

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	17 Mei 2006
NO. JUDUL :	002433
NO. INVENTARIS :	TA/TL/2007/0172
NO. INDUK :	520002433001

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KADAR *CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD)* DAN *TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)* PADA AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR *AEROBIK FLUIDIZED BED* MEDIA *STYROFOAM* SAAT *START UP*

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



Oleh :

Nama : Tuty Wardiati
No. Mahasiswa : 02 513 005
Program Studi : Teknik Lingkungan

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2007**

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KADAR *CHEMICAL OXYGEN DEMAND* (COD) DAN *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS) PADA AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR *FLUIDIZED BED* MEDIA *STYROFOAM* SAAT *START UP*

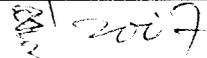
Nama : Tuty Wardiati

NIM : 02 513 005

Program Studi Teknik Lingkungan

Telah diperiksa & disetujui oleh:

Luqman Haqim, ST, Msi
Pembimbing I


Tanggal: 

ANDIK YULIANTO, ST
Pembimbing II

Tanggal:

MOTTO

*Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu
Dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat
Kecuali bagi orang-orang yang khusyu'.
(Al-Qur'an Surat Al-Baqarah ayat 45)*

*Dan bersama kesukaran pasti ada kemudahan, karena itu bila selesai suatu tugas
mulailah tugas yang lain dengan sungguh-sungguh
(Q.S Asy Syarh ayat 6-7)*

*Pelajarilah ilmu pengetahuan
Sesungguhnya mempelajari ilmu adalah tanda takut terhadap Allah
Menuntut ilmu adalah ibadah
Mengingat-ingat adalah jihad
Mengajarkan kepada orang adalah sedekah dan menyebarkannya adalah ibadah
(Al-Hadits)*

Sepenuh hati kupersembahkan karya ini kepada:

Allah SWT atas lindungan dan rahmatnya

*Kedua orang tuaku tercinta "(Bustan Kamal, BA dan Parhiyati)" yang tiada henti
berdo'a untuk putra putrinya*

Kakak-kakakku atas segala perhatiannya

Seseorang yang membuat hidup ini lebih berarti... Igit



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, 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 *CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD)* DAN *TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)* PADA AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR *EAROBIK 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 mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada :

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

3. Bapak Eko Siswoyo, ST, selaku Koordinator Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan pedoman dalam tugas akhir.
4. Bapak Ir. H. Kasam, MT, yang telah membekali pengetahuan, dorongan dan doa kepada penulis selama menempuh jenjang perkuliahan.
5. Bapak Hudori, ST, yang telah membekali pengetahuan, nasehat, dorongan dan doa kepada penulis selama menempuh jenjang perkuliahan.
6. Semua dosen yang telah membekali pengetahuan, hikmah, nasehat dan doa kepada penulis selama menempuh jenjang perkuliahan.
7. Mas Agus, yang banyak membantu dalam berbagai administrasi Tugas Akhir ini.
8. Maz Iwan Ardiyanta, atas bimbingannya selama saya berada di Laboratorium Lingkungan.
9. Keluarga besarku di Lombok, trimakasih atas do'a, dukungan dan motifasi yang diberikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
10. keluarga Wonosobo, 'Bapak&Ibu' atas do'a, nasehat dan dorongannya, 'mas Yayan, Mb Ning' makasi pinjeman kameranya dan 'tegar' yang Ndut jangan nakal ya?!
11. "Igit Cayank" yang selalu setia menemani kamana pun aku pergi, Thanks atas dukungan, nasehat, doa dan kesabarannya. 'Tithut ga kan pernah tahu seberapa besar 'rasa' itu sampai pada saat tithut tahu i just want u to know *how much i love you*".
12. My partner 'Rintis', akhirnya kita bisa juga... tetap semangat yaa.

13. Sahabatku sekaligus saudaraku 'Isye' yang sudah pulang keLombok, thanks atas persahabatan dan nasehat-nasehatnya. Maafin tithut kemarin udah bikin Isye marah.
14. Teman-temanku tercinta: 'Rani' yang suka bikin heboh, tetap ceria...kapan On Air lagi?! 'Rian' temen dari semester 1, "you is the best my friend", tetangga kos 'Ucok&Billy'jadilah pejuang tangguh, 'Yana cipit'tambah ndut aja, keluarga koy (Yayak' temen KPku, 'Linda' jangan bojo terus ingat TAny, 'Fitoy'ingat ga kita bimbel bareng,'Dinoy' ayo semangat, Diah, Ari, 'Nefa&Nely' trimakasih atas bantuan dan dukungannya. Sahabat2 Enviro Bersaudara (EB) yang sudah wisuda, angkatan 2002 dari absen A sampe Z yang selalu mengobarkan api semangat, terimakasih atas dukungan dan kebersamaan kalian, Semua kenang - kenangan selama di kampus tercinta ini tak akan terlupakan.
15. Teman2 Yg SeMpat Ngelab Bareng, Mb Feni, Mb nana, kuartet (Ms Dudy, Ms Fahri, Ms Adi, Ms Ponda), Keluarga Cemara (Maya, Suci, Mirna, Ria, Dian, Reni), 'semangat ngerjain TA nya'.
16. Teman2 kos "Griya Annisa" : Ayu tekim 'sukses KPnya', sila, Diah dan Murtey tetangga kamarku, 'Alce' yang suka panik, Eka, Septa, Vera, Citra, Presty, Esty, Nuning, Wulan, Dani, Febri, Fani. 'Thanks udah nemenin hari-hariku dikos'.
17. Terban 277 (Bintul, Ulis, Riska, Risma, Fitri) 'Kapan kita jalan2 lagi, Anak2 Gg. Dahlia 2 (Maya, Pili, Sipek, Sadek, Sirid, Cole, Sigit, Njo) jangan Ngegame terus ingat waktu dunk!!
18. Semua pihak yang telah membantu kelancaran penulisan tugas akhir ini.

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.

Wabbilahitaufiq Walhidayah

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Jogjakarta, Maret 2007

Penulis

Tuty Wardiati

ABSTRAK

Masalah pencemaran lingkungan merupakan masalah serius bagi manusia dan lingkungannya, hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa tidak semua limbah yang dihasilkan diolah. Air limbah yang belum mengalami pengolahan dapat dipastikan mengandung banyak komponen-komponen yang tidak diinginkan. Bila dibuang ke lingkungan beberapa diantaranya akan menimbulkan masalah pencemaran. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan limbah domestik dengan menggunakan Fluidized Bed Reaktor media Styrofoam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan konsentrasi bahan organik Chemical Oxygen Demand (COD) dan Total Suspended Solid (TSS). Serta untuk mengetahui apakah perubahan konsentrasi dipengaruhi oleh adanya mikroorganisme.

Penelitian dilakukan dengan reaktor Fluidized bed bermedia styrofoam berdiameter 5 mm sebanyak 15 % dari ketinggian. Diameter reaktor 25 cm, tinggi 100 cm, waktu detensi 18 jam dan debit 2,56 L/jam, pada reaktor diberi udara (aerasi). Limbah melewati reaktor dengan aliran keatas melalui media yang ditumbuhkan mikroorganisme. Sampel diambil pada inlet dan outlet kemudian dianalisa. Analisa laboratorium untuk parameter COD mengacu pada SNI 06-6989.2-2004 metode refluks tertutup secara spektrofotometri dan untuk TSS mengacu pada SK SNI M-03-1990-F metode pengujian kualitas fisika air, sreta memperhatikan nilai pH dan suhu.

Berdasarkan hasil analisa laboratorium, setelah dilakukan pengamatan selama 21 hari, menunjukkan adanya penurunan konsentrasi COD, dengan rata-rata persentase 6,56 %. Untuk TSS terjadi penurunan dengan rata-rata persentase 40,76%. Rata-rata persentase perubahan pH sebesar 9,15% dan suhu 0,98%. Nilai pH dan suhu masih baik untuk keadaan start up.

Perubahan konsentrasi COD dan TSS dipengaruhi oleh adanya aktifitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik.

Kata Kunci : Limbah Domestik, Fluidized Bed, Start Up, COD dan TSS.

ABSTRACT

Problem of environmental contamination represent the serious problem to human and their environment. This matter is relied on by fact that do not all waste yielded treatment. Waste water which not yet experienced of treatment can be certain to contain many undesirable components. If thrown to environment, in some between others will be show the problem. In this research is conducted treatment of domestic waste by using Fluidized Bed Reactor with Styrofoam media. The objective of this research is to know degradation of Chemical Oxygen Demand (COD) concentration and Total Suspended Solid (TSS) concentration, and then to know whether concentration change influenced by existence mikroorganism.

The research done with the Fluidized bed reactor that use the styrofoam as media with diameter 5 mm as much 15 % from height. The diameter of reactor is 25 cm, with high 100 cm, the time detention is 18 hours and flowrate is 2,56 L/hour, at reactor given the air stream. The waste water passing the reactor from inlet to outlet with up plow velocity passing media which grown by mikroorganism. The analyse of the laboratory fo the parameter COD relate to SNI 06-6989.2-2004 method of close reflucs by spectrofotometri and TSS which relate to SK SNI M-03-1990-F, and also attent to the value of the pH and Tempereture.

Based on of the result analys of the laboratory, after examination during 30 days, showing the degradation of COD concentration, with the mean of percentage 6,56 % and degradation of TSS concentration equal to 40,76%. The Percentage mean of change pH equal to 9,15 % and temperature 0,98 %. Value of pH and temperature is still good for the start up condition.

The change of COD and TSS concentration influenced by existence of mikroorganism activity in to explain organic materials.

Key Word : *Domestic Waste Water, Fluidized Bed, Start Up, COD and TSS*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAKSI	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Karakteristik Air Buangan	6

2.2	Sumber Air Buangan	11
2.3	Pengolahan Air Buangan Secara Biologi	17
2.4	Pengolahan Air Buangan Secara Aerob	21
2.4.1	Aerasi	21
2.4.2	Jenis Aetator	22
2.4.3	Aplikasi Aerasi	24
2.5	Pertumbuhan Mikroorganisme	26
2.6	<i>Chemical Oxigen Demand</i> (COD)	28
2.7	<i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	31
2.8	Septic Tank	33
2.9	<i>Fluidized Bed Reaktor</i>	35
2.10	Media <i>Styrofoam</i>	42
2.11	Penelitian Yang Telah Dilakukan Sebelumnya.....	45
2.12	Hipotesa	46
BAB III METODE PENELITIAN		47
3.1	Penelitian Secara Umum	47
3.2	Lokasi Penelitian	47
3.3	Objek Penelitian	48
3.4	Kerangka Penelitian	48
3.5	Variabel Penelitian	50
3.6	Tahap Penelitian	50

3.6.1 Persiapan Alat	50
3.6.2 Proses Starter Bakteri	56
3.6.3 Pelaksanaan Penelitian	57
3.6.4 Proses Sampling	58
3.6.5 Pemeriksaan Sampel	59
3.7 Analisa Data	60
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	63
4.1 Konsentrasi COD	64
4.2 Konsentrasi TSS	69
4.3 Parameter pH	73
4.4 Parameter Suhu	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	78
5.1 Kesimpulan	78
5.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Fisik Limbah Domestik	14
Tabel 2.2	Komposisi Limbah Domestik	17
Tabel 2.3	Perbandingan Rata-Rata Angka BOD ₅ /COD Untuk Beberapa Jenis Air	31
Tabel 2.4	Karakteristik Efluen septik tank.....	35
Tabel 2.5	Type reaktor berdasarkan efisiensi, HRT dan beban organik	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kurva Pertumbuhan Bakteri Pada Bak Reaktor.....	27
Gambar 2.2	Diagram Alir Proses Fluidized Bed	40
Gambar 2.3	Diagram Alir Proses <i>Fluidized Bed</i> Untuk Meremoval Methyl Chloride.....	40
Gambar 2.4	Macam-macam Bentuk Media Plastik Sebagai <i>Low Density Media</i>	44
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	49
Gambar 3.2	Media Styrofoam.....	51
Gambar 3.3	Reaktor <i>Fluidized Bed</i> Bermedia <i>Styrofoam</i>	54
Gambar 3.4	Reaktor <i>Fluidized Bed</i>	55
Gambar 3.5	Rangkaian Reaktor <i>Fluidized Bed</i>	56
Gambar 3.6	Inlet Reaktor <i>Fluidized Bed</i>	59
Gambar 3.7	Outlet Reaktor <i>Fluidized Bed</i>	59
Gambar 4.1	Konsentrasi COD Inlet dan Outlet	64
Gambar 4.2	Konsentrasi TSS Inlet dan outlet	69
Gambar 4.3	Nilai pH Inlet dan Outlet.....	73
Gambar 4.4	Grafik Pengukuran Suhu Inlet dan Outlet	75

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data Hasil Pengukuran Konsentrasi dan Efisiensi
- Lampiran 2. Analisa Data Perbandingan Dua Variabel Bebas (Uji t / t-Test)
- Lampiran 3. Data Hasil Spektrofotometer COD Hari Ke 1-21
- Lampiran 4. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003
- Lampiran 5. Dokumentasi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang Masalah

Suatu prinsip pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan yang mempertahankan ketersediaan dan memanfaatkan untuk kesejahteraan masyarakat, baik pada masa sekarang atau masa yang akan datang. Secara lebih khusus dapat diartikan untuk pengolahan limbah adalah bahwa limbah tidak boleh terakumulasi di alam karena ini dapat mengganggu siklus materi dan nutrient dalam lingkungan.

Pada era pembangunan modern seperti sekarang ini banyak sekali masalah-masalah yang berhubungan dengan lingkungan sering kita temukan, tanpa disadari sedikit demi sedikit kekayaan alam yang ada terancam punah. Seperti halnya air yang pada masa ini sangat sulit untuk mendapatkan kualitas air yang bersih. Mungkin di daerah terpencil atau pedalaman kita masih bisa mendapatkan air yang jernih dan bersih. Lain halnya dengan di kota, untuk mendapatkan air bersih sudah menjadi barang yang langka. Hal ini dikarenakan kualitas air yang menurun disebabkan telah terkontaminasi oleh berbagai bakteri yang dapat membahayakan bagi kesehatan jika dikonsumsi. Kualitas air bersih dapat ditinjau dari segi fisik, kimia, mikrobiologi dan radioaktif. Namun kualitas air yang baik ini tidak selamanya tersedia di

alam sehingga diperlukan upaya perbaikan, baik itu secara sederhana maupun modern.

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 telah diolah memenuhi standar baku mutu lingkungan.

Daerah dengan penduduk yang padat mempunyai beberapa kendala didalam pengelolaan limbah cair rumah tangga. Sering dijumpai penduduk dari daerah pemukiman padat langsung membuang limbah cair dari aktivitas rumah tangganya ke sungai tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu, keadaan ini menjadikan air sungai menjadi kotor dan bau. Rata-rata masalah yang dihadapi masyarakat yang hidup di daerah pemukiman padat penduduk diantaranya adalah WC tidak berfungsi karena tidak adanya system resapan, saluran drainase kotor dan berbau berasal dari *septic tank* yang sudah penuh. Umumnya pengolahan air buangan yang dimiliki oleh penduduk adalah sistem *on-site* yang terdiri dari *septic tank* untuk mengendapkan padatan. Dalam penelitian ini parameter yang akan diuji yaitu COD dan TSS.

COD (chemical oxygen demand) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam air yang akan didegradasi melalui proses kimiawi (Djajadiningrat,1992). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara

alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air.

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 kedalam air sehingga akan mempengaruhi regenerasi oksigen serta fotosintesis.

Salah satu alternatif pengolahan yang dapat dilakukan untuk menurunkan konsentrasi pencemar dengan parameter COD dan TSS ini adalah pengolahan dengan Aerobik 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 COD dan TSS secara optimal, sehingga layak dibuang ke badan air penerima.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu apakah konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) pada limbah domestik dapat mengalami penurunan dengan menggunakan Aerobik *Fluidized Bed* bermedia *styrofoam*.

1.3 Batasan Masalah

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

1. Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah domestik yang berasal dari *septic tank* FTSP UII.
2. Parameter air limbah yang diperiksa adalah COD dan TSS.
3. Media yang digunakan *Styrofoam*.
4. Penelitian hanya memfokuskan pada saat proses *start up*.
5. Proses pengolahan limbah secara aerobik.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah :

- 1 Mengetahui perubahan konsentrasi bahan organik COD dan TSS pada saat *start up* dengan menggunakan *Aerobik Fluidized Bed* bermedia *Styrofoam*.
- 2 Mengetahui apakah perubahan konsentrasi bahan organik COD dan TSS dipengaruhi oleh adanya mikroorganisme.

1.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Memberikan alternative pengolahan limbah cair domestik.
2. Dapat diketahuinya efektivitas reaktor *Fluidized Bed* bermedia *Styrofoam* apabila dialirkan pada saat *start up*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Buangan

Batasan yang banyak dikemukakan mengenai air buangan umumnya meliputi komposisi serta sumber dari mana air buangan tersebut berasal, misalnya air buangan industri, rumah tangga, daerah pertanian, perdagangan, dan lain-lain.

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).

Menurut Eddy and Metcalf (2003), air buangan adalah kombinasi dari cairan dan sampah-sampah cair yang berasal dari daerah pemukiman, perdagangan, perkantoran dan industri, bersama-sama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada.

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

Karakteristik air buangan sangat penting untuk diketahui guna menentukan cara pengolahan yang tepat, terbaik, dan efektif. Berikut ini akan dijelaskan beberapa macam karakteristik air buangan (Metcalf and Eddy, 2003), yaitu :

1. Karakteristik Fisik

- a. Warna

Air buangan yang segar umumnya berwarna abu-abu dan sebagai akibat dari penguraian senyawa-senyawa organik oleh bakteri, maka warna air buangan menjadi hitam. Hal ini menunjukkan bahwa air buangan berada dalam keadaan septik.

- b. Bau

Bau dalam air buangan biasanya disebabkan oleh produksi gas-gas hasil dekomposisi zat organik. Gas asam sulfida (H_2S) dalam air buangan adalah hasil reduksi dari sulfat oleh mikroorganisme secara anaerob.

c. Temperatur

Pada umumnya temperatur air buangan lebih tinggi dari pada temperatur air minum. Hal ini disebabkan oleh adanya penambahan air yang lebih panas dari pemakaian rumah tangga atau aktivitas pabrik. Temperatur air buangan memberi pengaruh pada kehidupan dalam air, kelarutan gas, aktivitas bakteri serta reaksi-reaksi kimia

d. Total solid

Total solid adalah zat-zat yang tertinggal sebagai residu penguapan pada temperatur 103°C-105°C. Zat-zat yang hilang pada tekanan uap tersebut tidak dapat didefinisikan sebagai total solid.

2. Karakteristik Kimia

a. Senyawa organik

Kira-kira 75 % suspended solid dan 40 % filterable solid dalam air buangan merupakan senyawa-senyawa organik. Senyawa organik tersebut berasal dari kombinasi karbon, hidrogen dan oksigen serta nitrogen dalam berbagai senyawa.

Senyawa organik yang terdapat dalam air buangan antara lain

- protein = 40 – 60 %
- karbohidrat = 25 – 50 %
- lemak dan minyak = 10 %

b. Senyawa anorganik

Konsentrasi senyawa organik dalam aliran air akan meningkat karena formasi geologis sebelum dan selama aliran, maupun karena penambahan buangan baru ke dalam aliran tersebut. Konsentrasi unsur organik juga akan bertambah dengan proses penguapan alami pada permukaan air dan akan meninggalkan unsur anorganik dalam air. Adapun komponen-komponen buangan anorganik yang terpenting adalah alkalinitas, klorida, nitrogen, fosfat dan sulfat.

c. Gas-gas

Gas-gas yang terdapat dalam air buangan yang belum diolah adalah N_2 , O_2 , CO_2 , H_2S dan CH_4 . Dari kedua gas yang disebut pertama, terdapat dalam air buangan sebagai akibat adanya kontak langsung air buangan dengan udara. Dan yang ketiga gas terakhir berasal dari dekomposisi zat-zat organik oleh bakteri dalam air buangan.

3. Karakteristik biologis

Kelompok mikroorganisme terpenting dalam air buangan ada tiga macam, yaitu kelompok protista, kelompok tumbuh-tumbuhan dan kelompok hewan. Kelompok protista terdiri dari protozoa, sedangkan kelompok tumbuh-tumbuhan meliputi paku-pakuan dan lumut. Bakteri berperan penting dalam air buangan, terutama pada proses biologis, misalnya trikling filter. Sedangkan protozoa dalam air buangan berfungsi untuk mengontrol semua bakteri sehingga terjadi keseimbangan. Alga sebagai penghasil oksigen pada proses fotosintesis juga dapat mengurangi nitrogen yang terdapat dalam air.

Namun alga juga dapat menimbulkan gangguan pada permukaan air karena kondisinya yang menguntungkan (sampai kedalaman satu meter di bawah permukaan air) sehingga dapat tumbuh dengan cepat dan menutupi permukaan air, sehingga sinar matahari tidak mampu menembus permukaan air.

Berdasarkan beberapa karakteristik air buangan tersebut, maka pengolahan air buangan dibagi atas :

□ Pengolahan air buangan secara fisik

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

□ Pengolahan air buangan secara kimia

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

□ Pengolahan air buangan secara biologis

Proses pengolahan limbah secara biologis adalah memanfaatkan mikroorganisme (ganggang, bakteri, protozoa) untuk menguraikan senyawa organik dalam air limbah menjadi senyawa yang sederhana dan dengan demikian mudah mengambilnya. Pengolahan ini terutama digunakan untuk menghilangkan bahan organik yang biodegradable dalam air buangan. Pengolahan biologis dapat dibedakan menurut pemakaian oksigennya, menjadi proses aerobik, anaerobik dan Fakultatif (Kristanto, 2002).

Adapun pemilihan cara pengolahan yang akan dipakai tergantung pada karakteristik air buangan tersebut.

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, apotik, rumah sakit, dan sebagainya. Yang secara kuantitatif limbah tadi terdiri atas zat organik, baik padat ataupun cair, bahan berbahaya dan beracun (B3), garam terlarut, lemak dan bakteri.

Limbah domestik adalah limbah yang terutama berasal dari daerah tempat tinggal (pemukiman), daerah komersial (perdagangan), daerah perkantoran dan fasilitas - fasilitas umum (Veenstra, 1995).

Air limbah domestik adalah sumber utama pencemar badan air di daerah perkotaan. Masuknya air limbah domestik ke lingkungan tanpa diolah akan mengakibatkan menurunnya kualitas air di badan air penerima seperti sungai, yang pada akhirnya menyebabkan beberapa masalah yaitu kerusakan keseimbangan ekologi di aliran sungai, masalah kesehatan penduduk yang memanfaatkan air sungai secara langsung, yang dapat menurunkan derajat kesehatan masyarakat dan meningkatkan angka kematian akibat infeksi air, bertambahnya biaya pengolahan air minum oleh perusahaan air minum (PAM) serta kerusakan perikanan di muara (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003) .

Air buangan domestik merupakan campuran yang rumit antara bahan organik dan anorganik dalam bentuk, seperti partikel-partikel benda padat besar dan kecil atau sisa-sisa bahan larutan dalam bentuk koloid (Mahida, 1986). Air buangan ini juga mengandung unsur-unsur hara, sehingga dengan demikian merupakan wadah yang baik sekali untuk pembiakan mikroorganisme.

Untuk mengetahui air buangan domestik secara luas diperlukan pengetahuan yang mendetail tentang komposisi atau kandungan yang ada didalamnya. Setelah diadakan analisis ternyata diketahui bahwa sekitar 75 % dari benda-benda terapung dan 40 % benda-benda padat yang dapat disaring adalah berupa bahan organik. Komposisi utama bahan-bahan organik tersebut

tersusun oleh 40-60 % protein, 25-50 % karbohidrat dan 10 % sisanya berupa lemak.

Sifat-sifat yang dimiliki oleh air buangan domestik adalah sifat fisik, kimia dan biologis.

- Sifat Fisik

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

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

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

Tabel 2.1 Sifat Fisik Limbah Domestik

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

(Sumber : Sugiharto, 1987)

- Sifat Kimia

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

Didalam air buangan domestik dijumpai karbohidrat dalam jumlah yang cukup banyak, baik dalam bentuk gula, kanji dan selulosa. Gula cenderung mudah terurai, sedangkan kanji dan selulosa lebih bersifat stabil dan tahan terhadap pembusukan (Sugiharto, 1987).

Lemak dan minyak merupakan komponen bahan makanan dan pembersih yang banyak terdapat didalam air buangan domestik. Kedua bahan tersebut berbahaya bagi kehidupan biota air dan keberadaanya tidak diinginkan secara estetika selain dari itu lemak merupakan sumber masalah utama dalam pemeliharaan saluran air buangan. Dampak negatif yang ditimbulkan oleh kedua bahan ini adalah terbentuknya lapisan tipis yang menghalangi ikatan antara udara dan air, sehingga menyebabkan berkurangnya konsentrasi DO. Kedua senyawa tersebut juga menyebabkan meningkatnya kebutuhan oksigen untuk oksidasi sempurna.

Jasad renik yang berada dalam air limbah akan menggunakan oksigen untuk mengoksidasi benda organik menjadi energi, bahan buangan lainnya serta gas. Jika bahan organik yang belum diolah dan dibuang ke badan air, maka bakteri akan menggunakan oksigen untuk proses pembusukannya. Oksigen diambil dari yang terlarut didalam air dan apabila pemberian oksigen tidak seimbang dengan kebutuhannya maka oksigen yang terlarut akan turun mencapai titik nol (Sugiharto, 1987).

- Sifat Biologis

Keterangan tentang sifat biologis air buangan domestik diperlukan untuk mengukur tingkat pencemaran sebelum dibuang ke badan air penerima. Mikroorganisme-mikroorganisme yang berperan dalam proses penguraian bahan-bahan organik di dalam air buangan domestik adalah bakteri, jamur, protozoa dan algae. Bakteri adalah mikroorganisme bersel satu yang menggunakan bahan organik

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

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

2. 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 ₅ 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 ⁶ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ¹⁰
Fecal Coliform	No./100mL	10 ³ -10 ⁵	10 ⁴ -10 ⁶	10 ⁵ -10 ⁸

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

2.3 Pengolahan Air Buangan Secara Biologis

Air buangan yang biodegradable dapat diolah dengan proses biologis yaitu pengolahan limbah dengan memanfaatkan aktifitas kegiatan mikrobia untuk melakukan degradasi/pemecahan atau transformasi, dimana degradasi limbah cair secara biologis merupakan proses yang berlangsung secara alami. Menurut Suriawiria, pengolahan buangan secara biologis proses dasarnya

sama seperti fermentasi. Karena dari senyawa yang terurai akan membentuk protoplasma baru, maka jumlah mikroorganisme akan bertambah.

Proses biologi merupakan proses alami yang bersifat dinamis dan kontinyu selama factor-faktor yang berhubungan dengan kebutuhan jasad hidup yang terkandung di dalamnya terpenuhi. Tujuan proses pengolahan limbah cair secara biologis untuk mengoksidasi kandungan bahan organik melalui oksidasi biokimia. Mikroba adalah jasad hidup yang memerlukan sumber nutrient dan lingkungan kehidupan yang sesuai untuk aktifitasnya (metabolisme, perkembangbiakan dan penyebaran). Karena didalam buangan kadang-kadang didapatkan sejumlah benda asing yang mungkin bersifat racun, maka pengaruhnya harus dapat dikontrol sebaik-baiknya. Sehingga untuk mencapai hasil yang maksimal, perhitungan sifat serta bentuk mikroba yang terlibat didalamnya harus mendapat perhatian agar jasad hidup tersebut dapat berkembang secara baiksesuai dengan lingkungannya.

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*)

. Pertumbuhan tersuspensi dapat terjadi pada reaktor aerob maupun anaerob. Mikroorganisme mampu membentuk gumpalan menjadi massa flokulan dan mampu bergerak dalam aliran cairan. Menurut *metcalf & Edi (2003)*, dalam pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme yang bertanggung jawab untuk pengolahan dipertahankan didalam suspensi larutan melalui metode-metode pencampuran yang tepat. Sebagian besar proses pertumbuhan tersuspensi yang digunakan dalam pengolahan limbah cair perkotaan dan industri dioperasikan dengan konsentrasi oksigen terlarut positif (aerobik), tetapi dalam aplikasinya digunakan reaktor-reaktor anaerobik pertumbuhan tersuspensi, seperti misalnya untuk endapan/kotoran organik dan limbah cair industri konsentrasi van organik cukup tinggi.

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*)

System pertumbuhan lekat adalah suatu system penggunaan mikroba pada proses dekomposisi suatu bahan dengan cara menumbuhkannya pada permukaan suatu media. Dalam hal ini mikroba yang berperan dalam

proses akan tambah dan berkembang melekat pada permukaan media membentuk suatu lapisan tipis biomassa (biofilm).

Biofilm merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan suatu lingkungan kehidupan yang khusus dari sekelompok mikroorganisme yang melekat pada suatu permukaan padat dalam lingkungan perairan. Biofilm terbentuk karena adanya interaksi antara bakteri dan permukaan yang ditemplei. Interaksi ini terjadi dengan adanya factor-faktor yang meliputi : kelembaban permukaan, makan yang tersedia, pH, temperaturserta pengkondisian permukaan.

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.

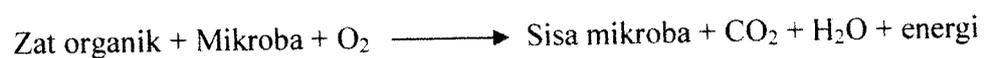
2.4 Pengolahan Air Buangan secara Aerob

2.4.1 Aerasi

Aerasi didefinisikan sebagai proses kontak antara air dan udara yang ditujukan untuk peningkatan kadar oksigen dalam air, pelepasan gas-gas dalam air, juga berfungsi untuk pengadukan pada proses pengolahan air limbah secara biologis (Ali Masduki & Agus Slamet, 2002).

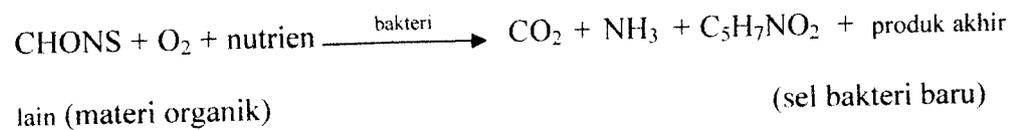
Proses aerobik pada dasarnya merupakan proses yang terjadi karena aktivitas mikroba dilakukan pada saat terdapat oksigen bebas. Proses biologis secara aerobik berarti proses dimana terdapat oksigen terlarut. Oksidasi bahan organik menggunakan molekul oksigen sebagai aseptor elektron akhir adalah proses utamayang menghasilkan energi kimia untuk mikroorganisme dalam proses ini. Mikroba yang menggunakan oksigen sebagai aseptor elektron, 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 :



2.4.2 Jenis Aerator

Empat tipe aerator yang umum digunakan yaitu Gravity aerators, Spray aerators, Diffusers, dan Mechanical aerators. Pertimbangan disain 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 :

2.4.2.1 Gravity aerators

Gravity aerators menggunakan bendungan (weirs), air terjun (waterfalls), air terjun kecil (cascades), bidang miring dengan piringan penderas, menara vertikal dengan aliran udara yang naik (vertical tower with updraft air), menara piringan yang dilubangi (perforated tray towers), atau packed tower filled dengan media kontak seperti coke atau batu (stone). Beberapa tipe gravity aerators, diantaranya :

1. 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 $0,02 \text{ m}^3/\text{detik}$. 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.

2. Cascade aerator

Aerator ini terdiri dari 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 setinggi diletakkan 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.

3. Multiple platform aerator

Aerator ini menggunakan prinsip yang sama dengan cascade aerator piringan berlapis (Platform) untuk terjunan air dibuat tanpa menghalang sehingga air dapat kontak dengan udara.

2.4.2.2 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 dihasilkan 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 ke atas. Untuk menghindari kemacetan, lubang nozzle (pipa) sebaiknya berukuran lebih dari 5 mm.

2.4.2.3 Diffused-air aerator

Tipe ini terdiri dari sebuah basin dengan pipa-pipa per lokasi, tabung-tabung porous yang digunakan untuk memompakan udara yang akan di lewatkan ke air, sehingga air tersebut teraerasikan. Tingkat terjadinya gelembung-gelembung itu banyak dipengaruhi oleh spray aerator, tetapi meskipun demikian udara harus ditekan diatas tekanan kedalaman air dimana difusi itu ditetapkan.

2.4.2.4 Mechanical aerator.

Aerator tipe 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 ke dalam udara), aerator terendam (tipe udara ke dalam air), dan aerator kombinasi.

2.4.3 Aplikasi Aerasi

↳ Penyisihan rasa dan bau

Aerasi mempunyai keterbatasan dalam hal penyisihan rasa dan bau, sebagian besar rasa dan bau disebabkan oleh bahan yang sangat larut dalam air, sehingga aerasi kurang efisien dalam menyisihkan rasa dan bau ini dibandingkan dengan metoda pengolahan lain, misalnya oksidasi kimiawi atau adsorpsi.

↳ Penyisihan besi dan mangan

Penyisihan besi dan mangan dapat dilakukan dengan proses oksidasi.

Aplikasi aerasi dalam proses ini dapat memberikan cukup banyak oksigen

untuk berlangsungnya reaksi. Proses ini biasanya digunakan pada air tanah yang kebanyakan mempunyai kandungan oksigen terlarut yang rendah. Oleh karena itu, aerasi dalam aplikasi ini akan menghasilkan endapan dan meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut.

↳ Penyisihan Senyawa Organik Volatile

Senyawa organik yang bersifat mudah menguap (volatile) dapat disisihkan dengan cara aerasi.

↳ Penyisihan Karbondioksida

Karbondioksida dapat cepat hilang dengan cara aerasi. Karbondioksida mempunyai kelarutan yang rendah dalam air, sehingga aerasi sangat efisien dalam penyisihannya. Proses ini biasanya diterapkan pada pelunakan air tanah yang umumnya mempunyai kandungan karbondioksida yang tinggi. Tingginya konsentrasi karbondioksida dalam air dapat meningkatkan pemakaian bahan kimia untuk keperluan pelunakan.

↳ Penyisihan Hidrogen Sulfida

Hidrogen sulfida adalah senyawa utama penyebab rasa dan bau yang dapat diolah cukup efektif dengan aerasi. Mekanisme pengolahannya adalah terjadi oksidasi hidrogen sulfida menghasilkan air dan belerang bebas.

2.5 Pertumbuhan Mikroorganisme

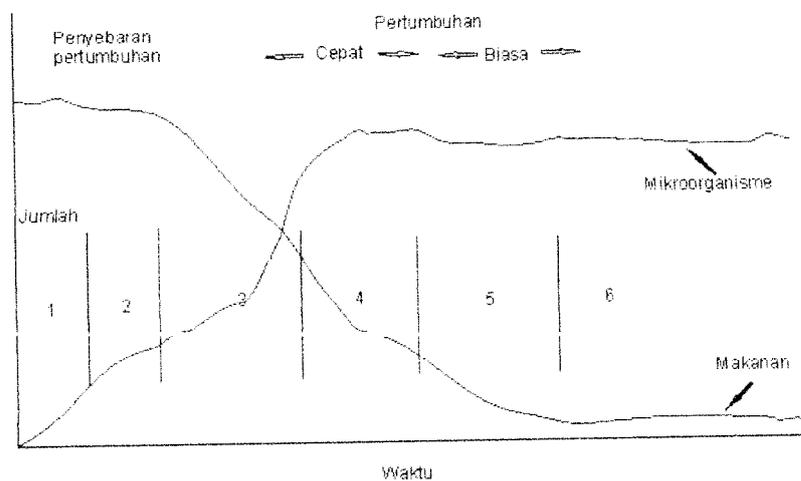
- Pertumbuhan Bakteri dalam Bak Reaktor

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 *stationary phase*.

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 2.1 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 2.1 Kurva Pertumbuhan Bakteri Pada Bak Reaktor
Sumber: Sugiharto, 1987

2.6 Chemical Oxygen Demand (COD)

Menurut *Metcalf and Eddy (1991)*. COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara kimia. Tes COD digunakan untuk menghitung kadar bahan organik yang dapat dioksidasi, dihitung dengan menggunakan bahan kimia oksidator kuat dalam media asam.

Perbedaan COD dan BOD (Benefield, 1980)

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

Chemical oxygen demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi, atau banyaknya oksigen-oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO_2 dan H_2O . Pada

reaksi oksigen ini hampir semua zat yaitu sekitar 85% dapat teroksidasi menjadi CO₂ dan H₂O dalam suasana asam, sedangkan penguraian secara biologi (BOD) tidak sama semua zat organik dapat diuraikan oleh bakteri (Fardiaz, 1976).

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

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat – zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air. (G. Alaerts, 1984).

Untuk mengetahui jumlah bahan organik di dalam air dapat dilakukan suatu uji yang lebih cepat dibandingkan dengan uji BOD, yaitu berdasarkan reaksi kimia dari suatu bahan *oksidan* yang disebut uji COD. Uji COD yaitu suatu uji

yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan *oksidan* seperti *kalium dikhromat* yang digunakan untuk mengoksidasi bahan – bahan organik yang terdapat didalam air.

COD atau kebutuhan oksigen kimiawi adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar limbah organik yang ada didalam air dapat *teroksidasi* melalui reaksi kimia. Limbah organik akan dioksidasi oleh *kalium bichromat* ($K_2Cr_2O_2$) sebagai sumber oksigen menjadi gas CO_2 dan H_2O serta sejumlah ion chro. Nilai COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik.

Air yang telah tercemar limbah organik sebelum reaksi oksidasi berwarna kuning, dan setelah reaksi oksidasi berubah menjadi warna hijau. Jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi terhadap limbah organik seimbang dengan jumlah *kalium bichromat* yang digunakan pada reaksi oksidasi. Makin kalium bicharbonat yang digunakan pada reaksi oksidasi, berarti semakin banyak oksigen yang diperlukan.

Uji COD pada umumnya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dibandingkan dengan uji BOD, karena bahan – bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD. *Selulosa* adalah salah satu contoh yang sulit diukur melalui uji BOD karena sulit dioksidasi melalui reaksi biokimia, akan tetapi dapat diukur melalui uji COD.

Analisa COD berbeda dengan analisa BOD namun perbandingan antara angka COD dengan BOD dapat ditetapkan seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Perbandingan Rata-rata angka BOD₅ / COD untuk beberapa jenis air

Jenis Air	BOD ₅ / COD
○ Air buangan domestik	0,4 – 0,6
○ Air buangan domestik setelah pengendapan primer	0,6
○ Air buangan domestik setelah pengolahan biologis	0,2
○ Air sungai	0,1

(Sumber : Metode Penelitian Air, 1984)

2.7 Total Suspended Solid

TSS (Total Suspended Solid) adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap, terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya. Misalnya, Air permukaan mengandung tanah liat dalam bentuk suspensi yang dapat bertahan sampai berbulan-bulan, kecuali jika keseimbangannya terganggu oleh zat-zat lain, sehingga mengakibatkan terjadinya penggumpalan yang kemudian diikuti dengan pengendapan. Jumlah padatan tersuspensi dalam air dapat diukur dengan Turbidimeter. Seperti halnya padatan terendap, padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi sinar matahari ke dalam air sehingga akan mempengaruhi regenerasi oksigen serta fotosintesis.

Analisa zat padat dalam air sangat penting bagi penentuan komponen – komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan. Zat-zat padat yang terdapat dalam suspensi dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (partikel tersuspensi). Jenis partikel koloid tersebut adalah penyebab kekeruhan dalam air (efek tyndal) 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 (presipitasi) yang merupakan keadaan kejenuhan dari suatu senyawa kimia.

Seperti halnya ion-ion dan molekul-molekul (zat yang terlarut), zat padat koloidal dan zat padat tersuspensi dapat bersifat inorganik (tanah liat, kwarts) dan organis (protein, sisa makanan dan ganggang, bakteri). Dalam metode analisa zat padat, pengertian zat padat total adalah semua zat – zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana, bila sampel air dalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organis dan inorganik seperti pada keterangan dibawah ini :

Zat padat total , terbagi menjadi dua :

- Zat padat terlarut
- Zat padat tersuspensi, terbagi menjadi dua :
 1. Zat padat tersuspensi Organik
 2. Zat padat tersuspensi Inorganik

Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklarifikasikan sekali lagi 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 suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya beratnya.

Apabila jumlah materi tersuspensi ini banyak dan kemudian mengendap, maka pembentukan lumpur dapat sangat mengganggu aliran dalam saluran, pendangkalan cepat terjadi, sehingga diperlukan pengerukan lumpur yang lebih sering.

2.8 Septik Tank

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.

Selama limbah ditahan dalam septik tank maka benda-benda padat akan mengendap didasar tangki, dimana benda-benda tersebut diproses secara anaerobik oleh bakteri sehingga kandungan organik didalamnya akan terurai. Akibatnya setelah waktu tertentu , umumnya kalau septik tank tersebut sudah penuh dan isinya dikeluarkan maka sisa padatan sudah tidak berbau lagi. Yang tetap menjadi masalah adalah untuk benda cairan setelah padatannya

dipisahkan. Karena didalam cairan tersebut masih terkandung sejumlah mikroba yang mungkin masih bersifat patogen (dapat menyebabkan penyakit). Keluaran dari septik tank, dari sudut pandang kesehatan masyarakat sama bahayanya dengan air limbah segar sehingga memerlukan pengolahan lebih lanjut sebelum dibuang. Salah satu cara pemecahan yang banyak digunakan adalah dengan menggunakan resapan.

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

Tabel 2.4 Karakteristik Efluen Septik tank

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

(Sumber : EPA, 2002)

2.9 *Fluidized Bed Reactor*

Fluidized bed reaktor adalah tabung dengan unggun (media) internal tetap atau partikel suspensi fluidasi, dimana berfungsi sebagai pendukung bagi immobilitas biomassa.

Pada reaktor tipe ini, banyak biomassa menempel pada media yang berukuran kecil sebagai biofilm. Biomassa yang menyelimuti partikel media berada pada kondisi terfluidasi atau terekspansi (bergerak melayang-layang)

secara vertikal, dengan aliran keatas (upflow). Dalam hal ini ukuran dan densitas media akan menentukan apakah sistem operasi stabil dan ekonomis. Partikel yang berukuran kecil akan memberikan luas permukaan yang besar yang berguna sebagai tempat menempel biofilm (Elinda, 2004).

Unggun terfluidakan (*fluidized bed*) merupakan suatu cara untuk mengontakkan dua macam zat dalam suatu tabung vertikal. Zat tersebut berupa partikel padat dengan cairan, dengan memilih partikel padat sebagai unggun dan cairan sebagai fluida. Fluida ini disebut "Fluidasi Padat Cair"

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 :

1. 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.

2. Faktor Biotis

Faktor biotis adalah mikroorganisme yang mendukung proses pengolahan.

Pada pengoperasian *fluidized bed* perlu dijaga pH limbah cair. pH optimum berada pada kisaran 7-9, keadaan basa atau asam dapat merusak proses biologi. Pemisahan padatan merupakan bagian penting dari proses

fluidized bed, pemisahan padatan dibutuhkan untuk merombak suspended solid yang terbawa aliran (Metcalf & Eddy, 1991).

proses pengolahan dengan reaktor 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.

Perlakuan pengolahan dalam sistem fluidisasi dengan reaktor diberi media isian mempunyai keuntungan yaitu mikrobia tetap menempel pada permukaan media isian dan limbah cair yang kontak dengan media isian merupakan nutrisi bagi mikrobia (Anonim,1998).

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. Pada bagian atas zat padat, terdapat suatu *interface* khas antara zat padat dengan cairan effluen. Keuntungan utama *fluidized bed* yaitu bahwa cairan dengan kandungan zat tersuspensi yang dapat diapresiasi dapat diberi pengolahan *adsorption* tanpa menyumbat *bed*. Biasanya, *fluidized bed* bekerja dengan cara terus menerus (reynol,1996).

Fluidized bed bekerja dengan *upflow* untuk mengekspansi media pendukung yang menahan *biofilm*. Kekuatan tarik/*drag force* yang

diakibatkan oleh *fluid flow* terhadap media pendukung menghasilkan ekspansi bed. Ketika tebal biomasa 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 sangat berpengaruh (John, 1995)

Kelebihan dari reaktor *fluidized-bed* adalah kecilnya 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 *mixing* vertikal pada *fluidized bed* dibandingkan *packed-bed*. Limbah dengan kapasitas besar, maka perlu banyak reaktor yang harus digunakan.

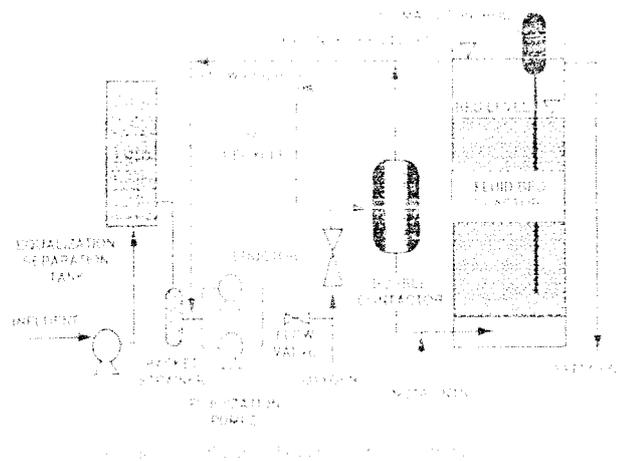
Reaktor *fluidized-bed* bergantung pada melekatnya partikel mikroorganisme yang dipertahankan dalam suspensi oleh satu tingkat arus fluida ke atas yang tinggi yang akan diolah. Pada beberapa kasus tertentu, *fluidized bed* disebut suatu reaktor *expanded-bed* atau reaktor *circulating-bed*. Partikel-partikel itu sering dinamakan sebagai *biofilm carrier*. *Fluidized carrier* dapat berupa butiran pasir, *granular activated carbon* (GAC), tanah *diatomaceous*, benda padat kecil lainnya yang resisten terhadap abrasi. Kecepatan ke atas (*upflow velocity*) fluida harus cukup untuk mempertahankan *carrier* dalam suspensi, dan hal ini bergantung pada densitas yang berkaitan dengan air, diameter dan bentuk *carrier*, serta jumlah biomasa

yang melekat. Biasanya, pertumbuhan biomasa meningkatkan ukuran *carrier* efektif, namun mengurangi densitasnya. *Carrier* dengan banyaknya jumlah biomasa melekat cenderung lebih ringan dan bergerak lebih tinggi dalam reaktor. Hal ini menghasilkan keuntungan untuk membersihkan *carrier* dengan pertumbuhan biologis yang berlebihan, ketika mereka masuk ke bagian-bagian atas dari reaktor, di mana terjadi pemisahan dan pembersihan dari bed. Setelah dimasukkan lagi, *carrier* yang telah dibersihkan turun ke bagian lebih rendah dari reaktor, sampai biofilm tumbuh kembali.

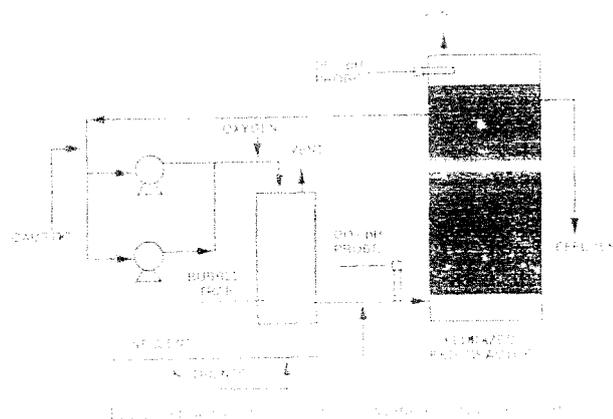
Salah satu keuntungan utama *fluidized bed* yaitu perlunya mengontrol dengan seksama *bed fluidization*. Velocitas fluida ke atas harus cukup untuk fluidisasi, tetapi tidak sedemikian tinggi sehingga *carrier* terbasuh dari reaktor. Menurut jenis *carrier fluidized* yang digunakan, pelepasan *biofilm* dapat menjadi besar karena abrasi dan turbulensi. Hal ini mengecualikan pemakaian jenis-jenis *carrier* untuk mikroorganisme yang memiliki tingkat pertumbuhan rendah. Transfer oksigen dapat juga bermasalah dengan aplikasi aerobik untuk air limbah yang memiliki konsentrasi lebih tinggi. Seringkali, daur ulang efluen dipakai untuk oksigenasi dan melarutkan air limbah, maupun untuk menjaga tingkat upflow yang konstan. Reaktor *fluidized-bed* dapat dipakai untuk denitrifikasi dan pengolahan limbah anaerobik, sebagai proses yang tidak membutuhkan transfer oksigen. Reaktor ini juga baik untuk mengolah air secara aerobik yang mengandung konsentrasi pencemar organik

yang sangat rendah, seperti untuk penghilangan hidrokarbon aromatik dalam air tanah yang tercemar. (Bruce, 1997)

Bentuk dari pemakaian rangkain fluidized berbeda-beda, sesuai dengan pengolahan yang akan dilakukan. Sistem aliran dari fluidized bed dapat dilihat seperti Gambar 2.2 dan 2.3.



Gambar 2.2 Diagram Alir Proses *Fluidized Bed*



Gambar 2.3 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 dibawah ini.

Tabel 2.5 Type reaktor berdasarkan efisiensi, HRT dan beban organik

Type reaktor	Beban Organik (kg COD/m ³ .hari)	HRT (hari)	% COD Removal
• <i>Anaerobic Lagoon</i>	0,1-0,5	1-20	35-75
• <i>Imhoff tank (10⁰ 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:

- Dapat digunakan untuk beban organik yang tinggi
- *hidrolic retention time* (HRT) yang relatif singkat
- Sesuai untuk berbagai jenis limbah
- Dengan menggunakan butiran karbon aktif dapat menahan limbah
- Tidak sensitif terhadap *shock loads*
- Tidak membutuhkan area yang luas.

Sedangkan kekurangan dari pemakaian *Fluidized bed* adalah:

- Sukarnya Proses *start up*
- Dibutuhkan energi yang tinggi untuk fluidisasi

- Sukar untuk mengontrol ketinggian bed
- Sukar untuk mendesain reaktor
- Besarnya biaya untuk media

2.10 Media *Styrofoam*

Styrofoam atau *expanded polystyren* dikenal sebagai gabus putih yang biasa digunakan untuk membungkus barang elektronik. *Polystyrene* sendiri dihasilkan dari *styrene* ($C_6H_5CH_2$) yang mempunyai gugus *phenyl* (enam cincin karbon) yang tersusun secara tidak teratur sepanjang garis karbon dari molekul. Penggabungan acak benzena mencegah molekul membentuk garis yang sangat lurus sebagai hasilnya *polyester* mempunyai bentuk yang tidak tetap, transparan dan dalam berbagai bentuk plastik. *Polystyrene* merupakan bahan yang baik ditinjau dari segi mekanis maupun suhu namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu dibawah $100^{\circ}C$. *Polystyrene* memiliki berat jenis sampai 1050 kg/m^3 , kuat tarik sampai 40 MN/m^2 , modulus lentur sampai 3 GN/m^2 , modulus geser sampai $0,99 \text{ GN/m}^2$, angka poisson 0,33

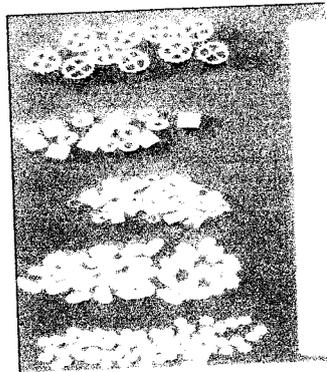
Bahan dasar styrofoam adalah polistiren, suatu jenis plastik yang sangat ringan, kaku, tembus cahaya, dan murah. Namun bahan tersebut cepat rapuh. Karena kelemahannya tersebut polistiren dicampur dengan senyawa butadien. Plastik busa yang mudah terurai menjadi struktur sel-sel kecil merupakan hasil proses peniupan dengan menggunakan gas

chlorofluorocarbon (CFC). Komponen-komponen dari plastik atau styrofoam dapat berbahaya akan tetapi kemungkinan tergantung dari jenis, lama kontak, luas cakupan bahannya (plastik/styrofoam) dan sebagainya.

Styrofoam termasuk dalam kategori polimer sintetik dengan berat molekul tinggi. Polimer sintetik berbahan baku monomer berbasis *etilena* serta berbagai turunannya yang berasal dari perengkahan minyak bumi. *Styrofoam* hanya sebuah nama dalam dunia perdagangan, nama sesungguhnya adalah *polystyrene* atau *poli(feniletena)* dalam bentuk foam. *Feniletena* atau *styrene* dapat dipolimerkan dengan menggunakan panas, sinar ultraviolet, atau katalis. *Poli(feniletena)* merupakan bahan termo plastik yang bening (kecuali jika ditambahkan pewarna atau pengisi), dan dapat dilunakkan pada suhu sekitar 100°C. *Poli(feniletena)* tahan terhadap asam, basa, dan zat pengarat (korosif) lainnya, tetapi mudah larut dalam hidrokarbon aromatik dan berklor. Dalam propanon (aseton) *poli(feniletena)* hanya mengembang. Penyinaran dalam waktu lama oleh sinar ultra ungu, sinar putih, atau panas, sedikit mempengaruhi kekuatan dan ketahanan polimer terhadap panas. *Poli(feniletena)* berbusa atau *styrofoam* diperoleh dari pemanasan *poli(feniletena)* yang menyerap hidrokarbon volatil. Ketika dipanasi oleh kukus (steam), butiran akan melunak, dan penguapan hidrokarbon didalam butiran akan menyebabkan butiran mengembang (Widya&Andi, 1999).

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 2.4



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

Penggunaan *styrofoam* sebagai media tempat menempelnya biofilm merupakan salah satu media alternative selain menggunakan kerikil dan pasir kuarsa. Alasan pemilihan *styrofoam* ini juga berdasarkan bahwa *styrofoam* termasuk dalam katagori plastik, dimana dalam proses penumbuhan bakteri salah satu bahan yang dapat digunakan adalah plastik. Sebagai media yang mengandung beberapa bahan yang berbahaya bagi manusia maka *styrofoam* dimanfaatkan sebagai tempat tumbuhnya biofilm sehingga *styrofoam* yang dianggap berbahaya tersebut dapat digunakan dalam pengolahan limbah. Selain itu juga dari segi ekonomis, *styrofoam* sangat mudah didapatkan dan harganya tidak terlalu mahal.

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 penurunan 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%. Menurut Metcalf & Eddy bahwa *Aerobic Fluidized Bed Bioreactors* dapat menurunkan konsentrasi TSS dan COD dengan kualitas effluen yang baik.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan *Fluidized Bed* reaktor pada kondisi anaerobik saat *start up* bermedia *styrofoam*, untuk konsentrasi COD mengalami penurunan sebesar 14,063% (Nefa, 2006). Sedangkan konsentrasi BOD dan TSS untuk kondisi yang sama didapatkan penurunan masing-masing 39,17% untuk BOD dan 60,6% untuk TSS (Nely, 2007).



2.12 Hipotesa

- Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) pada limbah domestik mengalami perubahan sesuai dengan keadaan pada saat *Start up*.
- Mikroorganisme mempengaruhi terjadinya perubahan konsentrasi bahan organik COD dan TSS pada saat *Start up*.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Penelitian Secara Umum

Penelitian dengan menggunakan reaktor *fluidized bed*, dengan media *styrofoam* didalamnya, dilakukan untuk mengamati perubahan konsentrasi COD dan TSS pada air limbah setelah melewati reaktor dengan aliran keatas (*up plow*). Sebelum penelitian berjalan, dilakukan penentuan dan pemilihan media serta pendesainan alat. Media yang digunakan adalah *styrofoam* dengan diameter yang sama. Media akan mengalami pertumbuhan lapisan *biofilm*. Penelitian dilakukan saat *start up* yaitu saat awal reaktor dialiri limbah dan tahap awal pertumbuhan bakteri.

Pengujian sampel dilakukan dalam jangka waktu 21 hari serta mengamati suhu dan pH. Aliran reaktor berjalan secara kontinyu, dengan mengalirkan limbah yang berasal dari septic tank. Tekanan diatur agar dapat mengalirkan limbah secara *up plow*. Sampel air limbah diambil pada inlet dan outlet untuk diuji konsentrasi COD dan TSS. Hasil penelitian ini akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Penelitian ini termasuk ke dalam penelitian eksperimen yang dilaksanakan dalam skala laboratorium .

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel bertempat di kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Air Limbah diambil pada bagian *septic tank* yang terletak disebelah timur kampus FTSP.

Proses berjalannya reaktor/pengolahan limbah dengan reaktor dilakukan di laboratorium Rancang Bangun Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

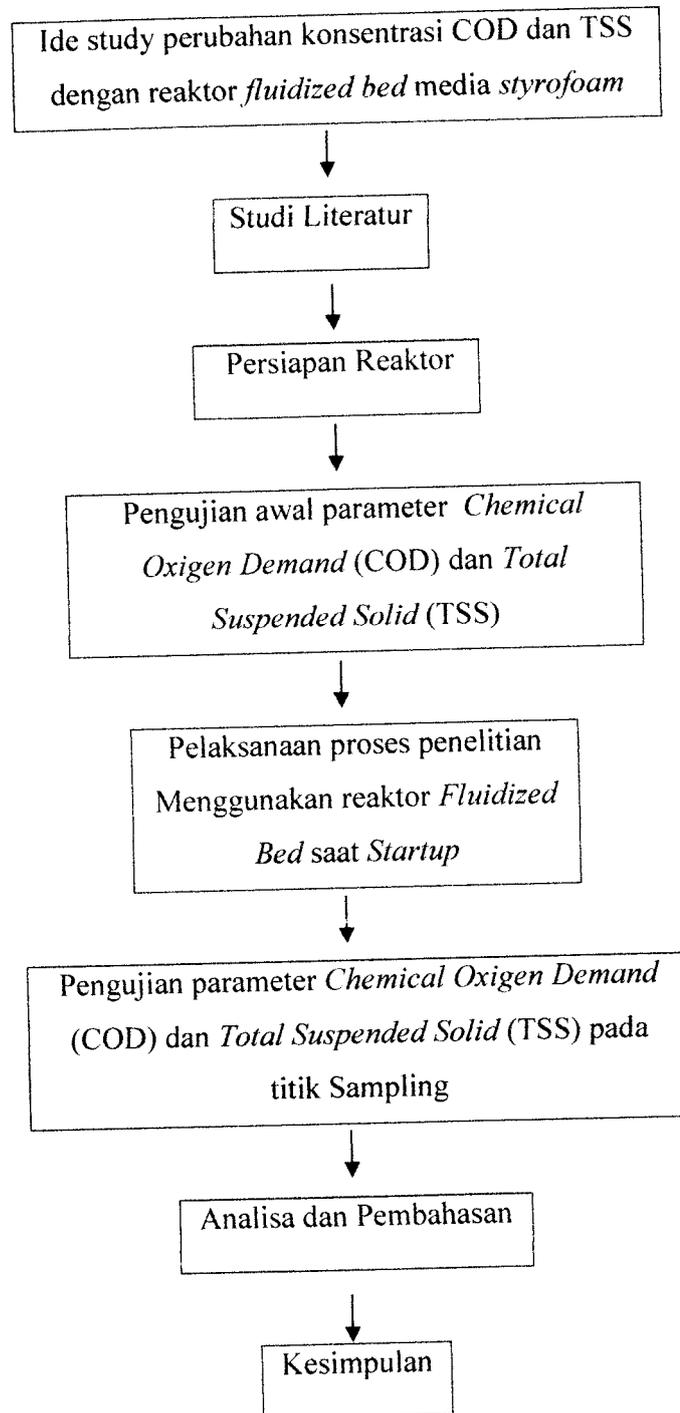
Analisa sampel untuk parameter COD dan TSS dilakukan di laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3.3 Obyek Penelitian

Sebagai Obyek penelitian adalah konsentrasi COD dan TSS, serta juga mengamati suhu dan pH pada limbah domestik yang berupa limbah dari *septic tank*. Limbah domestic pada *septic tank* ini digunakan karena konsentrasi bahan organik dan mikroorganisme yang masih tinggi dan masih diatas standar baku mutu. Limbah diambil setiap 2 hari sekali sampai selama 21 hari. Digunakan media *styrofoam* sebagai media tempat pertumbuhan lapisan *biofilm* yang diamati pada saat *start up*.

3.4 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian menunjukkan rangkaian proses penelitian, mulai dari menemukan ide penelitian sampai pada analisa, pembahasan dan kesimpulan. Adapun kerangka penelitian untuk tugas akhir ini dapat dilihat pada diagram alir penelitian yaitu pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Variabel bebas (*Independent Variable*)
 - Konsentrasi debit yang digunakan
 - Waktu detensi
2. Variabel Terikat (*Dependent Variabel*)

Parameter yang diteliti adalah *Chemical Oxigen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah *septictank* yang berasal dari kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3.6 Tahapan Penelitian

Tahapan pelaksanaan dalam penelitian dimulai dari persiapan alat dan bahan, proses penumbuhan bakteri, pelaksanaan penelitian dan proses pemeriksaan sampling.

3.6.1 Persiapan Alat

Pada penelitian ini digunakan reaktor *fluidized bed* terbuat dari plastik. Dibuat dalam skala laboratorium. Waktu detensi ditentukan sebesar 18 jam. Tekanan diusahakan agar dapat menghasilkan aliran secara *uplow*. Didalamnya terdapat media *styrofoam* yang dibatasi dengan 2 sekat. Media *styrofoam* berdiameter 0,5 cm

- T_d = 18 jam
- Diameter pipa (d) = 1 inci = 2,54 cm = 0,0254 m
- c = 120

➤ **Perhitungan**

$$\begin{aligned} \text{Volume } (V) &= \pi (r)^2 \cdot t + 1/3 \pi (r)^2 \cdot t \\ &= (\pi (0,125)^2 \cdot 0,9) + (1/3 \pi (0,125)^2 \cdot 0,1) \\ &= 0,046 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit } (Q) &= V / T_d \\ &= 0,046 \text{ m}^3 / 18 \text{ jam} \\ &= 2,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{jam} = 2,56 \text{ l/jam} \\ &= 61,3 \text{ l/hari} \end{aligned}$$

$v_1 = v_2 = 0$ karena fluida dalam keadaan diam

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

$$\begin{aligned} H_{loss} &= \frac{Q^{1,85} \cdot L}{(0,2785 \cdot c \cdot d^{2,63})^{1,85}} \\ &= \frac{(7,11 \cdot 10^{-7})^{1,85} \cdot 2,45}{(0,2785 \cdot 120 \cdot 0,0254^{2,63})^{1,85}} \\ &= 1,78 \cdot 10^{-5} \end{aligned}$$

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

$$P_1 = 1.10^5 \text{ N/m}^2$$

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

$$P_2 = P_1 + \rho gh$$

$$= 1.10^5 + 9,81 \cdot 1000 \cdot 1,25$$

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

Pada perhitungan ini digunakan konsep “Hukum Bernoulli“ untuk mengalirkan limbah dari reservoir ke reaktor fluidized bed dengan sistem aliran upflow. Persamaan Bernoulli menyatakan bahwa jumlah energi sepanjang pipa titik ke satu (reservoir) dengan titik ke dua (reaktor fluidized bed) adalah sama (antara titik satu dan titik dua tidak ada percabangan). Tekanan/energi akan berkurang karena adanya gesekan antara zat cair dan dinding pipa yang disebut sebagai kehilangan tekanan. Adapun persamaan bernoulli sebagai berikut:

$$E_1 = E_2 + H_{loss}$$

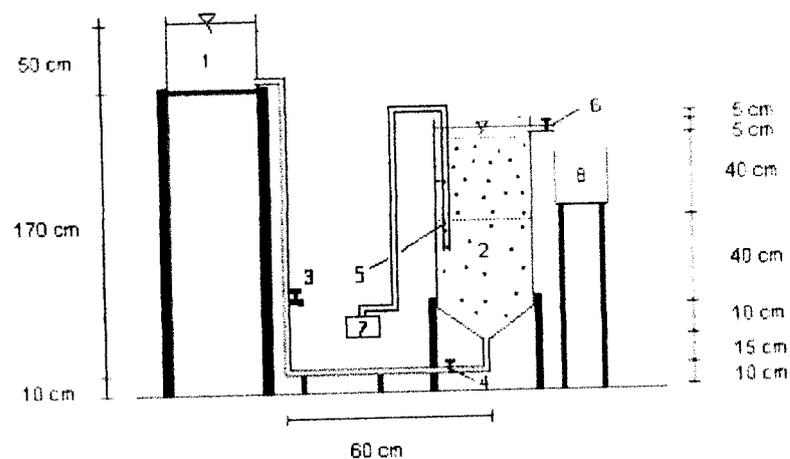
$$v_1^2 / 2g + P_1 / \rho g + z_1 = v_2^2 / 2g + P_2 / \rho g + z_2 + H_{loss}$$

$$0 + 1.10^5 / 9810 + 2,3 = 0 + 1,1 \cdot 10^5 / 9810 + 1,25 + 1,78 \cdot 10^{-5}$$

$$12,5 = 12,5$$

Sehingga air dapat mengalir karena memiliki energi yang sama

Gambar desain reaktor dari hasil perhitungan dan perencanaan dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Reaktor *Fluidized Bed* bermedia *styrofoam*

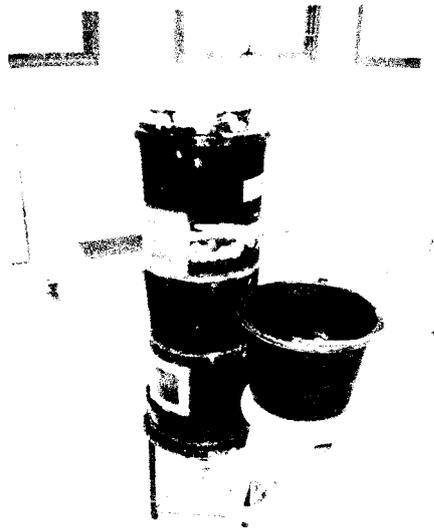
Keterangan:

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

Setelah dibuat desain dan perhitungan terhadap energi yang digunakan, maka dibuat suatu rangkaian alat. Sebagai berikut:

1. Sebuah prototype yang berbentuk tabung dari bahan plastic yang tidak bisa dilihat secara langsung dari luar. Pada bagian dinding reactor terdapat bagian transparansi untuk melihat ke dalam reactor. Reaktor dibiarkan terbuka karna proses yang digunakan yaitu secara aerobik, dimana pada bagian dalam reaktor diberi suplay oksigen. Ukuran reaktor yaitu diameter 25 cm dan tinggi

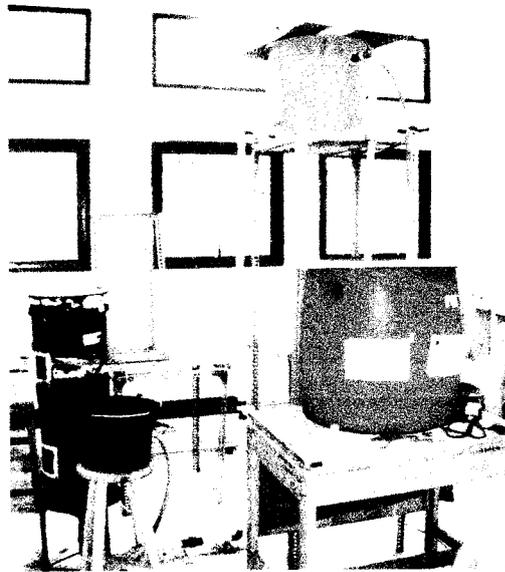
100cm. Bagian bawah reactor terdapat kran pengatur debit. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4 Reaktor *Fluidized Bed*

2. Satu buah drum plastik tempat menampung air limbah dari *septic tank* dengan volume 250 liter. Limbah dalam drum ini dipompakan ke reservoir apabila air di reservoir telah berkurang.
3. Satu buah drum plastik sebagai reservoir dengan volume 150 liter. Terdapat pipa penyaluran air menuju reaktor. Diantara reaktor dan reservoir terdapat kran inlet.
4. Dua buah selang yang berfungsi untuk mengalirkan udara kedalam reaktor.
5. Satu buah ember tempat menampung air limbah yang telah melewati reaktor *fluidized bed*.

Rangkaian keseluruhan reaktor, reservoir dan bak penampungan dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Rangkaian Reaktor *Fluidized Bed*

3.6.2 Proses *Starter Bakteri*

Sebelum dilakukan proses pengolahan air limbah domestik yang menumbuhkan bakteri, terlebih dahulu dilakukan starter bakteri untuk memberikan tambahan awal atau nutrisi bagi bakteri dari luar, sehingga memacu proses pembentukan lapisan *biofilm* pada media pertumbuhan yaitu *Styrofoam*. Proses ini dilakukan dengan cara terlebih dahulu kedalam air limbah diberikan EM₄ kemudian dimasukkan lumpur sebanyak ± 200 ml, setelah itu ditambahkan beberapa larutan yaitu :

1. Larutan A

- K_2HPO_4 = 0.32 gr/l
- KH_2PO_4 = 0.16 gr/l
- NH_4Cl = 0.12 gr/l

2. Larutan B

- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ = 69 gr/l
- $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ = 2.3 gr/l
- $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ = 2.3 gr/l
- $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ = 2.3 gr/l
- CaCl_2 = 9.2 gr/l

- 3. Larutan Glukosa = 0.216 gr/l

Setelah semua larutan dimasukkan kedalam reaktor maka air limbah dibiarkan selama 1 hari, baru kemudian air limbah dialirkan secara kontinyu. Penambahan nutrisi ini hanya diberikan sekali saja selama proses berlangsung.

3.6.3 Pelaksanaan Penelitian

Setelah semua alat dan bahan telah disiapkan, dan telah terpasang serta tidak lagi terdapat kebocoran maka selanjutnya dapat melaksanakan penelitian.

- Limbah yang berasal dari *septic tank* diambil dengan pompa dan dimasukkan ke dalam jerigen.
- Air limbah domestik yang berasal dari *septic tank*, dimasukkan ke dalam bak penampung. Biasanya setiap 2 hari persediaan limbah habis dan diambil tambahan limbah baru dari *septic tank*.
- Memompa limbah dari bak penampung ke reservoir yang ketinggiannya diatur sesuai dengan tekanan yang diharapkan. Tekanan pada reservoir akan menyebabkan aliran *up flow* pada reactor.
- Memeriksa kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) sample awal yang terkandung dalam air limbah yang akan dialirkan.
- Mengalirkan air limbah kedalam reactor yaitu dengan debit sebesar 2,55 l/jam dan waktu detensi (td) 18 jam.
- Mengambil sampel limbah untuk diperiksa kadar dari parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS), serta mengukur suhu dan pH yaitu pada inlet dan outlet reactor.

3.6.4 Proses *Sampling*

- Proses ini dilakukan dari hari pertama setelah *starter* bakteri sampai 21 hari yang merupakan keadaan *start up*.
- Sebelumnya dilakukan pemeriksaan awal untuk parameter COD dan TSS.

- Selama 21 hari setiap 2 hari sekali dilakukan sampling dan pemeriksaan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD), serta *Total Suspended Solid* (TSS), dan setiap hari dilakukan pengukuran suhu dan pH.
- Sample diambil pada 2 titik, yaitu pada inlet (kran setelah reservoir) dan outlet (kran bagian atas reaktor).

Titik sampling yang diambil yaitu pada inlet dan outlet yang dapat dilihat pada Gambar 3.6 dan 3.7 berikut ini



Gambar 3.6 Inlet Reaktor
Fluidized Bed



Gambar 3.7 Outlet Reaktor
Fluidized Bed

3.6.5 Pemeriksaan Sampel

Effluent hasil pengolahan dianalisa di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII Yogyakarta menggunakan SNI 1991 - Standar 2 Metode Pengujian Kualitas Fisika air SK SNI M-03-1990-F untuk TSS dan metode Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri SNI 06-6989.2-2004 untuk COD.

3.7 Analisa Data

Setelah dilakukan pemeriksaan parameter maka untuk mengetahui efisiensi penurunan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) maka dihitung efisiensinya dengan membandingkan influent dan effluent dan dinyatakan dalam persen.

Perhitungan efisiensi :

$$E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

E = Efisiensi

C₁ = Kadar COD dan *E.Coli* sebelum *treatment*

C₂ = Kadar COD dan *E.Coli* sesudah *treatment*

Setelah itu, data yang telah diperoleh akan diolah dengan uji statistik. Apabila data tergolong analisis lebih dari dua variabel atau lebih dari dua rata-rata maka digunakan *analysis of Variance* (anova). Bila hanya terdapat dua rata-rata sampel maka digunakan dua jenis distribusi, yaitu distribusi-Z dan distribusi-t. Bila n > 30 dan α diketahui, maka digunakan distribusi-Z, dan bila tidak terpenuhi digunakan distribusi-t. Dalam uji hipotesis ini diperlukan anggapan bahwa data berdistribusi normal. Dari data penelitian yang didapat, dimana terdapat dua rata-rata sampel dan n < 30 maka digunakan distribusi-t yaitu menggunakan Analisa Data Perbandingan Dua Variabel Bebas (Uji t / *t-test*).

Tujuan Uji t dua variabel bebas adalah untuk membandingkan (membedakan) apakah dua variabel tersebut sama atau berbeda, guna menguji signifikansi hasil penelitian keadaan variabel. Uji signifikansi dilihat dari dua rata-rata sampel. Rumus Uji t dua variabel sebagai berikut:

$$t_{\text{hitung}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1}{n_1} + \frac{S_2}{n_2} - 2r \left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) + \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right)}} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan:

r = Nilai Korelasi X_1 Dan 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

S_2 = Varians sampel ke-2

Langkah-langkah *t-test* Untuk Analisa Sampel

Langkah 1 : Membuat H_a dan H_o dalam bentuk kalimat

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi sampel pada inlet dan outlet

Ho : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi sampel pada inlet dan outlet

Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho model statistik

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \quad H_o : \mu_1 = \mu_2$$

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

Langkah 4 : Mencari t hitung

$$t_{\text{hitung}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1}{n_1} + \frac{S_2}{n_2} - 2r \left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) + \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right)^2}} \quad \dots\dots\dots(3.3)$$

Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian

- Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)
- $dk = n_1 + n_2 - 2$, Sehingga diperoleh t tabel
- Kriteria pengujian dua pihak

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

Jika tidak dalam wilayah penerimaan tersebut maka Ho ditolak dan Ha diterima.

Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung

Langkah 7 : Kesimpulan

Kesimpulan terakhir dari suatu uji hipotesis adalah apakah hipotesis diterima atau ditolak yang tergantung dari wilayah penerimaan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian dengan menggunakan Fluidized Bed Reaktor secara aerobik dengan media *styrofoam* ini dimulai dengan melakukan starter bakteri yaitu dengan penambahan nutrisi berupa lumpur sebanyak \pm 200 ml yang diambil dari IPAL Sewon Bantul, dan beberapa larutan antara lain :

- Larutan A, terdiri dari : K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , NH_4Cl
- Larutan B, terdiri dari : $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $MnSO_4$ dan $CaCl$
- Larutan Glukosa dan EM4.

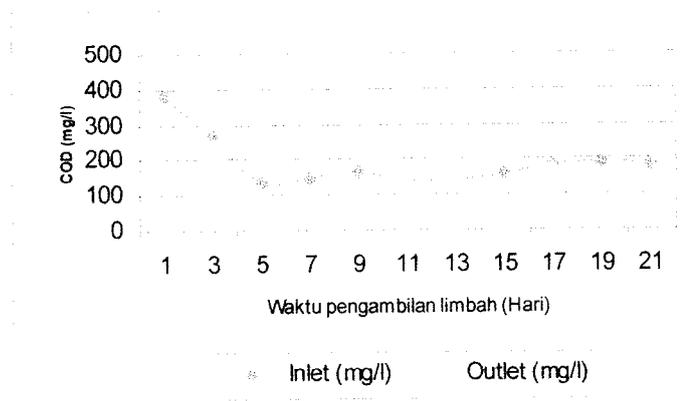
Penambahan larutan ini dilakukan pada reaktor dan hanya diberikan sekali selama proses berlangsung. Penambahan larutan atau nutrisi ini bertujuan untuk memperbanyak jumlah bakteri secara cepat agar proses biologis dalam menguraikan bahan organik berjalan lebih cepat. Sebelum air limbah yang telah diberi nutrisi ini dialirkan, terlebih dahulu dibiarkan di dalam reaktor selama 1 hari agar bakteri yang telah ada sebelumnya dapat menyesuaikan diri dan bisa bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

Dari penelitian yang dilakukan selama 21 hari diperoleh hasil penelitian terhadap *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) sebagai berikut :

4.1 Konsentrasi COD

Dalam penelitian ini, pengukuran COD dilakukan setiap 2 hari sekali.

Hasil perolehan data dari pengujian konsentrasi COD dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Konsentrasi COD Inlet dan Outlet

Dari data hasil pengujian COD menunjukkan adanya perbedaan konsentrasi pada setiap harinya. Rata-rata konsentrasi COD pada titik inlet sebesar 189,44 mg/L dan untuk titik outlet sebesar 177,02 mg/L. Efisiensi rata-rata penurunan konsentrasi COD sebesar 6,56 %. Pada pengujian parameter COD dapat terlihat perbedaan penurunan yang tidak signifikan, hal ini dibuktikan dengan uji statistik menggunakan Uji t atau *t-test* (untuk perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran).

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 :

$$- 2.086 < 0,8465 < 2.086 \text{ (maka } H_0 \text{ diterima dan } H_a \text{ ditolak).}$$

Oleh karena t hitung $<$ t tabel sehingga H_0 diterima, maka dapat disimpulkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD pada inlet dan outlet. Dengan kata lain, konsentrasi COD pada inlet hampir sama dengan outlet.

Pengujian parameter COD dilakukan selama 21 hari dimana sample diambil tiap 2 hari sekali. Pada pengujian parameter COD yang dilakukan pada air limbah *septictank* yang telah melalui pengolahan menggunakan reaktor *Fluidized bed media styrofoam* pada kondisi *start up* mengalami perubahan konsentrasi. Rata-rata perubahan tersebut adalah terjadinya penurunan dan kenaikan konsentrasi COD.

Berdasarkan uji statistik *t-test* diketahui bahwa terjadi penurunan pada konsentrasi COD yang tidak signifikan. Pada awal penelitian mulai dari hari pertama sampai hari kelima konsentrasi COD outlet mengalami kenaikan, hal ini terjadi karena banyaknya mikroorganisme dalam reaktor yang ikut dalam aliran saat *starter* bakteri. Selain itu juga karena adanya suasana baru pada air limbah tersebut maka zat organik belum banyak yang diuraikan oleh mikroorganisme. Sedangkan pada hari ketujuh sampai hari ke tigabelas konsentrasi COD mengalami penurunan, pada saat ini mikroorganisme mulai mengalami pertumbuhan dan sudah menguraikan bahan organik sebagai makanannya. Pada hari ke 15 terjadi kenaikan konsentrasi outlet yang melebihi konsentrasi inlet hal ini terjadi karena aktivitas mikroorganisme yang dipengaruhi oleh lingkungannya, dikarenakan sistem pengaliran limbah dalam proses ini secara kontinyu maka adanya kemungkinan suplai limbah baru yang mengandung bahan organik yang konsentrasinya tinggi sehingga mikroorganisme yang sudah ada harus menyesuaikan diri dengan suasana baru tersebut. Perubahan yang terjadi di

dalam lingkungan dapat mengakibatkan perubahan sifat morfologi dan sifat fisiologi mikroorganisme (Suriawiria,1993). Mikroorganisme yang tidak bisa menyesuaikan diri akan mati dan terbawa kealiran outlet. Setelah hari ke 15 konsentrasi COD antara inlet dan outlet terjadi penurunan sampai hari ke 21, hal ini menunjukkan bahwa keadaan reaktor sudah mendekati keadaan peningkatan pertumbuhan bakteri, dibutuhkan banyak persediaan makanan, sehingga suatu saat terdapat pertemuan antara bakteri yang meningkat dan penurunan jumlah makanan yang terkandung didalamnya (sugiharto,1987)

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

Prinsip pengolahan secara aerobik ialah menguraikan secara sempurna senyawa organik yang berasal dari buangan dalam perioda waktu yang relatif singkat. Penguraian dilakukan oleh sejumlah mikroba terutama bakteri. Selama proses berlangsung metabolisme penguraian oleh bakteri dipengaruhi oleh faktor-faktor jumlah sumber nutrisi dan jumlah oksigen. Selama sumber nutrisi cukup dan jumlah oksigen tidak berkurang, bakteri akan berkembang biak secara baik dan menghasilkan energi yang cukup untuk mengurangi senyawa organik. Energi yang terbentuk dari penguraian senyawa organik akan membentuk protoplasma, maka proses berlangsung dalam dua tahap yaitu fase penambahan dan fase pengurangan

(suriawiria, 1993). Nilai penambahan dari reaksi terjadi selama fasa-lag pertumbuhan mikroba, sedangkan nilai pengurangan akan terjadi selama fasa menurun. Dasar dari kedua fasa ini adalah perbandingan jumlah sumber nutrisi. Pada masa pertumbuhan, jumlah buangan dapat ditetapkan dalam waktu yang singkat, karena jumlah nutrient yang cukup akan menambah jumlah mikroba, tetapi tidak membentuk flok. Nilai effluent akan menjadi lebih besar bila jumlah bakteri berkurang. Sedangkan pada fasa penurunan konsentrasi organik akan turun akibat sumber nutrisi akan berkurang jumlahnya.

Pada bagian dalam reaktor terjadi proses aerobik, udara yang dimasukkan berasal dari udara luar yang dipompakan kedalam air limbah oleh pompa udara. Proses aerobik mengubah bahan organik dalam limbah cair menjadi karbondioksida, air dan ammonia. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Alaerts, 1984).

Penurunan konsentrasi COD dimungkinkan karena adanya oksigen dan mikroorganisme dalam menguraikan bahan-bahan organik didalam reaktor, masuknya oksigen mempercepat produksi asam organik, menambah karbondioksida tetapi mengurangi methan (Gintings, 1992).

Berdasarkan Keputusan KepMenLH 112/2003 tentang pedoman penetapan Baku Mutu Limbah Domestik, menyatakan bahwa perbandingan antara BOD/COD adalah 0,4-0,6 (Alaerts, 1984) maka untuk parameter COD batas maksimum yang diperbolehkan tidak boleh lebih dari 200 mg/l ($BOD/COD=0,5$). Dari parameter COD

ini dapat dilihat bahwa reaktor memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, hal ini didasarkan dengan melihat rata-rata pada outlet. Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu dengan menggunakan reaktor *Fluidized Bed* dengan media pasir kuarsa pada limbah rumah sakit, konsentrasi COD mengalami penurunan sebesar 88,70%. Pada penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan reaktor *Fluidized Bed* bermedia *styrofoam* saat *start up* pada kondisi Anaerobik dengan parameter yang diukur adalah COD didapatkan efisiensi penurunan sebesar 14,063% (Nefa, 2006). Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan pada saat *start up* dengan kondisi aerobik pada reaktor *Fluidized Bed*, efisiensi penurunan yang diperoleh sebesar 6,56%. Hal ini menunjukkan bahwa reaktor masih belum efektif apabila dijalankan pada kondisi tersebut, begitu juga dengan *styrofoam* tidak efektif sebagai media tempat tumbuhnya mikroorganisme karena permukaan *styrofoam* yang halus/licin sehingga mempengaruhi kemampuan mikroba untuk menempel pada media.

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. Pada penelitian ini kondisi *steady state* belum tercapai dikarenakan waktu pengambilan sample atau

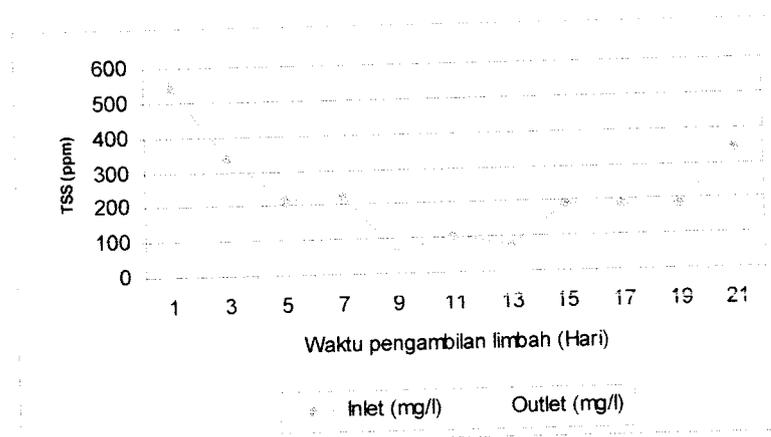
pengoperasian reaktor yang dilakukan selama 21 hari terlalu cepat dibandingkan dengan penelitian terdahulu pada kondisi reaktor yang anaerobik selama 30 hari.

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

4.2 Konsentrasi TSS

Dalam penelitian ini, pengukuran TSS dilakukan setiap 2 hari sekali.

Hasil perolehan data dari pengujian konsentrasi TSS dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Konsentrasi TSS Inlet dan Outlet

Dari data hasil pengujian TSS menunjukkan adanya perbedaan konsentrasi pada setiap harinya. Rata-rata konsentrasi TSS pada titik inlet sebesar 224,046 mg/L dan untuk titik outlet sebesar 132,73 mg/L. Efisiensi rata-rata penurunan konsentrasi COD sebesar 40,76 %. Pada pengujian parameter TSS dapat terlihat perbedaan penurunan yang tidak signifikan, hal ini dibuktikan dengan uji statistik menggunakan Uji t atau *t-test* (untuk perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran).

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 :

$$- 2.086 < 1,7407 < 2.086 \text{ (maka } H_0 \text{ diterima dan } H_a \text{ ditolak).}$$

Dari perhitungan yang dilakukan (dapat dilihat pada lampiran) bahwa *t* hitung < *t* tabel sehingga *H*₀ diterima, maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS pada inlet dan outlet. Dengan kata lain konsentrasi pada inlet hampir sama dengan konsentrasi pada outlet. Terdapatnya perbedaan yang tidak signifikan antara inlet dan outlet terjadi karena kurangnya waktu kontak yang terjadi pada reaktor untuk melakukan proses adsorpsi. Permukaan media yang kasar mampu menyediakan area yang lebih besar untuk melekatnya mikroorganisme akan tetapi pada penelitian ini digunakan media yang memiliki permukaan yang halus/licin, yang mana hal ini dapat mempengaruhi kemampuan mikroba untuk menempel pada media.

Pada analisa data pengambilan sampel yang dilakukan setiap 2 hari sekali selama 21 hari, menunjukkan adanya penurunan dan kenaikan konsentrasi TSS. Rata-rata nilai penurunan konsentrasi pada outlet tidak melebihi konsentrasi pada inlet.

Penurunan konsentrasi TSS terjadi pada hari pertama sampai hari kesebelas, hal ini dikarenakan pada awal pertumbuhannya bakteri berkembangbiak secara konstan dan agak lambat karena adanya suasana baru pada air limbah tersebut. Selain itu juga didalam reaktor *fluidized bed* terjadi proses fisik (penyaringan) oleh media *styrofoam*. Air limbah yang mengandung padatan tersuspensi ini dialirkan kedalam

reaktor melewati media *styrofoam*. Padatan tersuspensi ini akan tertahan oleh permukaan media *styrofoam* sebagai tempat tumbuhnya lapisan biofilm, dan pada saat inilah terjadi proses degradasi *Total Suspended Solid* oleh mikroorganisme yang menempel pada lapisan biofilm.

Kenaikan konsentrasi TSS ini terjadi pada hari ke 13 sampai hari ke 17, kenaikan ini terjadi karena adanya proses pembentukan lumpur oleh mikroorganisme, dimana lumpur yang dihasilkan menandakan banyaknya mikroorganisme dalam reaktor sehingga dapat menurunkan bahan organik pada air limbah. Mikroorganisme yang secara alamiah memegang peranan penting dalam proses oksidasi biologis. Pada saat suplai makanan (limbah) berlebihan, semua jenis mikroorganisme mulai tumbuh dan berkembang diantaranya *protozoa*, *bakteri*, *alga* dan lain-lain. *Sarcodina* akan dijumpai dalam jumlah banyak pada saat sistem penanganan mulai dioperasikan. Bersamaan dengan itu pada saat konsentrasi limbah organik tinggi dimana tingkat efisiensinya rendah maka akan muncul organisme *flagelata*, sedangkan jika konsentrasi limbah organik rendah dan tingkat efisiensinya tinggi maka mulai muncul organisme *rotifera* (anonim). Menurut Suriawiria, apabila bahan organik rendah dan jumlah oksigen tinggi akan tumbuh hewan seperti *Daphnia* dan *Rotaria*, jenis ini sangat penting didalam proses penjernihan air.

Penguraian *Total Suspended Solid* (TSS) ini terjadi karena TSS ini terdiri dari zat padat tersuspensi organis dan zat padat tersuspensi inorganis. Dimana zat padat tersuspensi organis ini dan juga bahan - bahan organik lainnya diperlukan bakteri

untuk pertumbuhan selnya. Penambahan senyawa organik terlarut akan menambah efisiensi penguraian di dalam reaktor, dan akibatnya lumpur yang dihasilkan akan mengandung karbondioksida yang dipakai untuk pengurangan oksidasi. Oleh karena proses hidrolisis yang diikuti dengan proses oksidasi, partikel besar akan diubah menjadi partikel lebih kecil sehingga konsentrasi bahan organik setelah pemisahan oleh absorpsi tergantung kepada konsentrasi lumpur (Suriawiria, 1993)

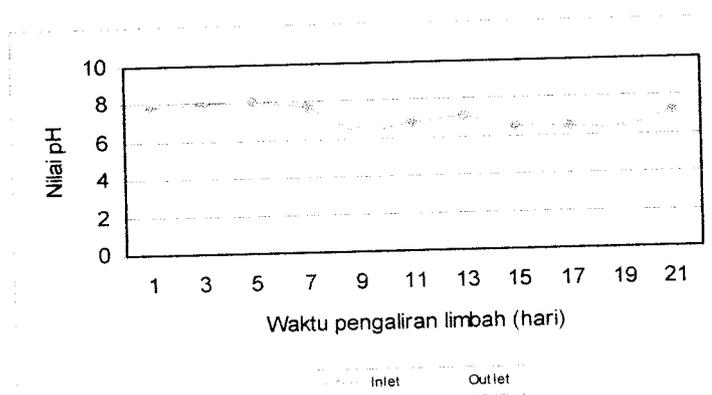
Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu dengan menggunakan reaktor *Fluidized Bed* bermedia *styrofoam* saat *start up* pada kondisi anaerobik dengan parameter yang diukur adalah TSS didapatkan efisiensi penurunan sebesar 60,6% (Nely, 2007). Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan pada saat *start up* dengan kondisi aerobik pada reaktor *Fluidized Bed*, efisiensi penurunan yang diperoleh sebesar 40,76%, hal ini menunjukkan bahwa reaktor masih belum efektif apabila dijalankan pada kondisi tersebut. Sedangkan menurut Keputusan KepMenLH 112/2003 tentang pedoman penetapan Baku Mutu Limbah Domestik, menyatakan bahwa parameter TSS batas maksimum yang diperbolehkan tidak boleh lebih dari 100 mg/l. Dari parameter TSS ini dapat dilihat bahwa reaktor belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, hal ini didasarkan dengan melihat rata-rata pada outlet.

4.3 pH

Pengukuran pH dilakukan setiap pengambilan sampel selama 21 hari. Titik Sampling yang diukur yaitu inlet dan outlet reaktor *Fluidized bed*.

Hasil perolehan data dari pengukuran nilai pH dapat juga dilihat pada Gambar

4.3



Gambar 4.3 Nilai pH Inlet dan Outlet

Dari hasil pengukuran didapat nilai pH yang berkisar antara 5.5-8.21. Terjadi perubahan nilai pH pada setiap harinya. Efisiensi rata-rata penurunan nilai pH sebesar 9,15 %. Rata-rata nilai pH pada titik inlet sebesar 7,1 dan untuk titik outlet sebesar 6,45. Pada pengukuran pH terdapat perbedaan penurunan yang signifikan, yang dibuktikan dengan uji statistik. 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 :

$$- 2,086 < 4,39 > 2,086, \text{ maka } H_0 \text{ ditolak dan } H_a \text{ diterima.}$$

Dari perhitungan yang dilakukan (dapat dilihat pada lampiran) dapat disimpulkan bahwa $t_{hitung} > t_{table}$ sehingga H_0 ditolak, maka terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS pada inlet dan outlet. pH inlet tidak sama dengan pH outlet.

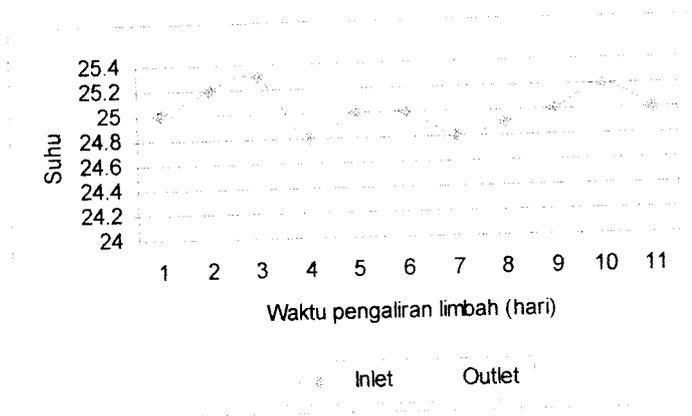
pH (derajat keasaman) menunjukkan kadar asam atau basa dalam larutan melalui konsentrasi ion hidrogen H^+ (Alaerts & Santika, 1987). Adanya perubahan ion hidrogen dalam air akan sangat berpengaruh terhadap kehidupan organisme, terutama bakteri. pH merupakan indikator penting dalam peningkatan efisiensi proses pengolahan secara biologis. Dalam penelitian ini nilai pH akan mempengaruhi kondisi reaktor. Terjadi perubahan Nilai pH setiap harinya. Dari data pengukuran pH diketahui perubahan pH yang signifikan. Keadaan limbah dalam reaktor relatif asam hal ini menunjukkan bahwa kandungan bahan organik yang terdapat pada air limbah rendah.

Pada umumnya bakteri tidak dapat bertahan pada $pH > 9$ atau $pH < 4,0$, sedangkan pH optimum umumnya berkisar antara 6,5 sampai 7,5 (Benefield, 1980). pH optimum yang diharapkan pada reaktor fluidized bed berkisar antara 7-9 (Yudiansyah, 1998). Kondisi pH dapat mempengaruhi kinerja bakteri dalam menguraikan bahan organik dalam air limbah.

4.4 Suhu

Pengukuran suhu dilakukan setiap pengambilan sampel selama 21 hari. Titik Sampling yang diukur yaitu inlet dan outlet reaktor *Fluidized bed*.

Hasil perolehan data dari pengukuran suhu dapat juga dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Pengukuran Suhu Inlet dan Outlet

Dari hasil pengukuran pada inlet dan outlet diketahui suhu reaktor yang berkisar antara 24.5-25,2°C . Efisiensi rata-rata perubahan sebesar 0.98 %. Rata-rata suhu pada titik inlet sebesar 25,02°C dan untuk titik outlet sebesar 24,77°C. Pada pengukuran suhu terdapat perbedaan penurunan yang signifikan, yang dibuktikan dengan uji statistik. 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 :

$$- 2,086 < 3.7893 > 2,7893, \text{ maka } H_0 \text{ ditolak dan } H_a \text{ diterima.}$$

Dari perhitungan yang dilakukan (dapat dilihat pada lampiran) dapat disimpulkan bahwa *t* hitung > *t* table sehingga *H*₀ ditolak maka terdapat perbedaan yang signifikan

antara konsentrasi suhu pada inlet dan outlet. Suhu pada inlet tidak sama dengan outlet.

Temperatur atau suhu merupakan salah satu faktor yang penting didalam kehidupan. Beberapa jenis mikroorganisme dapat hidup pada daerah suhu yang luas sedang jenis yang lainnya terbatas. Pada umumnya batas daerah temperatur bagi kehidupan mikroorganisme terletak diantara 0°C dan 90°C , sehingga untuk masing-masing mikroorganisme dikenal nilai temperatur minimum, optimum dan maksimum (suriawiria, 1993). Temperatur minimum suatu jenis mikroorganisme ialah nilai paling rendah dimana kegiatan mikroorganisme masih berlangsung. Temperatur optimum adalah nilai yang paling sesuai untuk kehidupan mikroorganisme. Temperatur maksimum adalah nilai tertinggi yang masih dapat digunakan untuk aktifitas mikroorganisme, tetapi pada tingkatan kegiatan fisiologi yang paling minimal.

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.

Peningkatan suhu menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air dan selanjutnya menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen. Oksigen yang terarut dalam air berasal dari udara yang secara lambat terdifusi

kedalam air. Makin tinggi kenaikan suhu air makin sedikit oksigen yang terlarut didalamnya.

Dari hasil pemantauan suhu dalam reaktor *Fluidized bed* bermedia *styrofoam* ini maka keadaan suhu masih cukup baik bagi pertumbuhan mikroorganisme. Dapat dilihat dari kisaran suhu 24,77-25,2 °C masih memenuhi suhu 20 – 45°C.

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 perubahan konsentrasi COD dan TSS dengan menggunakan reaktor *Fluidized bed* pada saat *start up* mengalami penurunan yang tidak signifikan. Berdasarkan rata-rata persentase hanya dapat menurunkan 6,56% untuk konsentrasi COD dan 40,76% untuk konsentrasi TSS.
2. Penurunan konsentrasi COD dan TSS terjadi karena adanya penguraian oleh aktifitas mikroorganisme.
3. Reaktor *Fluidized bed* belum efektif apabila sudah dijalankan pada saat *start up*.
4. Pada reaktor *Fluidized Bed*, *styrofoam* tidak efektif sebagai media tempat tumbuhnya mikroorganisme karena berat yang ringan dan permukaannya yang halus/licin sehingga dapat mempengaruhi kemampuan mikroba untuk menempel pada media.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan guna kesempurnaan penelitian tentang reactor

Fluidized bed ini antara lain :

1. Untuk peneliti selanjutnya perlu memperhitungkan waktu kontak limbah dalam reaktor yang lebih lama dan kecepatan aliran ke atas (up flow) yang konstan.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap reaktor *Fluidized Bed* pada saat kondisi *Steady State*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G., dan S.S Santika., 1984, *Metode Penelitian Air*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Anjarwani, Dian., 2005, *Penurunan TSS, Amoniak dan Nitrat Pada Limbah Domestik Dengan Menggunakan Reaktor Anaerobik Roughing Filter Aliran Horizontal*, Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Anonim, 2003, *Plastik dan Gabus Sama Resikonya*, <http://forum.upi.edu/main/viewtopic.php?pid=10571> (diakses 5 Desember 2006).
- Anonim, 2003, *Fluidized Bed Biological Sistem*, <http://www.aquaneering.com/fluidized.htm> (diakses 5 Desember 2006).
- Anonim, 2004, *Penggunaan Semen Putih Untuk Beton Styrofoam Ringan (Batafoam)*, <http://ppkb.ugm.ac.id/pdf/Bussino/iman.pdf>
- 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 Grafindo 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, 2007, *Penurunan Kadar BOD dan TSS pada Limbah Septic Tank 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*, 4th Edition, McGraw-Hill, New York.
- 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
- Santoso, Singgih, 2001, *SPSS Versi 10 Mengolah Data Statistik Secara Profesional*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- 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.
- Widya, Andi, 2004, *Manfaat Alternatif Penggunaan Beton Ringan dengan Bahan Tambah Styrofoam Untuk Dinding*, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Yulia, Nefa, 2006, *Penurunan Kadar COD dan E.Coli pada Limbah Septic Tank 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

Data Hasil Pengukurang konsentrasi dan
Effisiensi

Data konsentrasi COD dan Efisiensinya

Hari ke	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Efisiensi (%)
1	382,36	172,52	54,88
3	266,37	235,34	11,65
5	133,35	236,61	-77,4
7	143,52	212,7	-48,2
9	166,16	212,45	-27,9
11	138,43	131,82	4,777
13	138,94	141,47	-1,82
15	160,82	205,84	-28
17	181,42	160,56	11,5
19	187,01	117,83	36,99
21	185,49	120,12	35,24
Xr	189,44	177,02	6,56

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

Data konsentrasi TSS dan Efisiensinya

Hari ke	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Efisiensi (%)
1	543,67	355,67	34,58
3	335,33	267,67	20,18
5	214,33	63,67	70,29
7	223	44,67	79,97
9	63,67	43,33	31,95
11	108,33	43	60,31
13	70,17	49,33	29,7
15	191,67	119,33	37,74
17	185,67	138,67	25,31
19	182,67	116,33	36,32
21	346	218,33	36,9
Xr	224,05	132,73	40,76

Data Pengukuran dan Efisiensi Nilai 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
Xr	7.100	6.450	9.15

Keterangan: Angka (-) menunjukkan adanya kenaikan nilai pH

Data Pengukuran dan Efisiensi Suhu

Hari	Suhu		Efisiensi (%)
	Inlet	Outlet	
1	25	24.8	0.80
2	25.2	24.9	1.19
3	25.3	25	1.19
4	24.8	24.6	0.81
5	25	24.7	1.20
6	25	24.8	0.80
7	24.8	24.6	0.81
8	24.9	24.7	0.80
9	25	24.6	1.60
10	25.2	25	0.79
11	25	24.8	0.80
Xr	25.02	24.77	0.98

LAMPIRAN 2

**Analisa Data Perbandingan Dua Variabel
Bebas (Uji t / t-Test)**

1. Analisa Data Perbandingan Dua Variabel Bebas (Uji t / t-Test)

1.1 t-test Analisa COD

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances COD

	Variable 1	Variable 2
Mean	189.4427	167.9327
Variance	5499.025	1782.386
Observations	11	11
Pooled Variance	3640.705	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	20	
t Stat	0.836044	
P(T<=t) one-tail	0.206504	
t Critical one-tail	1.724718	
P(T<=t) two-tail	0.413008	
t Critical two-tail	2.085963	

Langkah-Langkah Pengerjaan t-test Analisa COD

Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

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

Ho : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD 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 (X_r); standar deviasi (s); varians (S) dan korelasi (r)

Hari	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	$X_1 * X_2$	X_1^2	X_2^2
ke	X_1	X_2			
1	382.36	172.52	65964.747	146199.170	29763.150
3	266.37	235.34	62687.516	70952.977	55384.916
5	133.35	136.61	18216.944	17782.223	18662.292
7	143.52	212.7	30526.704	20597.990	45241.290
9	166.16	212.45	35300.692	27609.146	45135.003
11	138.43	131.82	18247.843	19162.865	17376.512
13	138.94	141.47	19655.842	19304.324	20013.761
15	160.82	205.84	33103.189	25863.072	42370.106
17	181.42	160.56	29128.795	32913.216	25779.514
19	187.01	117.83	22035.388	34972.740	13883.909
21	185.49	120.12	22281.059	34406.540	14428.814
Σ	2083.87	1847.26	357148.718	449764.2625	328039.2664
X_r	189.44273	167.9327273			
Standar Deviasi (s)	74.155409	42.21830956			
Varians (S)	5499.0246	1782.385662			
Korelasi (r)	0.2299393				

Langkah 4 : Mencari t hitung

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

$$= \frac{189,443 - 167,933}{\sqrt{\frac{5499,02}{11} + \frac{1782,39}{11} - 2 * (0,23) \left(\frac{74,155}{\sqrt{11}} \right) \left(\frac{42,218}{\sqrt{11}} \right)}} = 0,8465$$

Langkah 5: Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)
2. $dk = n_1 + n_2 - 2 = 11 + 11 - 2 = 20$

Sehingga diperoleh t tabel = 2.086

3. Kriteria pengujian dua pihak

Jika : $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq +t \text{ tabel}$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Langkah 6: Membandingkan t tabel dengan t hitung

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

Atau $-2.086 < 0,8465 < 2.086$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Langkah 7 : Hipotesis

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD pada inlet dan outlet **DITOLAK**

H_0 : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD pada inlet dan outlet **DITERIMA**

Langkah 8 : kesimpulan

1. Berdasarkan perbandingan t hitung dengan t tabel
 - jika $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$, maka H_0 ditolak
 - jika $t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$, maka H_0 diterima

Oleh karena t hitung $<$ t tabel sehingga H_0 diterima, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi inlet dan outlet.

2. berdasarkan nilai probabilitas
 - jika probabilitas $>$ 0,005, maka H_0 diterima
 - jika probabilitas $<$ 0,005, maka H_0 ditolak

Terlihat bahwa t hitung adalah 0,8465 dengan probabilitas 0,413. oleh karena probabilitas $>$ 0,05 maka H_0 diterima, atau konsentrasi COD pada inlet dan outlet relatif sama. Dengan kata lain, reaktor *Fluidized bed* belum efektif dalam menurunkan konsentrasi COD pada saat *start up*.

1.2 t-test Analisa TSS

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances TSS

	Variable 1	Variable 2
Mean	224.0464	132.7273
Variance	19653.33	11124.55
Observations	11	11
Pooled Variance	15388.94	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	20	
t Stat	1.726389	
P(T<=t) one-tail	0.049847	
t Critical one-tail	1.724718	
P(T<=t) two-tail	0.099693	
t Critical two-tail	2.085963	

Langkah-Langkah Pengerjaan t-test Analisa TSS

Langkah 1: Membuat H_a dan H_o dalam bentuk kalimat

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS pada inlet dan outlet

H_o : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS 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 (r)

Hari ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	$X_1 * X_2$	X_1^2	X_2^2
1	543.67	355.67	193367.11	295577.07	126501.15
3	335.33	267.67	89757.781	112446.21	71647.229
5	214.33	63.67	13646.391	45937.349	4053.8689
7	223	44.67	9961.41	49729	1995.4089
9	63.67	43.33	2758.8211	4053.8689	1877.4889
11	108.33	43	4658.19	11735.389	1849
13	70.17	49.33	3461.4861	4923.8289	2433.4489
15	191.67	119.33	22871.981	36737.389	14239.649
17	185.67	138.67	25746.859	34473.349	19229.369
19	182.67	116.33	21250.001	33368.329	13532.669
21	346	218.33	75542.18	119716	47667.989
Σ	2464.510	1460.000	463022.209	748697.780	305027.269
X_r	224.046	132.727			
Standar Deviasi (s)	140.190	105.473			
Varians (S)	19653.328	11124.545			
Korelasi (r)	0.919				

Langkah 4 : Mencari t hitung

$$t_{hitung} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1}{n_1} + \frac{S_2}{n_2} - 2r\left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}}\right) + \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}}\right)^2}}$$
$$= \frac{224,046 - 132,727}{\sqrt{\frac{19653,328}{11} + \frac{11124,545}{11} - 2 * (0,92)\left(\frac{140,190}{\sqrt{11}}\right) + \left(\frac{105,473}{\sqrt{11}}\right)^2}} = 1,7407$$

Langkah 5: Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)
2. $dk = n_1 + n_2 - 2 = 11 + 11 - 2 = 20$
Sehingga diperoleh t tabel = 2.086
3. Kriteria pengujian dua pihak

Jika : $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Langkah 6: Membandingkan t tabel dengan t hitung

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

Atau $-2.086 < 1,7407 < 2.086$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Langkah 7 : Hipotesis

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS pada inlet dan outlet **DITOLAK**

H_0 : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS pada inlet dan outlet **DITERIMA**

Langkah 8 : kesimpulan

1. Berdasarkan perbandingan t hitung dengan t tabel

- jika $t_{hitung} > t_{tabel}$, maka H_0 ditolak
- jika $t_{hitung} < t_{tabel}$, maka H_0 diterima

Oleh karena $t_{hitung} < t_{tabel}$ sehingga H_0 diterima, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi inlet dan outlet.

2. berdasarkan nilai probabilitas

- jika probabilitas $> 0,005$, maka H_0 diterima
- jika probabilitas $< 0,005$, maka H_0 ditolak

Terlihat bahwa t hitung adalah 1,7407 dengan probabilitas 0,0996. oleh karena probabilitas $> 0,05$ maka H_0 diterima, atau konsentrasi TSS pada inlet dan outlet relatif sama. Dengan kata lain, reaktor *Fluidized bed* belum efektif dalam menurunkan konsentrasi TSS pada saat *start up*.

1.3 t-test Analisa Nilai pH

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances pH

	Variable 1	Variable 2
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	

Langkah-Langkah Pengerjaan t-test Analisa Nilai pH

Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai pH pada inlet dan outlet

Ho : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai pH 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 (\bar{X}_r); standar deviasi (s); varians (S) dan korelasi (r)

Hari ke	Inlet X1	Outlet X2	X1 * X2	X1 ²	X2 ²
1	7.8	8.21	64.04	60.84	67.40
3	7.93	7.41	58.76	62.88	54.91
5	8.02	6.46	51.81	64.32	41.73
7	7.77	6.65	51.67	60.37	44.22
9	6.31	6.11	38.55	39.82	37.33
11	6.78	6.05	41.02	45.97	36.60
13	7.08	6.49	45.95	50.13	42.12
15	6.45	5.57	35.93	41.60	31.02
17	6.45	5.5	35.48	41.60	30.25
19	6.3	6	37.80	39.69	36.00
21	7.21	6.5	46.87	51.98	42.25
Σ	78.10	70.95	507.87	559.21	463.85
Xr	7.10	6.45			
Standar deviasi (s)	0.69	0.79			
Varians(S)	0.4698	0.622			
Korelasi (r)		0.76			

Langkah 4 : Mencari t hitung

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

$$= \frac{7,10 - 6,45}{\sqrt{\frac{0,4698}{11} + \frac{0,622}{11} - 2 * (0,76) \left(\frac{0,69}{\sqrt{11}} \right) \left(\frac{0,79}{\sqrt{11}} \right)}} = 4,39$$

Langkah 5: Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)
2. $dk = n_1 + n_2 - 2 = 11 + 11 - 2 = 20$

Sehingga diperoleh t tabel = 2,086

3. Kriteria pengujian dua pihak

Jika : $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Langkah 6: Membandingkan t tabel dengan t hitung

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

Atau $-2,086 < 4,39 > 2,086$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Langkah 7 : Hipotesis

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai pH pada inlet dan outlet

DITERIMA.

H_0 : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai pH pada inlet dan outlet DITOLAK.

Langkah 8 : kesimpulan

1. Berdasarkan perbandingan t hitung dengan t tabel
 - jika $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$, maka H_0 ditolak
 - jika $t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$, maka H_0 diterima

Oleh karena t hitung $>$ t tabel sehingga H_a diterima, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi inlet dan outlet.

2. berdasarkan nilai probabilitas

- jika probabilitas $>$ 0,005, maka H_0 diterima
- jika probabilitas $<$ 0,005, maka H_0 ditolak

Terlihat bahwa t hitung adalah 4,39 dengan probabilitas 0,0523. oleh karena probabilitas $>$ 0,05 maka H_0 diterima, atau konsentrasi pH pada inlet dan outlet relatif sama.

1.4 t-test Analisa Nilai Suhu

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances Suhu

	Variable 1	Variable 2
Mean	25.018182	24.75455
Variance	0.0256364	0.046727
Observations	11	11
Pooled Variance	0.0361818	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	20	
t Stat	3.2504348	
P(T<=t) one-tail	0.0020033	
t Critical one-tail	1.7247182	
P(T<=t) two-tail	0.0040067	
t Critical two-tail	2.0859634	

Langkah-Langkah Pengerjaan t-test Analisa Suhu

Langkah 1: Membuat H_a dan H_o dalam bentuk kalimat

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara suhu pada inlet dan outlet

H_o : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara suhu 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 (r)

Hari ke	Inlet X1	Outlet X2	X1 * X2	X1^2	X2^2
1	25	24.8	620.00	625.00	615.04
3	25.2	24.9	627.48	635.04	620.01
5	25.3	25.1	635.03	640.09	630.01
7	24.8	24.6	610.08	615.04	605.16
9	25	24.7	617.50	625.00	610.09
11	25	24.8	620.00	625.00	615.04
13	25.2	24.6	619.92	635.04	605.16
15	24.9	24.7	615.03	620.01	610.09
17	25	24.6	615.00	625.00	605.16
19	25.1	25	627.50	630.01	625.00
21	25	24.9	622.50	625.00	620.01
Σ	275.50	272.70	6830.04	6900.23	6760.77
Xr	25.05	24.79			
Standar deviasi (s)	0.14	0.17			
Varians(S)	0.0207	0.029			
Korelasi (r)	0.59	0.59			

Langkah 4 : Mencari t hitung

$$t_{\text{hitung}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1}{n_1} + \frac{S_2}{n_2} - 2r\left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}}\right) + \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}}\right)}}$$
$$= \frac{25,05 - 24,79}{\sqrt{\frac{0,0207}{11} + \frac{0,029}{11} - 2 * (0,59)\left(\frac{0,14}{\sqrt{11}}\right) + \left(\frac{0,17}{\sqrt{11}}\right)}} = 3,7893$$

Langkah 5: Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)
2. $dk = n_1 + n_2 - 2 = 11 + 11 - 2 = 20$

Sehingga diperoleh t tabel = 2,086

3. Kriteria pengujian dua pihak

Jika : $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq +t \text{ tabel}$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Langkah 6: Membandingkan t tabel dengan t hitung

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

Atau $-2,086 < 3,7893 > 2,7893$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Langkah 7 : Hipotesis

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara suhu pada inlet dan outlet

DITERIMA.

H_0 : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara suhu pada inlet dan outlet

DITOLAK

Langkah 8 : kesimpulan

1. Berdasarkan perbandingan t hitung dengan t tabel

- jika t hitung $>$ t tabel, maka H_0 ditolak
- jika t hitung $<$ t tabel, maka H_0 diterima

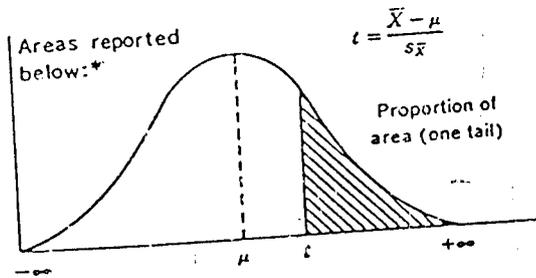
Oleh karena t hitung $>$ t tabel sehingga H_a diterima atau H_0 ditolak, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi inlet dan outlet.

2. berdasarkan nilai probabilitas

- jika probabilitas $>$ 0,005, maka H_0 diterima
- jika probabilitas $<$ 0,005, maka H_0 ditolak

Terlihat bahwa t hitung adalah 3,7893 dengan probabilitas 0,004. oleh karena probabilitas $<$ 0,05 maka H_0 ditolak, atau konsentrasi suhu pada inlet dan outlet relatif tidak sama atau berbeda.

LAMPIRAN : LUAS AREA UNTUK DISTRIBUSI-t



df	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.663
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

*Example: For the shaded area to represent 0.05 of the total area of 1.0, the value of t with 10 degrees of freedom is 1.812.
 Source: Reprinted by Hatner Press, a division of Macmillan Publishing Company, from *Statistical Methods for Research Workers*, 14th ed., abridged Table IV, by R. A. Fisher. Copyright © 1970 by University of Adelaide.

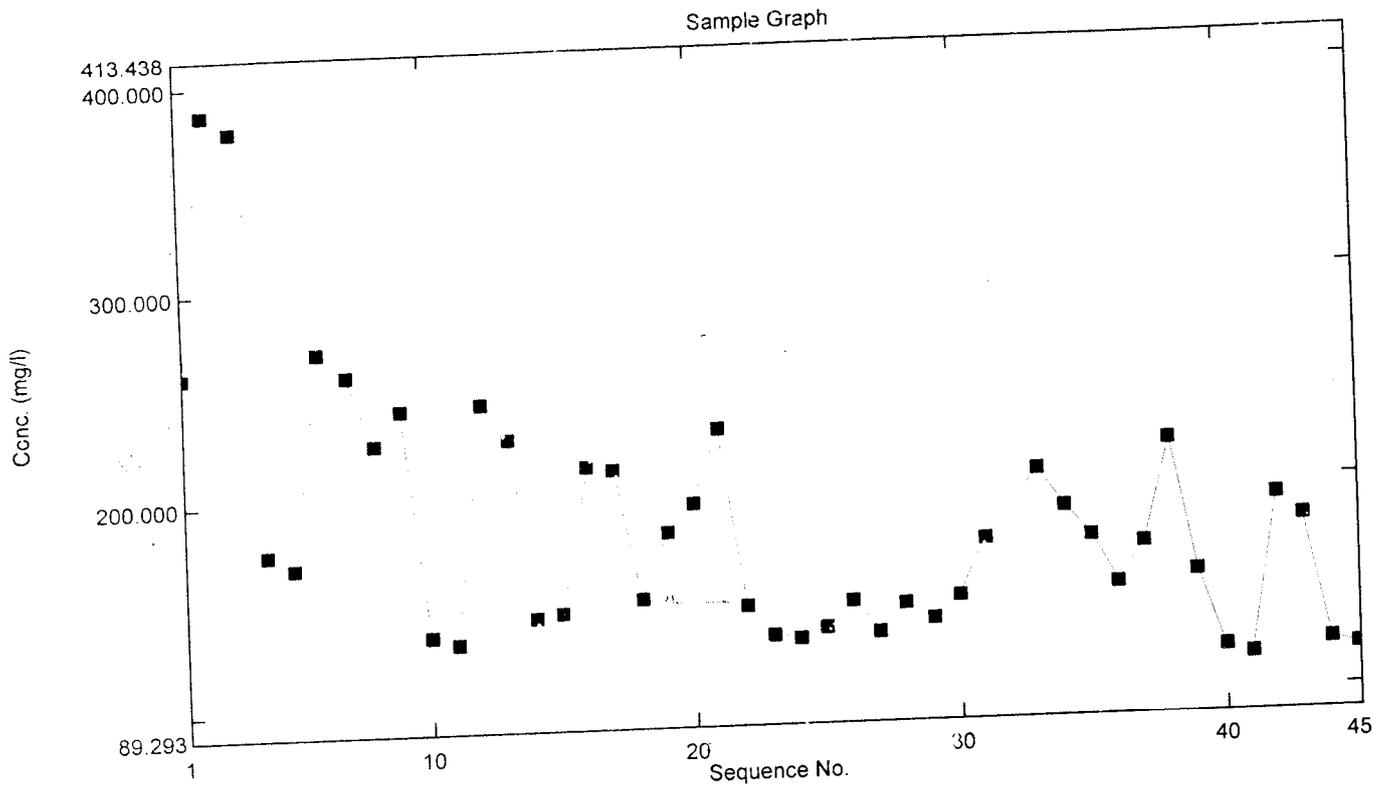
LAMPIRAN 3

Data Hasil Spektrofotometer

Sample Table Report

12/18/2006 01:46:40 PM ⁹³

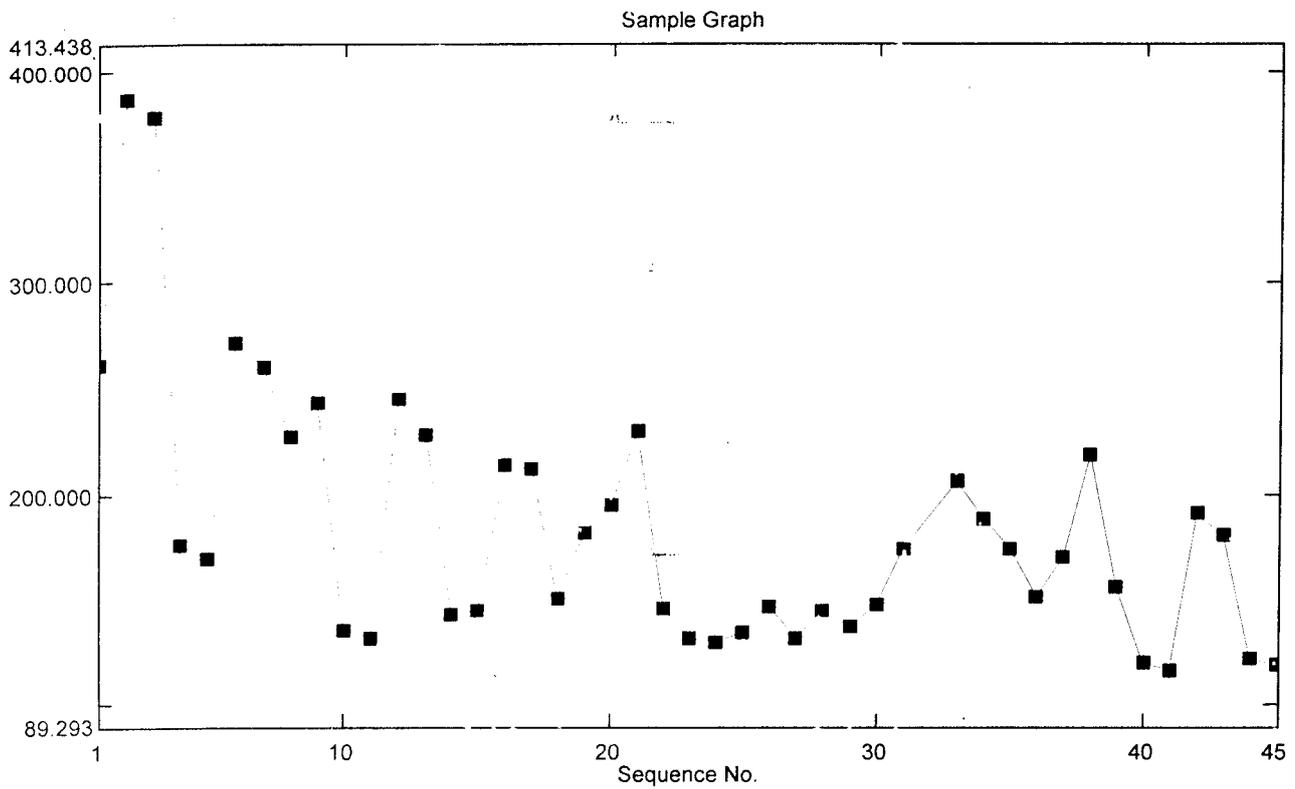
File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVPProbe\Data\Tuty COD.pho



Sample Table					
Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
1	Sampel Awal	Unknown		261.285	0.060
2	in 1.1	Unknown		386.426	0.090
3	in 1.2	Unknown		378.286	0.088
4	out 1.1	Unknown		175.823	0.039
5	out 1.2	Unknown		169.210	0.038
6	in 2.1	Unknown		271.968	0.062
7	in 2.2	Unknown		260.776	0.060
8	out 2.1	Unknown		227.202	0.052
9	out 2.2	Unknown		243.481	0.055
10	in 5.1	Unknown		135.127	0.029
11	in 5.2	Unknown		131.566	0.029
12	out 5.1	Unknown		245.007	0.056
13	out 5.2	Unknown		228.220	0.052
14	in 7.1	Unknown		142.758	0.031
15	in 7.2	Unknown		144.284	0.032
16	out 7.1	Unknown		213.467	0.048
17	out 7.2	Unknown		211.941	0.048
18	in 9.1	Unknown		150.388	0.033

Sample Table Report

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Tuty COD.pho



Sample Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
in 9.2	Unknown		181.928	0.041	
out 9.1	Unknown		195.154	0.044	
out 9.2	Unknown		229.746	0.052	
in 11.1	Unknown		145.810	0.032	
in 11.2	Unknown		131.058	0.028	
out 11.1	Unknown		129.531	0.028	
out 11.2	Unknown		134.110	0.029	
in 13.1	Unknown		146.319	0.032	
in 13.2	Unknown		131.566	0.029	
out 13.1	Unknown		144.284	0.032	
out 13.2	Unknown		136.653	0.030	
in 15.1	Unknown		147.336	0.032	
in 15.2	Unknown		174.297	0.039	
out 15.1	Unknown	✓	468.327	0.109	
out 15.2	Unknown		205.837	0.046	
in 17.1	Unknown		186.541	0.042	
in 17.2	Unknown		174.297	0.039	
out 17.1	Unknown		151.406	0.033	

LAMPIRAN 4

KepMenLH No.112/2003

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

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK

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

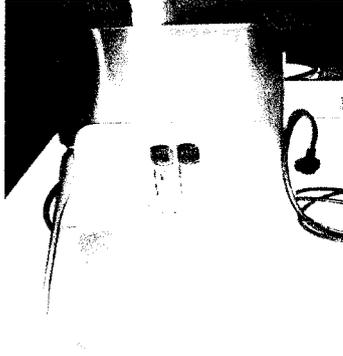
Menteri Negara Lingkungan Hidup,

Ttd

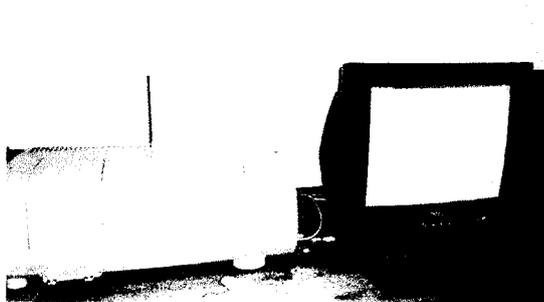
Nabiel Makarim,MPA,MSM.

LAMPIRAN 5

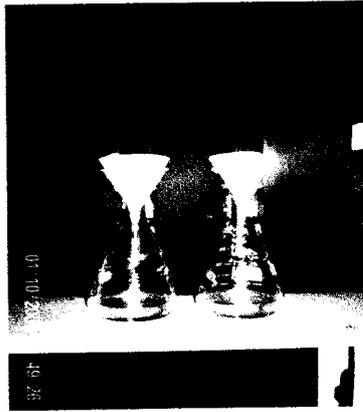
DOKUMENTASI



Gambar Pemanasan
Tabung Refluks Tertutup



Gambar Spektrofotometer untuk uji COD



Gambar pada saat melakukan uji TSS



Gambar Foto bakteri dengan pengenceran 10^{-5}



Gambar Foto bakteri dengan pengenceran 10^{-4}

LABORATORIUM MIKROBIOLOGI
FAKULTAS BIOLOGI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
YOGYAKARTA JL. DR WAHIDIN NO 5-23, 55224
TELP: 0274-563929, PSWT ; 131-132.

HASIL ANALISA SAMPEL

No : 05/C.12/ Mic-tpc/I/2007

Hasil analisis *Total Plate Count* (TPC)/ Angka Lempeng Total (48 jam) untuk:

Nama produk/Sampel : Sampel limbah
dari Mahasiswa Teknik Lingkungan UII-Yogyakarta
Tanggal penerimaan : 17 Januari 2007

Sampel	Seri Pengenceran	Jumlah Koloni	Nilai TPC (CFU/ml)
Tabung-1	10^{-1}	Spreader	-
	10^{-2}	Spreader	-
	10^{-3}	Spreader	-
	10^{-4}	157	309×10^4 atau dibulatkan menjadi: $3,1 \times 10^6$ cfu/ml
	10^{-5}	46	
	10^{-6}	3	-
	10^{-7}	0	-
	10^{-8}	0	-

Yogyakarta 22 Januari 2007

Penanggung jawab :
Kepala Laboratorium Mirobiologi



Tri Yahya Budiarmo, S.Si,MP.

Catatan :

- CFU : colony forming unit atau unit pembentuk koloni yaitu jumlah koloni bakteri yang tumbuh pada medium PCA. Jumlah koloni ini menggambarkan banyaknya bakteri yang tumbuh pada sampel yang dianalisis.

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO

NAMA

NO. URUT

KELOMPOK

Wardani

0251005

0251005

TITLE TUGAS AKHIR : Penentuan Kadar CO₂ dan TSS pada Air Limbah Domestik dengan menggunakan Analisa Jalur Hidrologi dan Bernomor Sinyal pada keadaan Steady State

PERIODE : I
TAHUN : Genap 2006/2007

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

DOSEN PEMBIMBING I : Luqman Hakim, ST, MSI
DOSEN PEMBIMBING II : Andik Yulianto, ST
DOSEN PEMBIMBING III

Yogyakarta, 19 Desember 2006
Koordinator TA



(Eko Siswoyo, ST)

Catatan

Seminar
Sidang
Pendadaran

CATATAN KONSULTASI

No	Tanggal	Catatan Konsultasi	Materi
2	11/10/07	<p> - Kalkulasi biaya - Spesifikasi - Teras paver - Peta & perbetuk - Fotocok paver - Id pemdalu N.O. - Adapun 1/ parameter - COP & TIS harga - Stg Insidental sig </p>	
3	17/07	<p> - pengumpul besip - Stalisher nass - Sales - Pembelian harga - Jadwal & surto 2 - Uraian spt uraian - Berikan PL </p>	