

TA/TL/2006/0119

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	26 April 2007
NO. JUDUL :	0023400
NO. INV. :	51200023400001
NO. INDUK :	

TUGAS AKHIR

**PENURUNAN KADAR *CHEMICAL OXYGEN DEMAND* (COD) DAN
 JUMLAH *E.COLI* PADA AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN
 MENGGUNAKAN REAKTOR *FLUIDIZED BED MEDIA STYROFOAM*
 SAAT *START UP***

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

R,
 620-4
 Yul
 P
 n



xiv, 90 Kellap 28

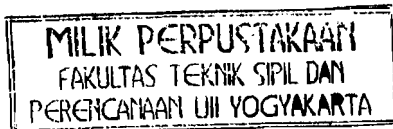
Disusun Oleh :

Nama : NEFA YULIA

NIM : 02 513 040

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

2006



tes uji - ar 600
 perwujudan & hasil
 of test done
 with reactor fluidized
 bed media styrofoam
 start up
 model

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENURUNAN KADAR *CHEMICAL OXYGEN DEMAND* (COD) DAN
JUMLAH *E.COLI* PADA AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN
MENGUNAKAN REAKTOR *FLUIDIZED BED* MEDIA *STYROFOAM*
SAAT *START UP***

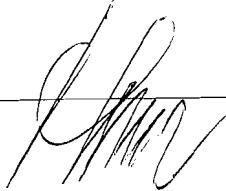
Nama : Nefa Yulia

NIM : 02 513 040


Program Studi Teknik Lingkungan

Telah diperiksa & disetujui oleh:

Ir. H. KASAM, MT
Pembimbing I


Tanggal: 11-11-06

ANDIK YULIANTO, ST
Pembimbing II


Tanggal: 11/11 06

Sepenuh hati, kupersembahkan karya ini kepada

Kedua Orangtua Ku Tercinta

“(Fajri Syaufi & Nurlela Nengsih)”

Yang tiada henti berdoa untuk kebahagiaan putra dan putrinya,
yang telah sepenuh hati berjuang mendidik dan membesarkanku
dengan cinta dan kasih sayang dan selalu memberikan dorongan
materiil dan spiritual yang sungguh tidak dapat ananda
membalasnya.

Om & Tante Ku serta Nenek Ku Tersayang

Yang telah memberikan doa, perhatian serta kasih sayang, selama
ananda kuliah di Jogja

Adik-adik Dang Ya Yang Tersayang

(Astari Kurnia, Aminah Tri Putri, Abdul Gaffar Hadi)
Yang menjadi sumber motifasi, inspirasi & kekuatanku, dalam
menyelesaikan tugas akhir ini
Jadi Anak Yang Sholeh ya ...

Sesungguhnya sholatku, ibadahku, hidupku, dan
matiku hanyalah untuk Allah, Tuhan semesta
Alam

(QS. Al. An'am : 162)

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

(QS. Al Mukmin : 60)

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada
kemudahan

(QS. Asy Syarh : 6)

Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah apa -
apa yang ada pada suatu kaum sampai mereka
mengubah apa - apa yang ada pada diri mereka

(QS. Ar Ra'du : 11)

Hati yang bersih ibarat matahari yang menerangi
bumi

Jadikan hari ini lebih baik dari hari kemarin, dan
jadikan hari esok lebih baik dari hari ini.

Hanya Allah Yang Menentukan Segala Sesuatu
Manusia Hanya Berdoa Dan Berusaha

Baik Menjadi Orang Penting, Tapi Lebih Penting
Menjadi Orang Baik.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan yang Maha Tunggal, 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 JUMLAH *E.COLI* PADA AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR *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.
2. Bapak Ir. H. Kasam, MT, selaku dosen pembimbing I atas arahan dan bimbingannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Andik Yulianto, ST, selaku dosen pembimbing II atas koreksi dan arahnya mulai dari pengerjaan proposal sampai pada pelaksanaan penelitian yang saya lakukan.
4. Bapak Eko Siswoyo, ST, selaku Koordinator Tugas Akhir.

5. Bapak Hudori, ST, selaku Dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
6. Mas Agus, yang banyak membantu dalam berbagai administrasi Tugas Akhir ini.
7. Maz Iwan Ardiyanta, calon ST atas bimbingannya selama saya berada di Laboratorium Lingkungan. Serta Keikhlasannya untuk ikut membantu mulai dari ngambil limbah *septictank* sampai pengujian.... ☺☺
8. Sahabat – Sahabat Enviro Bersaudara (EB): Nelly pasangan TA NeFa, RaNi yang Suka Bikin Seru, KomAndan TiA, DiAn ThiO Bundanya anak2 , Dian The Unk yang paling rame, RiNa sang Putri Jasmin, UnHy yang Baik Hati, Bany, LaLa, Lia Baik, Nissa, Tuti WarDiaty, Tuti 2, DeSi, Dian Bona, RinTiZ yang Lucu dan Man1Z, LiA RiniPt Kok sering gak Gabung, dLL.
9. Teman2 Yg SeMpat Ngelab Bareng... Mb NuNik, Ms OnY, Ms AnUnG, Ms LuQito, & smua Teman atas Bantuannya diLab.
10. Teman Enviro 02 Semuanya, Keluarga Cemara (Maya, Suci, Mirna, dLL).
11. Teman2 kos “MM” : Dian Asriyati makasih ya printernya (Sbagai seorang Teman Harus Bantu temannya tuk mendapatkan yang diharapkan, Nefa Tau Kok Dian, terus terang aja..). Mb kU FeriNa yg masih menunggu sang Pangeran, Ana (Ayo Cepat Wisuda), Mb Diah, Mb AyU, Mb Odah, Mb Lili, Aida, Fajar, Anggit, Asti, Eli, popi, Yuni, Nopi 05, Fitri, Nobita, Tika. Gak lupa Juga Indri & Reni (yang Rajin ya Belajarnya) ...Cayooooo☺☺
12. AdiN, Yani, Nissa, Niken, Aziz, DeDi, Melda, Ivo, Ulfah (Smua Teman PSDM, Ukhuwah & Syiar KODISIA) __SiGit WW, AaM, RaYeNdra, Akhim, Ine, Ida, IsMi, LaNang, RangGa, SiPutra dan SipuTri (sMUa Teman Ketakmiran, Kemuslimahan, Kaderisasi, & Ukhuwah Al MuStaNiR).

13. Terakhir, Special buat seseorang yang menantikanku di batas waktu, berapa tahun lagi ya....

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, November 2006

Penulis

Nefa Yulia

**PENURUNAN KADAR *CHEMICAL OXYGEN DEMAND* (COD) DAN
JUMLAH *E.COLI* PADA AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN
MENGUNAKAN REAKTOR *FLUIDIZED BED MEDIA STYROFOAM*
SAAT *START UP***

Nefa Yulia, Kasam, Andik Yulianto
Jurusan Teknik Lingkungan

ABSTRAK

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

Penelitian dilakukan dengan reaktor Fluidized bed bermedia styrofoam berdiameter 5 mm sebanyak 15 % dari ketinggian. Diameter reaktor 25 cm, tinggi 100 cm, waktu detansi 18 jam dan debit 2,56 L/jam. Limbah melewati reaktor dengan aliran keatas melalui media yang ditumbuhkan mikroorganisme. Sampel diambil pada inlet dan outlet kemudian dianalisa. Analisa laboratorium untuk parameter COD mengacu pada SNI 06-6989.2-2004 metode refluks tertutup secara spektrofotometri dan E.coli yang mengacu pada APHA 9221-B Ed. 20-1998 metode most probable number (MPN) serta memperhatikan nilai pH dan Suhu.

Berdasarkan hasil analisa laboratorium, setelah dilakukan pengamatan selama 30 hari, menunjukkan adanya penurunan konsentrasi COD, dengan rata-rata persentase 14,063 %. Untuk jumlah E.Coli tidak terjadi penurunan dengan jumlah tetap ≥ 1898 (MPN/100ml). Rata-rata persentase perubahan pH sebesar 2,32 % dan suhu 1,46%. Nilai pH dan suhu masih baik untuk keadaan start up.

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

**THE DEGRADATION OF CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD)
CONCENTRATION AND AMOUNT OF E.COLI ON DOMESTIC
WASTEWATER USING
FLUIDIZED BED REACTOR WITH STYROFOAM MEDIA AT THE TIME
OF START UP**

Nefa Yulia, Kasam, Andik Yulianto
Departement of Environmental Engineering

ABSTRACT

One of the waste water source is come from domestic waste water, Certainly contain a lot of undersirable component. If thrown to the environment, some of them will peep out the contaminant problem. The Fluidized bed reactor with using the media of the bacteria growth with up plow velocity is a one unit waste water treatment wich can decrease organic loading and other waste. This research aim to know the effectivity of the fluidized bed reactor as styrofoam media if used or run when start up in degrading consentration Chemical Oxogen Demand (COD) and amount of bacteria E.Coli in the domestic waste. And to know condition of the Fluidized bed reactor when start up by perceiving value the pH and Temperatur in domestic waste.

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. The waste water passing the reactor from inlet to outlet with up plow velocity passing media which grown by microorganism. The analyse of the laboratory fo the parameter COD relate to SNI 06-6989.2-2004 method of close reflucs by spectrofotometri and E.Coli which relate to APHA 9221-B Ed. 20-1998 method of Most Probable Number (MPN), and also attent to the value of the pH and Temperetur.

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 14,063 %. For amoun of E.Coli is not happened the degradation, with the amount \geq 1898 (MPN/100mL). The Percentage mean of change pH equal to 2,32 % and temperature 1,46%. Value of pH and temperature is still good for the start up condition.

Key Word : Domestic Waste Water, Fluidized Bed, Start Up, COD and E. Coli

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAKSI	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Air Buangan	5
2.2 Sumber Air Buangan	6
2.3 Jenis-Jenis Pengolahan Limbah	12

2.4	Pengolahan Air Limbah Secara Biologi	13
2.5	Pertumbuhan Mikroorganisme	26
2.6	<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	30
2.7	Bakteri <i>E.Coli</i>	33
2.8	Pengolahan Air Buangan Dengan Reaktor <i>Fluidized Bed</i>	39
2.9	Septic Tank	44
2.10	Media <i>Styrofoam</i>	46
2.11	Penelitian Yang Telah Dilakukan Sebelumnya	49
2.12	Hipotesa	49

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Penelitian Secara Umum.....	50
3.2	Lokasi Penelitian.....	50
3.3	Objek Penelitian.....	51
3.4	Kerangka Penelitian	51
3.5	Variabel Penelitian.....	53
3.6	Tahap Penelitian.....	53
3.6.1	Persiapan Alat	53
3.6.2	Proses Starter Bakteri.....	58
3.6.3	Pelaksanaan Penelitian.....	59
3.6.4	Proses Sampling.....	60
3.6.5	Pemeriksaan Sampel	61
3.7	Analisa Data.....	50

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	68
4.1 Parameter COD	68
4.1.1 Pengukuran Konsentrasi COD.....	68
4.1.2 Analisa Konsentrasi COD.....	70
4.1.3 Pembahasan Konsentrasi COD	71
4.2 Parameter <i>E.Coli</i>	74
4.2.1 Pengujian Jumlah Bakteri <i>E.Coli</i>	74
4.2.2 Analisa Jumlah Bakteri <i>E.Coli</i>	75
4.2.3 Pembahasan Jumlah Bakteri <i>E.Coli</i>	76
4.3 Parameter pH	77
4.3.1 Hasil Pengukuran pH	77
4.3.2 Analisa Hasil Pengukuran pH.....	80
4.3.3 Pembahasan Pengukuran pH.....	81
4.3 Parameter Suhu	82
4.4.1 Hasil Pengukuran Suhu.....	82
4.4.2 Analisa Hasil Pengukuran Suhu.....	85
4.4.3 Pembahasan Pengukuran Suhu	85
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	86
5.2 Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Fisik Limbah Domestik	8
Tabel 2.2	Komposisi Limbah Domestik	11
Tabel 2.3	Hasil Produk Pemecahan Komponen Aerobik dan Anaerobik	22
Tabel 2.4	Perbedaan Proses Anaerobik dan Aerobik.....	23
Tabel 2.5	Perbandingan Rata-Rata Angka BOD ₅ /COD Untuk Beberapa Jenis Air	35
Tabel 2.6	Type reaktor berdasarkan efisiensi, HRT dan beban organik.....	43
Tabel 2.7	Komposisi Tipikal Air Limbah Domestik Yang Tidak Terolah	45
Tabel 2.8	Karakteristik Efluen <i>Septic tank</i>	46
Tabel 3.1	Parameter Penelitian Dan Metode Uji	50
Tabel 4.1	Data Pengujian Konsentrasi COD dan Efisiensinya	69
Tabel 4.2	Data Jumlah Bakteri <i>E.Coli</i>	74
Tabel 4.3	Data Pengukuran dan Efisiensi Nilai pH	82
Tabel 4.4	Data Pengukuran dan Efisiensi Suhu	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kurva Pertumbuhan Mikroba Pada Sistem Tertutup	26
Gambar 2.2	Kurva Pertumbuhan Bakteri Pada Bak Reaktor.....	29
Gambar 2.3	Diagram Alir Proses <i>Fluidized Bed</i>	42
Gambar 2.4	Diagram Alir Proses <i>Fluidized Bed</i> Untuk Meremoval Methyl Chloride.....	43
Gambar 2.5	Macam-macam Bentuk Media Plastik Sebagai <i>Low Density Media</i>	47
Gambar 2.6	Klasifikasi Proses <i>Fixed Film</i> Dalam Pengolahan Limbah.....	48
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	52
Gambar 3.2	Media Styrofoam'	54
Gambar 3.3	Reaktor <i>Fluidized Bed</i> Bermedia <i>Styrofoam</i>	56
Gambar 3.4	Reaktor <i>Fluidized Bed</i>	57
Gambar 3.5	Rangkaian Reaktor <i>Fluidized Bed</i>	58
Gambar 3.6	Inlet Reaktor <i>Fluidized Bed</i>	60
Gambar 3.7	Outlet Reaktor <i>Fluidized Bed</i>	60
Gambar 3.8	Pemanasan Tabung Refluks Tertutup	62
Gambar 3.9	Spektrofotometer.....	62
Gambar 3.10	Autoclap	63
Gambar 3.11	Media Laktosa.....	64
Gambar 3.12	Media BGLB.....	64
Gambar 3.13	Inkubator	65
Gambar 3.14	Media Dalam Inkubator	65

Gambar 4.1	Grafik Konsentrasi COD Inlet dan Outlet.....	69
Gambar 4.2	Grafik Jumlah <i>E.Coli</i> Inlet	75
Gambar 4.3	Grafik Jumlah <i>E.Coli</i> Outlet	75
Gambar 4.4	Grafik Nilai pH Inlet dan Outlet	79
Gambar 4.5	Grafik Pengukuran Suhu Inlet dan Outlet	84

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Analisa Data Perbandingan Dua Variabel Bebas (Uji t / t-Test)
 - Lampiran 2. SNI 06-6989.2-2004 Mengenai Cara Uji COD dengan Metode Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri
 - Lampiran 3. Methode Most Probable Number (MPN)
 - Lampiran 4. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003
-

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah yang belum mengalami pengolahan dapat dipastikan mengandung banyak komponen-komponen yang tidak diinginkan. Bila dibuang ke lingkungan perairan, beberapa diantaranya akan memunculkan masalah. Kenyataannya bahwa tidak semua limbah tersebut terolah dan banyak mencemari lingkungan. Salah satu sumber limbah adalah berasal dari limbah domestik, yaitu yang bersumber dari perumahan, perdagangan, perkantoran dan daerah fasilitas rekreasi.

Sesuai dengan sumber asalnya, maka air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Air limbah mempunyai sifat yang dibedakan menjadi tiga bagian besar yaitu sifat fisik, kimia dan biologis. Dalam air limbah domestik sendiri, juga terkandung ketiga sifat tersebut. 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. Selain kandungan COD, dalam limbah domestik dapat ditentukan pula kandungan dari parameter biologisnya. Dalam penelitian ini parameter biologis digunakan karena kebanyakan penyakit menular disebabkan oleh mikroorganisme yang terdapat dalam air. Untuk jenis bakteri yang diambil sebagai indikator penelitian adalah *E.Coli*.

Tujuan utama dari pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi kandungan dari bahan-bahan pencemar. Oleh karena itu diperlukan suatu alternatif pengolahan untuk menurunkan konsentrasi pencemar dengan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *E.Coli*. Alternatif pengolahan yang dapat dilakukan adalah melalui pengolahan dengan Reaktor *Fluidized bed* bermedia *Styrofoam*.

Reaktor *Fluidized bed* merupakan produk tahun 1980an, dan terdiri dari suatu *filter bed* atau *inert carrier material* (misalnya, sand). Melalui kecepatan alir keatas (*upflow velocity*), bakteri akan menempel pada permukaan partikel-partikel pembawa, sehingga membentuk suatu *biofilm* aktif. Besarnya kecepatan vertikal dicapai dengan mengatur besarnya tingkat resirkulasi. Dalam hal ini ukuran dan densitas media akan sangat menentukan sistem operasi stabil dan ekonomis. *Styrofoam* yang merupakan media dengan densitas kecil, akan dapat diexpansi pada kecepatan *uplow* yang lebih rendah, dengan mengurangi laju resirkulasi.

Suatu reaktor *Fluidized bed* yang didalamnya terdapat media, akan mengalami pembentukan lapisan *biofilm* dalam jangka waktu tertentu. Dalam penelitian ini, akan diamati efisiensi reaktor pada saat *start up*, yaitu keadaan saat penumbuhan awal bakteri hingga bakteri berkembang biak secara konstan dan agak lambat pertumbuhannya karena adanya suasana baru pada air limbah.

Styrofoam sendiri, menurut Prof Winarno, dibuat dari kopolimer polistiren yang terdiri dari monomer stiren. Sedang stiren merupakan salah satu produk sampingan minyak bumi. Sekarang peranan stiren telah bergeser dalam pembuatan produk polistiren komersial, salah satunya adalah wadah makanan dan minuman.

Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat diketahui efektivitas reaktor saat *start up*, serta dengan penggunaan alat ini dapat menurunkan konsentrasi pencemar

dengan parameter COD dan *E.Coli*. Sehingga apabila dibuang ke badan air tidak akan mencemari badan air tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu apakah konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan jumlah *E. Coli* pada limbah domestik dapat mengalami penurunan menggunakan Reaktor *Fluidized bed* bermedia *styrofoam* pada saat *start up* dan bagaimana efisiensinya.

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. Penelitian dilakukan pada saat *start up*.
2. Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah domestik yang berasal dari limbah *Septic tank* FTSP UII.
3. Parameter air limbah yang diperiksa adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *E.Coli*.
4. Media yang digunakan adalah *styrofoam*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang diharapkan dapat diperoleh adalah :

1. Mengetahui tingkat efektifitas Reaktor *Fluidized bed* apabila digunakan atau dijalankan pada saat *startup* dalam menurunkan *Chemica Oxigen Demand* (COD) dan *E.Coli* pada limbah domestik.
2. Mengetahui kondisi Reaktor *Fluidized bed* pada saat *startup* dengan mengamati nilai pH dan Suhu pada limbah domestik.

1.5 Manfaat Penelitian

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 sudah dialirkan limbah saat keadaan *start up*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Buangan

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

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

Tinja (*excreta*) adalah bahan yang dikeluarkan dari tubuh manusia. Kotoran rumah tangga (*Domestic sewage*) adalah air yang telah dipergunakan yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk didalamnya adalah yang berasal dari kamar mandi, tempat cuci, WC, serta tempat masak. Air limbah (*wastewater*) adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta air buangan lainnya. Air buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum. Saluran air limbah (*sewer*) adalah perlengkapan pengelolaan air limbah, bisa berupa pipa atau selokan, yang dipergunakan untuk membawa air

buangan dari sumbernya sampai ke tempat pengolahan atau ke tempat pembuangan (Sugiharto, 1987)

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

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

2.2 Sumber Air Buangan

Sumber air buangan dapat dibedakan menjadi:

1. Air buangan domestik

Limbah domestik adalah semua limbah yang berasal dari kamar mandi, WC, dapur, tempat cuci pakaian, 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 berdinding 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 Jenis - Jenis Pengolahan Limbah

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

a. Proses Fisika

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

b. Proses Kimia

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

c. Proses Biologi

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

2.4 Pengolahan Air Limbah secara Biologi

Pengolahan limbah cair secara biologis memegang peranan yang sangat penting dalam penanganan limbah yang akan merombak bahan-bahan organik yang terkandung dalam limbah, mikrobia mempunyai penanganan yang tinggi dalam mendegradasi bahan organik, sehingga peranannya dalam limbah cair cukup besar (Sugiharto, 1987).

Prinsip pengolahan air buangan secara biologis dipusatkan pada mikroorganisme yang menggunakan material limbah organik sebagai bahan makanannya untuk mendukung perkembangbiakan bakteri, pembentukan energi-energi esensial. Pertumbuhan bakteri sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor yang ada di lingkungan perairan, seperti; jumlah oksigen terlarut, pH, suhu, adanya bahan-bahan toksik, jumlah dan material limbah, dan cahaya matahari.

Pengolahan limbah cair secara biologis merupakan pengolahan dengan memanfaatkan kegiatan mikroba untuk melakukan degradasi ataupun transformasi. Pengolahan air buangan secara biologi terjadi dalam tiga keadaan yaitu ; aerobik, anaerobik dan fakultatif.

Pengolahan air limbah secara biologi adalah suatu cara pengolahan yang bertujuan untuk menurunkan atau menyisihkan substrat tertentu yang terkandung dalam air limbah dengan memanfaatkan aktifitas mikroorganisme melalui proses biodegradasi (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003).

Proses pengolahan secara biologi ini dibagi menjadi tiga berdasarkan pendekatan :

1. Berdasarkan Lingkungan Proses Biologi

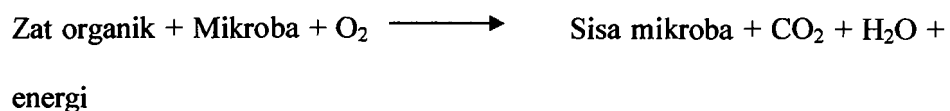
Proses pengolahan secara biologi merupakan sebuah proses biokimia yang berlangsung pada dua kondisi lingkungan utama, yaitu lingkungan aerob dan lingkungan anaerob.

a. Lingkungan *Aerob*

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

Proses biologis secara aerobik berarti proses dimana terdapat oksigen terlarut. Oksidasi bahan organik menggunakan molekul oksigen sebagai aseptor elektron akhir adalah proses utama yang menghasilkan energi kimia untuk mikroorganismenya dalam proses ini. Mikroba yang menggunakan oksigen sebagai aseptor elektron akhir adalah mikroorganismenya aerobik. Beberapa pengolahan limbah cair secara aerobik adalah lumpur aktif, tricing filter, kolam oksidasi, lagoon aerasi dan parit oksidasi (Jenie, B.S.I., 1995).

Senyawa – senyawa organik yang terdapat dalam limbah cair dapat dipecahkan oleh mikroorganismenya 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).

b. Lingkungan *anaerob*

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

Pengolahan air buangan secara anaerobik yaitu proses penguraian air buangan dilakukan oleh mikroorganisme anaerobik, dalam kondisi tanpa oksigen. Bahkan mikroba yang bersifat obligat anaerobik tidak dapat hidup bila ada oksigen terlarut. Bakteri tersebut antara lain bakteri etan yang umumnya terdapat pada digester anaerobik dan *lagoon anaerobik*. Proses anaerobik memperoleh energi dari oksidasi bahan-bahan organik kompleks tanpa menggunakan oksigen terlarut, tetapi menggunakan senyawa-senyawa lain sebagai pengoksidasi, yaitu ; oksigen, karbon dioksida, senyawa-senyawa organik yang teroksidasi sebagian, sulfat dan nitrat (Jenie B. S. L., 1995).

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

Menurut *Betty 1995*, Faktor – faktor yang harus diperhatikan pada proses anaerobik ini antara lain adalah keasaman, suhu, waktu retensi, toksisitas, dan bahan – bahan nutrisi yang diperlukan untuk proses.

- Keasaman

Keasaman (pH) berpengaruh jika terjadi perubahan besar, oleh sebab itu perubahan pH yang terjadi perlu dimonitor. Hal ini disebabkan karena antara lain pada sistem anaerobik, asam organik sudah akan terbentuk pada tahap pertama fermentasi. Bila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses pembentukannya maka dapat dimengerti, bila konsentrasi asam organik dalam sistem akan meningkat dan mempengaruhi besarnya pH. Pengaturan pH biasanya dilakukan dengan penambahan basa atau kapur, hingga pH mencapai 6,5-7,5.

- Suhu

Penurunan suhu akan mengakibatkan gagalnya proses fermentasi, bakteri-bakteri anaerobik yang bersifat *mesofilik* biasanya dapat tumbuh pada suhu 20-45°C. Suhu yang optimum untuk proses fermentasi metana adalah sekitar 37-40°C. Sedangkan bakteri yang bersifat *termofilik* yaitu yang hidup pada kisaran suhu 50-65°C suhu optimumnya adalah 55°C. Hasil penelitian Hils dan kawan-kawan (1969) menunjukkan bahwa pada suhu diatas 40°C maka produksi metana akan menurun dengan tajam.

- Waktu Retesi

Waktu regenerasi bakteri metana umumnya mencapai 12 jam, sedangkan untuk bakteri yang bersifat fakultatif, waktu regenerasi hanya 0,3 jam atau

kurang. Waktu retensi minimum untuk proses anaerobik ini umumnya berkisar antara 2-6 hari.

- **Bahan-bahan nutrisi**

Bahan-bahan organik biasanya mengandung nutrisi yang cukup baik untuk pertumbuhan mikroba. Pada proses anaerobik ini, media yang mempunyai kandungan nutrisi tertentu yang optimum akan sangat mempengaruhi proses. Perbandingan unsur nitrogen, karbon, dan fosfat layak diperhatikan yaitu biasanya 150:55:1 bagian. Kekurangan nitrogen atau unsur fosfat dapat ditambah dari luar yaitu dengan penambahan amonium fosfat atau amonium klorida.

Pengaruh dari perubahan pH terhadap sistem sangat besar, oleh sebab itu perubahan pH yang terjadi harus selalu dimonitor. Hal ini disebabkan antara lain pada sistem anaerobik, asam organik sudah akan terbentuk pada tahap pertama fermentasi. Bila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses pembentukannya, maka konsentrasi organik dalam sistem akan meningkat dan mempengaruhi besarnya pH, menurut (Benefield dan Randall 1980) pH yang baik untuk proses anaerobik berisar antara 6,0-8,5 dengan pH optimum 6,5-7,5.

Proses pengolahan biologis adalah proses pengolahan yang melibatkan mikroorganisme sebagai alat untuk menurunkan kadar air buangan. Untuk proses pengolahan biologis dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu :

a. proses pengolahan biologis secara aerobik

proses pengolahan biologis secara aerobik berarti proses pengolahan biologis yang melibatkan oksigen didalamnya.

b. proses pengolahan biologis secara anaerobik

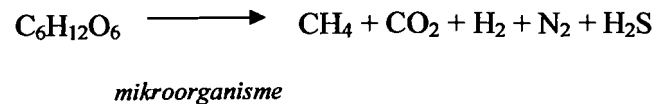
Pengolahan dengan proses anaerobik telah lama digunakan untuk mengolah air buangan domestik maupun limbah industri. Pada proses ini bahan-bahan organik diubah menjadi gas methane. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang pesat telah menciptakan pengolahan secara anaerobik dengan laju yang lebih cepat dengan menggunakan biofilm dan bioflok. Proses operasi demikian akan memperkecil *hidrolic retention time* (HRT) dengan beban COD yang besar. Biofilm yang digunakan menurut konfigurasi dapat dibedakan menjadi fixed bed, moving bed, fluidized bed, recycled bed, dan upflow anaerobik sludge blanket (UASB). Proses tersebut mempunyai HRT yang pendek (kurang dari 20 hari) dan beban organik loading yang tinggi, dengan demikian akan memperkecil ukuran reaktor, luas lahan dan biaya investasi (Bowo,2000)

Proses anaerobik pada hakekatnya adalah proses perubahan bahan buangan menjadi metana dan karbondioksida dalam keadaan hampa udara oleh aktivitas mikrobiologi. Konversi asam organik menjadi gas metana menghasilkan sedikit energi, sehingga laju pertumbuhan organisme lambat (Benefield, 1980).

proses pengolahan biologis secara aerobik berarti suatu proses biologis yang tanpa melibatkan oksigen didalamnya. Pada dekomposisi anaerobik hasil proses penguraian bahan organik memproduksi biogas yang

mengandung metana (50-70 %), CO₂ (25-45 %), dan sejumlah kecil unsur H₂N₂H₂S (Ye-Shi Cao, 1994).

Reaksinya dapat dijelaskan sebagai berikut :



Secara umum biasanya dekomposisi anaerobik ini dalam penguraiannya mengalami dua fase yaitu proses yang menghasilkan asam dan metana.

Proses penguraian bahan organik dengan sistem anaerobik berlangsung terus-menerus karena adanya proses pemutusan rantai-rantai polimer kompleks menjadi rantai-rantai sederhana yang dipengaruhi oleh kerja bakteri anaerob dan enzim-enzim, serta tanpa memerlukan oksigen. Penguraian secara anaerobik sering disebut fermentasi metan, karena proses penguraian bahan-bahan organik dengan produk akhirnya menghasilkan gas metan (Ibnu, 2002).

Proses anaerobik pada dasarnya merupakan proses yang terjadi karena aktivitas mikroba dilakukan pada saat tidak terdapat oksigen bebas.

Analognya, proses ini meniru mekanisme proses yang terjadi pada perut binatang yaitu proses pencernaan secara anaerobik. Produk akhir dari proses fermentasi ini adalah gas metan (CH₄) (Rahayu, 1993)

Mikroorganisme anaerob tertentu tidak hidup bila ada oksigen terlarut (obligat anaerob). Contoh mikroorganisme ini adalah bakteri metana yang umum ditemukan dalam digester anaerobik maupun filter anaerobik. Anaerob memperoleh energinya dari oksidasi bahan organik kompleks tanpa menggunakan oksigen terlarut, tetapi menggunakan senyawa-senyawa lain

sebagai pengoksidasi. Senyawa pengoksidasi selain oksigen yang dapat digunakan oleh mikroorganisme contohnya adalah karbon dioksida, sulfat, dan nitrat. Proses dimana bahan organik diurai tanpa adanya oksigen sering disebut fermentasi (Ibnu,2002)

Sebagian besar mikroorganisme dapat hidup baik dengan atau tanpa oksigen, hanya beberapa saja organisme adalah obligat anaerob atau aerob. Organisme yang hidup pada kondisi baik anaerobik maupun aerobik adalah organisme fakultatif. Apabila tidak ada oksigen dalam lingkungannya, mereka mampu memperoleh energi dari degradasi bahan organik dengan mekanisme anaerobik, tetapi bila terdapat oksigen terlarut, mereka akan memecah bahan organik lebih sempurna. Organisme dapat memperoleh energi lebih banyak dengan oksidasi aerobik daripada oksidasi anaerobik, sebagian besar mikroorganisme dalam proses pengolahan limbah secara biologik adalah organisme fakultatif (Ibnu,2002)

Fermentasi yang berlangsung secara anaerobik akan menghasilkan produk akhir pada kondisi pH netral. Contoh dari produk akhir tersebut adalah asam-asam volatil dengan berat molekul rendah seperti asetat dan laktat. Asam volatil dan alkohol tersebut dapat digunakan sebagai sumber energi atau sumber karbon oleh beberapa bakteri yang bersifat obligat anaerobik seperti halnya bakteri metana. Bakteri-bakteri ini dalam proses metabolismenya menghasilkan produk akhir berupa gas metan (CH_4).

Berdasarkan substrat, bakteri yang aktif berperan dalam proses anaerobik ada 4(empat) jenis yaitu :

1. bakteri hidrolitik

berperan dalam menguraikan bahan organik dalam air buangan menjadi asam-asam organik, penguraian bakteri organik tersebut akan menghasilkan H_2 dan CO_2 .

2. Bakteri Acidogen (penghasil asam)

Mengubah asam-asam organik yang ada menjadi asam-asam volatil (asam-asam selain asetat) yaitu asam format.

3. Bakteri Acitogen (Pembentuk asam asetat)

Bakteri ini membentuk asetat tapi tidak membentuk metan dan karbondioksida.

4. Bakteri Methanogenik (Pembentuk metan)

Yakni hasil-hasil pada tahap acitogenesis dimanfaatkan untuk menghasilkan gas metan. Tahap ini merupakan langkah akhir dalam proses degradasi anaerobik. Bakteri pada tahap ini sangat sensitif dibandingkan dengan bakteri lainnya dalam sistem operasi anaerobik.

Proses fermentasi metana pada air limbah dapat menghasilkan komponen organik yang sangat beragam yang dapat dioksidasi oleh bakteri, karena bakteri metan yang aktif juga sangat beragam dan saling berinteraksi. Asam volatil akan pecah menjadi asam lainnya dengan berat molekul yang lebih kecil dan asam tersebut bertindak sebagai mediator-penyebab pembentukan metana (Ibnu,2002)

Laju fermentasi pada sistem anaerobik lazimnya selalu lebih rendah dibandingkan dengan sistem aerobik. Hal ini disebabkan karena kesetimbangan antara substrat dan produk sulit dipertahankan, yakni CO_2 yang terbentuk yang akan mempengaruhi laju fermentasi tidak dapat keluar dari sistem sehingga terakumulasi dan meningkat, terutama bila laju pembentukan metana lambat. Contoh lainnya adalah sulitnya mengatur laju pembentukan metana yang sebanding dengan laju fermentasi asam. Methanbacterium umumnya tumbuh lebih lambat jika dibandingkan dengan bakteri yang dalam aktivitasnya akan membentuk asam. Waktu regenerasi bakteri metana umumnya mencapai 12 jam, sedangkan untuk bakteri yang bersifat fakultatif, waktu regenerasi hanya 0,3 atau kurang (Ibnu,2002)

Sebagai akibat menurunnya oksigen terlarut didalam air adalah menurunnya kehidupan hewan dan tanaman air. Hal ini disebabkan karena makhluk-makhluk hidup tersebut banyak yang mati atau melakukan migrasi ke tempat lain yang konsentrasi oksigennya masih cukup tinggi. Jika konsentrasi oksigen terlarut sudah terlalu rendah, maka mikroorganisme aerobik tidak dapat hidup dan berkembang biak, tetapi sebaliknya mikroorganisme yang bersifat anaerobik akan menjadi aktif memecah bahan-bahan tersebut secara anaerobik karena tidak adanya oksigen.

Tabel 2.3 Hasil produk pemecahan komponen anaerobik dan aerobik

Kondisi aerobik	Kondisi anaerobik
C \longrightarrow CO_2	C \longrightarrow CH_4
N \longrightarrow $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3$	N \longrightarrow $\text{NH}_3 + \text{amin}$
S \longrightarrow H_2SO_4	S \longrightarrow H_2S
P \longrightarrow H_3PO_4	P \longrightarrow $\text{PH}_3 + \text{komponen fosfor}$

(Sumber : Ibnu, 2002)

Senyawa-senyawa hasil penguraian secara aerobik seperti amin, H₂S dan komponen fosfor mempunyai bau yang menyengat, misal amin berbau anyir sedangkan H₂S berbau busuk. Oleh karena itu perubahan badan air dari kondisi aerobik menjadi anaerobik tidak dikehendaki.

Beberapa alasan yang dapat dipakai untuk penggunaan proses anaerobik dalam pengolahan limbah antara lain adalah kegunaan dari produk akhirnya, stabilisasi dari komponen organik dan memberikan karakteristik tertentu pada daya ikat air produk yang menyebabkan produk dapat dikeringkan dengan mudah.

Perbedaan antara proses anaerobik dan aerobik dalam pengolahan air limbah dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Perbedaan Proses Anaerobik dan Aerobik

Parameter	Anaerobik	Aerobik
<ul style="list-style-type: none"> • Kebutuhan Energi • Efisiensi pengolahan • Produksi lumpur • Stabilitas proses terhadap bahan toxic dan perubahan beban 	<ul style="list-style-type: none"> • Rendah • Moderat (60-80%) • Sedikit • Moderat 	<ul style="list-style-type: none"> • Intensif • Tinggi (>90%) • Tinggi • Tinggi
<ul style="list-style-type: none"> • Waktu Start up • Kebutuhan nutrien 	<ul style="list-style-type: none"> • 3-6 bulan • Rendah 	<ul style="list-style-type: none"> • -3 minggu • Tinggi untuk limbah industri tertentu
<ul style="list-style-type: none"> • Bau • Komposisi biomassa 	<ul style="list-style-type: none"> • Potensia • 4 tahap oleh bakteri yang berbeda • Diubah ke biogass 	<ul style="list-style-type: none"> • Sedikit • 1 bakteri • Diubah ke biomass

Sumber: Bowo,2000

2. Berdasarkan Biotransformasi

- a. Penyisihan bahan organik terlarut. Pada proses biodegradasi, bahan organik terlarut merupakan sumber makanan konsentrasinya telah berkurang.
- b. Stabilisasi bahan organik yang tidak terlarut. Pada proses ini akan dihasilkan padatan anorganik dan residu organik yang tidak terlarut yang relatif resistan terhadap aktifitas biologi selanjutnya serta memiliki karakteristik yang serupa humus. Pada proses anaerob dihasilkan gas metan.
- c. Konversi bahan anorganik terlarut. Konversi bahan anorganik satu menjadi kedua seperti pada proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Pada proses nitrifikasi, nitrogen ammonium dikonversi menjadi nitrit dan nitrat dalam lingkungan aerob. Proses denitrifikasi, nitrat sebagai akseptor elektron dikonversi menjadi N_2 .

3. Berdasarkan Konfigurasi Reaktor. Berdasarkan kondisi pertumbuhan mikroorganisme, terdiri dari :

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

Dalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi dalam fase cair. Umumnya reaktor pertumbuhan tersuspensi digunakan untuk pengolahan sekunder (*secondary treatment*) seperti Lumpur Aktif, Lagon Aerasi, dan kolam stabilisasi (Qasim, 1985).

Menurut Jenie (1995), pertumbuhan tersuspensi merupakan istilah campuran antara organisme dengan limbah organik. Pertumbuhan tersuspensi dapat terjadi pada reaktor aerob maupun anaerob. Mikroorganisme mampu

membentuk gumpalan menjadi masa flokulan dan mampu bergerak dalam aliran cairan. Contoh dari pertumbuhan tersuspensi yaitu unit lumpur aktif, lagoon aerasi, parit oksidasi, dan digester anaerobik yang tercampur baik.

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

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

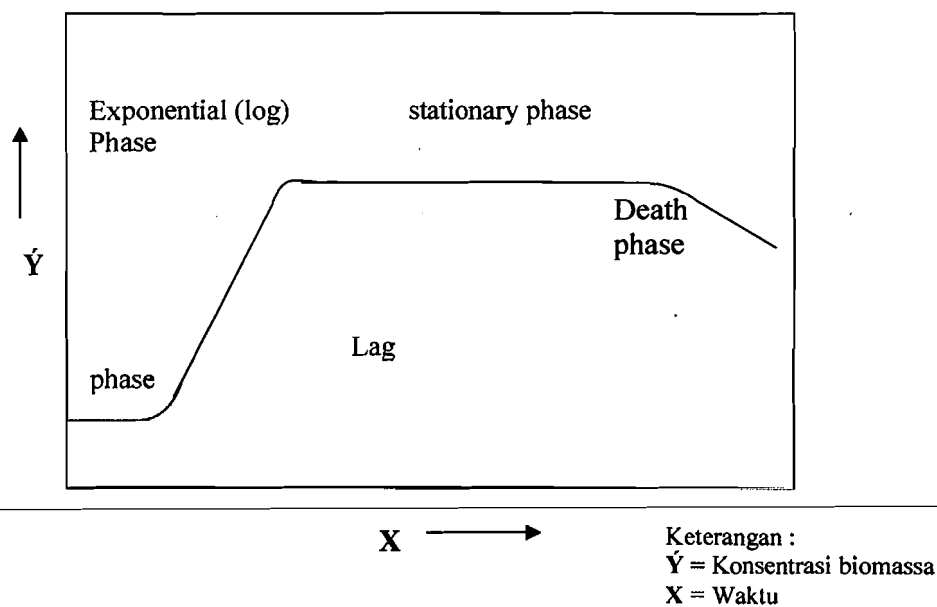
Dalam reaktor pertumbuhan melekat, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan melekat pada suatu media dengan membentuk lapisan biofilm. Dalam reaktor pertumbuhan melekat (*attached growth reactor*), populasi dari mikroorganisme yang aktif berkembang disekeliling media padat (seperti batu dan plastik). Mikroorganisme yang tumbuh melekat ini akan menstabilisasi bahan organik pada air buangan yang lewat disekitar mereka. Contoh reaktor ini yaitu Trickle Filter dan Rotating Biological Contactors (RBC) (Qasim, 1985).

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

2.5 Pertumbuhan Mikroorganismen

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

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



Gambar 2.1. Kurva Pertumbuhan Mikroba pada Sistem Tertutup
 Sumber : Prescott, 1999

➤ Fase awal (*Lag phase*)

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

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

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

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

Laju pertumbuhan sama dengan nol.

➤ Fase Ekponensial (*Exponential phase*)

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

➤ Fase Stasioner (*Stationary phase*)

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

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

➤ Fase kematian (*Death phase*)

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

- **Pertumbuhan Bakteri dalam Bak Reaktor**

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

Setelah jumlah makanan habis digunakan, maka jumlah kematian akan lebih besar dari jumlah pertumbuhan keadaan ini disebut *endogeneus phase*, dan pada saat ini bakteri menggunakan energi simpanan ATP untuk pernapasannya sampai ATP habis dan kemudian akan mati (Sugiharto,1987)

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

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

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

2.6 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 CO_2 dan H_2O 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 bichromat 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. (Pramudya, 2001).

Analisa COD berbeda dengan analisa BOD namun perbandingan antara angka COD dengan BOD dapat ditetapkan seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 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 Bakteri *E.Coli*

Berbagai mikrobia patogen seringkali ditularkan melalui air yang tercemar sehingga dapat menimbulkan penyakit pada manusia maupun hewan. Mikrobia ini biasanya terdapat dalam saluran pencernaan dan mencemari air melalui tinja. Mikrobia asal tinja yang sering menyebabkan penyakit yang ditularkan melalui air (water-borne disease) mencakup *Salmonella typhi*, *Shigella spp*, *Salmonella paratyphi*, dan *Vibrio cholerae*. Disentri yang disebabkan oleh *Campylobacter jejuni* dan *Eschericia coli* dapat pula ditularkan melalui air (Lay, 1995).

Keragaman mikroba yang dapat menimbulkan penyakit ini menyebabkan para ahli mencari indikator untuk menunjukkan adanya mikroba patogen sehingga dapat diketahui kualitas mikrobiologi atau sanitasi air. Sebagai indikator banyak

digunakan kelompok *coliform*, meskipun dapat digunakan indikator lainnya (Lay, 1995).

Yang dimaksud golongan *coliform* adalah bakteri batang Gram negatif, tidak membentuk spora, dan fakultatif anaerobik, tumbuh dengan adanya garam empedu, dan memfermentasikan laktosa dengan menghasilkan asam dan gas pada suhu 37°C, oksidase negatif.

Bakteri Coli merupakan salah satu bakteri yang tergolong dan hidup normal pada saluran pencernaan manusia dan hewan sehingga di sebut juga *Coliform Fecal*. Kemungkinan-kemungkinan terjadi pertumbuhan *E. Coli* dapat pada cucian, kulit, kolam renang yang kotor dan lain-lain. Coli tinja yang dipakai sebagai indikator kontaminasi tinja selain berasal dari kotoran / tinja manusia juga berasal dari kotoran hewan berdarah panas seperti mamalia dan burung (Lay, 1994).

Bakteri-bakteri patogen ada bermacam bakteri-bakteri patogen ada bermacam-macam dan konsentrasinya agak rendah, hal ini menyebabkan bakteri-bakteri tersebut susah dideteksi. Analisa mikrobiologi untuk bakteri tersebut berdasarkan "organisme petunjuk" (Bioindicator). Bakteri bakteri ini menunjukkan adanya pencemaran oleh tinja manusia dan hewan berdarah panas, dan mudah dideteksi. Dengan demikian bila organisme petunjuk tersebut ditemui dalam sample air, berarti air tersebut mengandung bakteri patogen. Bakteri jenis *Escherichia Coli* merupakan petunjuk yang paling efisien, karena *E.coli* tersebut hanya dan selalu terdapat dalam tinja. Hanya sebagian dari total coli terdiri dari *E.coli* yang berasal dari tinja dan lainnya terdiri dari bakteri yang berasal dari tanah seperti *Aerobacter Coli*. Oleh sebab itu tes *E.coli* merupakan anjuran untuk tes mikrobiologi.

E.Coli yang umumnya menyebabkan diare terjadi di seluruh dunia. *E.coli* ini di klasifikasikan berdasarkan sifat karakteristik dari Virulensinya dan tiap kelompok menyebabkan penyakit dengan mekanisme yang berbeda. *E.coli* merupakan suatu organisme yang tidak berbahaya yang biasanya hidup di dalam saluran usus manusia dan hewan.

Pemakaian bakteri *coliform* dalam analisis bakteriologi air didasarkan pertimbangan-pertimbangan antara lain :

- a) Bakteri *coliform* berasal dari/banyak terdapat dalam kotoran manusia (binatang berdarah panas).
- b) Terdapat dalam jumlah yang sangat banyak dan mudah cara mengidentifikasinya.
- c) Lebih tahan hidup di udara terbuka, agak lama dibandingkan dengan kuman-kuman patogen.

Pemeriksaan golongan Coli (*coliform bakteri*) dapat dilakukan sebagai berikut :

- 1) Dengan cara "*the multiple tube fermentation technique*".

Ada tiga tahap pemeriksaan yaitu *presumptive test*, *confirm test* dan *completed test*.

- a. *Presumptive test* (test pendugaan) :

Presumptive test didasarkan atas kenyataan bahwa *Coliform bakteri* dapat meragikan laktose dengan membentuk gas. Kedalam tabung laktose yang didalamnya terdapat medium laktose dan tabung Durham yang terbalik dituangkan contoh air yang akan diperiksa. Kemudian dieramkan selama 2 x 24 jam pada temperatur $35^{\circ} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Jika dalam waktu 2 x 24 jam terbentuk gas pada tabung Durham, maka *presumptive test* dinyatakan positif yang berarti air yang diperiksa tersebut diduga mengandung *Coliform bakteri*.

Sebaliknya bila tidak terbentuk gas dinyatakan *presumptive test* negatif yang berarti air tidak mengandung Coliform. Jika terjadi *presumptive test* positif, maka dilanjutkan dengan *confirm test* untuk memastikan adanya Coliform di dalam contoh air tersebut.

b. *Confirm test* (tes penegasan) :

Pada *Confirm test* digunakan medium : “*Brilliant Green Laktose Bile Broth* (BGLB)”, “*Eosin Metylene Blue Agar* (EMB)” atau Endo Agar.

Semua contoh air dari *presumptive test* positif dipindahkan ke dalam tabung yang berisi BGLB atau digeserkan ke dalam cawan Petri berisi EMB atau Endo agar. Jika dalam tabung BGLB ternyata terdapat gas setelah dieramkan selama 2 x 24 jam pada temperatur $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, maka *confirmed test* dinyatakan positif.

Demikian pula bila di dalam medium EMB atau Endo agar terdapat koloni yang tersangka, setelah dieramkan selama 24 jam pada $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ maka test disebut positif.

c. *Completed test* (test lengkap) :

Pada *completed test* digunakan medium : EMB endo agar dan laktose builyon serta agar miring. Semua contoh air dari *confirmed test* positif dilanjutkan dengan *completed test*. Contoh air dari *confirmed test* dengan BGLB digeserkan di atas EMB atau Endo agar, kemudian dieramkan pada $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Dicari koloni *Coliform bakteri* dalam setiap lempeng. Jika ditemukan koloni tersangka, maka dipindahkan ke laktose builyon dan agar miring, kemudian dieramkan pada $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam atau 48 jam. Dari agar miring dibuat sediaan dan dicat menurut gram

untuk melihat adanya spora. *Completed test* dinyatakan positif bila terbentuk gas dalam medium laktose dan bersifat gram negatif serta tidak membentuk spora. Jika di dalam medium laktose tidak terbentuk gas dalam waktu 48 jam, test dinyatakan negatif. Demikian pula apabila tidak ada koloni yang tersangka pada EMB atau Endo agar, dinyatakan test negatif.

Khusus untuk pemeriksaan kuman golongan Coli yang berasal dari tinja (*fecal Coliform*) dilakukan sebagai berikut :

Suhu inkubasi dinaikkan untuk memisahkan kuman golongan Coli yang berasal dari tinja (*fecal Coliform*) dengan kuman golongan Coli yang tidak berasal dari tinja (*non fecal Coliform*). Semua tabung dari test perkiraan (*presumptive test*) yang positif dipindahkan ke dalam tabung-tabung yang berisi medium *Boric Acid Laktose Broth* (BALB) yang telah dipanaskan terlebih dahulu, kemudian diinkubasikan pada suhu $43^{\circ} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ selama 48 ± 3 jam. Jika dalam waktu 48 ± 3 jam terbentuk gas dalam tabung peragian, dinyatakan positif dan menunjukkan adanya kuman golongan Coli tinja (*fecal Coliform*) dalam contoh air yang diperiksa.

Hasil pemeriksaan kuman golongan Coli (*Coliform*) dengan cara *multiple tube fermentation technique* dinyatakan dengan indexs MPN (*Most Probable Number*) yaitu perkiraan terdekat jumlah kuman golongan Coli. Indexs MPN merupakan indexs dari jumlah golongan Coli yang paling mungkin, yang berarti bukan perhitungan yang sebenarnya.

2) Dengan cara "*the membrane method*".

Cara *membrane method* dikembangkan oleh Jerman selama Perang Dunia kedua. Contoh air yang diperiksa disaring melalui cawan yang di dalamnya

terdapat saringan (membran saringan). Setelah penyaringan, membran saringan diletakkan terbalik di atas absorbent yang berisi medium Endo dengan konsentrasi tinggi, kemudian diinkubasikan selama 20 jam pada suhu $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Apabila tumbuh koloni dengan ciri-ciri warna gelap, jingga, mempunyai kilat logam, maka dapat dipertimbangkan bahwa koloni tersebut berasal dari kuman golongan Coli. Jumlah koloni dihitung sehingga dapat periksakan jumlah kuman golongan Coli per 100 ml contoh air.

Media adalah kumpulan zat-zat organik maupun anorganik yang digunakan untuk menumbuhkan bakteri dengan syarat-syarat tertentu, dalam rangka isolasi, memperbanyak penghitungan, dan pengujian sifat fisiologik suatu mikroorganisme.

Untuk mendapatkan suatu lingkungan kehidupan yang cocok bagi pertumbuhan bakteri, maka syarat-syarat media, pembuatan media harus memenuhi dalam hal:

1. Susunan makanan. Media yang digunakan untuk pertumbuhan harus mengandung air, sumber karbon, sumber nitrogen, mineral, vitamin, dan gas.
2. Tekanan osmose. Bakteri membutuhkan media yang isotonis.
3. Derajat keasaman (pH). Bakteri membutuhkan pH sekitar 7 atau netral.
4. Temperatur. Umumnya bakteri patogen membutuhkan temperatur sekitar 37°C , sesuai dengan suhu tubuh.
5. Sterilitas. Apabila media yang digunakan tidak steril maka sulit dibedakan dengan pasti apakah bakteri tersebut berasal dari material yang diperiksa atau hanya merupakan kontaminan. Untuk mendapatkan media yang steril maka setiap tindakan (pengambilan sampel, penuangan media) serta alat-alat yang

digunakan (tabung, petri) harus steril dan dikerjakan secara aseptik. Dengan sterilisasi, bakteri dan kuman akan di basmi semua. Baik botol, cawan Petri, pipet, penyumpit, tutup botol maupun bahan kimia dapat tercemar oleh bakteri yang dipindahkan melalui sidik jari, air liur dan debu yang terbawa angin. Agar supaya bakteri tersebut ini tidak mengganggu hasil tes mikrobiologi pada sample air, maka semua peralatan dan bahan kimia yang akan berhubungan dengan sampel air dan media perlu di sterilkan dengan baik (Metoda Penelitian Air, 1984).

2.8 Pengolahan Air Buangan dengan Reaktor *Fluidized Bed*

Pemikiran mengenai reaktor fluidisasi sesungguhnya telah muncul sejak 1926, akan tetapi pengembangannya untuk tujuan pengolahan air buangan baru dimulai pada dekade tujuh puluhan. Dengan menggunakan media pendukung yang berukuran kecil, akan diperoleh luas permukaan yang jauh lebih besar per satuan volume sehingga diharapkan total biomassa yang tumbuh diatas permukaannya tumbuh menjadi lebih banyak. Dengan demikian efisiensi penyisihan substrat akan menjadi lebih baik. Berbeda dengan reaktor biofilm tetap yang telah dikembangkan sebelumnya (trickling filter dan RBC), proses pengolahan dengan reaktor 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.

Pada reaktor *Fluidized bed* 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*). Besarnya kecepatan vertikal dicapai dengan mengatur besarnya tingkat resirkulasi. Dalam hal ini ukuran dan densitas media akan menentukan apakah system operasi stabil dan ekonomis. Partikel yang berukuran kecil akan memberikan luas permukaan yang lebih besar yang berguna sebagai tempat menempel biofilm. Partikel kecil juga akan dapat diexpansi pada kecepatan *upflow* yang lebih rendah dengan mengurangi laju resirkulasi (Elinda, 2004)

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).

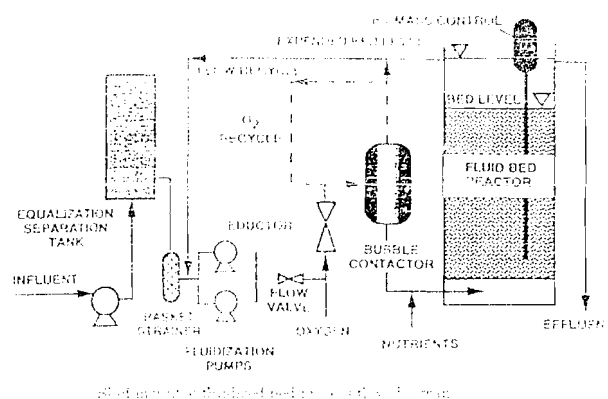
Fluidized bed bekerja dengan *upflow* untuk mengekspansi media pendukung yang menahan *biofilm*. Kekuatan tarik/*drag force* yang diakibatkan oleh *fluid flow* terhadap media pendukung menghasilkan ekspansi bed. Ketika tebal biomasa bertambah dalam media *fluidized bed*, dapat terjadi perbedaan signifikan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

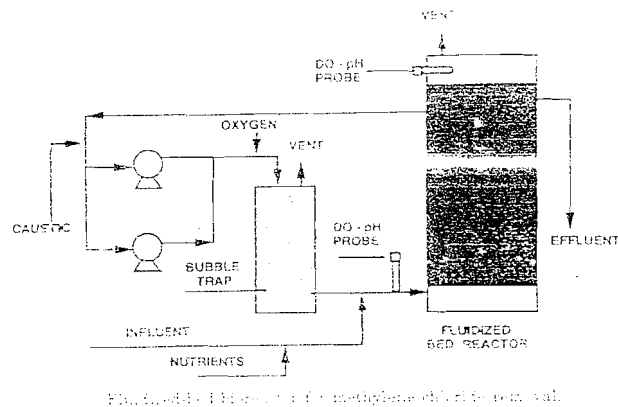
Reaktor *fluidized-bed* bergantung pada melekatnya partikel mikroorganisme yang dipertahankan dalam suspensi oleh satu tingkat arus fluida ke atas yang tinggi yang akan diolah. Pada beberapa kasus tertentu, *fluidized bed* disebut suatu reaktor *expanded-bed* atau reaktor *circulating-bed*. Partikel-partikel 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*. Velositas 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 2.3 dan 2.4.



Gambar 2.3 Diagram Alir Proses *Fluidized Bed*



Gambar 2.4 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 2.6 dibawah ini.

Tabel 2.6 Type reaktor berdasarkan efisiensi, HRT dan beban organik

Tipe 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 Prosess</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.Vecnstra

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

2.9 Septik Tank

Septik tank adalah tangki yang terutup 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 dirombak secara anaerobik. Lapisan tipis yang terbentuk di permukaan akan membantu memelihara kondisi anaerobik. Keluaran dari septik tank, dari sudut pandang kesehatan masyarakat sama bahayanya dengan air limbah segar sehingga memerlukan pengolahan lebih lanjut sebelum dibuang (Mara, 1978).

Waktu tinggal limbah pada 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 2.7 Komposisi Tipikal Air Limbah Domestik Yang Tidak Terolah

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

(Sumber : Metchalf & Eddy, 1991)



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

Proses utama yang terjadi didalam *septik tank* adalah:

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

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

Tabel 2.8 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)

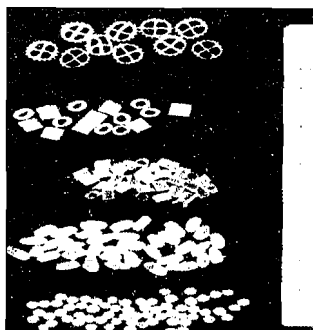
2.10 Media Styrofoam

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

sintetik. Sekarang peranan stiren telah bergeser dalam pembuatan produk polistiren komersial, salah satunya adalah wadah makanan dan minuman.

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

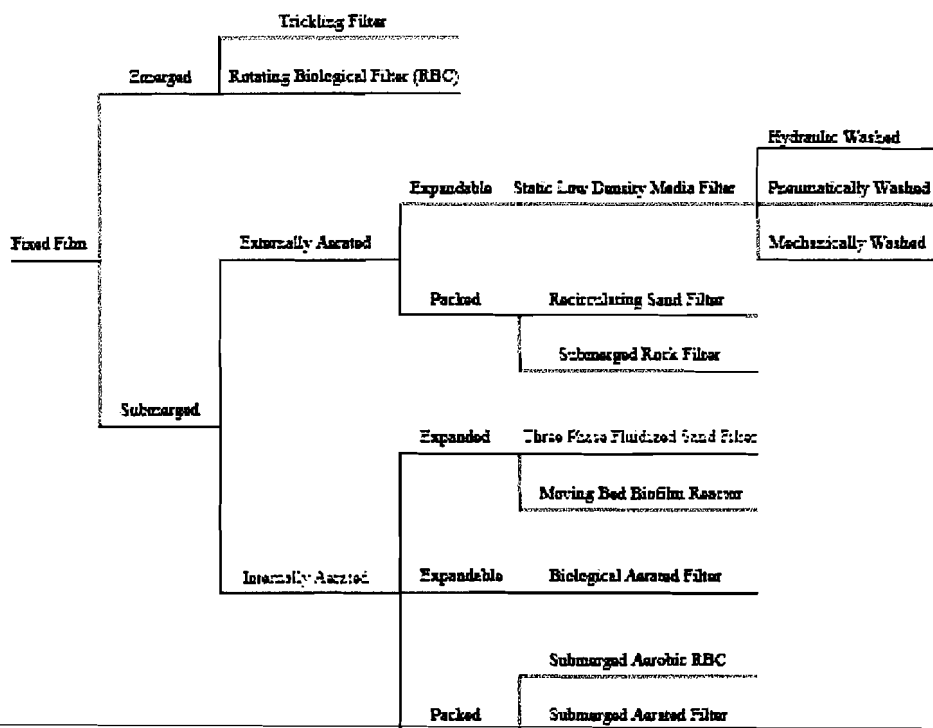
Styrofoam merupakan media dengan densitas rendah yang merupakan bagian dari *Static Low Density Media* yang juga dikenal dengan *Floating bead filters* (FBFs) atau *Floating Bead Bioclarifier* (FBBs). Media plastik berdensitas rendah dapat dilihat seperti Gambar 2.5



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

Penelitian dan perkembangan terhadap *fixed film*, terutama proses biologi *fixed film* telah berkembang dengan cepat dalam dua dekade terakhir. Klasifikasi jenis proses *fixed film* dapat dibuat berdasarkan variasi karakteristik seperti submergence, teknik aerasi, keadaan ekspansi media, yang dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut ini.



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

Gambar 2.6 Klasifikasi Proses *Fixed Film* Dalam Pengolahan Limbah
(Sumber: Cynthia, 2003)

Proses *fixed film* dapat direncanakan dengan mengklasifikasi keadaan fisik dari media, antara lain dengan *expanded*, *expandable*, atau *packed*. Melalui fluidisasi media, keadaan ekspansi dapat tercapai. Variasi media butiran dapat digunakan pada *bioclarifiers*, selain itu juga penambahan media juga dapat berasal

dari variasi plastic. Media terapung (*Floating media*) dapat juga digunakan untuk meremoval COD dan Amonia serta TSS (Cynthia, 2003).

2.11 Penelitian Yang Telah Dilakukan Sebelumnya

Sebelum penelitian ini, telah ada penelitian yang menggunakan reaktor fluidasi, yaitu dalam penyisihan COD dan BOD untuk air buangan rumah sakit dengan reaktor fluidisasi, yang dilakukan oleh Elinda (2005). Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa konsentrasi BOD dan COD dari limbah rumah sakit dapat diturunkan. Penurunan kandungan BOD dan COD pada air buangan rumah sakit dengan menggunakan media pasir kuarsa dalam reaktor fluidisasi dipengaruhi oleh variasi diameter media (mm), Ketinggian media (cm), dan kecepatan aliran (m/dt). Semakin kecil ukuran diameter media, dan semakin tinggi media, serta semakin kecil kecepatan aliran, maka semakin tinggi 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%.

2.12 Hipotesa

- Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *E.Coli* pada limbah domestik mengalami perubahan sesuai dengan keadaan pada saat *Startup*
- Diketuinya efektifitas reaktor *Fluidized Bed* bermedia *Styrofoam* apabila sudah dijalankan saat *startup*.

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 jumlah *E.Coli* 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 30 hari serta mengamati suhu dan pH. Aliran reaktor beajalan 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 *E.Coli*. 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.

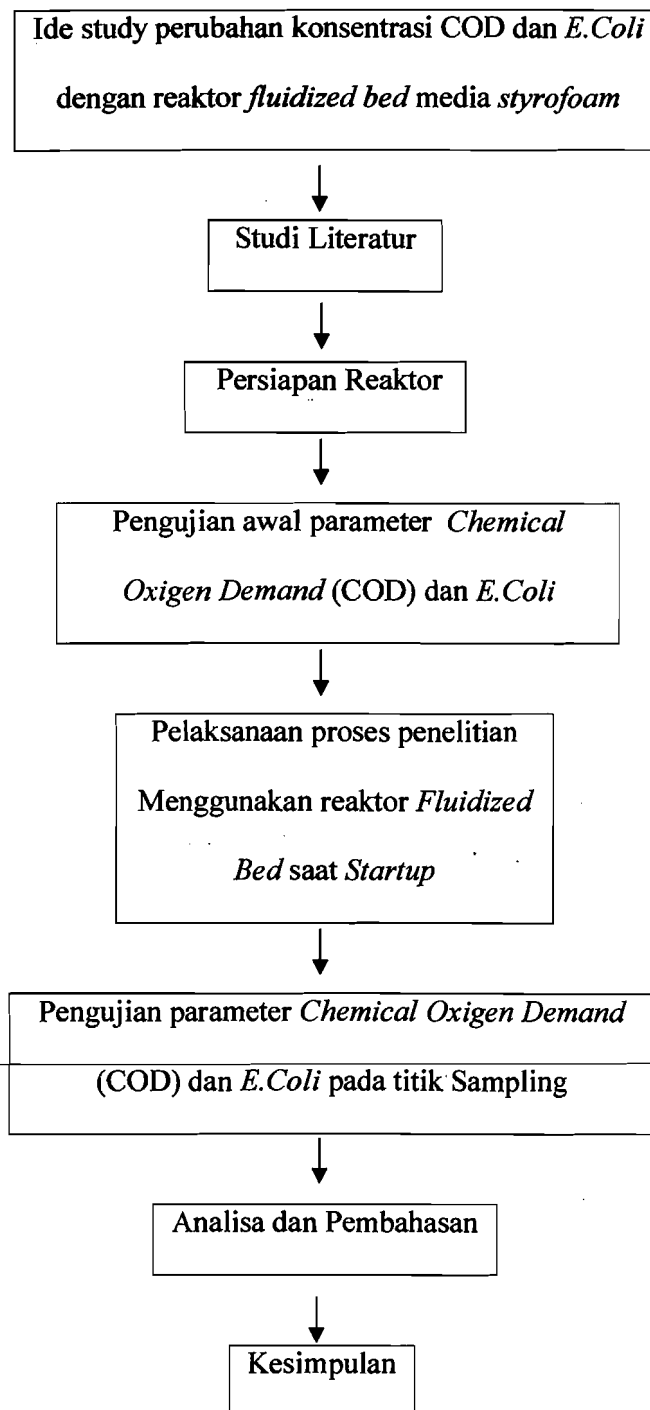
Analisa sampel untuk parameter COD dan *E.Coli* dilakukan di laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3.3 Obyek Penelitian

Sebagai Obyek penelitian adalah konsentrasi COD dan E.Coli, 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 2-3 hari sekali sampai selama 30 hari. Digunakan media *styrofoam* sebagai media 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 Oxygen Demand* (COD) dan *E.coli* 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 sebanyak 15 % dari ketinggian dalam satu sekat. Media dihalang dengan sekat agar tidak terbawa dalam aliran. Media *styrofoam* dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Media *Styrofoam*

Merangkai reaktor *fluidized bed* dengan reservoir, yang dihubungkan melalui sebuah pipa yang dilengkapi dengan kran pengatur debit. Sebelum air ke reservoir, juga terdapat penampungan air sementara sebagai tempat persediaan limbah yang dipompa menuju reservoir. Dibuat kran inlet dan outlet untuk proses sampling. Sebelum reaktor dibuat dan dirangkaikan, terlebih dahulu dibuat suatu desain reaktor seperti dibawah ini

➤ **Kriteria Desain**

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

➤ **Direncanakan**

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

➤ **Perhitungan**

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

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

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

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

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

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

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

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

$$P_2 = P_1 + \rho gh$$

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

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

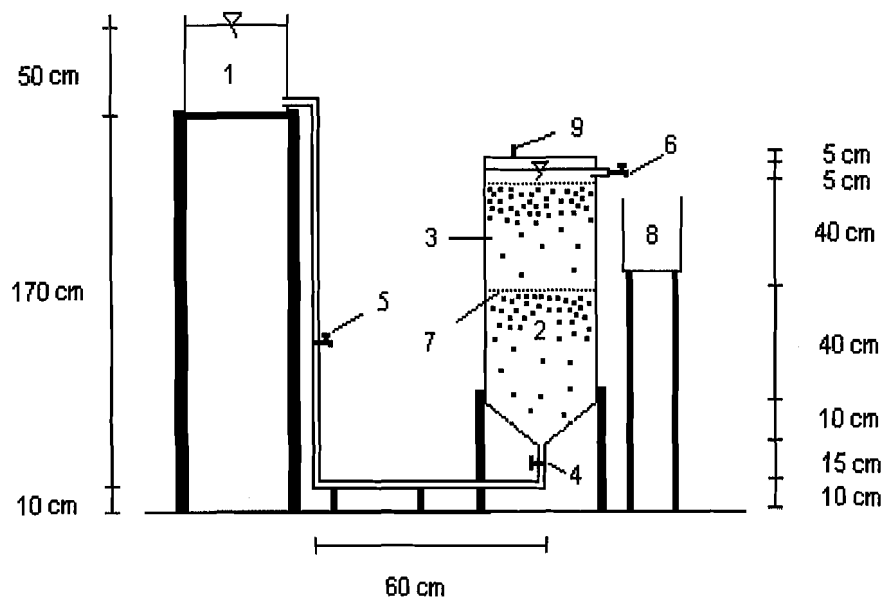
$$v_1^2 / 2g + P_1 / \rho g + z_1 = v_2^2 / 2g + P_2 / \rho g + z_2 + H_{loss}$$

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

$$12,5 = 12,5$$

Sehingga air dapat mengalir karena memiliki energi yang sama

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



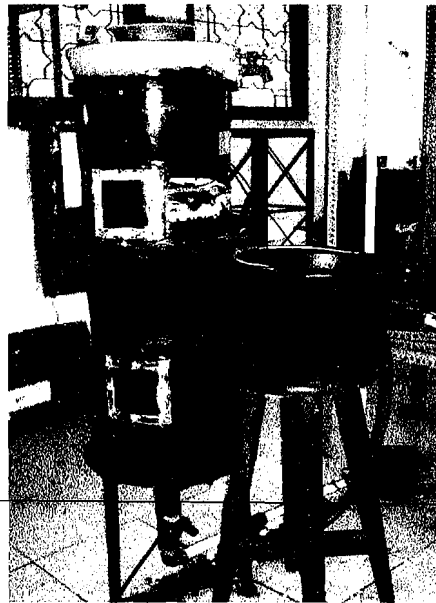
Gambar 3.3 Reaktor *Fluidized Bed* hermedia styrofoam

Keterangan:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------|
| 1. Reservoir | 6. Titik Sampling 2 |
| 2. Fluidized Bed Reactor | 7. Plate Distribusi |
| 3. Media Styrofoam θ 50 mm | 8. Bak Penampung |
| 4. Gate Valve | 9. Pipa Vent |
| 5. Titik Sampling 1 | |

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 Diberi tutup karena diharapkan sebgaiian besar dalam keadaan anaerobic. 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 Rektor *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. 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 domestic yang menumbuhkan bakteri, terlebih dahulu dilakukan starter bakteri untuk memberikan tambahan awal bakteri dari luar. Sehingga memacu proses pembentukan lapisan *biofilm* pada media pertumbuhan yaitu *Styrofoam*. Proses ini dilakukan dengan cara mengalirkan air *septic tank* yang telah diberikan tambahan bakteri EM₄ dari reservoir kedalam reaktor.

3.6.3 Pelaksanaan Penelitian

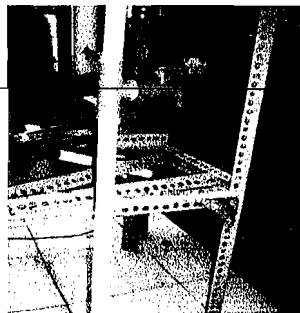
Setelah semua alat dan bahan telah disiapkan, dan telah terpasang serta tidak lagi terdapat kebocoran maka selanjutnya dapat melaksanakan penelitian.

- 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 reaktor.
- Memeriksa kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *E.coli* sample awal yang terkandung dalam air limbah yang akan dialirkan.
- Mengalirkan air limbah kedalam reaktor yaitu dengan debit sebesar 2,55 l/jam dan waktu detensi (td) 18 jam.
- Mengambil sampel limbah untuk diperiksa kadar dari parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *E.coli*, serta mengukur suhu dan pH yaitu pada inlet dan outlet reaktor.

3.6.4 Proses *Sampling*

- Proses ini dilakukan dari hari pertama setelah *starter* bakteri sampai 30 hari yang merupakan keadaan *start up*.
- Sebelumnya dilakukan pemeriksaan awal untuk parameter COD dan *E.coli*.
- Selama 30 hari setiap 2 hari sekali dilakukan *sampling* dan pemeriksaan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD), setiap 3 hari sekali pemeriksaan jumlah bakteri *E Coli*, 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

Sample dari Inlet dan outlet reaktor *Fluidized bed* diperiksa di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Metode yang digunakan untuk tiap parameter yang diperiksa antara lain adalah:

1. Pemeriksaan Konsentrasi COD

Metode Uji yang digunakan yaitu metode Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri SNI 06-6989.2-2004

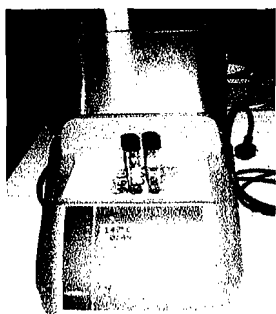
KOK (*Chemical Oxygen Demand* = COD) adalah jumlah oksigen $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ yang bereaksi dengan contoh uji dan dinyatakan sebagai mg O_2 untuk tiap 1000 mL contoh uji. Senyawa organik dan anorganik, terutama organik dalam contoh uji dioksidasi oleh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dalam refluks tertutup menghasilkan Cr^{3+} . Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen (O_2 mg/L) diukur secara spektrofotometri sinar tampak. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 400 nm dan Cr^{3+} kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 600 nm.

Metode uji kebutuhan kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri merupakan metode yang digunakan untuk pengujian oksigen kimiawi dalam air dan air limbah dengan reduksi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ secara spektrofotometri pada kisaran KOK 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L pada panjang gelombang 600 nm dan nilai KOK lebih kecil 100 mg/L pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 420 nm. Pada contoh uji dengan nilai

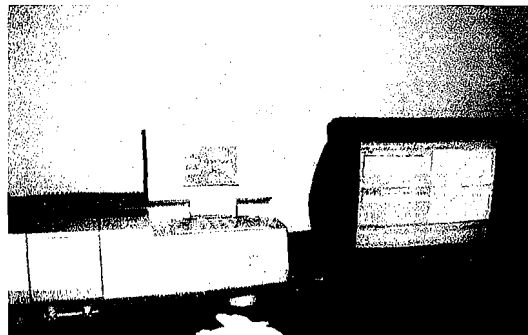
KOK yang lebih tinggi, dilakukan pengenceran terlebih dahulu sebelum pengujian. (SNI, 2004).

Pengujian sampel COD dengan mengikuti cara kerja yang telah ditentukan yaitu diawali dengan membilas tabung refluks dengan H_2SO_4 20 %. Tabung refluks dimasukkan 2,5 ml sampel. Ditambahkan 1,5 mL $K_2Cr_2O_7$ (konsentrasi tinggi). Selanjutnya ditambahkan 3,5 mL Ag_2SO_4 sehingga terjadi perubahan warna pada limbah kuning/hijau. Selama 2 jam dipanaskan dalam Thermoreaktor suhu $148^{\circ}C$. Kemudian konsentrasi COD diukur secara spektrofotometri.

Pengujian dengan refluks tertutup secara spektrofotometri dapat dilihat pada Gambar 3.8 dan 3.9



Gambar 3.8 Pemanasan Tabung Refluks Tertutup



Gambar 3.9 Spektrofotometer

2. Pemeriksaan Jumlah E.Coli

Untuk *E.Coli* menggunakan standar uji *American Public Health Association* (APHA) 9221-B Ed. 20-1998 .

Sebelum melakukan uji laboratorium untuk analisa *E.Coli*, maka perlu disiapkan media yang dibutuhkan untuk pengujian tersebut. Untuk tes perkiraan bahan yang dibutuhkan adalah laktose tunggal 13,9 gr yang di

tambah aquades 1000 ml, laktose ganda 9.75 gr yang di tambah aquades 250 ml. Setelah semua media di masukkan ketabung reaksi, maka media tersebut disterilkan dengan Autoclav dengan suhu 120 ° C selama \pm 2 jam.

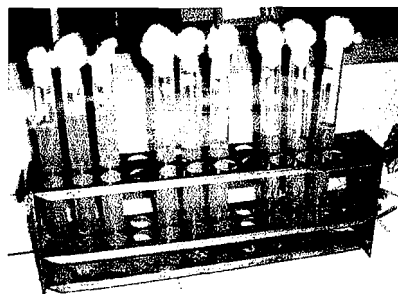


Gambar 3.10 Autoclav

Metode yang digunakan untuk analisis laboratorium adalah metode MPN 3-3-3 yang merupakan uji deretan tabung yang menyuburkan pertumbuhan *coliform* sehingga memperoleh nilai untuk menduga jumlah *coliform* dalam sampel yang diuji. Adapun metode 3-3-3 maksudnya adalah 3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 5 ml media laktosa steril ganda, 3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 10 ml media laktosa steril tunggal dan 3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 10 ml media laktosa steril tunggal. Media laktosa dapat dilihat pada Gambar 3.11.

Selanjutnya 3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 5 ml media laktosa steril ganda diinkubasikan dengan 10 ml sampel limbah, 3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 10 ml media laktosa steril tunggal diinkubasikan dengan 1 ml sampel air dan 3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 10 ml media laktosa steril tunggal diinkubasikan dengan 0.1 ml sampel air. Alat inkubator dan media yang diinkubasi dapat dilihat pada

Gambar 3.13 dan 3.14. Kemudian setelah semua semua sampel dimasukkan, lalu semua tabung reaksi diinkubasikan selama ± 2 hari dengan suhu 37°C .



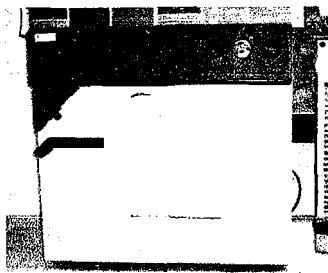
Gambar 3.11 Media Laktosa



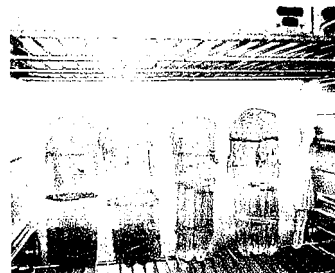
Gambar 3.12 Media BGLB

Setelah masa inkubasi 2 x 24 jam atau 48 jam dengan suhu 37°C , kemudian media dikeluarkan lalu di catat hasil tes perkiraannya. Hasil tes perkiraan/uji duga bisa dilanjutkan apabila tabung reaksi menghasilkan gas dalam masa inkubasi diduga mengandung bakteri *coliform*. Uji dinyatakan positif, bila terlihat gas dalam tabung durham. Tabung yang memperlihatkan pembentukan gas diuji lebih lanjut dengan uji penetapan. Tes penetapan dilakukan untuk memastikan bahwa gas yang terbentuk disebabkan oleh kuman *coliform* dan bukan disebabkan oleh kerja sama berupa spesies sehingga menghasilkan gas. Adapun media yang digunakan pada tes penetapan adalah *Briliant Green Lactose Broth* (BGLB). Dari masing-masing tabung yang memperlihatkan hasil positif, dipindahkan sedikit suspensi bakteri dengan jarum ose pada tabung reaksi berisi BGLB steril. Kemudian disimpan selama 48 jam dengan suhu 37°C . Setelah 48 jam masing-masing tabung diperiksa untuk mengetahui uji positif pertumbuhan bakteri golongan

coliform atau tidak. Kemudian tetapkan JPT/MPN *E.Coli* dan *Fecal Coli* dalam 100 ml sampel air berdasarkan tabel MPN.



Gambar 3.13 Inkubator



Gambar 3.14 Media Dalam Inkubator

3. Pengukuran Suhu dan pH

Dalam penelitian ini juga diukur Suhu dan pH pada inlet dan outlet reaktor. Nilai pH dan Suhu diamati setiap harinya dengan menggunakan pH meter.

3.7 Analisa Data

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

Perhitungan efisiensi :

$$E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\%$$

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:

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

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

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

Langkah 2 : Membuat H_a dan H_o model statistik

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

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

Langkah 4 : Mencari t hitung

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

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 H_o diterima dan H_a ditolak.

Jika tidak dalam wilayah penerimaan tersebut maka H_o ditolak dan H_a 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 reaktor *Fluidized bed* ini dimulai dengan melakukan *starter* bakteri untuk memberikan tambahan awal bakteri dari luar. Sehingga memacu proses pembentukan lapisan *biofilm* pada media pertumbuhan, yaitu *Styrofoam* yang dialiri dengan air limbah domestik dari *septic tank* yang berasal dari kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektifitas reaktor *Fluidized Bed* pada saat *start up* yang dilakukan selama 30 hari. Sehingga diperoleh hasil penelitian terhadap pengujian *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang mengacu pada SNI 06-6989.2-2004 metode refluks tertutup secara spektrofotometri dan *E.coli* yang mengacu pada APHA 9221-B Ed. 20-1998 metode *most probable number* (MPN) serta memperhatikan nilai pH dan Suhu.. Hasil dari penelitian dapat dilihat sebagai berikut :

4.1 Parameter COD

4.1.1 Pengukuran Konsentrasi COD

Dalam penelitian ini, pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD) dilakukan setiap 2 hari sekali. Dari hari ke 1 sampai hari ke 29. Titik Sampling yang diukur yaitu inlet dan outlet reaktor *Fluidized Bed*. Pada Tabel 4.1 ditunjukkan perolehan data dan efisiensi dari hasil pengujian konsentrasi COD selama penelitian.

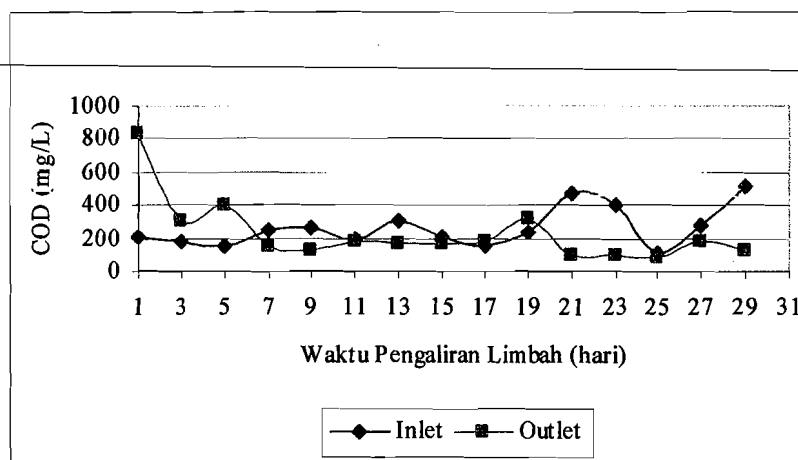
Tabel 4.1 Data Pengujian Konsentrasi COD dan Efisiensinya

Hari ke	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Efisiensi (%)
1	212.959	836.627	-292.858
3	183.454	305.542	-66.550
5	156.493	401.687	-156.680
7	251.620	148.353	41.041
9	268.916	129.023	52.021
11	191.084	182.436	4.526
13	304.526	169.719	44.268
15	209.398	168.193	19.678
17	157.510	173.788	-10.335
19	242.972	316.225	-30.149
21	469.344	97.483	79.230
23	401.178	95.957	76.081
25	112.744	81.205	27.974
27	283.668	180.402	36.404
29	518.688	120.375	76.792
Xr	264.303	227.134	14.063

Keterangan: Angka (-) menunjukkan adanya kenaikan nilai parameter COD

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

4.1



Gambar 4.1 Grafik Konsentrasi COD Inlet dan Outlet

4.1.2 Analisa Konsentrasi COD

Dari data hasil pengujian COD menunjukkan adanya perbedaan konsentrasi pada setiap harinya. Rata-rata konsentrasi COD pada titik inlet sebesar 264,303 mg/L dan untuk titik outlet sebesar 227,134 mg/L. Efisiensi rata-rata penurunan konsentrasi COD sebesar 14,063 %. 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 :

$$- 2.048 < 0,6419 < 2.048 \text{ (maka } H_0 \text{ diterima dan } H_a \text{ ditolak)}$$

Kesimpulan :

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**

4.1.3 Pembahasan Konsentrasi COD

Pengujian parameter COD dilakukan 2 hari sekali selama 30 hari. pada hari pertama, didalam reaktor dilakukan penambahan bakteri (*starter bakteri*) untuk mempercepat pertumbuhannya dengan ditambahkan 100% limbah dan EM₄. Pada pengujian parameter COD yang dilakukan pada air limbah *septic tank* yang telah melalui pengolahan menggunakan reaktor *Fluidized bed media styrofoam* pada

kondisi *startup* mengalami perubahan konsentrasi. Rata-rata perubahan tersebut adalah terjadinya penurunan, walaupun juga terjadi 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 ketujuh konsentrasi COD outlet lebih tinggi dari inlet, 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. Setelah hari ke 7 sampai hari ke 17 terjadi penurunan antara inlet ke outlet. Pada saat ini mikroorganisme mulai mengalami pertumbuhan dan sudah menguraikan bahan organik sebagai makanannya. Pada hari ke 19 outlet lebih besar dari inlet hal ini terjadi karena terdapat bakteri yang mati dan terbawa ke aliran outlet. Setelah hari ke 19, penurunan konsentrasi COD antara inlet dan outlet cukup besar, 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.

Dari pengukuran pH dapat diketahui bahwa keadaan limbah dalam reaktor relatif basa. Tidak signifikannya penurunan konsentrasi COD disebabkan juga karena

kondisi limbahnya dalam keadaan relatif basa sebab menurut Mara (1976) COD dapat mengoksidasi semua zat organik menjadi CO_2 dan H_2O hampir sebesar 85 % pada suasana asam.

Sebagian besar mikroorganisme dapat hidup baik dengan atau tanpa oksigen, hanya beberapa saja organisme adalah obligat anaerob atau aerob. Organisme yang hidup pada kondisi baik anaerobik maupun aerobik adalah organisme fakultatif. Apabila tidak ada oksigen dalam lingkungannya, mereka mampu memperoleh energi dari degradasi bahan organik dengan mekanisme anaerobik, tetapi bila terdapat oksigen terlarut, mereka akan memecah bahan organik lebih sempurna. Organisme dapat memperoleh energi lebih banyak dengan oksidasi aerobik daripada oksidasi anaerobik, sebagian besar mikroorganisme dalam proses pengolahan limbah secara biologis adalah organisme fakultatif (Ibnu, 2002).

Pada bagian dalam reaktor terjadi proses anaerobik dan pada bagian permukaan terjadi sedikit proses aerobik. Proses anaerobik mengubah bahan organik dalam limbah cair menjadi metan dan karbonmonoksida tanpa adanya oksigen, yaitu zat organik diubah menjadi asam organik dan alkohol yang mudah menguap kemudian melanjutkan perombakan senyawa asam organik menjadi metan. Penurunan konsentrasi COD dimungkinkan oleh masuknya oksigen kedalam reaktor, masuknya oksigen mempercepat produksi asam organik, menambah karbondioksida tetapi mengurangi metan (Gintings, 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 di dalam air (Alaerts, 1984).

Penurunan COD juga dapat disebabkan oleh adanya material soluble yang tertahan pada media. Terjadi gaya tarik menarik massa dan gaya elektrostatik adalah suatu kombinasi dua kekuatan yang disebut adsorpsi, memungkinkan partikel tetap berhubungan dengan partikel padat lain dan media.

Berdasarkan Keputusan KepMenLH 112/2003 tentang pedoman penetapan Baku Mutu Limbah Domestik, untuk parameter BOD batas maksimum yang diperbolehkan tidak boleh lebih dari 100 mg/L, sedangkan perbandingan antara BOD/COD adalah 0,4-0,6 (Metode Penelitian Air) 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 belum efektif apabila telah dijalankan pada saat *startup*, tetapi sudah dapat memberikan penurunan pada konsentrasi COD.

Kondisi sudah dikatakan *steady stead* 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 stead*. Ketika pertumbuhan bakteri konstan, maka kondisi *steady stead* berlaku. Dimana kecepatan terbentuknya pertumbuhan bakteri sama/ sebanding dengan kecepatan penguraian.

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

4.2 Parameter *E.Coli*

4.2.1 Pengujian Jumlah Bakteri *E.Coli*

Pengujian Jumlah Bakteri *E.Coli* dilakukan setiap 3 hari sekali dalam 30 hari.

Titik Sampling yang diukur yaitu inlet dan outlet reaktor *Fluidized bed*. Pada Tabel

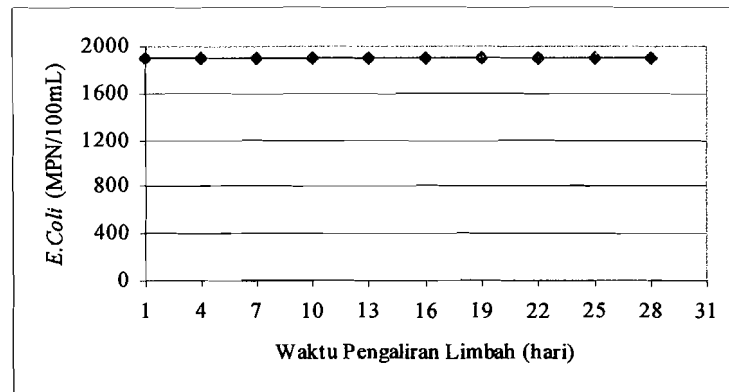
4.2 ditunjukkan perolehan hasil pengukuran jumlah bakteri *E.Coli*.

Tabel 4.2 Data Jumlah Bakteri *E.Coli*

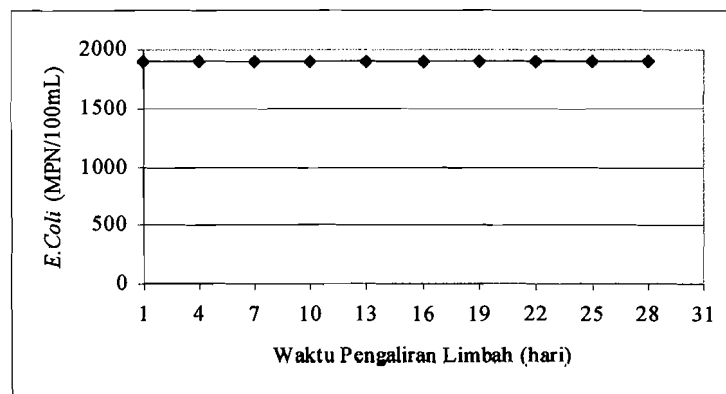
Hari ke	Inlet (MPN/100ml)	Outlet (MPN/100ml)
1	1898	1898
4	1898	1898
7	1898	1898
10	1898	1898
13	1898	1898
16	1898	1898
19	1898	1898
22	1898	1898
25	1898	1898
28	1898	1898

$$\text{Efisiensi penurunan } E.Coli = \frac{1898 - 1898}{1898} \times 100 \% = 0 \%$$

Data pengukuran jumlah bakteri *E.Coli* dapat juga dilihat pada Gambar 4.4 sampai Gambar 4.5



Gambar 4.4 Grafik Jumlah E. Coli Inlet



Gambar 4.5 Grafik Jumlah E. Coli Outlet

4.2.2 Analisa Jumlah Bakteri E.Coli

Dari hasil pemeriksaan bakteri *E.Coli* yang dilakukan pada inlet dan outlet, tidak terjadi penurunan. Dimana pada inlet jumlah bakteri *E.Coli* ≥ 1898 (MPN/100ml) dan jumlah pada outlet tetap ≥ 1898 (MPN/100ml). Efisiensi penurunan yang terjadi adalah sebesar 0%. Bila 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 :

$$-2.101 < 0 < 2.101 \text{ (maka } H_0 \text{ diterima dan } H_a \text{ ditolak)}$$

Kesimpulan :

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara jumlah *E.Coli* pada Inlet dan Outlet
DITOLAK

H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara jumlah *E.Coli* pada Inlet dan Outlet DITERIMA

4.2.3 Pembahasan Jumlah Bakteri E.Coli

Hasil pengujian menunjukkan jumlah bakteri *E.Coli* tidak mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena semua bakteri dan mikroorganisme masih dalam keadaan mengalami pertumbuhan dan pembentukan lapisan biofilm. Ketika mikroorganisme diperkenalkan kepada media kultur segar, biasanya tidak ada penambahan jumlah sel atau massa, periode ini disebut fase awal. Fase awal (lag) merupakan masa penyesuaian mikroba, sejak inokulasi sel mikroba diinokulasikan ke media biakan. Selama periode ini tidak terjadi penangkaran sel. Selanjutnya bakteri mengalami fase Eksponensial, mikroorganisme tumbuh dan terbagi pada angka maksimal. Pada fase ini pertumbuhannya adalah konstan mengikuti fase eksponensial (Mangunwidjaja, 1994). Karena mikrobiologi dalam proses pertumbuhan dan bahan organik (makanan) banyak tersedia maka tidak terjadi pengurangan bakteri *E.Coli*

Biofilm melibatkan serangkaian mekanisme biologis dimana tidak mudah untuk menunjukkan mekanisme yang tepat dan yang mendukung penghilangan *E.coli*

tersebut, saat sistem beroperasi dalam berbagai mekanisme. Mekanisme biologis diantaranya adanya Predasi/predator, dimana mikrobiologi dalam *biofilm* mengkonsumsi bakteri dan patogen-patogen lain yang ditemukan dalam air (misalnya penyapuan bakteri oleh protozoa). Kematian alami/inaktivasi, sebagian besar organisme akan mati dalam lingkungan yang relative berbahaya karena meningkatnya kompetisi. (Yung, 2003).

Tidak terjadinya penurunan juga disebabkan karena besarnya jumlah bakteri *E. Coli* dalam suatu limbah *septictank*. Jumlah bakteri *E.Coli* dapat terjadi penurunan dalam jumlah yang kecil, tetapi penurunannya masih berada pada nilai maksimal jumlah perkiraan terdekat bakteri.

Reaktor *Fluidized bed* dimana didalamnya ditumbuhkan bakteri belum dapat menurunkan jumlah bakteri *E.Coli*, karena pada keadaan awal penumbuhan ditunjukkan dengan terjadinya kenaikan mikroorganisme, yang diharapkan terbentuk lapisan *biofilm* (Sugiharto, 1987).

4.3 Parameter pH

4.3.1 Hasil Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan setiap hari selama 30 hari. Titik Sampling yang diukur yaitu inlet dan outlet reaktor *Fluidized bed*. Pada Tabel 4.3 ditunjukkan perolehan data dan efisiensi dari hasil pengukuran pH.

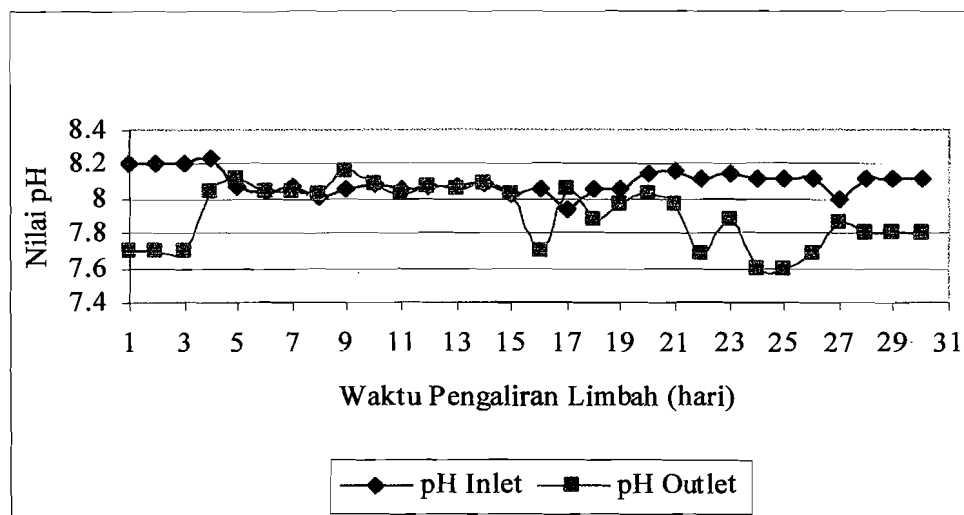
Tabel 4.3 Data Pengukuran dan Efisiensi Nilai pH

Hari ke	pH		Efisiensi (%)
	Inlet	Outlet	
1	8.2	7.7	6.10
2	8.2	7.7	6.10
3	8.2	7.7	6.10
4	8.23	8.04	2.31
5	8.07	8.11	-0.50
6	8.04	8.04	0.00
7	8.07	8.04	0.37
8	8.01	8.03	-0.25
9	8.05	8.16	-1.37
10	8.08	8.08	0.00
11	8.05	8.03	0.25
12	8.07	8.07	0.00
13	8.07	8.05	0.25
14	8.08	8.08	0.00
15	8.02	8.03	-0.12
16	8.05	7.7	4.35
17	7.94	8.05	-1.39
18	8.05	7.88	2.11
19	8.05	7.97	0.99
20	8.14	8.03	1.35
21	8.16	7.97	2.33
22	8.12	7.68	5.42
23	8.14	7.88	3.19
24	8.12	7.6	6.40
25	8.12	7.6	6.40
26	8.12	7.68	5.42
27	8	7.87	1.63
28	8.12	7.8	3.94
29	8.12	7.8	3.94
30	8.12	7.8	3.94
Xr	8.094	7.906	2.32

Keterangan: Angka (-) menunjukkan adanya kenaikan nilai pH

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

4.4



Gambar 4.4 Grafik Nilai pH Inlet dan Outlet

4.3.2 Analisa Hasil Pengukuran pH

Dari hasil pengukuran didapat nilai pH yang berkisar antara 7,6-8,23. Terjadi perubahan nilai pH pada setiap harinya. Efisiensi rata-rata penurunan nilai pH sebesar 2.32 %. Rata-rata nilai pH pada titik inlet sebesar 8,094 dan untuk titik outlet sebesar 7,906. Pada pengukuran pH terdapat perbedaan penurunan yang tidak 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 :

$$-2,001 < 0,7492 < 2,001 \text{ (maka } H_0 \text{ diterima dan } H_a \text{ ditolak)}$$

Kesimpulan :

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

DITOLAK

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

DITERIMA

4.3.3 Pembahasan Pengukuran pH

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

Sebagai faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan atau kehidupan mikroorganisme dalam air, kebanyakan mikroorganisme tumbuh terbaik pada pH 6,0-8,0 (Sutrisno, 1987). Pengaturan keasaman sangat perlu sebab zat metana sangat sensitif terhadap perubahan pH. Nilai pH diusahakan berkisar antara 6 dan 8 agar perkembangan organisme sangat pesat (Gintings, 1992)

Pengaruh dari perubahan pH terhadap sistem adalah sangat besar, oleh sebab itu perubahan pH yang terjadi harus dimonitor. Hal ini disebabkan karena antara lain pada sistem anaerobik, asam organik sudah akan terbentuk pada tahap pertama fermentasi. Bila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses

pembentukannya maka dapat dimengerti bila konsentrasi asam organik dalam sistem akan meningkat dan mempengaruhi besarnya pH (Rahayu, 1993)

Dari data pengukuran pH diketahui perubahan pH yang tidak signifikan. Data menunjukkan pH berkisar antara 7,6-8,23. Untuk mempertahankan sistem dalam keadaan anaerobik, yang akan menstabilkan limbah organik, bakteri methanogenesis dan non methanogenesis harus dalam keadaan keseimbangan dinamik. Untuk menciptakan kondisi demikian, reaktor semestinya tanpa oksigen terlarut dan sulfide. pH juga harus dijaga dalam rentang 6,6-7,6 dan alkalinity harus cukup untuk menjamin bahwa pH tidak akan turun dibawah 6,2 (Marsono, 1990). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa reaktor *Fluidized bed* belum mencapai kondisi anaerobik, yang dapat terlihat dari pH nya yang berkisar antara 7,6-8,23. Kondisi pH tersebut dapat mempengaruhi kinerja bakteri dalam menguraikan bahan organik dalam air limbah.

4.4 Parameter Suhu

4.4.1 Hasil Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu dilakukan setiap hari selama 30 hari. Titik Sampling yang diukur yaitu inlet dan outlet reaktor *Fluidized bed*. Pada Tabel 4.4 ditunjukkan perolehan data dan efisiensi dari hasil pengukuran suhu.

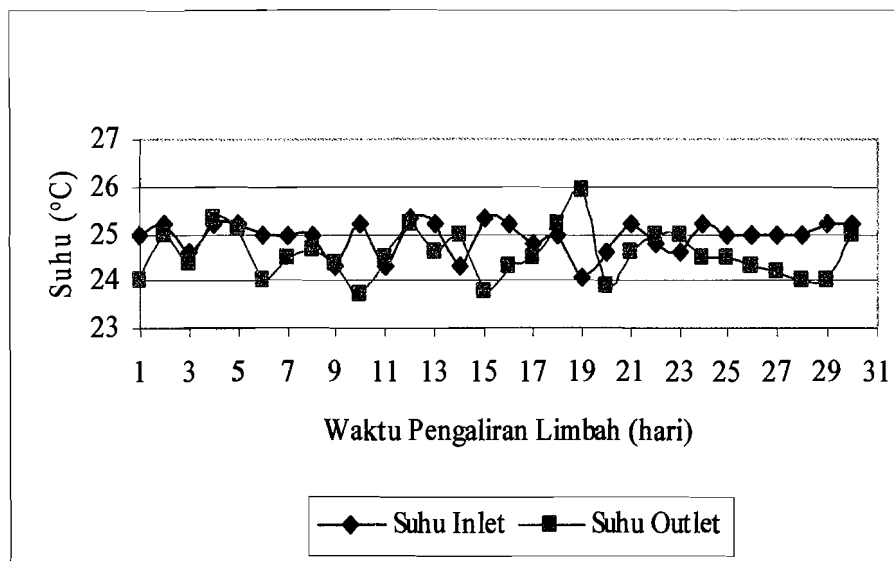
Tabel 4.4 Data Pengukuran dan Efisiensi Suhu

Hari ke	Suhu (°C)		Efisiensi (%)
	Inlet	Outlet	
1	25	24	4.00
2	25.2	25	0.79
3	24.6	24.4	0.81
4	25.2	25.3	-0.40
5	25.2	25.1	0.40
6	25	24	4.00
7	25	24.5	2.00
8	25	24.7	1.20
9	24.3	24.4	-0.41
10	25.2	23.7	5.95
11	24.3	24.5	-0.82
12	25.3	25.2	0.40
13	25.2	24.6	2.38
14	24.3	25	-2.88
15	25.3	23.8	5.93
16	25.2	24.3	3.57
17	24.8	24.5	1.21
18	25	25.2	-0.80
19	24.1	25.9	-7.47
20	24.6	23.9	2.85
21	25.2	24.6	2.38
22	24.8	25	-0.81
23	24.6	25	-1.63
24	25.2	24.5	2.78
25	25	24.5	2.00
26	25	24.3	2.80
27	25	24.2	3.20
28	25	24	4.00
29	25.2	24	4.76
30	25.2	25	0.79
Xr	24.93	24.57	1.46

Keterangan: Angka (-) menunjukkan adanya kenaikan suhu

Hasil perolehan data dari pengukuran suhu dapat juga dilihat pada Gambar

4.4



Gambar 4.4 Grafik Pengukuran Suhu Inlet dan Outlet

4.4.2 Analisa Hasil Pengukuran Suhu

Dari hasil pengukuran pada inlet dan outlet diketahui suhu reaktor yang berkisar antara 23,7-25,9°C . Efisiensi rata-rata perubahan sebesar 1,46 %. Rata-rata suhu pada titik inlet sebesar 24,93°C dan untuk titik outlet sebesar 24,57°C. Pada pengukuran suhu terdapat perbedaan penurunan yang tidak 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 :

$$- 2,001 < 0,7492 < 2,001 \text{ (maka } H_0 \text{ diterima dan } H_a \text{ ditolak)}$$

Kesimpulan :

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

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

4.4.3 Pembahasan Pengukuran Suhu

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

Peningkatan suhu menyebabkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, dan volatilisasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan peningkatan gas dalam air, misalnya O₂, CO₂, N₂, CH₄ dan sebagainya (Haslam,1995). Selain itu peningkatan suhu juga menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air dan selanjutnya menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen. Peningkatan suhu disertai dengan penurunan kadar oksigen terlarut, sehingga keberadaan oksigen sering kali tidak mampu memenuhi kebutuhan oksigen organisme akuatik dalam melakukan proses metabolisme dan respirasi.

Penurunan suhu akan mengakibatkan gagalnya proses fermentasi, bakteri-bakteri anaerobik yang bersifat *mesofilik* biasanya dapat tumbuh pada suhu 20 – 45°C. Suhu yang optimum untuk proses fermentasi metana adalah sekitar 37 – 40°C.

Sedangkan bakteri yang bersifat *termofilik* yaitu yang hidup pada kisaran suhu 50 – 65°C suhu optimumnya adalah 55°C. Hasil penelitian Hils dan kawan – kawan (1969) menunjukkan bahwa pada suhu diatas 40°C maka produksi metana akan menurun dengan tajam.

Jadi dari hasil pemantauan suhu dalam reaktor *Fluidized bed* ini maka keadaan suhu masih cukup baik bagi pertumbuhan mikroorganisme. Dapat dilihat dari kisaran suhu 23,7-25,9 °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 reaktor *Fluidized bed* pada saat *start up* dapat menurunkan konsentrasi *Chemica Oxigen Demand* (COD) dengan rata-rata persentase penurunan 14,063 %
2. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa reaktor *Fluidized bed* pada saat *startup* belum dapat menurunkan jumlah bakteri *E.Coli*, dimana jumlah bakteri *E.Coli* di outlet masih ≥ 1898 (MPN/100ml).
3. Pada pengukuran nilai pH dan suhu diketahui bahwa terjadi perubahan setelah melewati reaktor *Fluidized bed*. Rata-rata persentase penurunan nilai pH 2,32 % dan suhu 1,46 %.
4. Penurunan konsentrasi COD terjadi karena adanya penguraian oleh aktifitas mikroorganisme dan proses filtrasi oleh media. Sedangkan *E.Coli* tidak terjadi penurunan karena mikroorganisme dalam keadaan pertumbuhan.
5. Reaktor *Fluidized bed* belum efektif apabila sudah dijalankan pada saat *start up*.



5.1 Saran

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

1. Untuk penelitian selanjutnya, dapat melakukan percobaan dengan menggunakan media yang berbeda.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap reaktor *Fluidized Bed* pada saat kondisi *Steady Stead*.
3. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan variasi diameter media dan waktu detensi.
4. Perlu dilakukan penjagaan terhadap kondisi reaktor agar sesuai dengan kondisi yang diharapkan.

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, 2000, *Benarkah Kemasan "Styrofoam" Karsinogenik?*, <http://www.kompas.com/kompas-cetak/0006/14/iptek/bena07.htm> (diakses 2 september 2006).
- Anonim, 2003, *Plastik dan Gabus Sama Resikonya*, <http://forum.upi.edu/main/viewtopic.php?pid=10571> (diakses 14 Agustus 2006).
- Anonim, 2003, *Fluidized Bed Biological Sistem*, <http://www.aquaneering.com/fluidized.htm> (diakses 2 september 2006).
- Cookson, John, 1995, *Bioremediasi Engineering, Desigan and Aplication*, Mc Graw Hill, New York.
- Effendi, Hefni, 1995, *Telaah Kualitas Air*, Kanisius, Yogyakarta.
- Fardiaz, Srikandi, 1992. *Polusi Air dan Udara*, Kanisius, Yogyakarta.
- Gintings, P, 1992, *Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri*, Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- Jenie dan Rahayu, 1993, *Penanganan Limbah Industri Pangan*, Kanisius, Jogjakarta.
- Joko, Bowo, 2000, *Teknik Pengolahan Limbah Secara Biologi*, Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.

- Lay, B.W., 1994, *Analisis Mikroba di Laboratorium*, Raja 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.
- Metcalf, and Eddy, 2003, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, 4th Edition, McGraw-Hill, New York.
- Prescott, L. M., Harley, J. P., and Klein, D. A, 1999, *Microbiology*, McGraw-Hill Companies, USA.
- Qasim, S. R, 1985, *Wastewater Treatment Plants and Operation Planning, Design*, Holt, Rinehart and Winston, USA.
- Reynol and Richard, 1996, *Unit Operation and Processes In Environmental Engineering*, PWS Publishing Company, America
- Rittmann, B, 2001, *Environmental Biotechnology*, McGraw-Hill Companies, America.
- Slamet., Soemirat, J, 1994, *Kesehatan Lingkungan*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
-
- Sugiharto, 1987, *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Suriawiria, Unus, 1993, *Mikrobiologi Air Dan Dasar – Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*, Alumni, Bandung.
- Veenstra, S, 1995, *Wastewater Treatment*, International Institute for Infrastructur, Hydraulic and Enviromental Engineering Delft, Bangkok

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

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

Analisa Data Perbandingan

Dua Variabel Bebas

(Uji t / t-Test)

LAMPIRAN

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)

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	264.3036	227.1343333
Variance	13690.32628	36598.23976
Observations	15	15
Pooled Variance	25144.28302	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	28	
t Stat	0.641940825	
P(T<=t) one-tail	0.26306636	
t Critical one-tail	1.701130908	
P(T<=t) two-tail	0.52613272	
t Critical two-tail	2.048407115	

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 (\bar{X}_r); standar deviasi (s); varians (S) dan korelasi (r)

Hari ke	Inlet (mg/L) X1	Outlet (mg/L) X2	X1 * X2	X1 ²	X2 ²
1	212.959	836.627	178167.249	45351.536	699944.737
3	183.454	305.542	56052.902	33655.370	93355.914
5	156.493	401.687	62861.204	24490.059	161352.446
7	251.620	148.353	37328.582	63312.624	22008.613
9	268.916	129.023	34696.349	72315.815	16646.935
11	191.084	182.436	34860.601	36513.095	33282.894
13	304.526	169.719	51683.848	92736.085	28804.539
15	209.398	168.193	35219.278	43847.522	28288.885
17	157.510	173.788	27373.348	24809.400	30202.269
19	242.972	316.225	76833.821	59035.393	99998.251
21	469.344	97.483	45753.061	220283.790	9502.935
23	401.178	95.957	38495.837	160943.788	9207.746
25	112.744	81.205	9155.377	12711.210	6594.252
27	283.668	180.402	51174.275	80467.534	32544.882
29	518.688	120.375	62437.068	269037.241	14490.141
Σ	3964.554	3407.015	802092.79	1239510.46	1286225.43
Xr	264.304	227.134			
s	117.006	191.307			
S	13690.32	36598.24			
r		-0.31			

Langkah 4 : Mencari t hitung

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

$$= \frac{264,304 - 227,134}{\sqrt{\frac{13690,32}{15} + \frac{36598,24}{15} - 2 * (-0,31) \left(\frac{117,006}{\sqrt{15}} \right) + \left(\frac{191,307}{\sqrt{15}} \right)^2}} = 0,64194$$

Langkah 5: Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)
2. $dk = n_1 + n_2 - 2 = 15 + 15 - 2 = 28$

Sehingga diperoleh t tabel = 2.048

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 $-2.048 < 0,6419 < 2.048$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Langkah 7 : Kesimpulan

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

1.2 t-test Analisa Jumlah *E. Coli*

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances (*E. Coli*)

	Variable	
	Variable 1	2
Mean	1898	1898
Variance	0	0
Observations	10	10
Pooled Variance	0	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	18	
t Stat	0	
P(T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.734063592	
P(T<=t) two-tail	0	
t Critical two-tail	2.100922037	

Langkah-Langkah Pengerjaan t-test Analisa Jumlah *E. Coli*

Langkah 1: Membuat H_a dan H_o dalam bentuk kalimat

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara jumlah *E. Coli* pada inlet dan outlet

H_o : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara jumlah *E. Coli* 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 (MPN/100ml) X1	Outlet (MPN/100ml) X2	X1 * X2	X1 ²	X2 ²
1	1898	1898	3602404	3602404	3602404
4	1898	1898	3602404	3602404	3602404
7	1898	1898	3602404	3602404	3602404
10	1898	1898	3602404	3602404	3602404
13	1898	1898	3602404	3602404	3602404
16	1898	1898	3602404	3602404	3602404
19	1898	1898	3602404	3602404	3602404
22	1898	1898	3602404	3602404	3602404
25	1898	1898	3602404	3602404	3602404
28	1898	1898	3602404	3602404	3602404
Σ	18980	18980	36024040	36024040	36024040
Xr	1898	1898			
s	0	0			
S	0	0			
r		1.00			

Langkah 4 : Mencari t hitung

$$t_{hitung} = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{S_1}{n_1} + \frac{S_2}{n_2} - 2r \left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) + \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right)}}$$

$$= \frac{1898 - 1898}{\sqrt{\frac{0}{10} + \frac{0}{10} - 2 * (1,00) \left(\frac{0}{\sqrt{10}} \right) + \left(\frac{0}{\sqrt{10}} \right)}} = 0$$

Langkah 5: Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)
2. $dk = n_1 + n_2 - 2 = 10 + 10 - 2 = 18$

Sehingga diperoleh t tabel = 2.101

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 $-2.101 < 0 < 2.101$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Langkah 7 : Kesimpulan

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara jumlah *E.Coli* pada inlet dan outlet

DITOLAK.

H_0 : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara jumlah *E.Coli* pada inlet dan

outlet **DITERIMA.**

1.3 t-test Analisa Nilai pH

t-test: Two-Sample Assuming Equal Variances (pH)

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	8.093666667	7.905666667
Variance	0.004341264	0.029452989
Observations	30	30
Pooled Variance	0.016897126	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	58	
t Stat	0.749276242	
P(T<=t) one-tail	3.06316E-07	
t Critical one-tail	1.671552763	
P(T<=t) two-tail	6.12633E-07	
t Critical two-tail	2.001717468	

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 (X_r); standar deviasi (s); varians (S) dan korelasi (r)

Hari ke	Inlet X1	Outlet X2	X1 * X2	X1 ²	X2 ²
1	8.2	7.7	63.14	67.24	59.29
2	8.2	7.7	63.14	67.24	59.29
3	8.2	7.7	63.14	67.24	59.29
4	8.23	8.04	66.17	67.73	64.64
5	8.07	8.11	65.45	65.12	65.77
6	8.04	8.04	64.64	64.64	64.64
7	8.07	8.04	64.88	65.12	64.64
8	8.01	8.03	64.32	64.16	64.48
9	8.05	8.16	65.69	64.80	66.59
10	8.08	8.08	65.29	65.29	65.29
11	8.05	8.03	64.64	64.80	64.48
12	8.07	8.07	65.12	65.12	65.12
13	8.07	8.05	64.96	65.12	64.80
14	8.08	8.08	65.29	65.29	65.29
15	8.02	8.03	64.40	64.32	64.48
16	8.05	7.7	61.99	64.80	59.29
17	7.94	8.05	63.92	63.04	64.80
18	8.05	7.88	63.43	64.80	62.09
19	8.05	7.97	64.16	64.80	63.52
20	8.14	8.03	65.36	66.26	64.48
21	8.16	7.97	65.04	66.59	63.52
22	8.12	7.68	62.36	65.93	58.98
23	8.14	7.88	64.14	66.26	62.09
24	8.12	7.6	61.71	65.93	57.76
25	8.12	7.6	61.71	65.93	57.76
26	8.12	7.68	62.36	65.93	58.98
27	8	7.87	62.96	64.00	61.94
28	8.12	7.8	63.34	65.93	60.84
29	8.12	7.8	63.34	65.93	60.84
30	8.12	7.8	63.34	65.93	60.84
Σ	242.81	237.17	1919.43	1965.35	1875.84
Xr	8.09	7.91			
s	0.07	0.17			
S	0.0044	0.029			
r		-1.00			

Langkah 4 : Mencari t hitung

$$t_{hitung} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1}{n_1} + \frac{S_2}{n_2} - 2r \left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) + \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right)}}$$
$$= \frac{8,09 - 7,91}{\sqrt{\frac{0,0044}{30} + \frac{0,029}{30} - 2 * (-1,00) \left(\frac{0,07}{\sqrt{30}} \right) + \left(\frac{0,17}{\sqrt{30}} \right)}} = 0,7492$$

Langkah 5: Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)
2. $dk = n_1 + n_2 - 2 = 30 + 30 - 2 = 58$
Sehingga diperoleh t tabel = 2,001
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 $-2,001 < 0,7492 < 2,001$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Langkah 7 : Kesimpulan

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

DITOLAK.

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

DITERIMA.

1.4 t-test Analisa Suhu

t-test: Two-Sample Assuming Equal Variances (Suhu)

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	24.93333333	24.57
Variance	0.113333333	0.26837931
Observations	30	30
Pooled Variance	0.190856322	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	58	
t Stat	0.747749531	
P(T<=t) one-tail	0.001047677	
t Critical one-tail	1.671552763	
P(T<=t) two-tail	0.002095354	
t Critical two-tail	2.001717468	

Langkah-Langkah Pengerjaan t-test Analisa Suhu

Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

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

Ho : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara suhu 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 (°C) X1	Outlet (°C) X2	X1 * X2	X1 ²	X2 ²
1	25	24	600.00	625.00	576.00
2	25.2	25	630.00	635.04	625.00
3	24.6	24.4	600.24	605.16	595.36
4	25.2	25.3	637.56	635.04	640.09
5	25.2	25.1	632.52	635.04	630.01
6	25	24	600.00	625.00	576.00
7	25	24.5	612.50	625.00	600.25
8	25	24.7	617.50	625.00	610.09
9	24.3	24.4	592.92	590.49	595.36
10	25.2	23.7	597.24	635.04	561.69
11	24.3	24.5	595.35	590.49	600.25
12	25.3	25.2	637.56	640.09	635.04
13	25.2	24.6	619.92	635.04	605.16
14	24.3	25	607.50	590.49	625.00
15	25.3	23.8	602.14	640.09	566.44
16	25.2	24.3	612.36	635.04	590.49
17	24.8	24.5	607.60	615.04	600.25
18	25	25.2	630.00	625.00	635.04
19	24.1	25.9	624.19	580.81	670.81
20	24.6	23.9	587.94	605.16	571.21
21	25.2	24.6	619.92	635.04	605.16
22	24.8	25	620.00	615.04	625.00
23	24.6	25	615.00	605.16	625.00
24	25.2	24.5	617.40	635.04	600.25
25	25	24.5	612.50	625.00	600.25
26	25	24.3	607.50	625.00	590.49
27	25	24.2	605.00	625.00	585.64
28	25	24	600.00	625.00	576.00
29	25.2	24	604.80	635.04	576.00
30	25.2	25	630.00	635.04	625.00
Σ	748.00	737.10	18377.16	18653.42	18118.33
Xr	24.93	24.57			
s	0.34	0.52			
S	0.113	0.268			
r		-1.00			

Langkah 4 : Mencari t hitung

$$t_{hitung} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1}{n_1} + \frac{S_2}{n_2} - 2r \left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) + \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right)}}$$
$$= \frac{24,93 - 24,57}{\sqrt{\frac{0,113}{30} + \frac{0,268}{30} - 2 * (-1,00) \left(\frac{0,34}{\sqrt{30}} \right) + \left(\frac{0,52}{\sqrt{30}} \right)}} = 0,7477$$

Langkah 5: Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)
2. $dk = n_1 + n_2 - 2 = 30 + 30 - 2 = 58$

Sehingga diperoleh t tabel = 2,001

3. Kriteria pengujian dua pihak

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

Langkah 6: Membandingkan t tabel dengan t hitung

Ternyata $-t_{tabel} \leq t_{hitung} \leq + t_{tabel}$

Atau $-2,001 < 0,7477 < 2,001$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Langkah 7 : Kesimpulan

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

DITOLAK.

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

DITERIMA

LAMPIRAN 2

SNI 06-6989.2-2004

**Mengenai Cara Uji COD dengan Metode
Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri**

Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup	1
2 Istilah dan definisi.....	1
3 Cara uji.....	2
3.1 Prinsip.....	2
3.2 Bahan	2
3.3 Peralatan	3
3.4 Keselamatan kerja	3
3.5 Persiapan dan pengawetan contoh uji.....	3
3.6 Persiapan pengujian	4
3.7 Prosedur	4
3.8 Perhitungan	4
4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu.....	4
4.1 Jaminan mutu	4
4.2 Pengendalian mutu.....	5
5 Rekomendasi.....	5
Lampiran A Pelaporan	6
Bibliografi.....	7

Prakata

Dalam rangka menyeragamkan teknik pengujian kualitas air dan air limbah sebagaimana telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 1988 tentang Baku Mutu Air dan Nomor 37 Tahun 2003 tentang Metode Analisis Pengujian Kualitas air Permukaan dan Pengambilan Contoh Air Permukaan, maka dibuatlah Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pengujian parameter-parameter kualitas air dan air limbah sebagaimana yang tercantum didalam Keputusan Menteri tersebut.

Metode ini merupakan hasil kaji ulang dari SNI yang telah kadaluarsa dan menggunakan referensi dari metode standar internasional yaitu *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. Metode ini telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi dan verifikasi metode serta dikonsensuskan oleh Subpanitia Teknis Kualitas Air dari Panitia Teknis 207S, *Manajemen Lingkungan* dengan para pihak terkait.

Standar ini telah disepakati dan disetujui dalam rapat konsensus dengan peserta rapat yang mewakili produsen, konsumen, ilmuwan, instansi teknis, pemerintah terkait dari pusat maupun daerah pada tanggal 30 Januari 2004 di Serpong, Tangerang – Banten.

Metode ini berjudul *Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri* yang merupakan revisi dari SNI 06-2504-1991 dengan judul *Metode pengujian kadar kebutuhan oksigen kimiawi dalam air dengan dengan alat refluks tertutup*.

Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk pengujian kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dalam air dan air limbah dengan reduksi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ secara spektrofotometri pada kisaran nilai KOK 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L pada panjang gelombang 600 nm dan nilai KOK lebih kecil 100 mg/L pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 420 nm.

Metode ini digunakan untuk contoh uji air dan air limbah dan tidak berlaku bagi air limbah yang mengandung ion klorida lebih besar dari 2000 mg/L.

2 Istilah dan definisi

2.1

larutan induk

larutan baku kimia yang dibuat dengan kadar tinggi dan akan digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah

2.2

larutan baku

larutan induk yang diencerkan dengan air suling bebas organik, dan mempunyai nilai KOK 500 mg/L

2.3

larutan kerja

larutan baku yang diencerkan dengan air suling bebas organik, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan mempunyai kisaran nilai KOK: 0,0 mg/L; 100 mg/L ; 200 mg/L; 300mg/L; 400mg/L

2.4

larutan blanko atau air suling bebas organik

adalah air suling yang tidak mengandung organik atau mengandung organik dengan kadar lebih rendah dari batas deteksi

2.5

kurva kalibrasi

grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan absorbansi yang merupakan garis lurus

2.6

blind sample

larutan baku dengan kadar tertentu

2.7

spike matrix

contoh uji yang diperkaya dengan larutan baku dengan kadar tertentu

2.8

SRM (Standard Reference Material)

bahan standar yang tertelusur ke sistem nasional

2.9

CRM (Certified Reference Material)

bahan standar bersertifikat yang tertelusur ke sistem nasional atau internasional

3 Cara uji

3.1 Prinsip

KOK (*Chemical Oxygen Demand = COD*) adalah jumlah oksidan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ yang bereaksi dengan contoh uji dan dinyatakan sebagai mg O_2 untuk tiap 1000 mL contoh uji.

Senyawa organik dan anorganik, terutama organik dalam contoh uji dioksidasi oleh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dalam refluks tertutup menghasilkan Cr^{3+} . Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen (O_2 mg /L) diukur secara spektrofotometri sinar tampak. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 400 nm dan Cr^{3+} kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 600 nm.

Untuk nilai KOK 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L ditentukan kenaikan Cr^{3+} pada panjang gelombang 600 nm. Pada contoh uji dengan nilai KOK yang lebih tinggi, dilakukan pengenceran terlebih dahulu sebelum pengujian. Untuk nilai KOK lebih kecil atau sama dengan 90 mg/L ditentukan pengurangan konsentrasi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ pada panjang gelombang 420 nm.

3.2 Bahan

- a) Air suling bebas klorida dan bebas organik.
- b) Larutan pencerna (*digestion solution*) pada kisaran konsentrasi tinggi.
Tambahkan 10,216 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang telah dikeringkan pada suhu 150°C selama 2 jam ke dalam 500 ml air suling. Tambahkan 167 mL H_2SO_4 pekat dan 33,3 g HgSO_4 . Larutkan, dan dinginkan pada suhu ruang dan encerkan sampai 1000 mL.
- c) Larutan pencerna (*digestion solution*) pada kisaran konsentrasi rendah.
Tambahkan 1,022 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang telah dikeringkan pada suhu 150°C selama 2 jam ke dalam 500 mL air suling. Tambahkan 167 mL H_2SO_4 pekat dan 33,3 g HgSO_4 . Larutkan, dan dinginkan pada suhu ruang dan encerkan sampai 1000 mL.
- d) Larutan pereaksi asam sulfat
Tambahkan serbuk atau kristal Ag_2SO_4 teknis ke dalam H_2SO_4 pekat dengan perbandingan 5,5 g Ag_2SO_4 untuk tiap satu kg H_2SO_4 pekat atau 10,12 g Ag_2SO_4 untuk tiap 1000 mL H_2SO_4 pekat. Biarkan 1 jam sampai dengan 2 jam sampai larut, aduk.
- e) Asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$).
Digunakan jika gangguan nitrit akan dihilangkan. Tambahkan 10 mg asam sulfamat untuk setiap mg NO_2^- N yang ada dalam contoh uji.
- f) Larutan standar kalium hidrogen phtalat, $\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$ (KHP).
Gerus perlahan KHP lalu keringkan sampai berat konstan pada suhu 110°C . Larutkan 425 mg KHP ke dalam air suling, encerkan sampai 1000 mL. Secara teori, KHP mempunyai nilai KOK 1,176 mg O_2 /mg KHP dan larutan ini secara teori mempunyai nilai KOK 500 μg O_2 /mL. Larutan ini stabil bila disimpan dalam kondisi dingin. Hati-hati terhadap pertumbuhan biologi. Siapkan dan pindahkan larutan dalam kondisi steril. Sebaiknya larutan ini dipersiapkan setiap 1 minggu.

3.3 Peralatan

- a) spektrofotometer sinar tampak;
- b) kuvet;
- c) tabung pencerna, lebih baik gunakan kultur tabung borosilikat dengan ukuran 16 mm x 100 mm; 20 mm x 150 mm atau 25 mm x 150 mm bertutup ulir. Atau alternatif lain, gunakan ampul borosilikat dengan kapasitas 10 mL (diameter 19 mm sampai dengan 20 mm);
- d) pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung;
- e) mikroburet;
- f) labu ukur 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL dan 1000 mL;
- g) pipet volum 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL dan 25 mL;
- h) gelas piala; dan
- i) timbangan analitik.

3.4 Keselamatan kerja

Perhatian Selalu gunakan pelindung wajah dan sarung tangan untuk melindungi dari panas dan kemungkinan ledakan tinggi pada suhu 150°C.

3.5 Persiapan dan pengawetan contoh uji

3.5.1 Persiapan contoh uji

- a) Homogenkan contoh uji.
- b) Cuci tabung reflus dan tutupnya dengan H₂SO₄ 20% sebelum digunakan.
- c) Pipet volume contoh uji dan tambahkan larutan pencerna dan tambahkan larutan pereaksi asam sulfat yang memadai ke dalam tabung atau ampul, seperti yang dinyatakan dalam tabel berikut:

Tabel 1 Contoh uji dan larutan pereaksi untuk bermacam-macam tabung pencerna

Tabung pencerna	Contoh uji (mL)	Larutan pencerna (mL)	Larutan pereaksi asam sulfat (mL)	Total volume (mL)
Tabung kultur				
16 x 100 mm	2,50	1,50	3,5	7,5
20 x 150 mm	5,00	3,00	7,0	15,0
25 x 150 mm	10,00	6,00	14,0	30,0
Standar Ampul : 10 ml	2,50	1,50	3,5	7,5

- d) Tutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen.
- e) Letakkan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150°C, lakukan reflus selama 2 jam.

3.5.2 Pengawetan contoh uji

Contoh uji diawetkan dengan menambahkan H₂SO₄ sampai pH lebih kecil dari 2,0 dan contoh uji disimpan pada pendingin 4°C dengan waktu simpan 7 hari.

3.6 Persiapan pengujian

Pembuatan kurva kalibrasi

- a) Optimalkan alat uji spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat untuk pengujian KOK.
- b) Siapkan setidaknya 5 larutan standar KHP ekuivalen dengan KOK untuk mewakili kisaran konsentrasi.
- c) Gunakan volume pereaksi yang sama antara contoh dan larutan standar KHP.
- d) Baca absorbansinya pada panjang gelombang 600 nm atau panjang gelombang 420 nm.
- e) Buat kurva kalibrasi.

3.7 Prosedur

- a) Dinginkan perlahan-lahan contoh yang sudah direfluks sampai suhu ruang untuk mencegah terbentuknya endapan. Jika perlu, saat pendinginan sesekali tutup contoh dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas.
- b) Biarkan suspensi mengendap dan pastikan bagian yang akan diukur benar-benar jernih .
- c) Ukur contoh dan larutan standar pada panjang gelombang yang telah ditentukan (420 nm atau 600 nm).
- d) Pada panjang gelombang 600 nm, gunakan blanko yang tidak direfluks sebagai larutan referensi.
- e) Jika konsentrasi KOK lebih kecil atau sama dengan 90 mg/L, lakukan pengukuran pada panjang gelombang 420 nm, gunakan pereaksi air sebagai larutan referensi.
- f) Ukur absorpsi blanko yang tidak direfluks yang mengandung dikromat, dengan pereaksi air sebagai pengganti contoh uji, akan memberikan absorpsi dikromat awal.
- g) Perbedaan absorbansi antara contoh yang direfluks dan yang tidak direfluks adalah pengukuran KOK contoh uji.
- h) Plot perbedaan absorbansi antara blanko yang direfluks dan absorbansi larutan standar yang direfluks terhadap nilai KOK untuk masing-masing standar.
- i) Lakukan analisa duplo.

3.8 Perhitungan

Nilai KOK : sebagai mg /L O₂

- a) Masukkan hasil pembacaan absorbansi contoh uji ke dalam kurva kalibrasi
- b) Nilai KOK adalah hasil pembacaan konsentrasi contoh uji dari kurva kalibrasi.

4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

4.1 Jaminan mutu

- a) Gunakan bahan kimia pro analisa (pa).
- b) Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- c) Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- d) Gunakan air suling bebas organik untuk pembuatan blanko dan larutan kerja.
- e) Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- f) Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu simpan maksimum 7 hari.

4.2 Pengendalian mutu

- a) Linieritas kurva kalibrasi (r) harus lebih besar atau sama dengan 0,995.
- b) Lakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi. Kandungan organik (nilai KOK) dalam larutan blanko harus lebih kecil dari batas deteksi.
- c) Lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis. Perbedaan persen relatif (*Relative Percent Different, RPD*) terhadap dua penentuan (replikasi) adalah lebih kecil atau sama dengan 5%, dengan menggunakan persamaan berikut :

$$RPD = \frac{(X_1 - X_2)}{(X_1 + X_2) / 2} \times 100\%$$

dengan pengertian:

X_1 adalah konsentrasi KOK pada penentuan pertama;

X_2 adalah konsentrasi KOK pada penentuan ke dua.

Bila nilai RPD lebih besar dari 5%, pengujian harus diulang.

5 Rekomendasi

Kontrol akurasi dapat dilakukan dengan salah satu dari berikut ini:

- a) Analisis *SRM*.
- b) Lakukan analisis *SRM (Standard Reference Material)* untuk kontrol akurasi.
- c) Analisis blind sample.
- d) Kisaran persen temu balik adalah 85% sampai dengan 115% atau sesuai dengan kriteria dalam sertifikat CRM.
- e) Buat kartu kendali (*control chart*) untuk akurasi analisis.

Lampiran A
(normatif)
Pelaporan

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut.

- 1) Parameter yang dianalisis.
- 2) Nama analisis.
- 3) Tanggal analisis.
- 4) Rekaman hasil pengukuran duplo, triplo dan seterusnya.
- 5) Rekaman kurva kalibrasi atau kromatografi.
- 6) Nomor contoh uji.
- 7) Tanggal penerimaan contoh uji.
- 8) Batas deteksi.
- 9) Rekaman hasil perhitungan.
- 10) Hasil pengukuran persen *spike matrix* dan *CRM* atau *blind sample* (bila dilakukan).
- 11) Kadar kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dalam contoh uji.

Bibliografi

Lenore S.Clesceri et al. "*Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*", 20th Edition, 1998, Metode 5220 D (*Closed Reflux, Colorimetric Method*)

Methode Most Probable Number (MPN)

LAMPIRAN 3

PERHITUNGAN BACTERI COLIFORM, COLIFORM TINJA, ESCHERICHIA COLI DENGAN METHODE MOST PROBABLE NUMBER (M P N)

SPECIMEN :

Makanan, minuman, air.

DIFINISI :

- * Most probable number = perkiraan terdekat jumlah.
- * Bacteri coliform = bakteri golongan coli, yang ditandai dengan kemampuan bakteri itu menguraikan lactose menjadi asam dan gas di dalam media Brilliant green lactose bile broth pada inkubasi suhu 37° C 48 jam.
Contoh : Genus Klebsiella, Genus Enterobacter, Genus Eschericia.
- * Coliform tinja = coliform yang mampu tumbuh pada 44,5° C 24 jam.
- * Escherichia coli = Gram (-) batang yang menguraikan lactose sampai dengan gas, memproduksi indol, Simmon's citrate negatif.

CARA PEMERIKSAAN :

A. Persiapan specimen :

- * Untuk specimen yang padat atau cair tapi pekat, dilarutkan dulu dengan aquadest atau air garam steril atau Quarter strength Ringer solution.
10 gram atau 10 cc specimen ditambah aquadest steril atau lainnya sampai 100 cc.
- * Sedangkan specimen cair dapat langsung diperiksa.

B. Ragam LB yang digunakan :

1. Ragam I : 5 X 10 ml, 1 X 1 ml, 1 x 0,1 ml.

Untuk specimen yang sudah diolah atau yang angka kumannya diperkirakan rendah.

a. Specimen cair atau yang dilarutkan ditanam didalam :

- 5 tabung Lactose broth Triple strength masing-masing 10 ml.
- 1 tabung Lactose broth single strength, 1 ml.
- 1 tabung Lactose broth single strength, 0,1 ml.

Masuk inkubator 37° C 48 jam.

b. Tiap-tiap tabung Lactose broth (LB) yang menunjukkan positif gas, ditanam kedalam Brilliant green lactose bile broth (BGLB).

Masuk inkubator 37° C 48 jam.

c. Dibaca dan dicatat BGLB yang menunjukkan positif gas, masing-masing ditanam Mac Conkey agar/Endo agar/Eosin Methylene Blue agar/Tergitol 7 agar plate, Masuk inkubator 37° C 24 jam.

Untuk mendapatkan index MPN coliform, digunakan tabel MPN berdasarkan tabung-tabung BGLB positif gas.

d. Koloni yang tersangka E. coli ditanam pada SIM/MIO/MIU (untuk mengetahui produksi indol) dan Simmon's citrate (untuk mengetahui kemampuan bakteri dengan citrate sebagai sumber carbon) serta TSI agar.

Masuk inkubator 37° C 24 jam.

e. Dibaca dan dicatat pertumbuhan pada media TSI, SIM dan SC untuk memastikan apakah E. coli atau bukan. Kemudian dicari pada tabel MPN untuk menentukan index MPN E. coli.

2. Ragam II : 5 X 10 ml, 5 X 1 ml, 5 X 0,1 ml.

Untuk specimen yang belum diolah atau yang angka kumannya diperkirakan tinggi. Kalau perlu penanaman dapat dilanjutkan dengan 5 X 0,01 ml dst.

Yang bisa diperiksa dengan cara ini ialah sumur, gali, air mata air, air hujan, air sungai, air kolam renang dsb.

a. Specimen air tanpa diencerkan ditanam didalam media :

- 5 tabung LB triple strength masing-masing 10 ml.
- 5 tabung LB single strength masing-masing 1 ml.
- 5 tabung LB single strength masing-masing 0,1 ml.

Masuk inkubator 37° C 48 jam.

b. LB yang positif gas ditanam didalam BGLB masing-masing 2 tabung.

Satu seri BGLB diinkubasikan 37° C 48 jam dan satu seri BGLB yang lain diinkubasikan 44 - 44,5° C 24 jam.

c. Pada waktunya dibaca dan dicatat berapa tabung BGLB yang (+) gas dari masing-masing kelompok penanaman. Angka-angka yang diperoleh dicocokkan dengan tabel MPN untuk memperoleh index MPN coliform (inkubasi 37° C 48 jam) dan index MPN coliform tinja (inkubasi 44 - 44,5° C 24 jam).

3. *Ragam III* : 3 X 10 ml, 3 X 1 ml, 3 X 0,1 ml.

Adalah ragam alternatif untuk ragam II, apabila jumlah tabung terbatas, begitu pula persediaan media juga terbatas.

Cara pelaksanaannya seperti ragam II.

C. CONTOH PEMBACAAN HASIL :

Ragam I :

Tabung 5 X 10 ml, BGLB (+) gas : 3)

Tabung 1 X 1 ml, BGLB (+) gas : 1) Index MPN : 12.

Tabung 1 X 0,1 ml, BGLB (+) gas : 0)

Ragam II :

Tabung 5 X 10 ml, BGLB (+) gas : 2)

Tabung 5 X 1 ml, BGLB (+) gas : 1) Index MPN : 9.

Tabung 5 X 0,1 ml, BGLB (+) gas : 1)

Ragam III :

Tabung 3 X 10 ml, BGLB (+) gas : 3)

Tabung 3 X 1 ml, BGLB (+) gas : 2) Index MPN : 95.

Tabung 3 X 0,1 ml, BGLB (+) gas : 1)

CATATAN :

* Apabila dalam pembacaan BGLB, semua tabung menunjukkan hasil (+) gas, penanaman dapat diteruskan dengan mengencerkan specimen 10X atau 100X lebih rendah dari pada ragam LB yang sudah dikerjakan.

Hasil MPN yang diperoleh dikalikan dengan 10 X atau 100 X.

* Penghitungan index MPN dapat pula dilakukan dengan formula Thomas :

$$(A + B + C) \times (\sqrt{(S \times N)})^{-1} \times 100 = \dots\dots\dots$$

A = jumlah tabung (+) gas penanaman kelompok pertama.

B = jumlah tabung (+) gas penanaman kelompok kedua.

C = jumlah tabung (+) gas penanaman kelompok ketiga.

S = jumlah ml sampel yang ditanam.

N = jumlah ml sampel yang negatif.

* Contoh untuk Ragam III :

$$(3 + 2 + 1) \times (\sqrt{(33,3 \times 1,2)})^{-1} \times 100 = 94,91.$$

* Sisa pengenceran pada pemeriksaan angka kuman dapat digunakan untuk pemeriksaan MPN.

PERHITUNGAN BACTERI ENTEROPATHOGENIC DAN BACTERI INDICATOR DI DALAM MAKANAN DENGAN METHODE PLATE

A. BACTERI YANG DIHITUNG :

1. *Bacteri indicator* :

- Coliform

- Escherichia coli

- Enterococci

2. *Bacteri enteropathogenic* :

- Vibrio parahaemolytica

- Staphylococcus aureus

- Bacillus cereus

- Clostridium perfringens

3. Mould & Yeast (kapang dan khamir)

B. PENGENCERAN SAMPEL :

Dilakukan seperti pada pemeriksaan angka kuman, atau sisa pengenceran untuk angka kuman boleh juga digunakan.

C. PENUANGAN MEDIA DAN MEDIA YANG DIGUNAKAN :

- * Tiap-tiap pengenceran sampel 10 X, 100 X, dan 1000 X diambil masing-masing 1 ml dimasukkan kedalam petrie dish steril (1 serial pengenceran ada 3 dish).
- * Kepada 1 seri pengenceran dituangi media sesuai dengan jenis pemeriksaan yang akan dilakukan. Jumlah media yang dituangi adalah 15 - 20 ml per-dish.
- * Dicampur sampai homogen, diampkan diatas meja sampai agar-agarnya membeku.
- * Kemudian diinkubasikan dengan posisi terbalik, pada suhu 37° C selama 48 jam.
- * Jenis media yang dituangkan untuk pemeriksaan :
 1. Coliform : Violet red bile agar.
 2. Escherichia coli : Tergitol 7 agar
 3. Enterococci : KF streptococcus agar
 4. Vibrio parahaemolytica : Thiosulfate Citrate Bile Sucrose agar + NaCl 6%
 5. Staphylococcus aureus : Mannitol Salt agar + 5% Egg yolk
 6. Bacillus cereus : Bacillus cereus agar Egg yolk
 7. Clostridium perfringens : Handfort agar modified
 8. Mould & Yeast : Potato Dextrose agar (inkubasi 30 - 37° C 4 - 5 hari).
- * Control sterilitas dibuat 1 petrie dish steril diisi 1 ml pelarut, dituangi media yang digunakan untuk tiap-tiap pemeriksaan.

D. PERHITUNGAN KOLONI :

Perhitungannya seperti pada angka kuman, hanya saja koloni yang dihitung adalah koloni yang sesuai dengan ciri-ciri bakteri yang dihitung.

TABEL MPN 511 MENURUT FORMULA THOMAS

JUMLAH TABUNG (+) GAS PADA PENANAMAN			INDEX MPN PER 100 ml
5 X 10 ml	1 X 1 ml	1 X 0,1 ml	
0	0	0	0
0	0	1	2
0	1	0	2
0	1	1	4
1	0	0	2
1	0	1	4
1	1	0	4
1	1	1	7
2	0	0	5
2	0	1	8
2	1	0	8
2	1	1	10
3	0	0	9
3	0	1	12
3	1	0	12
3	1	1	16
4	0	0	17
4	0	1	21
4	1	0	22
4	1	1	27
5	0	0	67
5	0	1	84
5	1	0	265
5	1	1	7979

TABEL MPN 333 MENURUT FORMULA THOMAS

Jumlah TB. (+) Gas pd penanaman			Index MPN per 100 ml	Jumlah TB. (+) Gas pd penanaman			Index MPN per 100 ml
3 X 10 ml	3 X 1 ml	3 X 0,1 ml		3 X 10 ml	3 X 1 ml	3 X 0,1 ml	
0	0	0	0	2	0	0	10
0	0	1	3	2	0	1	14
0	0	2	6	2	0	2	19
0	0	3	9	2	0	3	24
0	1	0	3	2	1	0	15
0	1	1	6	2	1	1	20
0	1	2	9	2	1	2	25
0	1	3	12	2	1	3	30
0	2	0	6	2	2	0	21
0	2	1	9	2	2	1	26
0	2	2	12	2	2	2	31
0	2	3	16	2	2	3	37
0	3	0	9	2	3	0	27
0	3	1	13	2	3	1	33
0	3	2	16	2	3	2	38
0	3	3	19	2	3	3	44
1	0	0	4	3	0	0	29
1	0	1	7	3	0	1	39
1	0	2	11	3	0	2	49
1	0	3	14	3	0	3	60
1	1	0	7	3	1	0	46
1	1	1	11	3	1	1	58
1	1	2	15	3	1	2	72
1	1	3	18	3	1	3	86
1	2	0	11	3	2	0	76
1	2	1	15	3	2	1	95
1	2	2	19	3	2	2	116
1	2	3	23	3	2	3	139
1	3	0	15	3	3	0	190
1	3	1	19	3	3	1	271
1	3	2	23	3	3	2	438
1	3	3	27	3	3	3	71898

TABEL MPN 555 MENURUT FORMULA THOMAS

Jumlah TB. (+) Gas pd penanaman			Index MPN per 100 ml	Jumlah TB. (+) Gas pd penanaman			Index MPN per 100 ml
5 X 10 ml	5 X 1 ml	5 X 0,1 ml		5 X 10 ml	5 X 1 ml	5 X 0,1 ml	
0	0	0	0	1	0	0	2
0	0	1	2	1	0	1	4
0	0	2	4	1	0	2	6
0	0	3	5	1	0	3	8
0	0	4	7	1	0	4	10
0	0	5	9	1	0	5	12
0	1	0	2	1	1	0	4
0	1	1	4	1	1	1	6
0	1	2	5	1	1	2	8
0	1	3	7	1	1	3	10
0	1	4	9	1	1	4	12
0	1	5	11	1	1	5	14
0	2	0	4	1	2	0	6
0	2	1	6	1	2	1	8
0	2	2	7	1	2	2	10
0	2	3	9	1	2	3	12
0	2	4	11	1	2	4	14
0	2	5	13	1	2	5	16
0	3	0	6	1	3	0	8
0	3	1	7	1	3	1	10
0	3	2	9	1	3	2	12
0	3	3	11	1	3	3	14
0	3	4	13	1	3	4	17
0	3	5	15	1	3	5	19
0	4	0	7	1	4	0	10
0	4	1	9	1	4	1	13
0	4	2	11	1	4	2	15
0	4	3	13	1	4	3	17
0	4	4	15	1	4	4	19
0	4	5	17	1	4	5	21
0	5	0	9	1	5	0	13
0	5	1	11	1	5	1	15
0	5	2	13	1	5	2	17
0	5	3	15	1	5	3	19
0	5	4	17	1	5	4	21
0	5	5	19	1	5	5	23

TABEL MPN 555 MENURUT FORMULA THOMAS

Jumlah TB. (+) Gas pd penanaman			Index MPN per 100 ml	Jumlah TB. (+) Gas pd penanaman			Index MPN per 100 ml
5 X 10 ml	5 X 1 ml	5 X 0,1 ml		5 X 10 ml	5 X 1 ml	5 X 0,1 ml	
2	0	0	5	3	0	0	8
2	0	1	7	3	0	1	11
2	0	2	9	3	0	2	13
2	0	3	11	3	0	3	16
2	0	4	14	3	0	4	19
2	0	5	16	3	0	5	21
2	1	0	7	3	1	0	11
2	1	1	9	3	1	1	14
2	1	2	11	3	1	2	16
2	1	3	14	3	1	3	19
2	1	4	16	3	1	4	22
2	1	5	18	3	1	5	25
2	2	0	9	3	2	0	14
2	2	1	12	3	2	1	17
2	2	2	14	3	2	2	19
2	2	3	16	3	2	3	22
2	2	4	19	3	2	4	25
2	2	5	21	3	2	5	28
2	3	0	12	3	3	0	17
2	3	1	14	3	3	1	20
2	3	2	17	3	3	2	23
2	3	3	19	3	3	3	26
2	3	4	21	3	3	4	29
2	3	5	24	3	3	5	31
2	4	0	14	3	4	0	20
2	4	1	17	3	4	1	23
2	4	2	19	3	4	2	26
2	4	3	22	3	4	3	29
2	4	4	24	3	4	4	32
2	4	5	27	3	4	5	35
2	5	0	17	3	5	0	24
2	5	1	19	3	5	1	27
2	5	2	22	3	5	2	30
2	5	3	24	3	5	3	33
2	5	4	27	3	5	4	36
2	5	5	29	3	5	5	39

TABEL MPN 555 MENURUT FORMULA THOMAS

Jumlah TB. (+) Gas pd penanaman			Index MPN per 100 ml	Jumlah TB. (+) Gas pd penanaman			Index MPN per 100 ml
5 X 10 ml	5 X 1 ml	5 X 0,1 ml		5 X 10 ml	5 X 1 ml	5 X 0,1 ml	
4	0	0	14	5	0	0	29
4	0	1	17	5	0	1	35
4	0	2	21	5	0	2	41
4	0	3	24	5	0	3	47
4	0	4	28	5	0	4	53
4	0	5	31	5	0	5	60
4	1	0	18	5	1	0	38
4	1	1	21	5	1	1	45
4	1	2	25	5	1	2	52
4	1	3	28	5	1	3	59
4	1	4	32	5	1	4	66
4	1	5	36	5	1	5	74
4	2	0	22	5	2	0	50
4	2	1	26	5	2	1	58
4	2	2	29	5	2	2	67
4	2	3	33	5	2	3	75
4	2	4	37	5	2	4	84
4	2	5	41	5	2	5	93
4	3	0	27	5	3	0	68
4	3	1	30	5	3	1	78
4	3	2	34	5	3	2	89
4	3	3	38	5	3	3	100
4	3	4	42	5	3	4	111
4	3	5	46	5	3	5	123
4	4	0	32	5	4	0	99
4	4	1	36	5	4	1	113
4	4	2	40	5	4	2	130
4	4	3	44	5	4	3	147
4	4	4	48	5	4	4	166
4	4	5	53	5	4	5	188
4	5	0	37	5	5	0	190
4	5	1	42	5	5	1	233
4	5	2	46	5	5	2	294
4	5	3	50	5	5	3	390
4	5	4	55	5	5	4	494
4	5	5	59	5	5	5	71898

LAMPIRAN 4

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup

Nomor 112 Tahun 2003

**KEPUTUSAN
MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP
NOMOR 112 TAHUN 2003**

**TENTANG
BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK
MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP,**

Menimbang :

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

Mengingat :

1. Undang-undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Tahun 1997 Nomor 68, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3699);
2. Undang-undang Nomor 22 Tahun 1999 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Tahun 1999 Nomor 60, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3839);
3. Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 1999 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Tahun 1999 Nomor 59, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3838);
4. Peraturan Pemerintah Nomor 25 Tahun 2000 tentang Kewenangan Pemerintah dan Kewenangan Provinsi Sebagai Daerah Otonom (Lembaran Negara Tahun 2000 Nomor 54, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3952);
5. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lembaran Negara Tahun 2001 Nomor 153, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4161);
6. Keputusan Presiden Nomor 2 Tahun 2002 tentang Perubahan Atas Keputusan Presiden Nomor 101 Tahun 2001 tentang Kedudukan, Tugas, Fungsi, Kewenangan, Susunan Organisasi, Dan Tata Kerja Menteri Negara;

MEMUTUSKAN :

Menetapkan :

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

Pasal 1

Dalam Keputusan ini yang dimaksud dengan :

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

4. Menteri adalah Menteri yang ditugasi untuk mengelola lingkungan hidup dan pengendalian dampak lingkungan.

Pasal 2

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

Pasal 3

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

Pasal 4

Baku mutu air limbah domestik dalam keputusan ini berlaku bagi :

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

Pasal 5

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

Pasal 6

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

Pasal 7

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

Pasal 8

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

- a. melakukan pengolahan air limbah domestik sehingga mutu air limbah domestik yang dibuang ke lingkungan tidak melampaui baku mutu air limbah domestik yang telah ditetapkan;
- b. membuat saluran pembuangan air limbah domestik tertutup dan kedap air sehingga tidak terjadi perembesan air limbah ke lingkungan.

- c. membuat sarana pengambilan sample pada *outlet* unit pengolahan air limbah.

Pasal 9

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

Pasal 10

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

Pasal 11

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

Pasal 12

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

Pasal 13

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

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

Pasal 14

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

Pasal 15

Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di: Jakarta
pada tanggal : 10 Juli 2003
Menteri Negara Lingkungan Hidup,

ttd
Nabiel Makarim, MPA, MSM

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

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK

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

Menteri Negara Lingkungan Hidup,
ttd
Nabiel Makarim, MPA, MSM.