Sebelum air limbah yang telah diberi nutrisi ini dialirkan, air limbah yang telah diberi nutrisi tersebut terlebih dahulu dibiarkan selama satu hari di dalam reaktor agar bakteri yang telah ada sebelumnya dapat menyesuaikan diri dan bisa bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

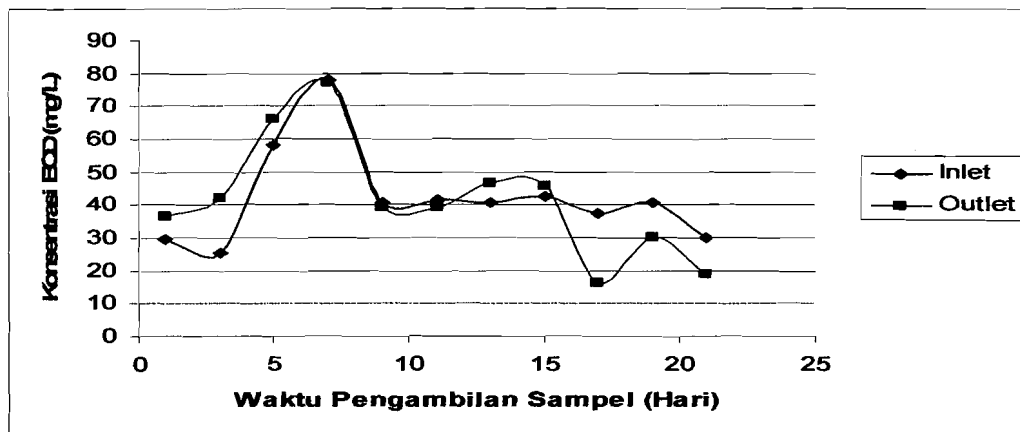
Dari hasil penelitian yang dilakukan selama 21 hari ini, diperoleh hasil penelitian terhadap konsentrasi *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Total Dissolved Solid* (TDS) sebagai berikut:



#### 4.1 Hasil Konsentrasi BOD

Dalam penelitian ini, pengukuran *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dilakukan setiap 2 hari sekali. Dari hari ke 1 sampai hari ke 21. Titik Sampling yang diukur yaitu inlet dan outlet reaktor *aerobic Fluidized Bed*. Pada Tabel 1.1 (pada lampiran) ditunjukkan perolehan data dan efisiensi dari hasil pengujian konsentrasi BOD selama penelitian.

Hasil perolehan data dari pengujian konsentrasi *Biochemical Oksigen Demand* (BOD) dapat juga dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Konsentrasi BOD Inlet dan Outlet

Untuk menguji hasil analisa di atas diperlukan suatu uji statistik untuk mendukung hipotesa yang telah dibuat. Pengujian statistik yang digunakan adalah Uji T atau *T-Test* (untuk perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran). Berikut ini adalah Pengujian *T-Test* untuk parameter *Biochemical Oksigen Demand* (BOD) :

Setelah dilakukan pengujian statistik menggunakan metode *T-Test* (dapat dilihat pada lampiran) didapatkan hasil sebagai berikut :

Membandingkan t tabel (*t critical*) dengan t hitung (*t stat*) yaitu :

-  $2.08596 < 0.06772 < 2.08596$  , maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak

Hipotesis :

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD pada Inlet dan Outlet DITOLAK

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD pada Inlet dan Outlet DITERIMA

Oleh karena  $-t \text{ tabel} < t \text{ hitung} < +t \text{ tabel}$ , dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD pada Inlet dan Outlet.

#### 4.1.2 Penurunan dan Kenaikkan Konsentrasi BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Dilihat dari hasil analisa statistik untuk parameter BOD diketahui  $t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$ , yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD pada inlet dan outlet. Hasil analisa laboratorium menunjukkan rata-rata penurunan BOD inlet dan outlet masih kecil.

Kebutuhan *Oksygen Biologis* atau yang lebih dikenal dengan BOD (*Biochemical Oksygen Demand*) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh *mikroorganisme* untuk menguraikan bahan organik (*carboneous demand*) dan senyawa nitrogen (*nitrogenous demand*). Penentuan BOD sebagai bahan organik dapat dilakukan terpisah dengan menambahkan suatu zat kimia penghambat oksidasi nitrogen. Banyaknya oksigen yang dibutuhkan tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah dan jenis bahan organik, tetapi juga dipengaruhi oleh waktu dan suhu inkubasi. Para ahli kualitas air telah sepakat bahwa waktu 5 hari dan suhu  $20^{\circ} \text{C}$  dipakai sebagai standart inkubasi. Oleh karena penguraian bahan organik sukar terurai (persisten) membutuhkan waktu yang sangat lama, maka waktu inkubasi selama 5 hari hanya untuk bahan organik yang mudah diurai. Dengan demikian BOD yang dimaksud disini adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh *mikroorganisme* untuk menguraikan

bahan organik yang mudah diurai. Bahan organik yang mudah diurai umumnya berasal dari limbah domestik.

Pada analisa data, rata - rata dari pengambilan sampel setiap 2 hari sekali dari hari ke 1 sampai hari ke 21 menunjukkan adanya penurunan konsentrasi BOD. Yang ditunjukkan pada jumlah efisiensi BOD yaitu sebesar 1.0157 % dan rata- rata efisiensinya sebesar 0.0923%. Pada hari pertama sampai hari ke lima terjadi kenaikan terhadap konsentrasi BOD inlet dan outlet. Sedangkan pada hari ke enam sampai hari ke hari kesebelas konsentrasi dari BOD mengalami penurunan, dan pada hari ke tiga belas sampai hari ke lima belas mengalami kenaikan lagi dan pada hari ke enam belas sampai hari ke dua puluh satu mengalami penurunan lagi. Pada hari pertama sampai kelima terjadi kenaikan pada konsentrasi BOD hal ini dikarenakan adanya proses penyesuaian (adaptasi) mikroorganisme terhadap kondisi lingkungan yang baru. Dalam fase pertumbuhan bakteri hal ini dikenal sebagai *fase lag* ini dikarenakan kondisi air limbah didalam reaktor belum stabil dan juga adanya pengaruh terhadap penambahan beberapa larutan dan EM4 yang bertujuan untuk memperbanyak jumlah atau membantu pertumbuhan bakteri secara cepat agar proses biologis dalam menguraikan bahan organik dalam reactor dapat berjalan lebih cepat. Sedangkan pada hari ke-6 sampai hari kesebelas mengalami penurunan pada konsentrasi BOD, hal ini terjadi karena adanya proses pertumbuhan bakteri atau yang dikenal dengan fase eksponensial. Pada saat inilah Proses degradasi bahan organik ini dilakukan oleh mikroorganisme untuk memenuhi kebutuhan nutrisi maupun energi bagi pertumbuhannya. Proses penguraian bahan organik ini terjadi pada saat limbah septik tank dialirkan kedalam reaktor sehingga terjadi kontak dengan biofilm yang melekat pada media *styrofoam*. *Biofilm* yang melekat pada *styrofoam* berfungsi untuk menyerap dan mensintesa polutan organik yang terkandung dalam air limbah yang melekat dipermukaannya. (Slamet dan

Masduqi, 2000). Sedangkan pada hari ke tiga belas sampai hari kelima belas terjadi kenaikan lagi hal ini dikarenakan bahan organik yang terdapat dalam air limbah tersebut mengalami penguraian oleh aktivitas mikroorganisme, adanya kenaikan / penurunan suhu. Dengan demikian nilai BOD yang diperoleh lebih rendah dari nilai yang sebenarnya (kesalahan negatif). Dan pada hari enambelas sampai hari terakhir yaitu hari keduapuluh satu, konsentrasi BOD mengalami penurunan lagi.

Terjadinya kenaikan dan penurunan kadar BOD karena pada keadaan awal penelitian ini belum terjadi kestabilan dalam pertumbuhan bakteri. Kenaikan kadar BOD ini juga terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi dari inlet dimana terdapat perbedaan beban limbah *septic tank* setiap harinya. Beban limbah *septic tank* berubah-ubah sesuai dengan aktivitas dan banyak sedikitnya beban yang masuk.

Berdasarkan Keputusan KepMenLH 112/2003 tentang pedoman penetapan Baku Mutu Limbah Domestik, untuk parameter BOD batas maksimum yang diperbolehkan tidak boleh lebih dari 100 mg/L. Dari parameter BOD ini dapat dilihat bahwa reaktor belum efektif apabila telah dijalankan pada saat *startup*, tetapi sudah dapat memberikan penurunan pada konsentrasi BOD.

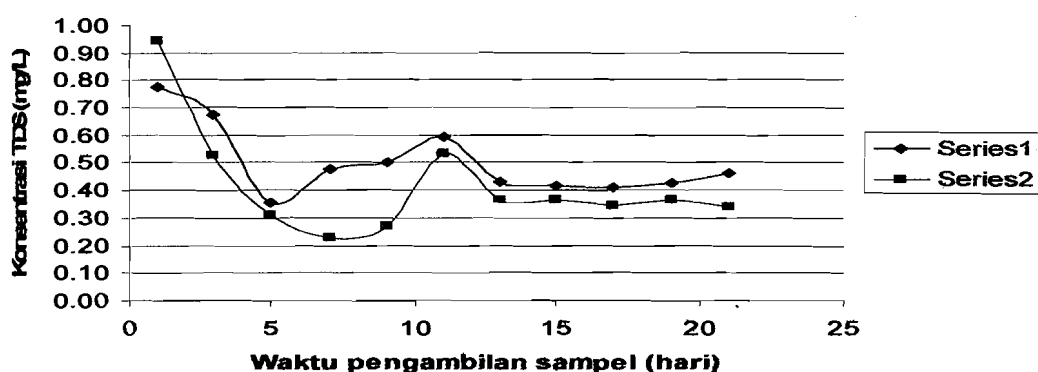
Kondisi sudah dikatakan *steady state* apabila waktu penumbuhan bakteri telah lebih dari 3 minggu untuk proses aerobik dan telah mencapai waktu 3-6 bulan untuk proses anaerobik. Saat penurunan konsentrasi bahan organik dalam keadaan stabil maka dapat dikatakan kondisi telah *steady state*. Ketika pertumbuhan bakteri konstan, maka kondisi *steady state* berlaku. Dimana kecepatan terbentuknya pertumbuhan bakteri sama/ sebanding dengan kecepatan penguraian.

Untuk menjaga pertumbuhan mikroorganisme maka harus memperhatikan keasaman, suhu, waktu retensi dan kebutuhan nutrisi.

#### 4.2 Hasil Konsentrasi Total Dissolved Solid (TDS)

Dalam penelitian ini, pengukuran Hasil *Konsentrasi Total Dissolved Solid* (TDS) dilakukan setiap 2 hari sekali. Dari hari ke 1 sampai hari ke 21. Titik Sampling yang diukur yaitu inlet dan outlet reaktor *aerobic Fluidized Bed*. Pada Tabel 2.1 (pada lampiran) ditunjukkan perolehan data dan efisiensi dari hasil pengujian konsentrasi TDS selama penelitian.

Hasil perolehan data dari pengujian konsentrasi *Total Dissolved Solid* (TDS) dapat juga dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Konsentrasi TDS Inlet dan Outlet

Untuk menguji hasil analisa di atas diperlukan suatu uji statistik untuk mendukung hipotesa yang telah dibuat. Pengujian statistik yang digunakan adalah Uji T atau *T-Test* (untuk perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran). Berikut ini adalah Pengujian *T-Test* untuk parameter *Total Dissolved Solid* (TDS):

Setelah dilakukan pengujian statistik menggunakan metode *T-Test* (dapat dilihat pada lampiran) didapatkan hasil sebagai berikut :

Membandingkan t tabel (*t critical*) dengan t hitung (*t stat*) yaitu :

-  $2.08596 < 1.19377 < 2.08596$ , maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak.

Hipotesis:

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TDS pada Inlet dan Outlet DITOLAK.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TDS pada Inlet dan Outlet DITERIMA.

Oleh karena  $-t \text{ tabel} < t \text{ hitung} < +t \text{ tabel}$ , dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TDS pada Inlet dan Outlet.

#### **4.2.2 Penurunan dan Kenaikkan Konsentrasi TDS (*Total Dissolved Solid*)**

hasil analisa statistik untuk parameter TDS diketahui  $t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$ , hal ini berarti bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TDS pada inlet dan Outlet. Hasil analisa laboratorium menunjukkan rata-rata penurunan TDS masih kecil.

Berdasarkan perhitungan dari hasil pemeriksaan TDS yang ditunjukkan pada tabel 4.2 bahwa hasil perhitungan TDS pada air limbah domestik dengan menggunakan aerobic fluidized bed bermedia styrofoam pada saat start up yang dilakukan selama 21 hari ini mengalami penurunan dengan rata-rata efisiensi sebesar 19%. Walaupun pada hari pertama menunjukkan bahwa TDS mengalami penurunan efisiensi yaitu dengan efisiensi sebesar -21%. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh terhadap penambahan IM4 pada reservoir pada hari ke-0, yaitu satu hari sebelum sebelum air limbah dialirkan dan penambahan beberapa larutan (Larutan A ( $K_2HPO_4$ ,  $KH_2PO_4$ ,  $NH_4Cl$ ), larutan B ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $MnSO_4$ ,  $CaCl$  dan Larutan Glucosa) dan juga adanya penambahan lumpur sebanyak 200 ml yang diambil dari IPAL Sewon kedalam reaktor selama semalam. Penambahan larutan ini bertujuan untuk memperbanyak jumlah atau membantu pertumbuhan bakteri secara cepat agar proses biologis dalam menguraikan van organik dalam reaktor dapat berjalan lebih cepat. Seadngkan pada hari ke-2 sampai hari ke-21 TDS mengalami penurunan.

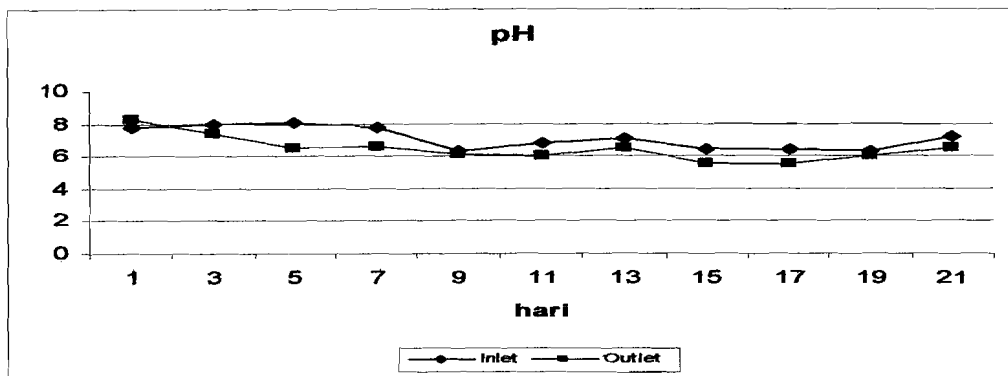
Pada tabel 4.2 dapat dilihat kemampuan reaktor *aerobic fluidized Bed* pada saat *start up* didalam menurunkan limbah cair domestik yaitu yang diambil dari limbah cair septik tank. reaktor *aerobic fluidized Bed* pada saat *start up* dapat menurunkan konsentrasi TDS sebesar 19 %. Penurunan konsentrasi ini terjadi karena di dalam reaktor *fluidized bed* terjadi proses fisik (penyaringan) yang dilanjutkan dengan terjadinya proses biologi. Air limbah yang mengandung padatan tersuspensi ini dialirkan ke dalam reaktor melewati media *styrofoam*. Padatan tersuspensi ini akan tertahan oleh permukaan media *styrofoam* tempat tumbuhnya lapisan biofilm dan pada saat inilah terjadi proses degradasi total padatan tersuspensi oleh *mikroorganisme* yang menempel pada lapisan *biofilm*. Lapisan *biofilm* ini merupakan suatu zone dasar untuk aktivitas biologi, yang dapat mendegradasi beberapa bahan organik yang terlarut.

Dari penelitian tersebut, pertumbuhan *mikroba* pada reaktor juga dapat dipengaruhi oleh Suhu dan pH. Hal ini terlihat dari pengukuran yang dilakukan setiap hari pada suhu dan pH, dimana diperoleh suhu berkisar antara 24.3-25<sup>0</sup>C dan pH berkisar antara 5.5–8.02. Pengkondisian lingkungan yang baik yaitu suhu dan pH sangat mendukung pertumbuhan mikroorganisme untuk bekerja secara maksimal. *Benefiel* (1980) mengungkapkan bahwa temperatur memberikan pengaruh pada proses pertumbuhan biofilm. Kondisi pH pada umumnya memberikan pengaruh yang besar pada kecepatan *biomassa*.

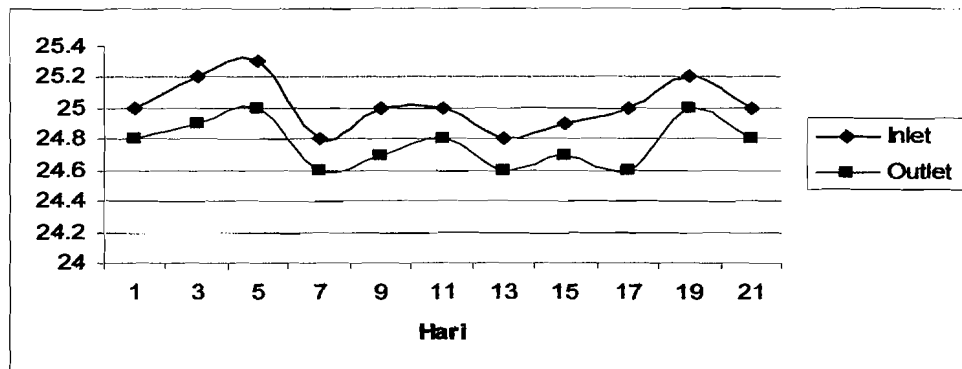
### **4.3 Hasil Pengukuran pH dan Suhu**

Dalam penelitian ini, pengukuran suhu dan pH dilakukan setiap hari. Pada tabel 4.3.1 dan 4.3.2 ditunjukkan perolehan data hasil pengukuran terhadap suhu dan pH.





Gambar 4.3.1 Pengukuran pH pada inlet dan Outlet



gambar 4.3.2 Pengukuran Suhu pada inlet - outlet

Untuk pengujian hasil analisis diatas diperlukan suatu uji statistik untuk mendukung hipotes yang telah dibuat. Pengujian statistik yang digunakan adalah Uji T atau *T-Test* (untuk perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran). Berikut ini adalah pengujian T-Test untuk parameter pH dan Suhu :

### 1. Parameter pH

Setelah dilakukan pengujian statistic menggunakan metode T-Test (dapat dilihat pada lampiran) didapat hasil sebagai berikut:

Membandingkan t tabel (*t critical*) dengan t hitung (*t stat*) yaitu :

$$-2.08596 < 2.063317 < 2.08596, \text{ maka } H_0 \text{ diterima dan } H_a \text{ ditolak}$$

Hipotesa:

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara pH pada Inlet dan Outlet

DITERIMA

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara pH pada Inlet dan Outlet

DITOLAK

Oleh karena  $-t \text{ tabel} < t \text{ hitung} < +t \text{ tabel}$ , dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi pH pada Inlet dan Outlet.

Konsentrasi ion hydrogen ( $H^+$ ) dalam suatu cairan diisyaratkan dengan pH. Adanya perubahan ion hydrogen dalam air akan sangat berpengaruh terhadap kehidupan organisme, terutama bakteri. pH merupakan indikator penting dalam peningkatan efisiensi proses pengolahan secara biologis. Dalam penelitian ini nilai pH akan mempengaruhi kondisi reaktor. Terjadi perubahan Nilai pH setiap harinya. Pada umumnya bakteri tidak dapat bertahan pada  $pH > 9,5$  atau  $pH < 4,0$ . pH optimum umumnya berkisar antara 6,5 sampai 7,5 (Benefield, 1980).

Sebagai faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan atau kehidupan mikroorganisme dalam air, kebanyakan mikroorganisme tumbuh terbaik pada pH 6,0-8,0 (Sutrisno, 1987).

Pengaruh dari perubahan pH terhadap sistem adalah sangat besar, oleh sebab itu perubahan pH yang terjadi harus dimonitor. Hal ini disebabkan karena antara lain pada sistem aerobik, asam organik sudah akan terbentuk pada tahap pertama fermentasi. Bila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses pembentukannya maka dapat dimengerti bila konsentrasi asam organik dalam sistem akan meningkat dan mempengaruhi besarnya pH (Rahayu, 1993)

Dari data pengukuran pH diketahui perubahan pH yang tidak signifikan. Data menunjukkan pH berkisar antara 5.5-8.21.

## 2. Parameter Suhu

Setelah dilakukan pengujian statistic menggunakan metode T-Test (dapat dilihat pada lampiran) didapat hasil sebagai berikut:

Membandingkan t tabel (*t critical*) dengan t hitung (*t stat*) yaitu :

$-2.08596 < 3.250435 < 2.08596$ , maka  $H_a$  diterima dan  $H_o$  ditolak.

Hipotesa :

$H_a$  : Terdapat perbedaan yang signifikan antara suhu pada Inlet dan Outlet

DITOLAK

$H_o$  : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara suhu pada Inlet dan Outlet

DITERIMA

Oleh karena  $-t \text{ tabel} < t \text{ hitung} > +t \text{ tabel}$ , dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi Suhu pada Inlet dan Outlet.

Perubahan suhu berpengaruh terhadap kondisi reaktor. Pertumbuhan mikroorganisme akan berjalan dengan baik apabila berada dalam suhu yang sesuai. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Suhu juga sangat berperan mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Organisme akuatik memiliki kisaran suhu tertentu yang disukai bagi pertumbuhannya (Haslam,1995).

Peningkatan suhu menyebabkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, dan volatilisasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan peningkatan gas dalam air, misalnya  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $CH_4$  dan sebagainya (Haslam,1995). Selain itu peningkatan suhu juga menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air dan selanjutnya menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen. Peningkatan suhu disertai dengan penurunan kadar oksigen terlarut, sehingga keberadaan oksigen sering kali tidak mampu memenuhi kebutuhan oksigen organisme akuatik dalam melakukan proses metabolisme dan respirasi.

Jadi dari hasil pemantauan suhu dalam reaktor *Fluidized bed* Dari data pengukuran Suhu diketahui perubahan Suhu yang signifikan. Data menunjukkan Suhu berkisar antara 24.6-25.3.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

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

1. Dari hasil analisa laboratorium diketahui bahwa reaktor *Fluidized bed* pada saat *start up* belum dapat menurunkan konsentrasi *Biochemical Oxigen Demand* (BOD) secara stabil dengan rata-rata persentase penurunan 0.0923 % dan dapat menurunkan *Total Dissolved Solid* (TDS), namun penurunannya belum stabil dengan rata-rata persentase penurunan 19% .
2. Penurunan konsentrasi BOD dan TDS terjadi karena adanya penguraian oleh aktifitas mikroorganisme dan proses filtrasi oleh media.
3. Reaktor *Fluidized bed* belum efektif untuk menurunkan kadar BOD dan TDS apabila dijalankan pada saat *start up*.

#### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan guna kesempurnaan penelitian tentang reaktor *Fluidized bed* ini antara lain :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap reaktor *Fluidized Bed* pada saat kondisi *Steady Stead*.
2. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan variasi diameter media dan waktu detensi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G., dan S.S Santika., 1984, *Metode Penelitian Air*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Anonim, 2000, *Benarkah Kemasan "Styrofoam" Karsinogenik?*,  
<http://www.kompas.com/kompas-cetak/0006/14/iptek/bena07.htm> (diakses 2 september 2006).
- Anonim, 2003, *Plastik dan Gabus Sama Resikonya*, <http://forum.upi.edu/main/viewtopic.php?pid=10571> (diakses 14 Agustus 2006).
- Anonim, 2003, *Fluidized Bed Biochemical Sistem*, <http://www.aquaneering.com/fluidized.htm> (diakses 2 september 2006).
- Cookson, John, 1995, *Bioremediasi Engineering, Desigan and Aplication*, Mc Graw Hill, New York.
- Effendi, Hefni, 1995, *Telaah Kualitas Air*, Kanisius, Yogyakarta.
- Fardiaz, Srikandi, 1992. *Polusi Air dan Udara*, Kanisius, Yogyakarta.
- Gintings, P, 1992, *Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri*, Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- Jenie dan Rahayu, 1993, *Penanganan Limbah Industri Pangan*, Kanisius, Jogjakarta.
- Joko, Bowo, 2000, *Teknik Pengolahan Limbah Secara Biologi*, Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- 
- Lay, B.W., 1994, *Analisis Mikroba di Laboratorium*, Raja Gravindo Persada, Jakarta
- Mahida U.N, 1984, *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah industri*, Rajawali, Jakarta
- Mangunwidjaja, D. dan Suryani, A, 1994, *Teknologi Bioproses*, Swadaya, Jakarta.
- Marlina, Nelly, 2006, *Penurunan Kadar Biological Oxigen Demand (BOD) dan Total Suspended Solid( TSS) pada Air Limbah Domestik dengan Menggunakan*

Reaktor *Fluidized Bed Media Styrofoam Saat Start Up*, Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Metcalf, and Eddy, 2003, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, 4<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill, New York.

Prescott, L. M., Harley, J. P., and Klein, D. A, 1999, *Microbiology*, McGraw-Hill Companies, USA.

Qasim, S. R, 1985, *Wastewater Treatment Plants and Operation Planning, Design*, Holt, Rinehart and Winston, USA.

Reynol and Richard, 1996, *Unit Operation and Processes In Environmental Engineering*, PWS Publishing Company, America

Rittmann, B, 2001, *Environmental Biotechnology*, McGraw-Hill Companies, America.

Slamet., Soemirat, J, 1994, *Kesehatan Lingkungan*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

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

Suriawiria, Unus, 1993, *Mikrobiologi Air Dan Dasar – Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*, Alumni, Bandung.

Veenstra, S, 1995, *Wastewater Treatment*, International Institute for Infrastructur, Hydraulic and Enviromental Engineering Delft, Bangkok

Wagner, Cynthia, 2003, *Evaluation Of Static Density Media Filter For Use In Domestic Waste Water Treatment*, Tesis, Environmental Engineering, Louisiana statet University.

Yulia, Neva, 2006, Penurunan Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *E-coli* pada Air Limbah Domestik dengan Menggunakan Reaktor *Fluidized Bed Media Styrofoam* Saat *Start Up*, *Skripsi*, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Zaskiya, Elinda, 2005, *Penyisihan COD dan BOD Untuk Air Buangan Rumah Sakit Dengan Reaktor Fluidasi*, *Skripsi*, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Malang



LAMPIRAN

1. Tabel 1.1 Data Pengujian Konsentrasi BOD dan Efisiensinya

Hari ke-	Inlet	Outlet	efisiensi (%)
1	29.3651	36.5079	-24.3243
3	25.3968	42.0635	-65.6250
5	57.9365	65.8730	-13.6986
7	77.7778	76.9841	1.0204
9	40.4127	39.3492	2.6316
11	41.4762	39.3492	5.1282
13	40.4127	46.7937	-15.7895
15	42.5397	45.7302	-7.5000
17	37.2222	15.9524	57.1429
19	40.4127	29.7778	26.3158
21	29.7778	19.1429	35.7143
<b>Jumlah</b>			<b>1.0157</b>
<b>Rata-Rata</b>			<b>0.0923</b>

Keterangan: Tanda (-) menunjukkan adanya kenaikan dari konsentrasi BOD

2. Tabel .2.1 Data konsentrasi TDS dan Efisiensinya

Hari Ke-	Inlet	Outlet	Efisiensi (%)
1	0.776	0.943	-21
3	0.673	0.529	21
5	0.356	0.309	13
7	0.477	0.226	53
9	0.503	0.267	47
11	0.594	0.531	11
13	0.432	0.367	15
15	0.417	0.367	12
17	0.411	0.345	16
19	0.424	0.367	13
21	0.460	0.339	26
<b>Jumlah</b>	<b>5.522</b>	<b>4.590</b>	<b>206</b>
			<b>19</b>

# Lampiran

3. Tabel 3.1 Data pengukuran Ph

Hari	pH		Efisiensi (%)
	Inlet	Outlet	
1	7.8	8.21	-5.26
3	7.93	7.41	6.56
5	8.02	6.46	19.45
7	7.77	6.65	14.41
9	6.31	6.11	3.17
11	6.78	6.05	10.77
13	7.08	6.49	8.33
15	6.45	5.57	13.64
17	6.45	5.5	14.73
19	6.3	6	4.76
21	7.21	6.5	9.85
<b>Rata-Rata</b>	<b>7.100</b>	<b>6.450</b>	<b>9.15</b>

4. Tabel 4.1 Data pengukuran Suhu

Hari	Suhu		Efisiensi (%)
	Inlet	Outlet	
1	25	24.8	0.80
3	25.2	24.9	1.19
5	25.3	25	1.19
7	24.8	24.6	0.81
9	25	24.7	1.20
11	25	24.8	0.80
13	24.8	24.6	0.81
15	24.9	24.7	0.80
17	25	24.6	1.60
19	25.2	25	0.79
21	25	24.8	0.80
<b>Xr</b>	<b>25.02</b>	<b>24.77</b>	<b>0.98</b>

## Lampiran

---

### 5. Tabel 5.1 Analisa Data Perbandingan Dua Variabel Bebas (Uji t / t-Test) Untuk BOD

T- Test : Two-Sample Assuming Equal Variances dari BOD

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	42.06637807	41.59307359
Variance	214.9613917	322.341208
Observations	11	11
Pooled Variance	268.6512998	
Hypothesized Mean Difference	0	
Df	20	
t Stat	0.067721642	
P(T<=t) one-tail	0.473339843	
t Critical one-tail	1.724718218	
P(T<=t) two-tail	0.946679687	
t Critical two-tail	2.085963441	

## Lampiran

### **Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat**

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD pada inlet dan outlet.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD pada inlet dan outlet.

### **Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho model statistik**

Ha :  $\mu 1 \neq \mu 2$

Ho :  $\mu 1 = \mu 2$

### **Langkah 3 : Mencari rata-rata (Xr): standar deviasi (s): varians (S) dan korelasi.**

Hari ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	X1*X2	X1 <sup>2</sup>	X2 <sup>2</sup>
1	29	37	1072.06	862	1332.83
3	25	42	1068.28	645	1769.34
5	58	66	3816.45	3357	4339.25
7	78	77	5987.65	6049	5926.56
9	40	39	1590.21	1633	1548.36
11	41	39	1632.06	1720	1548.36
13	40	47	1891.06	1633	2189.65
15	43	46	1945.35	1810	2091.25
17	37	16	593.78	1385	254.48
19	40	30	1203.40	1633	886.72
21	30	19	570.03	887	366.45
$\Sigma$	462.730	457.524	21370.327	21614.996	22253.234
Xr	42.066	41.593			
Standar Deviasi (s)	14.662	17.954			
Varians (S)	214.961	322.341			
Korelasi (r)	0.807				

### **Langkah 4 : Mencari t hitung**

0.068946801

### **Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian**

1. Taraf signifikansinya ( $\alpha = 0.05$ )

2.  $dk = n1 + n2 - 2 = 11+11-2=20$

sehingga diperoleh t tabel = 2.086

3. Kriteria pengujian dua pihak

jika :  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq +t \text{ tabel}$ , maka Ho diterima dan Ha ditolak

### **Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung**

## Lampiran

---

Ternyata  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$

atau  $- 2.086 < 0.069 < 2.086$ , maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak.

### **Langkah 7 : Kesimpulan**

$H_a$  : Terdapat perbedaan signifikan antara konsentrasi BOD pada inlet dan outlet DITOLAK.

$H_0$  : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD pada inlet dan outlet DITERIMA.

### **6. Tabel 6.1 Analisa Data Perbandingan Dua Variabel Bebas (Uji t / t-Test) Untuk TDS**

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	0.502	0.417272727
Variance	0.016287556	0.039124129
Observations	11	11
Pooled Variance	0.027705842	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	20	
t Stat	1.193765138	
P(T<=t) one-tail	0.12326891	
t Critical one-tail	1.724718218	
P(T<=t) two-tail	0.246537819	
t Critical two-tail	2.085963441	

## Lampiran

### Langkah 1: Membuat $H_a$ dan $H_o$ dalam bentuk kalimat

$H_a$  : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TDS pada inlet dan outlet.

$H_o$  : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TDS pada inlet dan outlet.

### Langkah 2 : Membuat $H_a$ dan $H_o$ model statistik

$H_a$  :  $\mu_1 \neq \mu_2$

$H_o$  :  $\mu_1 = \mu_2$

### Langkah 3 : Mencari rata-rata ( $X_r$ ): standar deviasi (s): varians (S) dan korelasi.

Hari ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	$X_1 \cdot X_2$	$X_1^2$	$X_2^2$
1	0.776	0.943	0.73	0.602	0.889
3	0.673	0.529	0.36	0.452	0.279
5	0.356	0.309	0.11	0.127	0.096
7	0.477	0.226	0.11	0.227	0.051
9	0.503	0.267	0.13	0.253	0.071
11	0.594	0.531	0.32	0.353	0.282
13	0.432	0.367	0.16	0.187	0.134
15	0.417	0.367	0.15	0.174	0.134
17	0.411	0.345	0.14	0.169	0.119
19	0.424	0.367	0.16	0.180	0.135
21	0.460	0.339	0.16	0.212	0.115
$\Sigma$	5.522	4.590	2.520	2.935	2.307
$X_r$	0.502	0.417			
Standar Deviasi (s)	0.128	0.198			
Varians (S)	0.016	0.039			
Korelasi (r)	0.854				

### Langkah 4 : Mencari t hitung

-0.242770864

### Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ( $\alpha = 0.05$ )

2.  $dk = n_1 + n_2 - 2 = 101 + 11 - 2 = 20$

sehingga diperoleh t tabel = 2.086

3. Kriteria pengujian dua pihak

jika :  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$ , maka  $H_o$  diterima dan  $H_a$  ditolak

## Lampiran

---

### **Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung**

Ternyata  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$

atau  $- 2.086 < -0.24277 < 2.086$ , maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak.

### **Langkah 7 : Kesimpulan**

$H_a$  : Terdapat perbedaan signifikan antara konsentrasi TDS pada inlet dan outlet  
DITOLAK.

$H_0$  : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TDS pada inlet dan outlet  
DITERIMA.

# Lampiran

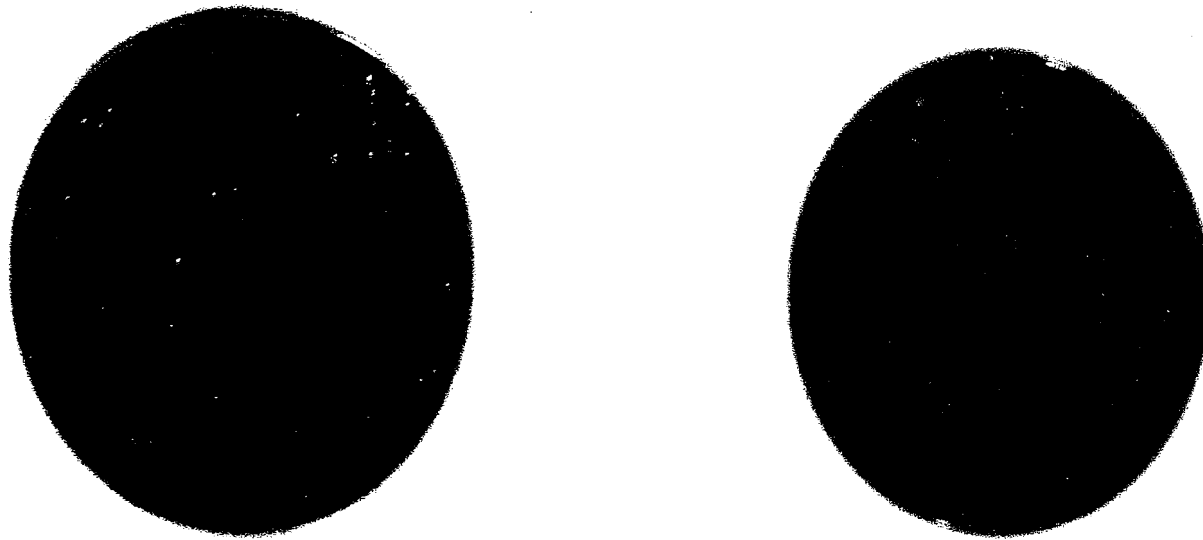
## 7. Tabel 7.1 Analisa Data Perbandingan Dua Variabel Bebas (Uji t / t-Test) Untuk pH

T- Test : Two-Sample Assuming Equal Variances dari pH

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	7.1	6.45
Variance	0.46982	0.62184
Observations	11	11
Pooled Variance	0.54583	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	20	
t Stat	2.063317	
P(T<=t) one-tail	0.026153	
t Critical one-tail	1.724718	
P(T<=t) two-tail	0.052305	
t Critical two-tail	2.085963	



## **The Supplement Pictures of The Research**



**The Pictures of Bacteria which attached in  
the styrofoams media**