

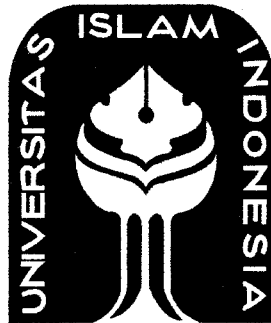
TA/TL/2006/0136

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	9 Mei 2007
NO. JUDUL :	002408
NO. INV. :	5120002408001
NO. INDUK :	

TUGAS AKHIR

**PENURUNAN KONSENTRASI *BIOLOGICAL OXIGEN DEMAND* (BOD)
DAN *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS) PADA LIMBAH *SEPTICK TANK*
DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR *FLUIDIZED BED*
MEDIA *STYROFOAM* SAAT *START UP***

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



Nama : Nelly Marlina
No. Mahasiswa : 02 513 071
Program Studi : Teknik Lingkungan

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2006**

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PENURUNAN KONSENTRASI *BIOLOGICAL OXIGEN DEMAND* (BOD) DAN *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS) PADA LIMBAH *SEPTICK TANK* DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR *FLUIDIZED BED MEDIA STYROFOAM* SAAT *START UP*

Nama : Nelly Marlina
No. Mahasiswa : 02 513 071
Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

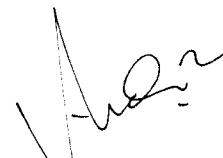
Ir. H. Kasam, MT.



Tanggal : 17-01-07

Dosen Pembimbing II

Andik Yulianto, ST.



Tanggal : 17/01'07

NOTES

1. The first part of the paper is based on the work of the author and his colleagues, and is published here with their permission.

2. The second part of the paper is based on the work of the author and his colleagues, and is published here with their permission.

3. The third part of the paper is based on the work of the author and his colleagues, and is published here with their permission.

4. The fourth part of the paper is based on the work of the author and his colleagues, and is published here with their permission.

5. The fifth part of the paper is based on the work of the author and his colleagues, and is published here with their permission.

6. The sixth part of the paper is based on the work of the author and his colleagues, and is published here with their permission.

7. The seventh part of the paper is based on the work of the author and his colleagues, and is published here with their permission.

8. The eighth part of the paper is based on the work of the author and his colleagues, and is published here with their permission.

9. The ninth part of the paper is based on the work of the author and his colleagues, and is published here with their permission.

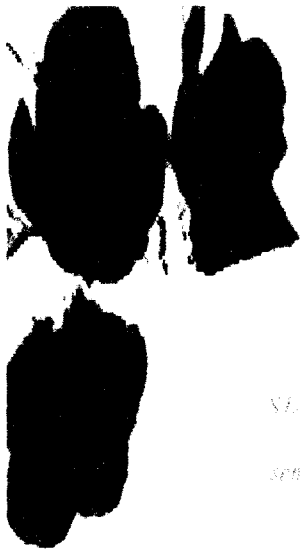
10. The tenth part of the paper is based on the work of the author and his colleagues, and is published here with their permission.

11. The eleventh part of the paper is based on the work of the author and his colleagues, and is published here with their permission.

12. The twelfth part of the paper is based on the work of the author and his colleagues, and is published here with their permission.

13. The thirteenth part of the paper is based on the work of the author and his colleagues, and is published here with their permission.

14. The fourteenth part of the paper is based on the work of the author and his colleagues, and is published here with their permission.



Salah satu bukti dan syukur aku ucapkan kepada Allah SWT pencipta alam semesta ini. Tanpa Mu aku bukan apa-apa di dunia ini. SubhanstaputaMu. Ya Allah ya Rabbi tetaplah selalu menjadi penuntun dan penerang langkahku.

Dengan cinta dan sepenuh hati kupersembahkan karya ini kepada

*Mami, Mami serta Kakak, Adik, dan Teman-teman
Yang selalu Menerantiku dan Mendukungiku
Kalian adalah Harta yang paling berharga dalam Hidupku*



Kata Pengantar



Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW pemberi syafaat bagi seluruh alam beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya yang istiqomah kepada Islam. Atas ridho dari Allah SWT akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **PENURUNAN KONSENTRASI BOD DAN TSS PADA LIMBAH SEPTICK TANK DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR FLUIDIZED BED MEDIA STYROFOAM SAAT START UP.**

Selama proses pelaksanaan dan penulisan tugas akhir ini, penulis mendapatkan begitu banyak bantuan dan dukungan yang akhirnya penulis mampu membuat dan menyelesaikan tugas akhir ini. Pada kesempatan ini perkenankanlah penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih dan rasa penghargaan kepada :

1. **Ir. H. Kasam, MT** sebagai pembimbing pertama yang selalu saja membimbing penulis di tengah kesibukannya yang sangat padat.
2. **Andik Yulianto, ST** selaku dosen pembimbing kedua yang senantiasa memberikan bimbingannya selama proses pembuatan tugas akhir ini. Terima kasih atas dukungan, kesabaran dan pengetahuan - pengetahuan yang telah diberikan.
3. **Eko Siswoyo, ST** selaku koordinator tugas akhir yang telah memberikan arahan dan pedoman dalam tugas akhir.
4. **Hudori, ST** yang telah membekali pengetahuan, nasehat, dorongan dan doa kepada penulis selama menempuh jenjang perkuliahan.
5. **Luqman Hakim, ST, M.Si** yang telah membekali pengetahuan, dorongan dan doa kepada penulis selama menempuh jenjang perkuliahan.
6. **Semua dosen** yang telah membekali pengetahuan, hikmah, nasehat dan doa kepada penulis selama menempuh jenjang perkuliahan.

7. **Mas Iwan dan Bpk Tasyono** yang telah membantu selama proses penelitian. Terima kasih atas kesabaran, keikhlasan, nasehat dan ilmu yang telah diberikan.
8. **Mas Agus** yang telah banyak membantu proses pelaksanaan tugas akhir ini.
9. Kedua orang tuaku, **Ayahanda** yang tercinta, **Bapak Muhammad Asril** dan **Ibunda** tercinta, **Zaidar** yang selalu mendukung, membimbing, membiayai dan tidak pernah berhenti berdoa dalam mendoakan anak - anaknya untuk mencapai kesuksesan dan kebahagiaan dunia akhirat.
10. **Kakaknda** dan **Adiknda** tercinta **Hendrizar** dan **Rahmat Kurniawan** yang telah memberikan semangat dan dukungan atas terselesaikannya Tugas Akhir ini.
11. **Semua Keluargaku** tercinta yang selalu memberikan dorongan dan doanya selama ini.
12. **Unhay** dan **Ranee, my lovely sisters** yang selalu memberikan support dan banyak mengajarkan ku tentang kehidupan. "Nelly banyak belajar dari kalian". Makasih udah mau jadi temen curhat Nelly, Makasih atas perhatiannya, kasih sayangnya, persahabatannya & supportnya...Always be my lovely sisters... I luv u
13. **Nefa**, partner TA ku. Terima kasih atas kebersamaan, kasih sayang, perhatian, persahabatan, persaudaraan, dukungan, motivasi dan segalanya Indahnya kebersamaan ini tidak akan pernah aku lupakan. Keep struggle girl...
14. **Rintis, Tuti** dan **Sigit** yang telah banyak membantu. Thankqu so much...
15. **Teman – teman tercintaku "Enviro Bersaudara02"** (**Tia, Tio, Rina, Unk, Lala, Lia, Bona, Nefa, Rintis, Banie, Desi, Nisa, Tutik, KeCe, Unhay, Ranee**)
Terima kasih atas kebersamaan, perhatian, persahabatan, persaudaraan, dukungan, motivasi dan segalanya. Doaku selalu untuk kebahagiaan kalian . Semoga persaudaraan ini tidak akan pernah usang ditelan waktu...**Ingat Reunian qt tgl 12-12-2012 di Km 12 jalan kaliurang jogjakarta (Insya4JJI...)**
16. **Teman – teman kos ku (Annis, Tari, Tunjung, Nirna, Mba Indah, Wati, Aulia, dll)** makasih ya atas supportnya...
17. **Dwi Hartati** teman sepermainanku & teman curhatku, yang selalu berbagi pengalaman hidup dan cerita-cerita lucu. "wi...ingatkan Nelly slalu dalam kebaikan ya...) thanks so much for all..

18. **Cupika-Cupiki (Cipi. Arc02)**, makasih ya supportnya...Ayo cipi smangat gwe TAny.....
19. **Mba-mba eks_kontrakanku** di **At-Taghyr & Neo_At-Taghyr** , yang telah menguatkan ku untuk slalu di jalan Nya ...syukron ya ukhtifillah...
20. **Teman-Teman KKN** angkatan 33 reguler 2 unit 5, terima kasih atas pengertian dan dukungannya...
21. **Mas Iwan, Ruslan, Bom2, Ucok** yang telah membantu angkat-angkat limbah. Terimakasih atas tenaganya dan keikhlasanya...
22. Semua **Teman - Teman TL 02**, yang telah memberikan dukungan kepada penulis. Semua kenang - kenangan selama di kampus tercinta ini tak akan terlupakan. Succes for u all...
23. **Seseorang** , yang slalu dinanti dan slalu di hati...
24. Kepada semua pihak yang belum disebutkan disini, yang telah membantu penulisan tugas akhir ini.

Penulis sadar dalam tugas akhir ini masih banyak sekali kekurangan dan kelemahannya, karena itu perkenankanlah permohonan maaf dari penulis. Besar harapan penulis karya ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan kontribusi kebaikan dunia dan akhirat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca atau rekan mahasiswa umumnya.

Wabillahitaufiq Walhidayah

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Jogjakarta, Januari 2007

Penulis

Nelly Marlina

PENURUNAN KADAR BOD DAN TSS PADA LIMBAH SEPTICK TANK DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR FLUIDIZED BED MEDIA STYROFOAM SAAT START UP

Nelly Marlina, Kasam, Andik Yulianto
02 513 071

Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

INTISARI

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 kekurangan oksigen, sementara yang lainnya mungkin merangsang pertumbuhan mikroorganisme tertentu seperti alga. Komponen-komponen tersebut terdiri dari bahan organik maupun anorganik, baik bahan terlarut maupun tidak terlarut. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan limbah domestik dengan menggunakan Fluidized Bed Reaktor media Styrofoam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan konsentrasi Biological Oksigen Demand (BOD) dan Total Suspended Solid (TSS) pada limbah domestik pada saat start up.

Dalam penelitian ini digunakan reaktor Fluidized Bed yang terbuat dari plastik yang terdiri dari dua sekat dimana dalam tiap sekat terdapat media styrofoam berdiameter 0,5 cm sebanyak 15 % dari ketinggian . Sebelum dilakukan proses pengolahan air limbah domestik 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 septictank yang telah diberikan tambahan bakteri EM₄ dari reservoir kedalam reaktor. Proses sampling dilakukan dari hari pertama startup setelah starter bakteri sampai sebelum keadaan steady stead. Metode yang digunakan untuk pemeriksaan BOD titrimetri menurut SNI M-69-1990-03 dan Metode Pengujian Kualitas Fisika air SK SNI M-03-1990-F untuk TSS.

Penelitian yang dilakukan selama 30 hari pada saat start up menunjukkan penurunan konsentrasi BOD rata-rata sebesar 39.17% dan penurunan konsentrasi TSS rata-rata sebesar 60.6%. Rata-rata persentase perubahan pH sebesar 2,32 % dan suhu 1,46%. Nilai pH dan suhu masih baik untuk keadaan start up.

Penurunan konsentrasi BOD terjadi karena adanya penguraian zat-zat organik oleh mikroorganisme sedangkan penurunan TSS terjadi karena adanya proses penyaringan

Kata kunci: Fluidized Bed Reaktor, Air limbah, BOD, TSS

**DEGRADATION OF BOD AND TSS DOMESTIC WASTEWATER USING
FLUIDIZED BED REACTOR WITH STYROFOAM MEDIA
AT THE TIME OF START UP**

Nelly Marlina, Kasam, Andik Yulianto

02 513 071

Departement of Environmental Engineering
Faculty of Civil Engineering and Planning
Islamic University of Indonesia

ABSTRACT

Waste water which not yet experienced of treatment can be certain to contain many undesirable components. If thrown to territorial waters environment, in some between others will be show the problem of oxygen decrease, while another possible stimulate growth of certain microorganism like alga. The components consist of materials organic and inorganic, as well as dissolved or not dissolved. In this research is conducted treatment of domestic waste by using Fluidized Bed Reactor with Styrofoam media. The objective of this research is to know degradation of Biological Oxygen Demand (BOD) concentration and Total Suspended Solid (TSS) concentration in domestic waste at the time of startup.

In this research is used Fluidized Bed reactor made of plastic which consist of two partition where in each partition have an media of Styrofoam diameter 0,5 cm as much as 15 % from the height. Before treatment of domestic waste which grow bacteria is done, that is conducted bacteria starter to give addition early bacteria from outside until motivate process forming of biofilm at growth media, that is Styrofoam. This Process is conducted by stream water of septictank which have been given bacteria of EM₄ addition from reservoir into reactor. Sampling process is done from first day of startup after bacteria starter until before situation of steady dead. The Method used for Examination of BOD titrimetri according to SNI M-69-1990-03 and Method Examination Of Water Quality Physics SK SNI M-03-1990-F for TSS.

The research conducted until 30 days at the time of startup show degradation of BOD concentration equal to 39.17 % and degradation of TSS concentration equal to 60,6%. 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.

Degradation of BOD concentration happened caused by decomposition of organic matter by microorganism while degradation of TSS happened caused by screening process.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAKSI	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Komposisi dan Sifat-Sifat Air Buangan Domestik	6
2.2 Pengolahan Air Limbah Domestik Secara Biologis	10
2.3 Proses Pertumbuhan Mikroba Terlekat	16

2.4	Biofilter	17
2.5	Bahan Organik dalam Air Buangan	19
2.6	Efek Buruk Air Buangan	19
2.7	Pertumbuhan Bakteri dalam Reaktor	21
2.8	Septic Tank.....	22
2.9	Pengolahan Air Buangan dengan Fluidized Bed Reaktor.....	25
2.10	Parameter yang Diukur	28
2.11	Hipotesa	31

BAB III METODE PENELITIAN 32

3.1	Lokasi Penelitian.....	32
3.2	Obyek Penelitian.....	32
3.3	Jenis Penelitian.....	32
3.4	Kerangka Penelitian.....	33
3.5	Parameter Penelitian dan Metode Uji	34
3.6	Variabel Penelitian.....	34
3.7	Tahap Penelitian.....	34
	3.7.1 Persiapan Alat	34
	3.7.2 Proses Starter Bakteri.....	37
	3.7.3 Proses Sampling.....	37
	3.7.4 Prosedur Penelitian	38
	3.7.5 Pemeriksaan Sampel	39
3.8	Analisa Data.....	39

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Hasil Penelitian	42
4.1.1 Hasil Konsentrasi BOD.....	43
4.1.2 Hasil Konsentrasi TSS	43
4.1.3 Hasil Pengukuran Suhu dan pH	44
4.2 Uji Statistik	45
4.2.1 <i>T-Test</i> untuk Analisa BOD.....	45
4.2.2 <i>T-Test</i> untuk Analisa TSS	45
4.2.3 <i>T-Test</i> untuk Analisa pH	46
4.2.4 <i>T-Test</i> untuk Analisa Suhu.....	46
4.3 Pembahasan	47
4.3.1 Penurunan dan Kenaikkan Konsentrasi BOD.....	47
4.3.2 Penurunan dan Kenaikkan Konsentrasi TSS	49
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik dari Limbah Domestik	6
Tabel 2.2 Perbandingan Kebutuhan Nutrien	11
Tabel 2.3 Karakteristik Efluen dari Septic Tank Konvensional	23
Tabel 2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik	23
Tabel 2.5 Karakteristik Efluen Septic Tank	24
Tabel 2.6 Type reaktor berdasarkan efisiensi, HRT dan beban organik	26
Tabel 3.1 Parameter Penelitian dan Metode Uji	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kurva Pertumbuhan Mikroba Pada Sistem Tertutup	26
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 3.2	Media Styrofoam.....	34
Gambar 3.3	Reaktor Fluidized Bed.....	35
Gambar 3.4	Rangkaian Reaktor <i>Fluidized Bed</i>	36
Gambar 3.5	Inlet Reaktor.....	37
Gambar 3.6	Outlet Reaktor.....	37

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Perhitungan Desain Reaktor Fluidized Bed
- Lampiran 2. Data Konsentrasi BOD dan TSS Hasil Penelitian
- Lampiran 3. Analisa Data Perbandingan Dua Variabel Bebas (Uji t / t-Test)
- Lampiran 4. SK SNI M-03. 1989-F Mengenai Cara Uji Residu Tersuspensi Secara Gravimetri
- Lampiran 5. SK SNI M-69. 1990-03 Mengenai Metode Pengujian Kadar Kebutuhan Oksigen Biokimiawi dalam Air
- Lampiran 6. Foto saat Melakukan Pengujian BOD dan TSS
- Lampiran 7. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pencemaran air dapat menyebabkan kerugian ekonomi dan sosial, karena adanya gangguan oleh zat-zat beracun atau muatan bahan organik yang berlebih. Keadaan ini akan menyebabkan oksigen terlarut dalam air pada kondisi yang kritis, atau merusak kadar kimia air. Rusaknya kadar kimia air tersebut akan berpengaruh terhadap fungsi dari air. Besarnya beban pencemaran yang ditampung oleh suatu perairan, dapat diperhitungkan berdasarkan jumlah polutan yang berasal dari berbagai sumber aktifitas air buangan dari proses-proses industri dan buangan domestik yang berasal dari penduduk. Untuk mengetahui kualitas air dalam suatu perairan, dapat dilakukan dengan mengamati beberapa parameter kimia, seperti kebutuhan oksigen kimia (*Biochemical Oxygen Demand = BOD*) dan (*Total Suspended Solid = TSS*).

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

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

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 mencapai saat kestabilan pertumbuhan bakteri.

Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat diketahui efektivitas reaktor saat *start up*, serta dengan penggunaan alat ini dapat menurunkan konsentrasi pencemar dengan parameter BOD dan TSS sehingga apabila dibuang ke badan air tidak akan mencemari badan air tersebut.

Sebelum penelitian ini, telah ada penelitian yang menggunakan reaktor fluidisasi, 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.. Efisiensi penurunan BOD 85,98% dan COD 88,70%.

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).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu apakah konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan TSS pada limbah domestik dapat mengalami perubahan sesuai dengan keadaan *start up* menggunakan Reaktor *Fluidized Bed* bermedia *styrofoam*.

1.3 Batasan Masalah

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

1. 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 *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan TSS.
4. Media yang digunakan adalah *styrofoam*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah :

- 1 Mengetahui kondisi Reaktor *Fluidized Bed* bermedia *Styrofoam* saat *start up* dengan mengamati konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan TSS pada limbah domestik.

- 2 Mengetahui efektifitas Reaktor *Fluidized Bed* apabila digunakan atau dijalankan pada saat *start up*.
- 3 Mengetahui besarnya kenaikan dan penurunan kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan TSS 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* media *Styrofoam* apabila sudah dialirkan limbah saat keadaan *start up*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposisi Dan Sifat-Sifat Air Buangan Domestik

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.

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 dari Air 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 (Sugiharto, 1987).

Di dalam 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 keberadaannya 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.

Selain lemak bahan pembersih lainnya adalah senyawa fosfor. Senyawa ini juga terdapat pada urin. Di dalam air buangan domestik fosfor berada dalam kombinasi organik, yaitu kombinasi fosfat (PO_4) yang bersifat mudah terurai.

Senyawa lain yang ada dalam air buangan domestik adalah Nitrogen organik dan senyawa Amonium. Oksidasi Nitrogen dan Amonium menghasilkan nitrit dan nitrat.

- 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.

2.2 Pengolahan Air Limbah Domestik Secara Biologis

Tujuan utama pengolahan air limbah secara biologis adalah untuk mengkonversikan komponen organik "*biodegradable*" (dapat diurai dan dikonsumsi oleh mikroba) menjadi suatu biomassa mikroba yang dapat dipisahkan dengan proses pemisahan padatan-cairan seperti pengendapan (sedimentasi) dan atau pengapungan (flotasi). Secara umum polutan dalam air limbah utamanya terdiri dari bahan organik terlarut dan tidak terlarut, berbagai bentuk nitrogen dan fosfat, serta bahan lain yang tidak terlarut dan tidak bereaksi. Dalam banyak kasus bahan organik terlarut dan tidak terlarut, juga nitrogen dan fosfat dapat secara efektif dihilangkan melalui aktifitas biologis jika kondisi lingkungan memungkinkan untuk tumbuh dan berkembang bagi mikroorganisme. (Slamet dan Masduqi, 2000).

Kebanyakan air limbah mengandung bahan organik dengan konsentrasi relatif rendah, sehingga lebih efisien dan ekonomis jika diolah dengan proses aerobik, dimana dalam proses ini bahan organik dikonversikan menjadi CO₂ melalui respirasi mikrobial dan sebagian lagi dikonversi menjadi biomassa mikroba. (Slamet dan Masduqi, 2000).

Air limbah dengan konsentrasi bahan organik tinggi dan suspensi bahan organik seperti buangan industri dan lumpur organik, dapat pula secara efektif distabilkan secara anaerobik. Proses pengolahan air limbah secara anaerobik mengkonversikan bahan organik menjadi gas metan dan CO₂ dan juga biomasa mikroba anaerob. (Slamet dan Masduqi, 2000).

Teknologi proses biologi difokuskan pada rekayasa dan rancang bangun *bioreaktor*, untuk mendapatkan lingkungan yang optimum bagi tumbuh kembangnya mikroba dimana didalamnya dapat dikembangkan suatu biomasa mikroba aktif dengan konsentrasi yang tinggi. Unit proses aerobik memerlukan suatu suplai oksigen secara kontinyu untuk mendukung respirasi mikroba, sebaliknya untuk proses anaerobik tidak diperlukan oksigen karena zat ini bersifat racun bagi bakteri methanogonik. (Slamet dan Masduqi, 2000).

Berdasar pada pola pertumbuhan mikroba proses pengolahan air limbah secara biologik dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu tipe pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth*) misalnya lumpur aktif dan tipe pertumbuhan terlekat (*attached growth*) misalnya proses biofilter. (Slamet dan Masduqi, 2000).

Faktor-faktor pertumbuhan mikroba:

1. Energi dan sintesa sel

Pertumbuhan mikroba merupakan hasil dari konversi bahan organik terlarut ditambah bahan organik tertentu sebagai elemen pendukung menjadi protoplasma melalui suatu rangkaian reaksi metabolik yang sangat kompleks (Gaudy dan Gaudy, 1980). Istilah respirasi dan fermentasi umum digunakan pada reaksi – reaksi metabolik yang memproduksi energi untuk sintesa sel.

Semua kehidupan organisme menggunakan suatu bentuk simpanan energi. Apapun sumber energi, energi yang didapat dari sumbernya disimpan didalam sel sebagai ikatan energi kimiawi dalam bentuk adenosine trifosfat (ATP).

2. Kebutuhan Nutrisi

Bagi mikroorganisme, kebutuhan nutrisi diperlukan untuk :

- a. Memperoleh bahan-bahan yang diperlukan untuk sintesa bahan-bahan sitoplasma.
- b. Menyediakan sumber energi untuk pertumbuhan sel dan reaksi biosintetik
- c. Menyediakan sumber akseptor elektron untuk elektron yang dilepaskan selama reaksi biokimia dalam sel

Kebutuhan nutrisi terbesar bagi mikroorganisme adalah nitrogen dan fosfor (Pipes, 1979; Speece dan MacCarty, 1964, dalam T.J. Casey, 1997) dengan perbandingan nutrisi:

Tabel 2.2 Perbandingan Kebutuhan Nutrisi

PROSES	BOD₅	N	P
Aerobik	100	5	1
Anaerobik	100	0.5	0.1

3. Enzim Mikroba

Semua aktifitas sel mikroba tergantung pada penggunaan makanan dan semua reaksi kimiawi yang terkait didalamnya dikontrol oleh enzim. Enzim adalah protein yang diproduksi oleh sel hidup, berfungsi sebagai katalis untuk mempercepat laju reaksi spesifik yang terjadi didalam sel. Enzim

bersifat spesifik yang hanya akan mengkatalisa reaksi tertentu dan akan berfungsi hanya untuk satu jenis zat tertentu saja.

Enzim mikroba mengkatalisa tiga tipe reaksi : hidrolisa, oksidasi dan sintesa. Enzim hidrolisa digunakan untuk menghidrolisa (memecah zat melalui pelepasan komponen hidrogen) senyawa organik kompleks (sumber makanan) tak larut ke dalam komponen organik sederhana yang larut yang dapat lewat melalui membrane sel kedalam sel secara difusi. Enzim-enzim ini umumnya dikeluarkan oleh organisme ke sekeliling medium disekitar sel, enzim ini sering disebut enzim ekstraseluler. Selanjutnya komponen organik dioksidasi untuk memperoleh energi dan secara bersamaan energi ini digunakan untuk proses reduksi.

Enzim sintetik berfungsi sebagai katalis dalam sintesa senyawa organik untuk perawatan dan pembentukan sel-sel baru. Enzim ini terdiri dari berbagai jenis, dan diperlukan untuk membentuk berbagai komponen senyawa organik yang kompleks di dalam sel. Sejumlah besar energi diperlukan untuk sintesa sel, dan diperoleh selama proses oksidasi dalam metabolisme energi.

Aktifitas enzim dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, khususnya suhu, pH, dan keberadaan ion-ion tertentu seperti PO_4^{3-} , Mg^{2-} , Ca^{2+} , K^+ dan beberapa ion logam sebagai elemen-elemen pembantu artinya walau hanya sedikit kebutuhannya keberadaannya sangat diperlukan.

4. Pengaruh Temperatur

Semua proses pertumbuhan tergantung pada reaksi-reaksi kimia, dan laju reaksi dipengaruhi oleh temperatur. Dengan demikian, laju pertumbuhan

mikroba sebagai total pertumbuhan mikroba dikontrol oleh reaksi enzimatik, maka pertumbuhan maksimum terjadi pada suatu temperatur tertentu dan akan mengalami penurunan setelah suhu pertumbuhan maksimumnya. Titik suhu pertumbuhan maksimum disebut sebagai temperatur maksimum.

Berdasarkan pada rentang temperatur dimana mikroba dapat hidup dan tumbuh kembang dengan baik, maka dapat diklasifikasikan menjadi :

- a. Mikroorganisme Psikofilik = 0-20 °C dengan suhu optimum 15-18 °C
- b. Mikroorganisme Mesofilik = 20-45 °C dengan suhu optimum 30-40 °C
- c. Mikroorganisme Thermofilik = 45-75 °C dengan suhu optimum 45-70 °C

5. Kebutuhan oksigen

Berdasar pada kebutuhan oksigen, mikroorganisme dapat diklasifikasikan menjadi tiga golongan utama:

- Organisme aerobik, memerlukan oksigen bebas sebagai sumber elektron akseptor
- Organisme anerobik, tidak memerlukan oksigen sebagai sumber elektron akseptor.
- Organisme fakultatif, dapat menggunakan oksigen atau komponen lain sebagai elektron akseptor. Akan tetapi, akan tumbuh lebih efisien dalam suasana aerobik. (Slamet dan Masduqi, 2000).

Mikroba obligate aerob tidak dapat tumbuh tanpa kehadiran oksigen, sedang obligat anaerob sangat sensitif terhadap kehadiran oksigen. Ada sedikit mikroorganisme yang justru dapat tumbuh dengan baik jika ada sedikit kehadiran oksigen, organisme ini disebut sebagai mikroaerofilik. Oksigen terlarut dapat bersifat racun bagi mikroorganisme aerob bila berada pada kondisi jenuh.

6. Pengaruh pH

Kebanyakan bakteri, baik dalam biakan murni maupun dalam kultur campuran seperti dalam bioreaktor air limbah, memiliki rentang pH pertumbuhan antara pH 4 dan 9. secara umum pH optimum untuk pertumbuhan mikroba pada rentang 6,5-7,5 (Wilkinson (1975) dalam Benefield, 1980), menyarankan bahwa mikroba tumbuh dengan baik pada pH sedikit basa, sementara algae dan fungi tumbuh dengan baik pada kondisi pH sedikit asam. Dalam proses pengolahan air limbah secara biologis pH optimum untuk pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh karakteristik air limbah yang diolah. Sebagai contoh percobaan oleh Randall, dkk (1975), menunjukkan bahwa sistem mikroba filamen terlekat (fungi) dapat dengan efisien mengurai senyawa organik pada pH 2,65. sebaliknya dengan percobaan yang sama (Kato dan Sekikawa, 1967), dapat beroperasi dengan efisien pada pH di atas 9,0.

2.3 Proses Pertumbuhan Mikroba Terlekat

Proses pengolahan air limbah secara biologi dengan pola pertumbuhan mikroba terlekat memerlukan media untuk menempel, tumbuh dan berkembang. Proses biologis pada pertumbuhan melekat sebagian besar berhubungan dengan komposisi lapisan slime atau biofilm, yang menempel pada permukaan media. Proses pembentukan dan kolonisasi biofilm diawali dengan produksi slime dan kapsul bakteri yang menempel pada permukaan media. Penempelan pada awalnya terjadi karena ikatan kimia dan gaya Van Der Waals. Proses penempelan berlangsung sangat cepat dan bakteri *Z. Ramigera* adalah seringkali sebagai pembentuk koloni awal. Pembentukan koloni oleh bakteri heterotrop lain seperti *pseudomonas*, *flavobacterium* dan *alcaligenes* juga berjalan cepat. Setelah lima hari, komposisi pada biofilm akan terdiri dari bermacam-macam kumpulan bakteri, jenis-jenis filamen yang dominan. Setelah periode waktu lebih dari satu minggu, akan ditumbuhi sedikit jamur seperti *fusarium*, *geotrichum* dan *sporotrichum* akan tampak, yang akan ikut berperan dalam penurunan kandungan BOD dalam air. Lapisan biofilm yang sudah matang atau sempurna akan tersusun dalam tiga lapisan kelompok bakteri : lapisan paling luar adalah sebagian besar berupa jamur, lapisan tengah adalah jamur dan algae; dan lapisan paling dalam adalah bakteri, jamur dan algae. (Slamet dan Masduqi, 2000).

Ketika air limbah melintasi pada permukaan biofilm, material organik dalam air limbah bersama-sama dengan oksigen dan nutrien, akan terdifusi kedalam biofilm dan teroksidasi oleh mikroorganisme heterotrop. Proses oksidasi

oleh bakteri heterotrop ditujukan untuk mendapatkan energi dan senyawa-senyawa baru untuk pembentukan sel baru.

Ketebalan biofilm tergantung pada jumlah material organik dan oksigen yang tersedia untuk pertumbuhan mikroorganisme. Ketebalan biofilm memiliki keterbatasan sampai nutrisi mampu menjangkau mikroorganisme yang terletak pada lapisan yang paling dalam. Pada saat tertentu ketebalan biofilm akan mencapai ketebalan maksimum dimana pada kondisi ini, sumber makanan dan nutrisi tidak mampu berdifusi sampai ke lapisan paling dalam. Akibat terhentinya suplai makanan maka mikroorganisme pada lapisan bagian dalam akan mengalami respirasi endogenus dengan memanfaatkan sitoplasmanya untuk mempertahankan hidup. Pada kondisi seperti ini mikroorganisme akan kehilangan kemampuan untuk menempel pada media, kemudian terlepas dan terbawa keluar dari sistem biofilter bersama dengan aliran air, mekanisme pengelupasan ini dikenal sebagai “*Sloughing*”. (Slamet dan Masduqi, 2000).

2.4 Biofilter

Teknik pengolahan air secara biologis dengan prinsip biofiltrasi telah dikembangkan untuk skala aplikasi. Hasil pengembangan oleh *Degremont* menunjukkan biofilter mampu mereduksi bahan organik karbon dan nitrogen serta suspended solid pada waktu retensi yang sama.

Biofilter (*Submerged Filter*) adalah merupakan suatu istilah dari reaktor yang dikembangkan dengan prinsip mikroba tumbuh dan berkembang menempel

pada suatu media filter dan membentuk biofilm (*attached growth*). (Slamet dan Masduqi, 2000).

Berdasar pada konsentrasi zat organik dalam air limbah yang diolah, biofilter dapat dioperasikan secara anorganik maupun secara aerobik. Proses operasi biofilter secara anaerobik akan digunakan untuk air limbah dengan kandungan zat organik cukup tinggi, dan dari proses ini akan dihasilkan gas metan. Sedang operasi biofilter secara aerobik umumnya digunakan untuk air limbah dengan kandungan zat organik relatif rendah atau yang setara dengan kandungan polutan pada air limbah domestik.

Kelebihan sistem reaktor biofilter dibanding dengan sistem reaktor dengan pertumbuhan mikroba tersuspensi antara lain :

- Memberikan resiko yang cukup kecil dari efek ketekoran biomass (*washout*) dalam reaktor akibat gangguan proses karena biomass akan tetap melekat pada media filter meskipun ada kejutan pada karakteristik air limbah.
- Mudah dalam operasi dan perawatannya.
- Lebih cepat dalam proses *restart-up* setelah pemberhentian proses.
- Memiliki waktu tinggal biomass lebih lama.
- Mudah mengontrol beban hidrofilik pada biofilm daripada dengan sistem *trickling filter*. (Slamet dan Masduqi, 2000).

2.5 Bahan organik dalam air buangan

Air buangan merupakan zat yang terdiri dari berbagai macam zat-zat organik maupun zat kimia. Oleh karena itu untuk mengetahui parameter-parameter apa saja yang terkandung dalam air buangan sangatlah sulit karena memerlukan pengujian yang sangat banyak dan memerlukan biaya yang cukup besar. Oleh karena itu dalam penelitian ini dibatasi dalam meneliti hanya parameter BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan TSS (*Total Suspended Solid*).

2.6 Efek Buruk Air Buangan

Sesuai dengan definisi air buangan yang merupakan benda sisa, maka dapat disimpulkan bahwa air limbah merupakan air yang sudah tidak dapat digunakan lagi. Tetapi, bukan berarti air buangan tersebut dapat langsung dibuang tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu. Karena apabila air buangan tersebut tidak diolah dengan baik, yang berarti ditingkatkan dari segi kualitas airnya, maka air buangan tersebut akan banyak menimbulkan gangguan, baik terhadap lingkungan maupun kehidupan yang ada. (Sugiharto, 1987)

a. Gangguan terhadap kesehatan

Air limbah sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, mengingat bahwa banyak penyakit yang dapat ditularkan melalui melalui air limbah. Air limbah ini hanya berfungsi sebagai media pembawa saja seperti kolera, radang usus, hepatitis infektiosa, serta skhistosomiasis.

b. Gangguan terhadap kehidupan biotik

Dengan banyaknya zat pencemar yang ada di dalam air limbah, maka akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen yang terlarut di dalam air limbah. Dengan demikian kehidupan di dalam air yang membutuhkan oksigen akan terganggu, yang berarti akan mengurangi perkembangannya. Hal ini akan mengganggu proses purifikasi alami pada air limbah oleh mikroba pengurai, karena mikroba pengurai mati.

c. Gangguan terhadap estetika

Dengan semakin banyaknya zat pencemar, akan menyebabkan berbagai dampak, antara lain bau busuk karena penguraian zat organik. Selain itu, biasanya warna air limbah, baik domestik maupun industri berwarna abu-abu atau hitam, hal ini tentu saja akan merusak pemandangan.

Masalah bau yang ditimbulkan karena adanya air limbah ini dapat diatasi dengan berbagai cara, yaitu cara fisik dengan pembakaran, secara kimia yaitu dengan bahan kimia penghilang bau seperti kalsium dan sodium hidroksida, dan dengan cara biologis, yaitu dengan trickling filter atau dengan lumpur aktif untuk menghilangkan komponen yang berbau.

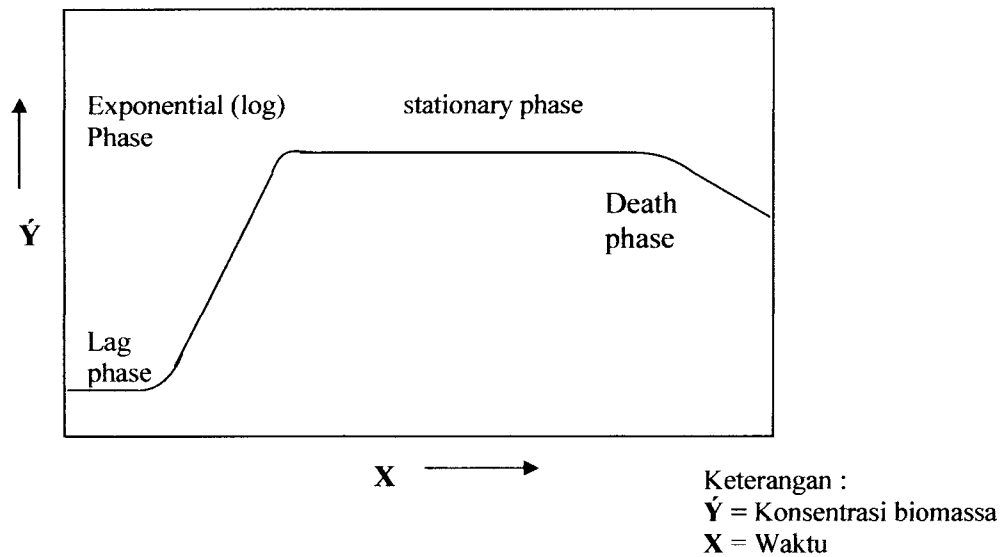
d. Gangguan terhadap kerusakan benda

Beberapa parameter pencemar dapat menimbulkan kerusakan pada benda-benda yang dilaluinya, seperti kerusakan pada pipa, penyumbatan, karat, kerak, dan lain sebagainya.

2.7 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 itu sendiri akan berkembang biak apabila jumlah makanan yang terkandung di dalamnya 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 dengan *lag phase*. Setelah beberapa jam berjalan maka bakteri mulai tumbuh berlipat ganda dan fase ini dikenal sebagai *fase akselerasi (acceleration phase)*. Setelah tahap ini berakhir maka terdapat bakteri yang tetap dan bakteri yang terus meningkat jumlahnya. Pertumbuhan yang dengan cepat setelah fase kedua 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 akan habis dan kematian bakteri akan terus meningkat sehingga tercapai suatu keadaan dimana jumlah bakteri yang mati dan yang tumbuh mulai berimbang yang dikenal dengan *statinary phase*.

Setelah jumlah makanan habis dipergunakan, maka jumlah kematian akan lebih besar dari jumlah pertumbuhannya maka keadaan ini disebut *endogeneous phase* dan pada saat ini bakteri menggunakan energi simpanan ATP untuk pernafasannya sampai ATP habis yang kemudian akan mati. (Sugiharto, 1987)



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

2.8 Septik Tank

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

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

Septik tank mempunyai beberapa fungsi diantaranya:

1. Sedimentasi

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

2. Penyimpanan

Septik tank diharapkan menampung akumulasi endapan.

3. Penguraian

Penguraian lumpur oleh bakteri secara anaerobik merupakan akses dari lama waktu penyimpanan endapan dalam tangki. Bakteri akan menghasilkan oksigen yang akan terlarut jika ia mengurai bahan organik yang terkandung didalam limbah. Bakteri ini juga akan mengurai bahan organik kompleks dan mereduksinya menjadi selulosa dan menghasilkan gas meliputi H_2 , CO_2 , NH_3 , H_2S dan CH_4 .

4. Menahan laju aliran

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

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

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

Tabel 2.3 Karakteristik efluen dari septik tank konvensional

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

(Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)

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

- a. Semua kawasan permukiman (real estate), kawasan perkantoran, kawasan perniagaan dan apartemen.
- b. Rumah makan (restauran) yang luas bangunannya lebih dari 1000 m².
- c. Asrama yang berpenghuni 100 orang atau lebih.

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

Tabel 2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik

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

(Sumber : KepMenLH 112/2003)

Tabel 2.5 Karakteristik Efluen Septik tank

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

(Sumber : EPA, 2002)

2.9 Pengolahan Air Buangan dengan Fluidized Bed Reaktor

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.

Pada reaktor tipe ini, banyak biomassa menempel pada media yang berukuran kecil sebagai biofilm. Biomassa yang menyelimuti partikel media berada pada kondisi terfluidasi atau tereksansi (bergerak melayang-layang) secara vertikal, dengan aliran keatas (*upflow*). Dalam hal ini ukuran dan densitas media akan menentukan apakah sistem operasi stabil dan ekonomis. Partikel yang berukuran kecil akan memberikan luas permukaan yang besar yang berguna sebagai tempat menempel biofilm.

Kadang-kadang, *Fluidized bed* dipakai dalam pengolahan air dan pengolahan air limbah lanjut (*advanced treatment of wastewater*). *Fluidized bed* terdiri dari bed padat *granular adsorbent*. Cairan mengalir ke atas melalui bed dengan arah vertikal. Kecepatan cairan ke atas cukup untuk menahan zat padat, sehingga *solid* tidak memiliki kontak interpartikel yang konstan. Pada bagian atas zat padat, terdapat suatu *interface* khas antara zat padat dengan cairan efluen (Weber, 1972).

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.

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 effluen 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.

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

Type reaktor	Beban Organik (kg COD/m ³ .hari)	HRT (hari)	% COD Removal
• <i>Anaerobic Lagoon</i>	0,1-0,5	1-20	35-75
• <i>Imhoff tank (10⁰ C)</i>	0,3	20-50	35-65
• <i>Contac Proses</i>	205	0,5-5	70-90
• <i>Ekspanded Bed/ Fluidized Bed</i>	1-20	<1	80-85
• UASB - <i>low strenght</i>	<5	0,3-0,5	65-80
• UASB - <i>High streng</i>	5-20	2-10	70-85

Sumber : S.Veenstra

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

1. Dapat digunakan untuk beban organik yang tinggi
2. *hidrolic retention time* (HRT) yang relatif singkat

3. Sesuai untuk berbagai jenis limbah
4. Dengan menggunakan butiran karbon aktif dapat menahan limbah
5. Tidak sensitif terhadap *shock loads*
6. Tidak membutuhkan area yang luas.

Sedangkan kekurangan dari pemakaian *Fluidized bed* adalah:

1. Sukarnya Proses *start up*
2. Dibutuhkan energi yang tinggi untuk fluidisasi
3. Sukar untuk mengontrol ketinggian bed
4. Sukar untuk mendesain reaktor
5. Besarnya biaya untuk media

2.10 Parameter yang Diukur

2.10.1 *Biological Oxygen Demand (BOD)*

BOD merupakan gambaran kadar bahan organik , yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air (Davis and Cornwell, 1991). Dengan kata lain, BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi mikroba aerob yang terdapat dalam botol yang diinkubasi pada suhu 20°C selama 5 hari, dalam keadaan tanpa cahaya (Boyn, 1988).

BOD hanya menggambarkan bahan organik yang dapat didekomposisi secara biologis (*biodegradable*). Bahan organik ini dapat berupa lemak, protein, glukosa, aldehida, ester, dan sebagainya. Dekomposisi selulosa secara biologis berlangsung relatif lambat. Bahan organik merupakan hasil pembusukan

tumbuhan dan hewan yang telah mati atau hasil buangan dari limbah domestik dan industri.

Perbedaan antara COD dan BOD (Benefield dan Randall, 1980), yaitu :

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 *biodegradabl / non biodegradable*.
2. Beberapa substansi inorganik seperti sulfat dan tiosulfat, nitrit dan besi ferrous yang tidak akan terukur dalam tes BOD akan teroksidasi oleh kalium dikromat, membuat nilai COD inorganik yang menyebabkan kesalahan dalam penetapan komposisi organik dalam laboratorium.
3. Hasil COD tidak tergantung pada aklimasi bakteri, sedangkan hasil tes BOD sangat dipengaruhi aklimasi seeding bakteri.

2.10.2 Total Suspended Solid (TSS)

Materi yang tersuspensi adalah materi yang mempunyai ukuran lebih besar daripada molekul/ion yang terlarut. Dalam air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dan molekul organis, dan zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat, kwarts. Perbedaan pokok antara kedua kelompok zat ini ditentukan melalui ukuran/diameter partikel-partikel.

Analisa zat padat dalam air sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan.

Zat-zat padat yang berada dalam suspensi dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi koloidal (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (partikel tersuspensi). Zat padat tersuspensi dapat mengendap apabila keadaan air cukup tenang, ataupun mengapung apabila sangat ringan, materi inipun dapat disaring. Koloid sebaliknya sulit mengendap dan tidak dapat disaring dengan saringan (filter) air biasa.

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

Zat padat total , terbagi menjadi dua :

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

Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklarifikasikan sekali lagi antara lain zat padat terapung yang selalu bersifat organik dan zat padat terendap yang dapat bersifat organik dan inorganik. Zat padat terendap adalah zat padat dalam suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya beratnya.

2.10.3 Temperatur

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

2.10.4 pH

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

2.11 Hipotesa

- Terjadinya penurunan kadar BOD dan TSS
- Diketuainya efektifitas *Fluidized Bed* bermedia Styrofoam dalam menurunkan konsentrasi BOD dan TSS pada limbah Septick tank

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, sebagai tempat untuk menganalisa sampel. Sedangkan lokasi pengambilan sampel dilakukan di belakang kampus terpadu Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.

3.2 Obyek Penelitian

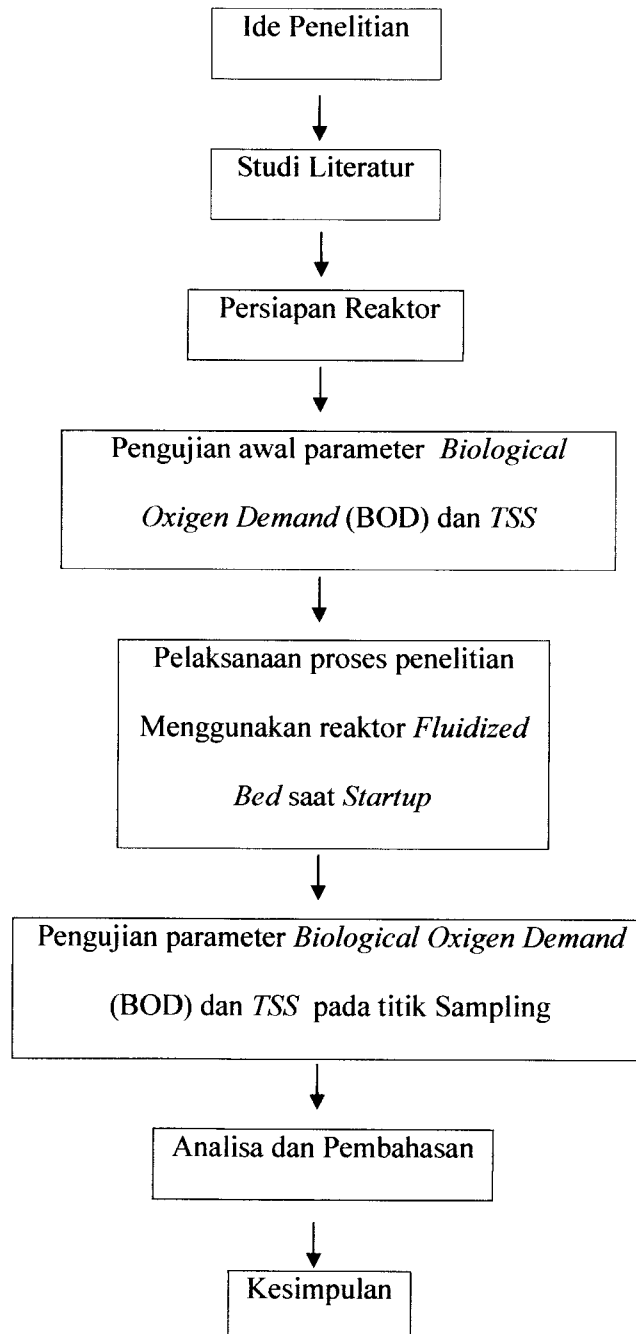
Obyek penelitian adalah limbah domestik yang berasal dari *Septick tank* belakang kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. *Septick tank* ini merupakan pengolahan primer untuk buangan dari orang-orang yang melakukan aktifitas di kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.

3.3 Jenis Penelitian

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

3.4 Kerangka Penelitian

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



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.5 Parameter Penelitian dan Metode uji

Dalam penelitian ini parameter yang akan diperiksa yaitu BOD dan TSS.

Pada tabel 3.1 dapat dilihat parameter penelitian dan metode uji setiap parameter.

Tabel 3.1 Parameter Penelitian dan Metode Uji

Nomor	Parameter	Metode Uji
1	BOD	SNI M – 69-1990-03 Metode Titrimetri
2	TSS	SNI 1991 - Standar 2 Metode Pengujian Kualitas Fisika air SK SNI M-03-1990-F

3.6 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

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

3.7 Tahapan Penelitian

Tahapan pelaksanaan dalam penelitian, yaitu:

3.7.1 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



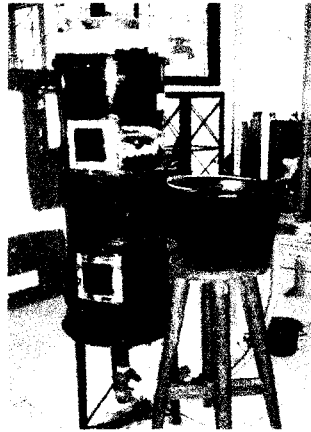
Gambar 3.2 Media *Styrofoam*

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 dirangkakan, terlebih dahulu dibuat suatu desain reaktor (perhitungan desain reaktor pada Lampiran I)

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. Reactor Diberi tutup karena diharapkan sebageian besar dalam keadaan anaerobic. Ukuran

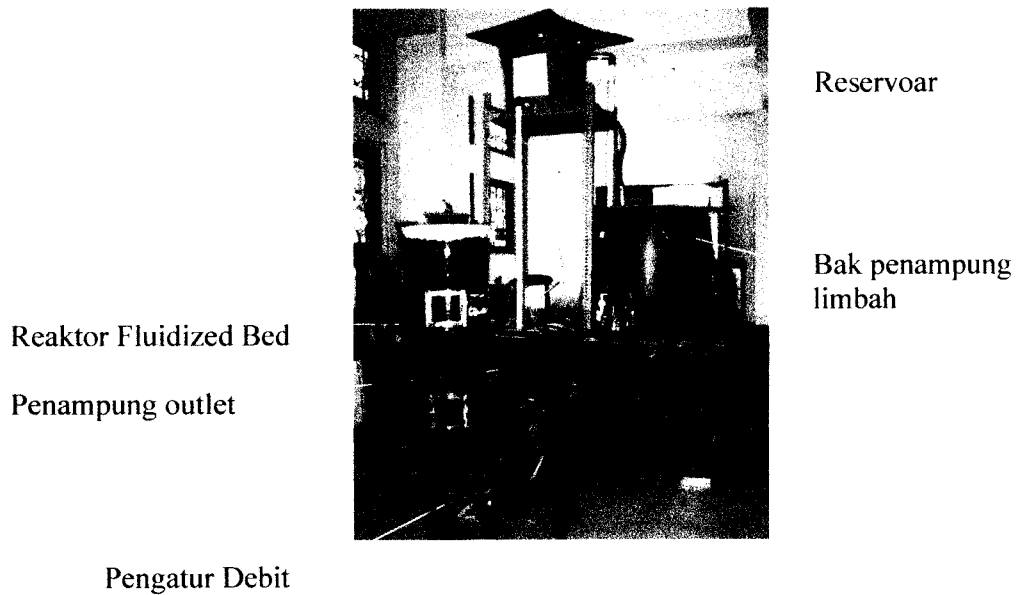
reaktor yaitu diameter 25 cm dan tinggi 100cm. Bagian bawah reaktor terdapat kran pengatur debit. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Reaktor *Fluidized Bed*

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

Rangkaian keseluruhan reaktor, reservoir dan bak penampungan dapat dilihat pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Rangkaian Reaktor *Fluidized Bed*

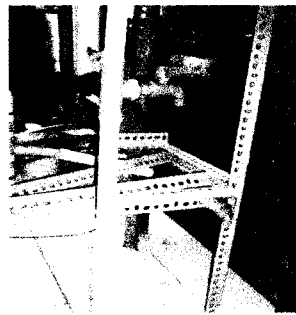
3.7.2 Proses *Starter Bakteri*

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.

3.7.3 Proses *Sampling*

- Proses ini dilakukan dari hari pertama *startup* setelah *starter* bakteri sampai sebelum keadaan *steady state*.
- Sebelumnya, dilakukan pemeriksaan awal untuk parameter BOD dan TSS

- Selama 30 hari setiap 2 hari sekali dilakukan sampling dan pemeriksaan parameter TSS dan setiap 3 hari sekali pemeriksaan BOD
- Sample diambil pada 2 titik sample, yaitu pada inlet (kran setelah reservoir) dan outlet (kran bagian atas reaktor) yang dapat dilihat pada Gambar 3.5 dan 3.6 berikut ini



Gambar 3.5 Inlet Reaktor

Fluidized Bed



Gambar 3.6 Outlet Reaktor

Fluidized Bed

3.7.4 Prosedur Penelitian

- Air limbah domestik yang berasal dari *septic tank*, dimasukkan ke dalam bak penampung.
- Memompa limbah dari bak penampung ke reservoir yang ketinggiannya diatur sesuai dengan tekanan yang diharapkan.
- Memeriksa kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *TSS* sample awal yang terkandung dalam air limbah yang akan dialirkan.
- Mengalirkan air limbah kedalam reaktor yaitu dengan debit sebesar 2,55 l/jam dan waktu detensi (td) 18 jam.
- Mengambil sampel air untuk diperiksa kadar dari parameter *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *TSS* yaitu pada inlet dan outlet reaktor.

3.7.5 Pemeriksaan Sampel

Effluent hasil pengolahan dianalisa di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII Yogyakarta menggunakan SNI 1991 - Standar 2 Metode Pengujian Kualitas Fisika air SK SNI M-03-1990-F untuk TSS dan metode titrimetri menurut SNI M-69-1990-03 untuk BOD.

3.8 Analisa Data

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

Perhitungan efisiensi :

$$E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

E = Efisiensi

C₁ = Kadar BOD dan TSS sebelum *treatment*

C₂ = Kadar BOD dan TSS sesudah *treatment*

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

Langkah-langkah dalam melakukan uji T-Test:

1. Langkah 1 : Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat
Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD pada inlet dan outlet
Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD pada inlet dan outlet
2. Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho dalam Model Statistik
Ha : $\mu 1 \neq \mu 2$
Ho : $\mu 1 = \mu 2$
3. Langkah 3 : Mencari rata-rata (\bar{X}); standar deviasi (s); varians (S) dan korelasi (r)
4. Langkah 4 : Mencari t hitung

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

Dimana:

r = Nilai korelasi X_1 dengan X_2

n = jumlah sampel

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

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

s_1 = Standar deviasi sampel ke-1

s_2 = Standar deviasi sampel ke-2

S_1 = Varians sampel ke 1-1

S_2 = Varians sampel ke 1-2

5. Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian

- Taraf signifikannya ($\alpha = 0.05$)
- $dk = n-1$
Sehingga diperoleh t tabel (lihat table distribusi t)
- Kriteria pengujian dua variabel

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

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

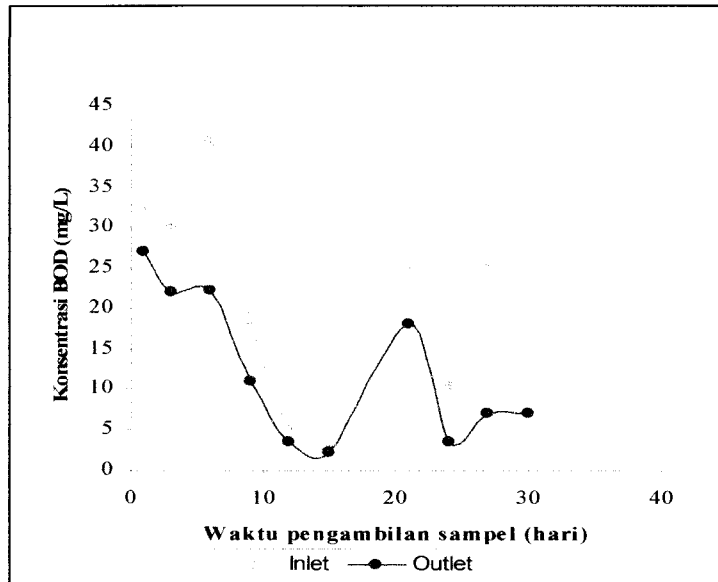
4.1 Hasil Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan *Fluidized bed* bermedia *Styrofoam* ini dimulai dengan melalui suatu proses penumbuhan bakteri pada media styrofoam yang berukuran 50 mm, atau proses ini dikenal dengan istilah *seeding* atau *start up*. *seeding* atau *start up* ini dilakukan selama 30 hari dimulai pada tanggal 8 September 2006, dengan menggunakan limbah *septictank*. Pada proses ini terlebih dahulu dilakukan penambahan EM₄ pada 100% limbah *septictank* yang berfungsi untuk memicu terjadinya pertumbuhan bakteri didalam reaktor. Penelitian dilakukan selama 30 hari, setelah dilakukan pencampuran 100% limbah *septictank* dengan EM₄. Dari hasil penelitian yang dilakukan selama 30 hari (mulai dari tgl 8 September – 8 Oktober 2006), diperoleh hasil penelitian terhadap konsentrasi BOD dan TSS sebagai berikut:

4.1.1 Hasil Konsentrasi BOD

Dalam penelitian ini, pengukuran BOD dilakukan setiap 3 hari sekali. Pada Tabel 4.1 (lampiran II) ditunjukkan perolehan data dan efisiensi dari hasil pengukuran konsentrasi BOD selama penelitian.

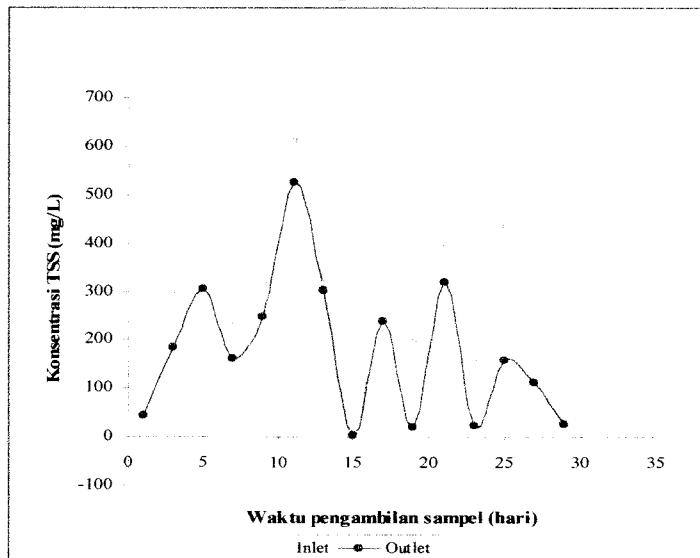
Grafik konsentrasi BOD pada Inlet dan Outlet



4.1.2 Hasil Konsentrasi TSS

Dalam penelitian ini, pengukuran TSS dilakukan setiap 2 hari sekali. Pada Tabel 4.2 (Lampiran II) ditunjukkan perolehan data dan efisiensi dari hasil pengukuran konsentrasi TSS.

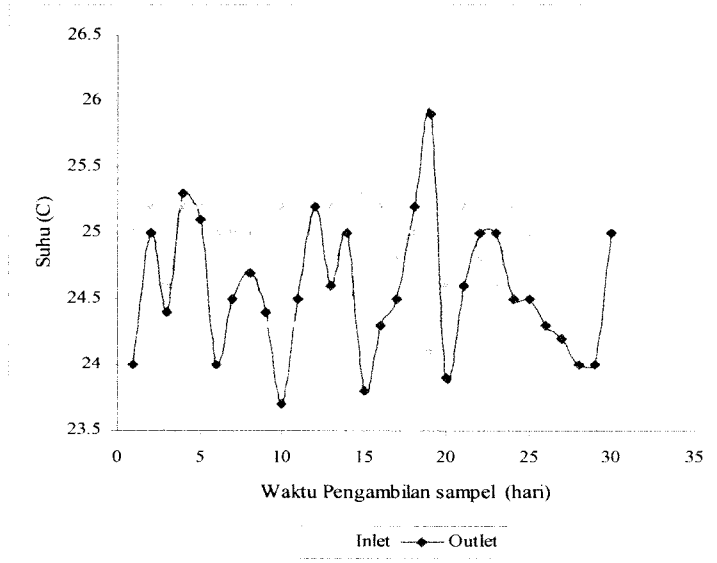
Grafik konsentrasi TSS pada Inlet dan Outlet



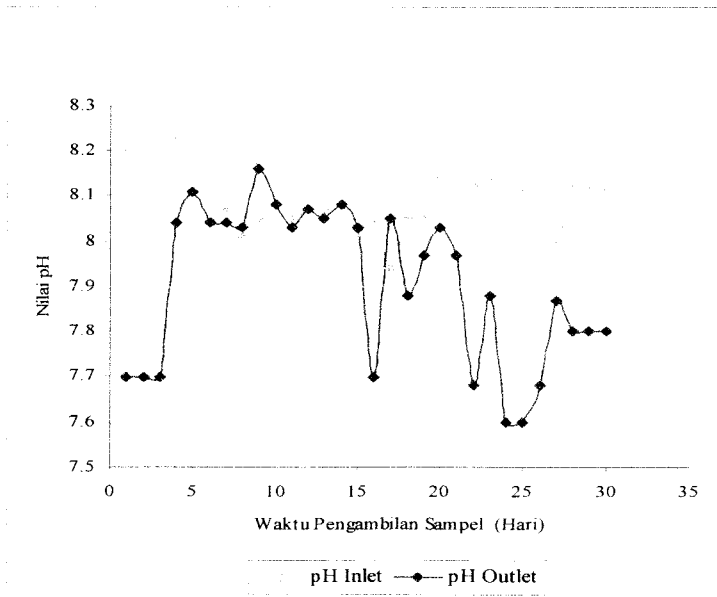
4.1.3 Hasil Pengukuran Suhu dan pH

Dalam penelitian ini, pengukuran suhu dan pH dilakukan setiap hari. Pada Tabel 4.3 dan 4.4 (Lampiran II) ditunjukkan perolehan data hasil pengukuran terhadap suhu dan pH.

Grafik Pengukuran Suhu pada inlet - outlet



Grafik Pengukuran pH pada inlet – outlet





4.2 Uji Statistik

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

4.2.1 *T-Test* untuk Analisa BOD (*Biological Oxigen Demand*)

Setelah dilakukan pengujian statistik menggunakan metode *T-Test*, dimana uji ini dilakukan untuk membandingkan keadaan variabel dari dua rata-rata sampel (dapat dilihat pada lampiran III) didapatkan hasil sebagai berikut :

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

- 2.101 < 1.0.35 < 2.048 , maka Ho diterima dan Ha ditolak Kesimpulan :

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

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

4.2.2 *T-Test* untuk Analisa TSS (*Total Suspended Solid*)

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

- 2.048 < 1.654 < 2.048, maka Ho diterima dan Ha ditolak Kesimpulan :

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

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

4.2.3 T-Test untuk Analisa pH

Membandingkan t tabel (*t critical*) dengan t hitung (*t stat*) yaitu :
 $-2.002 < 5.601 > 2.002$, maka H_a diterima dan H_o ditolak

Kesimpulan :

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara pH pada Inlet dan Outlet
DITERIMA

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

4.2.4 T-Test untuk Analisa Suhu

Membandingkan t tabel (*t critical*) dengan t hitung (*t stat*) yaitu :
 $-2.001 < 0,7477 < 2.001$, maka H_o diterima dan H_a ditolak.

Kesimpulan :

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

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

4.3. Pembahasan

4.3.1. Pembahasan Konsentrasi BOD

Pengambilan sampel untuk parameter BOD dilakukan setiap 3 hari sekali, selama 30 hari. Hasil uji *t-test* menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara inlet dan outlet. Terdapatnya Perbedaan yang tidak signifikan ini terjadi karena kurangnya waktu kontak air buangan pada media filter yang berpengaruh pada kemampuan adsorpsi air limbah pada lapisan biofilm. Menurut Davis (1991) semakin lama waktu kontak semakin besar adsorpsi bahan dalam air buangan pada lapisan biofilm. Permukaan media yang kasar mampu menyediakan area yang lebih besar untuk melekatnya mikroorganisme akan tetapi pada penelitian ini digunakan media yang memiliki permukaan yang halus/licin, yang mana hal ini dapat mempengaruhi kemampuan mikroba untuk menempel pada media. Kecepatan aliran juga mempengaruhi persentase removal. Semakin cepat kecepatan aliran ke atas (up flow), maka dapat mempengaruhi terjadinya pengelupasan biofilm pada media (*Krisno Wahyu, 2000*).

Dari rata – rata data hasil penelitian terjadi penurunan konsentrasi BOD yaitu rata-rata sebesar 39.17%. Penurunan konsentrasi BOD disebabkan karena adanya proses degradasi bahan – bahan organik maupun anorganik oleh mikroorganisme. Proses degradasi bahan organik maupun anorganik ini dilakukan oleh mikroorganisme untuk memenuhi kebutuhan nutrien maupun energi bagi pertumbuhan dan penguraiannya. Penurunan BOD juga dapat disebabkan oleh adanya material soluble yang tertahan pada media. Terjadi gaya tarik menarik massa dan gaya elektrostatis adalah suatu kombinasi dua kekuatan yang disebut

adsorpsi, memungkinkan partikel tetap berhubungan dengan partikel padat lain dan media.

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).

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

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

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

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

4.3.2. Pembahasan Konsentrasi TSS

Pengambilan sampel untuk TSS dilakukan setiap 2 hari sekali, selama 30 hari. Hasil uji *t-test* menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara inlet dan outlet. Terdapatnya perbedaan yang tidak signifikan antara inlet dan outlet terjadi karena kurangnya waktu kontak yang terjadi pada reaktor untuk melakukan proses adsorpsi. Permukaan media yang kasar mampu menyediakan area yang lebih besar untuk melekatnya mikroorganisme akan tetapi pada penelitian ini digunakan media yang memiliki permukaan yang halus/licin, yang mana hal ini dapat mempengaruhi kemampuan mikroba untuk menempel pada media.

Dari rata – rata data hasil penelitian terjadi penurunan konsentrasi TSS yaitu rata-rata sebesar 60.6%. Penurunan konsentrasi TSS dapat terjadi karena di dalam reaktor fluidized bed terjadi mekanisme fisik yaitu proses screening

(penyaringan). Proses screening ini akan meremoval partikel-partikel yang lebih besar dari pori atau celah media filter. Ketika air limbah yang mengandung TSS ini melewati media styrofoam, maka TSS akan tertahan pada pori atau celah-celah media styrofoam. TSS yang telah tertahan pada pori atau celah-celah media styrofoam ini akan mengalami proses biologi yaitu TSS didegradasi oleh bakteri. Hal ini terjadi karena TSS atau zat padat tersuspensi terdiri dari zat padat tersuspensi organis dan zat padat tersuspensi inorganis. Dimana zat padat tersuspensi organis ini dan juga bahan-bahan organik lainnya diperlukan bakteri untuk pertumbuhan selnya, bahan-bahan tersebut juga akan dirombak menjadi asam volatile, alkohol, H₂, dan CO₂ (pranoto,2002).

Selain itu menurunnya TSS dapat juga disebabkan oleh mengendapnya partikel, dikarenakan adanya pengaruh gaya berat. Zat padat tersuspensi dapat diklasifikasikan menjadi zat padat tersuspensi organis dan inorganis. Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklasifikasikan sekali lagi menjadi zat padat terapung yang selalu bersifat organis dan zat padat terendap yang dapat bersifat organis dan inorganis. Zat padat terendap adalah zat padat dalam suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya beratnya. Zat padat tersuspensi yang bersifat inorganis contohnya tanah liat, kwarts dan yang organis contohnya protein, sisa makanan, ganggang, bakteri. Air limbah banyak mengandung sisa makanan sehingga tergolong dalam sifat organis. Padatan tersuspensi dapat mengurangi penetrasi sinar cahaya kedalam air. Padahal sinar matahari sangat diperlukan oleh mikroorganisme untuk melakukan proses fotosintesis. Karena tidak ada sinar matahari yang masuk, maka proses

fotosintesis tidak dapat berlangsung. Akibatnya kehidupan mikroorganisme menjadi terganggu dan mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis.

Dari penelitian tersebut, pertumbuhan mikroba pada reaktor juga dapat dipengaruhi oleh Suhu dan pH. Hal ini terlihat dari pengukuran yang dilakukan setiap hari pada suhu dan pH, dimana diperoleh suhu berkisar antara 23-25⁰C dan pH berkisar antara 7-8.

Kebanyakan bakteri, baik dalam biakan murni maupun dalam kultur campuran seperti dalam bioreaktor air limbah, memiliki rentan pH untuk pertumbuhan antara 4 – 9. Secara umum pH optimum untuk pertumbuhan mikroba pada rentang 6.5 – 7.5. [Wilkinson (1975) dan Benefield (1980)], menyarankan bahwa mikroba tumbuh dengan baik pada pH sedikit basa, sementara algae dan fungi tumbuh dengan baik pada kondisi pH sedikit asam. Dalam proses pengolahan air limbah secara biologis pH optimum untuk pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh karakteristik air limbah yang diolah.

Suhu memberikan pengaruh pada proses pertumbuhan biofilm. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air. 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. 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

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada saat *start up*, reaktor *Fluidized Bed* media Styrofoam terjadi penurunan konsentrasi BOD rata- rata sebesar 39,17 %
2. Pada saat start up, reaktor Fluidized Bed media Styrofoam terjadi penurunan konsentrasi TSS rata-rata sebesar 60.6%
3. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, reaktor fluidized bed belum mencapai keadaan *steady state*, hal ini disebabkan kurangnya waktu kontak air limbah terhadap media, sifat fisik media filter yang memiliki permukaan licin/halus sehingga mengakibatkan sukarnya bakteri untuk menempel pada media.
4. Penurunan konsentrasi BOD dan TSS terjadi karena adanya proses fisik (penyaringan) dan proses biologis (penguraian za-zat organis)

5.2 Saran

1. Bagi peneliti selanjutnya perlu melakukan penambahan variasi diameter media, jenis media, dan tinggi media untuk mengoptimalkan penurunan konsentrasi BOD dan TSS.

2. Bagi peneliti selanjutnya perlu memperhitungkan waktu kontak limbah dalam reaktor yang lebih lama dan kecepatan aliran ke atas (up flow) yang konstan
3. Pada saat memilih media untuk tumbuhnya bakteri, pilihlah media yang mempunyai permukaan kasar, tidak licin atau halus karena hal ini akan mempengaruhi pertumbuhan mikroba pada media.

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

LAMPIRAN

Lampiran 1

Perhitungan Desain Reaktor Fluidized Bed :

➤ 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

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

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

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

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

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

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

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

$$P_2 = P_1 + \rho gh$$

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

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

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

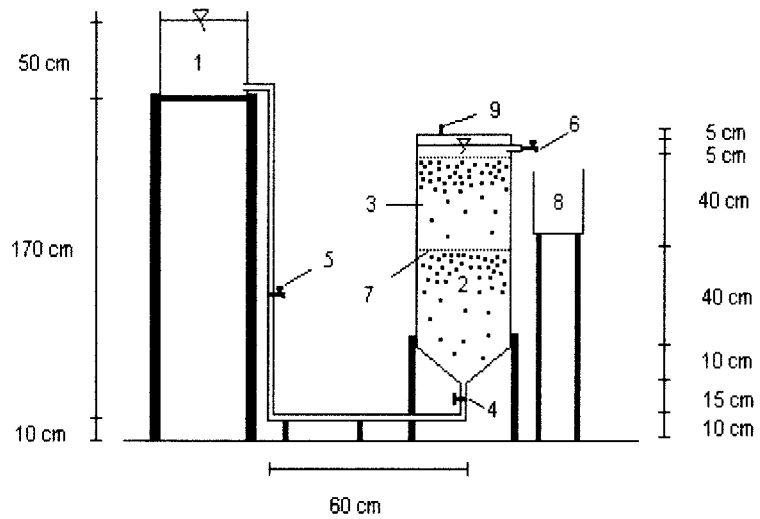
$$E_1 = E_2 + H_{loss}$$

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

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

$$12,5 = 12,5$$

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



Gambar Reaktor *Fluidized Bed* bermedia *styrofoam*

Keterangan:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------|
| 1. Reservoar | 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 | |

LAMPIRAN 3

Lampiran II

Tabel 4.1 Data konsentrasi BOD dan Efisiensinya

No.	Hari ke	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Efisiensi (%)
1	1	32	27	15.63
2	3	30	22	26.67
3	6	40.8	22.25	45.47
4	9	18	11	38.89
5	12	5.3	3.6	32.08
6	15	3.4	2.3	32.35
7	21	25	18	28.00
8	24	10.55	3.45	67.30
9	27	25	7	72.00
10	30	10.64	7.09	33.36
Jumlah				391.74
Rata-rata		20.07	12.37	39.17

Tabel 4.2 Data konsentrasi TSS dan Efisiensinya

No.	Hari ke	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Efisiensi (%)
1	1	168	42	75.00
2	3	296	184	37.84
3	5	356	304	14.61
4	7	234	160	31.62
5	9	324	248	23.46
6	11	616	524	14.94
7	13	320	302	5.63
8	15	18	4	77.78
9	17	302	238	21.19
10	19	202	20	90.10
11	21	400	318	20.50
12	23	154	22	85.71
13	25	438	158	63.93
14	27	150	112	25.33
15	29	32	26	18.75

Jumlah				606.38
Rata-rata		267.33	177.47	60.64

Tabel 4.3 Data pengukuran Suhu dan pH

Hari ke	pH		Suhu	
	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
1	8.2	7.7	25	24
2	8.2	7.7	25.2	25
3	8.2	7.7	24.6	24.4
4	8.23	8.04	25.2	25.3
5	8.07	8.11	25.2	25.1
6	8.04	8.04	25	24
7	8.07	8.04	25	24.5
8	8.01	8.03	25	24.7
9	8.05	8.16	24.3	24.4
10	8.08	8.08	25.2	23.7
11	8.05	8.03	24.3	24.5
12	8.07	8.07	25.3	25.2
13	8.07	8.05	25.2	24.6
14	8.08	8.08	24.3	25
15	8.02	8.03	25.3	23.8
16	8.05	7.7	25.2	24.3
17	7.94	8.05	24.8	24.5
18	8.05	7.88	25	25.2
19	8.05	7.97	24.1	25.9
20	8.14	8.03	24.6	23.9
21	8.16	7.97	25.2	24.6
22	8.12	7.68	24.8	25
23	8.14	7.88	24.6	25
24	8.12	7.6	25.2	24.5
25	8.12	7.6	25	24.5
26	8.12	7.68	25	24.3
27	8	7.87	25	24.2
28	8.12	7.8	25	24
29	8.12	7.8	25.2	24
30	8.12	7.8	25.2	25

LAMPIRAN 3

Lampiran III

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

3.1 T-Test Analisa BOD

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances (BOD)

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	20.069	12.369
Variance	155.462	83.618
Observations	10	10
Pooled Variance	115.981	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	18	
t Stat	1.035	
P(T<=t) one-tail	0.041846	
t Critical one-tail	1.734064	
P(T<=t) two-tail	0.083692	
t Critical two-tail	2.101	

Langkah-Langkah Pengerjaan T-Test Analisa BOD

Langkah 1: Membuat H_a dan H_o dalam bentuk kalimat

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

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

Hari ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	X1*X2	X1 ²	X2 ²
1	32	27	24.6	1024	729
3	30	22	22	900	484
6	40.8	22.25	22.25	1664.64	495.063
9	18	11	11	324	121
12	5.3	3.6	3.6	28.09	12.96
15	3.4	2.3	0.11	11.56	5.29
21	25	18	18	625	324
24	10.55	3.45	3.45	111.303	11.9025
27	25	7	7	625	49
30	10.64	7.09	7.09	113.21	50.2681
Σ	200.690	123.690	119.100	5426.802	2282.483
\bar{X}_r	20.069	12.369			
Standar Deviasi (s)	12.468	9.144			
Varians (S)	155.462	83.618			
Korelasi (r)	-2.303				

Langkah 4 : Mencari t hitung

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

$$= \frac{20.069 - 12.369}{\sqrt{\frac{155.462}{10} + \frac{83.618}{10} - 2 * (-2.303) \left(\frac{12.468}{\sqrt{10}} \right) + \left(\frac{9.144}{\sqrt{10}} \right)^2}} = 1.035$$

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 $-2.101 < 1.0.35 < 2.048$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Langkah 7 : Kesimpulan

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

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

3.2 T-Test Analisa TSS

Hasil t-test untuk TSS

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	267.333	177.467
Variance	24540.952	21811.124
Observations	15	15
Pooled Variance	23176.0381	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	28	
t Stat	1.654	
P(T<=t) one-tail	0.058585822	
t Critical one-tail	1.701130259	
P(T<=t) two-tail	0.117171644	
t Critical two-tail	2.048	

Langkah-Langkah Pengerjaan T-Test Analisa TSS

Langkah 1: Membuat H_a dan H_o dalam bentuk kalimat

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

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

Langkah 2: Membuat H_a dan H_o model statistik

H_a : $\mu_1 \neq \mu_2$

H_o : $\mu_1 = \mu_2$

Langkah 3: Mencari rata-rata (X_r); standar deviasi (s); varians (S) dan korelasi (r)

Hari ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	$X_1 \cdot X_2$	X_1^2	X_2^2
1	168	42	7056	28224	1764
3	296	184	54464	87616	33856
5	356	304	108224	126736	92416
7	234	160	37440	54756	25600
9	324	248	80352	104976	61504
11	616	524	322784	379456	274576
13	320	302	96640	102400	91204
15	18	4	72	324	16
17	302	238	71876	91204	56644
19	202	20	4040	40804	400
21	400	318	127200	160000	101124
23	154	22	3388	23716	484
25	438	158	69204	191844	24964
27	150	112	16800	22500	12544
29	32	26	832	1024	676
Σ	4010	2662	1000372	1415580	777772
X_r	267.333	177.467			
Standar Deviasi (s)	156.656	147.686			
Varians (S)	24540.952	21811.124			
Korelasi (r)	0.891				

Langkah 4 : Mencari t hitung

$$t_{hitung} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1}{n_1} + \frac{S_2}{n_2} - 2r\left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}}\right) + \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}}\right)}}$$
$$= \frac{267.333 - 177.464}{\sqrt{\frac{24540.952}{15} + \frac{21811.124}{15} - 2(0.891)\left(\frac{156.656}{\sqrt{15}}\right) + \left(\frac{147.686}{\sqrt{15}}\right)}} = 1.654$$

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 $-2.048 < 1.654 < 2.048$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Langkah 7 : Kesimpulan

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

DITOLAK.

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

DITERIMA.

3.3 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. $dk = n_1 + n_2 - 2 = 15 + 15 - 2 = 28$
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.

3.4 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}): 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

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

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 $-2,001 < 0,7477 < 2,001$, 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 4

Lampiran 4

SK SNI M-03. 1989-F mengenai Cara Uji Residu Tersuspensi secara Gravimetri

1. Prinsip Kerja

Pemeriksaan residu tersuspensi dilakukan dengan cara menimbang berat residu di dalam contoh yang tertahan pada kertas saring yang berpori 0.45 μm dan telah dikeringkan pada suhu 103-105⁰C hingga diperoleh berat tetap.

2. Gangguan

Gangguan yang terdapat dalam analisis ialah :

- a. Partikel yang besar, partikel yang mengapung, dan zat-zat menggumpal yang tidak dapat tercampur dalam air terlebih dahulu dipisahkan sebelum pengujian;
- b. Contoh yang mengandung kadar garam tinggi untuk menghilangkan gangguan ini diperlukan pembilasan yang sempurna dengan air suling setelah contoh disaring.

3. Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah :

- a. Cawan Goch atau alat penyaring lain yang dilengkapi penghisap atau penekan;
- b. Kertas saring yang berpori 0.45 μm misalnya Gelman tipe A/E atau Whatman tipe 934 AH atau Millipore tipe AP40 atau yang sejenis;
- c. Tempat khusus untuk menaruh kertas saring yang terbuat dari baja anti karat atau alumunium;
- d. Oven untuk pemanasan pada suhu 103-105⁰C;
- e. Desikator
- f. Neraca analitik dengan kapasitas 200 gram dengan ketelitian 0.1 mg;
- g. Penjepit

4. Cara Kerja

Tahapan cara kerja adalah sebagai berikut :

- Penimbangan kertas saring kosong dilakukan dengan urutan :
 - a. Taruh kertas saring ke dalam alat penyaring;
 - b. Bilas kertas saring dengan air suling sebanyak 20 ml dan operasikan alat penyaring;
 - c. Ulangi pembilasan hingga bersih dari partikel-partikel halus pada kertas saring;
 - d. Ambil kertas saring dan taruh di atas tempat khusus kertas saring;
 - e. Keringkan kertas saring tersebut di dalam oven pada temperatur 103 – 105 °C selama 1 jam;
 - f. Dinginkan dalam desikator selama 10 menit;
 - g. Timbang dengan neraca analitik;
 - h. Ulangi langkah e sampai g hingga diperoleh berat tetap (kehilangan berat < 4 %) misalnya B mg;
 - i. Taruh kertas saring tersebut di dalam desikator.
- Penyaringan contoh dan penimbangan residu tersuspensi dilakukan dengan urutan sebagai berikut :
 - a. Siapkan kertas saring yang telah diketahui beratnya pada alat penyaring;
 - b. Contoh dikocok hingga merata dan masukkan ke dalam alat penyaring; banyaknya contoh yang diambil disesuaikan dengan kadar residu tersuspensi sehingga berat residu tersuspensi antara 2,5 mg sampai 200 mg;
 - c. Saring contoh, kemudian residu tersuspensi dibilas dengan air suling sebanyak 10 ml dan dilakukan 3 kali pembilasan;
 - d. Ambil kertas saring dan taruh di tempat khusus;
 - e. Keringkan di dalam alat pengering pada suhu 103 – 105 °C selama 1 jam;
 - f. Dinginkan di dalam desikator selama 10 menit;
 - g. Timbang dengan neraca analitik;

- h. Ulangi langkah e, f dan g hingga diperoleh berat tetap (kehilangan < 4 %) misalnya A mg;
- i. Hasil tersebut dapat dilanjutkan untuk penetapan residu tersuspensi terurai;
- j. Air saringan yang diperoleh dapat digunakan untuk penetapan residu terlarut.

5. Perhitungan

Rumus yang digunakan dalam perhitungan ialah :

$$\text{Residu Tersuspensi (mg/L)} = \frac{(A - B) \times 1000}{c}$$

dimana :

- a = Berat filter dan residu sesudah pemanasan 105⁰ C (mg)
- b = Berat filter kering sesudah pemanasan 105⁰ C (mg)
- c = Volume sampel (ml)

LAMPIRAN 5

Lampiran 5

SK SNI M-69. 1990-03 mengenai Metode Pengujian Kadar Kebutuhan Oksigen Biokimiawi Dalam Air

1. Maksud

Metode pengujian dimaksudkan sebagai pegangan dalam pelaksanaan pengujian Kebutuhan Oksigen Biokimiawi (KOB) dalam air.

2. Tujuan

Tujuan metode pengujian ini adalah untuk memperoleh kadar KOB dalam air

3. Ruang Lingkup

Lingkup pengujian meliputi:

- Menetapkan KOB dalam air berdasarkan selisih oksigen terlarut sebelum dan sesudah pengeraman;
- Menggunakan metode pengeraman 5 x 24 jam pada suhu 20 °C;
- Menetapkan oksigen terlarut sesuai dengan Metode Pengujian Oksigen Terlarut Dalam Air, SK SNI M – 10 - 1990 - F

4. Pengertian

Beberapa pengertian yang berkaitan dengan metode pengujian ini:

- Kebutuhan oksigen biokimiawi adalah jumlah mg oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan zat organik secara biokimiawi dalam 1L air selama pengeraman 5 x 24 jam pada suhu 20 °C;
- Oksigen terlarut nol hari adalah kadar oksigen terlarut dalam mg/L sebelum dieramkan;
- Oksigen terlarut lima hari adalah kadar oksigen terlarut dalam mg/L sesudah dieramkan

5. Peralatan

Peralatan yang digunakan terdiri atas:

- Lemari pendinginan KOB dengan kisaran suhu -10 hingga 50 °C dan telah distabilkan pada suhu 20 °C pada saat pengujian;
- Botol KOB 300mL;
- Aerator
- Gelas ukur 1000 mL
- Gelas piala 2000 mL
- Peralatan pengujian oksigen terlarut sesuai SK SNI M – 10 – 1990 – F

6. Bahan Penunjang Uji

Bahan kimia yang berkualitas p.a dan bahan lain yang digunakan dalam pengujian ini terdiri atas;

- Larutan pengencer;
- Larutan natrium hidroksida, NaOH, 0.1N
- Larutan asam sulfat, H₂SO₄, 0.1N;
- Larutan natrium sulfite, Na₂SO₃, 0.025N

7. Persiapan Benda Uji

Siapkan benda uji dengan tahapan sebagai berikut:

- Sediakan contoh uji yang telah diambil sesuai dengan Metode pengambilan Contoh Uji Kualitas Air, SK SNIM – 02 – 1989 – F
- Ukur 1000 mL contoh uji secara duplo dan masukkan ke dalam gelas piala 2000 mL;

- Apabila contoh uji bersifat asam atau basa, netralkan dengan NaOH 0.1N atau H₂SO₄ 0.1N sampai antara pH 6.5-7.5;
- Apabila contoh uji mengandung sisa klor, Cl₂, tambahkan larutan Na₂SO₃ 0.025N sampai semua Cl₂ hilang;
- Apabila contoh uji tidak mengandung mikroorganisme pengurai tambahkan 1000 mL larutan pengencer sehingga pengenceran 2 kali;
- Apabila contoh uji diperkirakan mempunyai kadar KOB lebih dari 6 mg/L, encerkan contoh uji dengan larutan pengencer sehingga kadar KOB antar 3-6 mg/L
- Masukkan ke dalam 2 buah botol KOB 300mL sampai meluap;
- Kemudian tutup botol KOB, hindarkan terjadi turbulensi dengan gelembung udara selama pengisian;
- Benda uji siap diuji

8. Persiapan Pengujian

Siapkan peralatan dan bahan penunjang uji untuk pengujian oksigen terlarut sesuai dengan SK SNI M – 10 – 1990 – F

9. Cara Uji

Uji kadar KOB dengan tahapan sebagai berikut:

- Pemeriksaan kadar oksigen terlarut (OT) nol hari dari salah satu botol KOB yang berisi benda uji sesuai dengan Metode Pengujian Oksigen Terlarut dalam Air SK SNI M – 10 – 1990 – F
- Masukkan botol KOB yang berisi benda uji ke dalam lemari pendingin bersuhu 20 °C

- Eramkan selama lima hari
- Periksa kadar oksigen (OT) lima hari sesuai dengan Metode Pengujian Oksigen Terlarut dalam air, SK SNI M – 10 – 1990 – F;
- Apabila contoh uji diencerkan, kerjakan tahap 1 – 4 terhadap larutan pengencer untuk blanko

10. Perhitungan

Hitung kadar KOB dengan menggunakan rumus berikut:

- Contoh uji tanpa diencerkan

$$\text{KOB} = C_0 - C_5$$

- Contoh uji yang diencerkan

$$\text{KOB} = \{ (C_0 - C_5) - k (AP_0 - AP_5) \} \times p$$

Dengan penjelasan:

C_0 = kadar OT mg/L nol hari benda uji;

C_5 = kadar OT mg/L lima hari benda uji;

AP_0 = kadar OT mg/L nol hari benda uji;

AP_0 = kadar OT mg/L lima hari larutan pengencer;

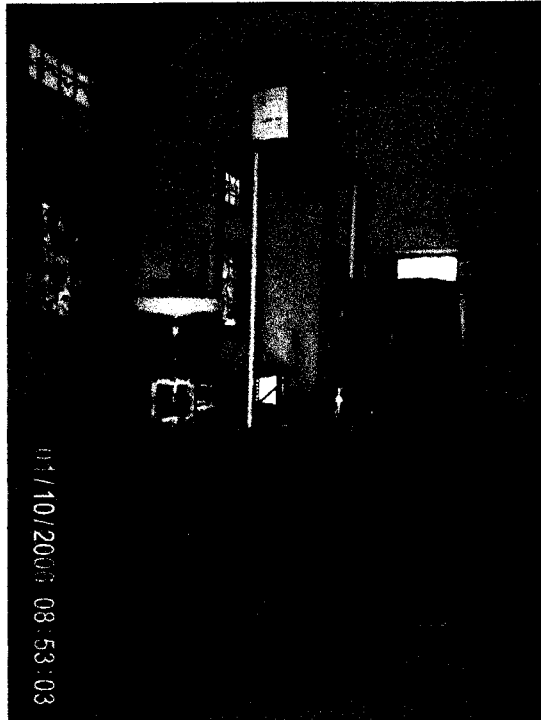
k = koreksi sebesar $(p-1)/p$;

p = faktor pengenceran

Selisih kadar KOB maksimum yang diperbolehkan antara dua pengujian duplo adalah 10%, dan rata-ratakan hasilnya

LAMPIRAN 6

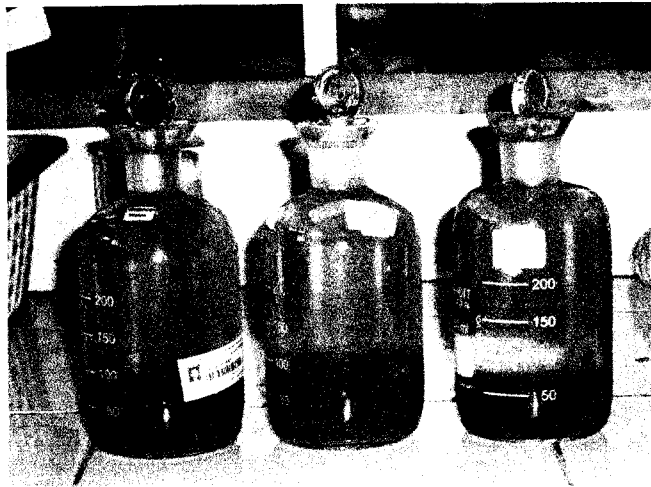
Lampiran 6



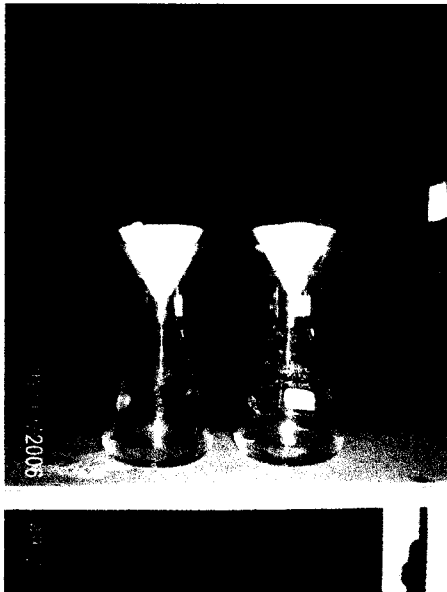
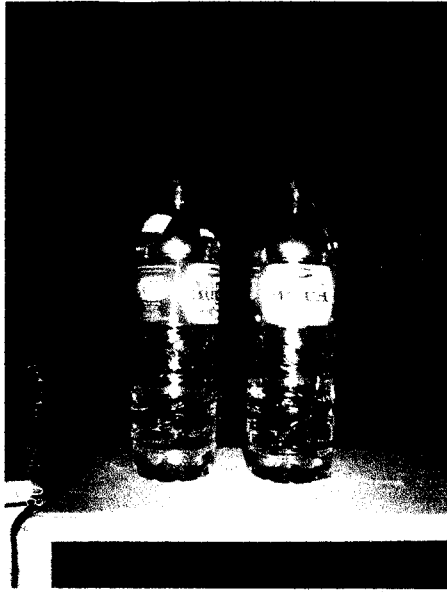
Gambar Reaktor Fluidized Bed Media Styrofoam



Gambar Styrofoam



Gambar pada saat melakukan pengujian BOD



Gambar pada saat melakukan uji TSS

LAMPIRAN 7

**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 (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama.

Pasal 12

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

Pasal 13

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

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

Pasal 14

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

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.