

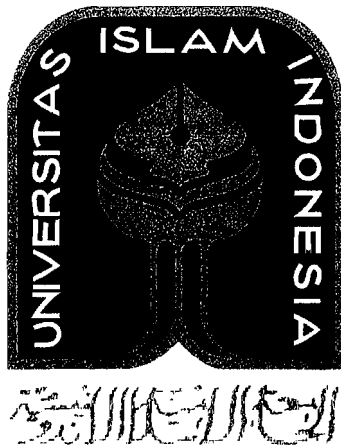
PERPUSTAKAAN FTSP UI	
HADIAN/BELE	
TGL. TERIMA :	13 Juli 2006
NO. JUDUL :	002038
NO. INV. :	512.000.203.2001
NO. INDIK. :	

TUGAS AKHIR

**EFEKTIFITAS ANAEROBIK HORIZONTAL ROUGHING FILTER
DALAM MENURUNKAN KADAR COD DAN TSS
PADA LINDI SAMPAH DOMESTIK
"Studi kasus TPA Piyungan, Bantul, Yogyakarta"**

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

R.
628 4
Sop
e
1



vi, sy hbl Camp. 28

Disusun Oleh :

Nama : AFFAN SOPHAN
No. MHS : 01 513 074

• Ujung Ciri - A B.
• Unsur-unsur R filter
• Kadar COD dan TSS
• ...

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

2006

LEMBAR PENGESAHAN

**EFEKTIFITAS ANAEROBIK HORIZONTAL ROUGHING FILTER
DALAM MENURUNKAN KADAR COD DAN TSS
PADA LINDI SAMPAH DOMESTIK
"Studi kasus TPA Piyungan, Bantul Yogyakarta"**

Nama : AFFAN SOPHAN

No. MHS : 01 513 074

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen pembimbing I

Ir. H. Kasam, MT


Tanggal :

11-7-06

Dosen pembimbing II

Andik Yulianto, ST


Tanggal :

11/7 '06

KATA PENGANTAR



Assalamu alaikum Wr. Wb.

*Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, shalawat dan salam ditujukan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW, keluarga dan para sahabat, karena berkat kegigihan beliau membawa kita keluar dari jaman kegelapan menuju jaman yang terang benderang ini. Alhamdulillah dengan segala kemampuan dan kekurangan penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Efektifitas Anaerobik Horizontal Roughing Filter Dalam Menurunkan Kadar COD dan TSS Pada Lindi Sampah Domestik. “Studi Kasus TPA Piyungan Bantul Yogyakarta”**.*

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus ditempuh untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penyusun tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan sehingga penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Selama menyelesaikan tugas akhir ini, penyusun banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. *Bapak DR. Ir. H Ruzardi MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.*
2. *Bapak Lukman Hakim, ST. Msi, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.*
3. *Bapak Eko Siswoyo, ST selaku koordinator TA*
4. *Bapak Ir. H Kasam MT, selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu dan membimbing serta mencurahkan pikirannya untuk memberi masukan-masukan kepada penulis.*
5. *Bapak Andik Yulianto ST, selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir yang telah bersedia memberikan waktunya dan banyak memberikan masukan dan saran dalam penyusunan laporan ini.*
6. *Bapak Hudori, ST selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan.*
7. *Mas Agus Adi Prananto, selaku staf Jurusan Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu dan direpotkan untuk administrasi.*
8. *Mas Tasyono, Amd dan Mas Iwan Amd, selaku laboran yang telah banyak membantu dan memberi masukan dalam analisa laboratorium.*
9. *Bapak Sudarsono SE, selaku kepala TPA Piyungan Bantul beserta seluruh jajarannya yang telah memberikan ijin untuk mengambil lindi.*
10. *Bapak Sopir truck kuning, yang telah membantu mengangkat lindi.*
11. *Kedua orang tua dan kedua kakak-ku yang telah memberikan kesempatan dan kepercayaan untuk menimba ilmu di Yogyakarta, semoga Allah SWT membalas semua kebaikan dan ketulusan yang telah kalian berikan, amien.*

12. *Buat Si Merah Tua EA 3353 E, yang telah menemani-ku selama ini dalam semua perjuangan selama di Yogya.*
13. *Teman seperjuangan The Roughing Filter ; Dedi, Yuyun, Wiwin, Adi dan Aulia, semangat ya., selesaikan laporannya!!!!!!*
14. *Buat Senior The roughing Filter ; Dian, Rima, Mba' Okti dan Mba' Rini atas masukan dan bantuannya.*
15. *Teman-teman angkatan 2001 khususnya, dan '99, '00, '02, '03, yang saya kenal dan yang mengenal saya.*
16. *Teman-teman Bascamp ; Dede, N-dras, Fikor, Imam dan kost Wisma Biru ; Ajis, Q-noy, Wawih, Jembenk, Airil, semoga kita memahami makna dari sebuah persahabatan.*
17. *Semua pihak yang telah memberi bantuan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.*

Akhirnya penyusun sangat berharap agar tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun sendiri maupun bagi semua pihak yang menggunakan laporan ini.

Wassalamu' alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, Juni 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAKSI.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5

BAB II	TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1	Lindi.....	6
2.1.1	Pengertian Lindi.....	6
2.1.2	Proses Pembentukan lindi.....	7
2.1.3	Karakteristik Lindi.....	9
2.1.4	Pengaruh Lindi.....	11
2.2	Chemical Oxygen Demand (COD).....	13
2.3	Total Suspended Solid (TSS).....	15
2.4	Teknologi Roughing Filter.....	16
2.4.1	Klasifikasi Filter.....	17
2.4.2	Aspek Umum dari Desain Roughing Filter.....	18
2.4.3	Kriteria Desain Roughing Filter.....	20
2.5	Jenis - Jenis Pengolahan Limbah.....	22
2.6	Pengolahan Air Buangan Secara Biologi.....	26
2.7	Pertumbuhan Mikroorganisme.....	28
2.8	Proses Pengolahan Secara Anaerobik.....	30
2.9	Sistem Pertumbuhan Lekat.....	36
2.10	Sistem Pertumbuhan Tersuspensi.....	39
2.11	Hipotesa.....	41
BAB III	METODE PENELITIAN.....	42
3.1	Jenis Penelitian.....	42
3.2	Lokasi Penelitian.....	42

3.3	Obyek penelitian.....	42
3.4	Variabel Penelitian.....	42
3.5	Parameter Penelitian.....	43
3.6	Alat yang digunakan.....	43
3.7	Desain Reaktor.....	44
3.8	Tahapan Penelitian.....	45
3.8.1	Persiapan Alat.....	45
3.8.2	Proses <i>Seeding</i>	45
3.8.3	Proses <i>Aklisasi</i>	46
3.9	Metode Analisa Laboratorium.....	46
3.10	Metode Analisa Data.....	47
3.11	Diagram Alir Penelitian.....	48
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	49
4.1	Hasil Penelitian.....	49
4.1.1	Data Konsentrasi <i>COD</i>	49
4.1.2	Data Konsentrasi <i>TSS</i>	50
4.2	Analisa Data Penelitian.....	50
4.2.1	Analisa Data <i>COD</i>	51
4.2.2	Analisa Data <i>TSS</i>	52
4.3	Pembahasan.....	53
4.3.1	Penurunan Konsentrasi <i>COD</i>	53
4.3.2	Penurunan Konsentrasi <i>TSS</i>	55

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.1. Kesimpulan.....	57
5.2. Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tipikal Data Komposisi lindi Baru dan Matang.....	11
Tabel 2.2.	Klasifikasi filter berdasarkan ukuran filter.....	17
Tabel 3.1	Parameter Penelitian.....	43
Tabel 4.1	Hasil Pengujian konsentrasi COD dan Efisiensi alat (%)......	49
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Konsentrasi TSS.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Faktor – faktor yang berpengaruh pada Pembentukan Lindi.....	8
Gambar 2.2	Rembesan lindi ke dalam air tanah.....	12
Gambar 2.3	Tipe Roughing Filter.....	17
Gambar 2.4	Bagian Terpenting dari Roughing Filter.....	20
Gambar 2.5	Skema Diagram Pengolahan Fisik.....	23
Gambar 2.6	Skema Diagram Pengolahan Kimiawi.....	24
Gambar 2.7	Skema Diagram Pengolahan Biologi.....	25
Gambar 2.8	Kurva Pertumbuhan Mikroba pada Sistem Tertutup.....	28
Gambar 2.9	Proses Anaerobik Heterotrophic.....	32
Gambar 2.10	Skematik proses Anaerobik	33
Gambar 2.11	Skema Proses penyaring menetes.....	39
Gambar 3.1	Reaktor Anaerobik Roughing Filter Horizontal.....	44
Gambar 3.2	Kerangka Penelitian.....	48
Gambar 4.1	Grafik Hubungan antara hari pengambilan sampel dengan konsentrasi <i>COD</i> pada inlet dan outlet.....	51
Gambar 4.2	Grafik Hubungan antara hari pengambilan sampel dengan konsentrasi <i>TSS</i> pada inlet dan outlet.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Penelitian COD dan TSS

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Data Statistik *COD* dan *TSS*

Lampiran 3. Perhitungan Dimensi Reaktor

Lampiran 4. Standar Kualitas Lindi Sampah

Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian

**EFEKTIFITAS ANAEROBIK HORIZONTAL ROUGHING FILTER
DALAM MENURUNKAN KADAR COD DAN TSS
PADA LINDI SAMPAH DOMESTIK
“Studi kasus TPA Piyungan, Bantul, Yogyakarta”**

AFFAN SOPHAN

Abstraksi

Tempat Pembuangan Akhir sampah atau sering dikenal dengan TPA adalah merupakan salah-satu sumber panghasil limbah cair berupa lindi sampah. Air lindi pada umumnya kaya dengan senyawa organik, seperti COD, BOD, TSS, NH₃N, NO₃, bakteri coliform, salmonella dan juga mengandung beberapa logam berat, diantaranya Zinc (Zn), Cadmium (Cd), Magnesium (Mg) dan lainnya. Tingginya beban organik yang terkandung dalam lindi dapat menyebabkan pencemaran haik terhadap tanah maupun air tanah. Roughing filter sebagai suatu unit pengolahan pretreatment (fisik) yang biasa digunakan untuk air permukaan dan telah banyak diaplikasikan di Negara-negara berkembang. Pada operasional roughing filter mempunyai efek yaitu tumbuhnya mikroorganisme pada media, pada penelitian ini dibuat suatu alternatif pengolahan yaitu dengan memanfaatkan dan mengembangkan efek biologis dari roughing filter tersebut dengan sistem anaerobik memanfaatkan bakteri pertumbuhan lekat. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektifitas anaerobik horizontal roughing filter dalam menurunkan kadar COD dan TSS.

Metode penelitian yang digunakan yaitu sistem anaerobik dengan proses pertumbuhan melekat. Sebelum proses running didahului dengan proses seeding selama 20 hari dan dilanjutkan dengan proses aklimasi selama 10 hari untuk mendapatkan pertumbuhan dan perkembangan bakteri, Running dilakukan dengan mengalirkan lindi sampah domestik pada reaktor secara kontinyu, disini akan terjadi proses degradasi bahan-bahan organik oleh mikroorganisme. Untuk pengambilan sampel COD dilakukan 2 hari sekali dan untuk sampel TSS dilakukan setiap hari selama 10 hari, sampel diambil pada inlet dan outlet. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Lingkungan FTSP UII Yogyakarta.

Dari hasil penelitian yang dilakukan maka diperoleh data konsentrasi COD dan TSS. Dari data rata-rata hasil penelitian untuk kedua parameter diketahui bahwa konsentrasi pada inlet lebih besar dibandingkan konsentrasi pada outlet. Untuk konsentrasi COD yaitu inlet 1234,177 mg/l dan outlet 1190,836 mg/l, dengan efisiensi 3,51% dengan penurunan konsentrasi terbesar terjadi pada hari ke 5. Konsentrasi rata-rata TSS pada inlet yaitu 317mg/ltd an outlet 121,8 mg/l dengan efisiensi 62, 88%, dengan penurunan konsentrasi terbesar terjadi pada hari ke 10.

Kata kunci : Anaerobik Horizontal Roughing Filter, lindi, COD dan TSS, aliran kontinyu.

**ANAEROBIC HORIZONTAL ROUGHING FILTER EFFECTIVITY IN
DECREASING THE DEGREE OF COD AND TSS ON DOMESTIC
SANITARY LANDFILL LEACHATE**

“Study case on TPA Piyungan, Bantul, Yogyakarta”

AFFAN SOPHAN

Abstract

Sanitary landfill Area or usually called as TPA is one of source of liquid waste in the form of leachate. Leachate is generally rich of organic substances, such as COD, BOD, TSS, NH₃N, NO₃, coli form bacteria, salmonella, and it also contains some heavy metal substances, like Zinc (Zn), Cadmium (Cd), Magnesium (Mg) and other substances. The degree of organic substances found in leachate can cause pollution either soil pollution or underground water pollution. Roughing filter as a pre treatment management unit (physic) which is commonly used for the surface water and has already widely implicated in many developed countries. Roughing filter operation has effect in which there will grow some micro organism in the media. In this research, the researcher makes a treatment alternative which is to take advantage and develop biologic effect from the roughing filter by using an aerobic system to take advantage on the growth of bacteria. The objective of this research is to find out the anaerobic horizontal roughing filter effectively in decreasing the degree of COD and TSS.

The method used in this research is an aerobic system with sticky growth process. Before the running process, there is a seeding process for 20 days and continued by acclimation process for 10 days to obtain the growth and progress of bacteria. Running process is done by flowing the leachate domestic trash on the reactor continually; here there will be degradation process of organic substances done by the micro organism. The obtaining of COD is done twice a day while the obtaining of TSS sample is done every day for 10 days; samples are taken from the inlet and outlet. This research is conducted in Environment Laboratory of FTSP UII Yogyakarta.

From the research, it is obtained data on the concentration of COD and TSS. From the average data of the research results, for both parameters it is found out that the inlet concentration is higher than outlet concentration. For the COD concentration, the inlet is 1234,177 mg/l and the outlet is 1190,836 mg/l with the efficiency of 3.51% with the highest decrease of concentration occurs on the 5th day. The average concentration of TSS in the inlet is 317 mg/l and the outlet is 121,8 mg/l with the efficiency of 62,88% with a decrease of concentration occurs on the 10th day.

Key words : *Roughing Filter Horizontal Anaerobic, leachate, COD, TSS, continued flow.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tempat Pembuangan Akhir sampah atau sering dikenal dengan TPA adalah merupakan salah-satu sumber penghasil limbah cair berupa lindi sampah. Air lindi pada umumnya kaya dengan senyawa organik, seperti COD, BOD, TSS, NH_3N , NO_3 , bakteri coliform, salmonella dan juga mengandung beberapa logam berat, diantaranya Zinc (Zn), Cadmium (Cd), Magnesium (Mg) dan lainnya. Karena tingginya beban organik yang terkandung dalam lindi, sehingga akan menyebabkan terjadinya bau yang tidak enak. Bila lindi ini dibiarkan tanpa adanya penanganan lebih lanjut, maka akan mencemari tanah dan badan air penerima sebagai tempat pembuangan air lindi tersebut. Penanganan terhadap air lindi ini perlu dilakukan untuk mengurangi beban pencemaran. Oleh karena itu tempat pembuangan akhir sampah harus mempunyai bangunan pengolahan air lindi sebelum dibuang ke badan air, sehingga tidak menimbulkan permasalahan lingkungan. Pada pengolahan lindi saat ini masih sederhana yaitu dengan menggunakan *aerated lagoon* (proses aerobik), dimana memakan biaya yang cukup mahal karena membutuhkan energi untuk aerator dan effluen yang dihasilkan juga masih mengandung bahan-bahan organik yang cukup tinggi.

Slow sand filter diaplikasikan pada pengolahan air permukaan secara efektif memperbaiki kualitas mikrobiologi air. Bagaimanapun aplikasi yang efisien pada proses pengolahan menggunakan air baku dengan kekeruhan yang

rendah. Pengolahan pendahuluan air permukaan dengan beban yang tinggi pada material padatan biasanya dibutuhkan. *flokulasi kimia*, kombinasi dengan sedimentasi untuk mereduksi material padatan, tidak dapat diterapkan pada penyediaan air perkotaan di negara berkembang, karena pada umumnya memiliki masalah pada bahan kimia pengolahan air. *Prefiltrasi* adalah alternatif proses pengolahan yang efisien dan sederhana digunakan utamanya untuk memisahkan material padatan. Hal itu tidak menggunakan bahan kimia dan juga memperbaiki mikrobiologi kualitas air. Sejak itu prefilter umumnya berisi fraksi material krikil yang berbeda, mereka diketahui sebagai roughing filter. Nama lain untuk slow sand filter, mereka membuat sampel menggunakan sumber daya lokal dan perlengkapan mekanikal. Konsekuensinya roughing filter seringkali diprioritaskan sebagai teknologi pretreatment untuk rencana persediaan air perkotaan. Tipe filter yang berbeda dikembangkan untuk melihat variasi kualitas air baku. Intake dan dinamik filter sering diaplikasikan sebagai pretreatment pertama diikuti oleh roughing filter yang dioperasikan menjadi filter aliran vertikal atau horizontal. Filter biasanya dibersihkan secara hidrolis oleh pengurasan filter cepat, sebuah rangkaian prefiltrasi yang berbeda adalah frekuensi biaya yang paling efektif, mengaplikasikan konsep multi barrier dan karena itu menyediakan cara yang efisien dalam memperbaiki mikrobiologi kualitas air. Prefilter dan roughing filter sekarang secara ekstensif keduanya digunakan pada rencana penyediaan air pada beberapa negara berkembang dan rencana air bawah buatan di negara industri. Intake filter mampu mereduksi material padatan 50 - 70% dan roughing filter mampu memisahkan material partikulat 90% lebih. Prefilter dan roughing filter

juga memperbaiki kualitas mikrobiologi air, mereduksi *fecal coliform*. Filter juga memberi kontribusi untuk mereduksi warna pada bahan organik terlarut dan bahan lainnya pada air permukaan. Bagaimanapun bahan organik tersuspensi kaya akan material warna yang sulit diolah oleh roughing filter, biasanya meminta penambahan koagulan. Di negara berkembang kombinasi antara slow sand filter dengan roughing filter dipercaya dalam proses pengolahan yang tepat menahan partikulat. Bagaimanapun, implikasi satu teknologi memungkinkan kegagalan. Hardware biasanya dikombinasi dengan software. Menutup keterlibatan di masa depan menggunakan fase perencanaan, pengolahan yang cukup memadai pada operator dan *post project* yang mendukung untuk mempertinggi sebuah tipe proses pengolahan air yang tepat, yang mana merupakan kunci terpenting dalam sistem pengolahan (Wegelin, 1996).

Sistem trickling filter dengan menggunakan roughing filter aliran horizontal merupakan modifikasi dari sistem pertumbuhan lekat pada sistem pengolahan limbah. Pada penelitian kali ini menggunakan *reaktor anaerobik horizontal roughing filter* dengan memanfaatkan efek biologis dari sistem roughing filter yaitu bakteri pertumbuhan melekat (*attached growth*) dan diharapkan dapat menurunkan beban organik yaitu COD dan TSS pada lindi sampah domestik secara optimal, sehingga effluen yang dihasilkan layak dibuang ke badan air penerima.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan diatas, maka didapatkan rumusan masalah, yaitu ;

1. Seberapa besar kemampuan *anaerobik horizontal roughing filter* dapat menurunkan konsentrasi *COD* dan *TSS* pada lindi sampah domestik.
2. Seberapa besar penurunan konsentrasi *COD* dan *TSS* dengan menggunakan sistem reaktor *anaerobik horizontal roughing filter* ini.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektifitas *Anaerobik Horizontal Roughing Filter* dalam menurunkan konsentrasi bahan-bahan organik yaitu *COD* dan *TSS* pada lindi sampah domestik, dan mengetahui besar penurunan konsentrasi *COD* dan *TSS* pada lindi sampah domestik.

1.4 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain :

1. Memberikan salah satu alternatif pengolahan limbah cair lindi sampah domestik dengan sistem anaerobik untuk menurunkan konsentrasi *COD* dan *TSS*.
2. Sebagai referensi dan bahan kajian bagi penelitian berikutnya untuk mengembangkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini.

1.5 Batasan Masalah

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

1. Limbah yang akan diuji yaitu lindi sampah domestik dari TPA Piyungan, Bantul Yogyakarta.
2. Media krikil yang digunakan yaitu krikil kali dengan diameter 15 – 11 mm.
3. Parameter yang diuji yaitu *COD (Chemical Oxygen Demand)* dan *TSS (Total Suspended Solid)*.
4. Sistem aliran yang digunakan yaitu aliran kontinyu.
5. Pengambilan sampel dilakukan 1 x 24 jam selama 10 hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lindi

2.1.1 Pengertian lindi

Menurut Tchobanoglous (1993) lindi yaitu cairan yang meresap melalui sampah yang mengandung unsur-unsur yang terlarut dan tersuspensi. Lindi dalam ilmu kesehatan lingkungan adalah kombinasi dari rembesan air hujan langsung dan cairan apapun yang keluar dari hasil konsolidasi material-material sampah *landfill*. Secara umum lindi adalah cairan sampah yang ditimbulkan dari proses dekomposisi sampah padat dan perkolasi air kedalam timbunan sampah. Lindi yang dihasilkan *landfill* sebagian besar terdiri dari sejumlah senyawa khusus yaitu senyawa organik yang mempunyai relevansi satu sama lainnya. Sampah padat dengan kandungan air minimum 25 % akan mengalami pembusukan secara organis oleh pengurai sebagai salah satu hasilnya yaitu lindi. Lindi ini akan terjadi apabila ada air eksternal yang berinfiltrasi kedalam timbunan sampah, misalnya dari air permukaan, air tanah, air hujan, atau sumber lainnya. Cairan tersebut kemudian akan mengisi rongga-rongga pada sampah dan bila kapasitasnya sudah melebihi kapasitas tekanan air dari sampah, maka cairan tersebut akan keluar sebagai cairan lindi. Hasil dari proses tersebut maka lindi biasanya mengandung bahan - bahan organik terlarut serta ion-ion anorganik dalam konsentrasi tinggi.

Lindi merupakan hasil dari proses anaerobik karena oksigen yang terdapat pada senyawa organik sampah telah berkurang dan mempunyai hasil akhir berupa

pembentukan gas CH_4 dan SO_2 sebagai hasil dari proses dekomposisi yang terbentuk dengan konsentrasi kimia yang cukup tinggi. Lindi yang tidak dikelola akan menyebabkan terjadinya proses dekomposisi sampah padat terhambat, karena syarat kelembaban nisbinya tidak terpenuhi, juga dapat menimbulkan pencemaran udara karena bau busuk gas H_2S yang ditimbulkan dari proses dekomposisi bahan-bahan organik yang terkandung dalam lindi.

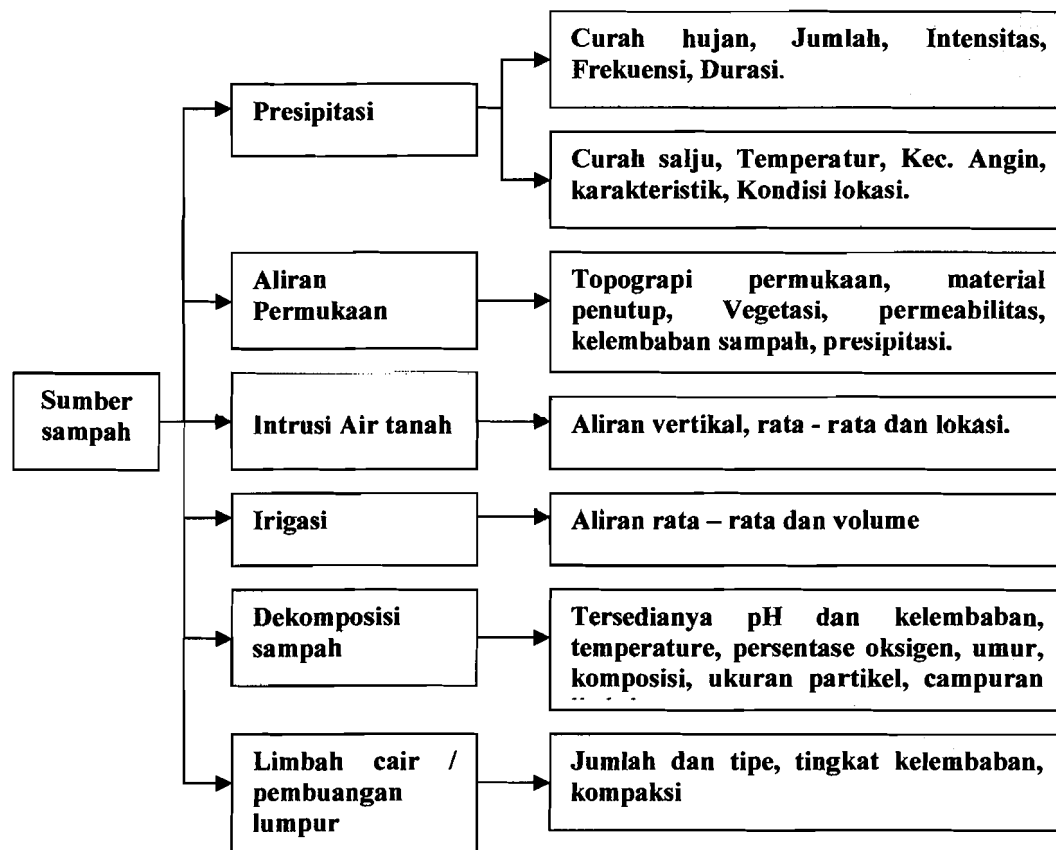
2.1.2 Proses Pembentukan lindi

Proses dekomposisi terjadinya lindi yaitu ketika terjadinya penumpukan sampah yang ditandai dengan adanya perubahan secara fisik, biologis, dan kimia pada sampah. Proses yang terjadi (Chen, 1975), yaitu ;

- a) Penguraian biologis bahan organik secara aerob dan anaerob yang menghasilkan gas dan cairan.
- b) Oksidasi kimiawi.
- c) Pelepasan gas dari timbunan sampah.
- d) Pelarutan bahan organik dan an-organik oleh air dan lindi yang melewati timbunan sampah.
- e) Perpindahan materi terlarut karena gradien konsentrasi dan osmosis.
- f) Penurunan permukaan yang disebabkan oleh pemadatan sampah yang mengisi ruang kosong pada timbunan sampah.

Salah satu hasil dari rangkaian proses diatas adalah terbentuknya lindi yang berupa cairan. Air yang ada pada timbunan sampah ini antara lain berasal dari :

1. Presipitasi atau aliran permukaan yang berinfiltrasi kedalam timbunan.
2. Air tanah dari sumber lain yang bergerak dalam arah horizontal melalui tempat penimbunan.
3. Kandungan dari sampah itu sendiri.
4. Air dari proses dekomposisi bahan organik padat sampah.

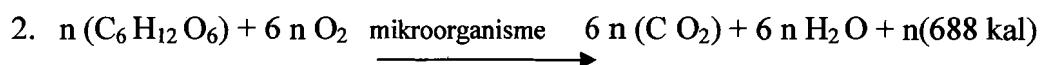
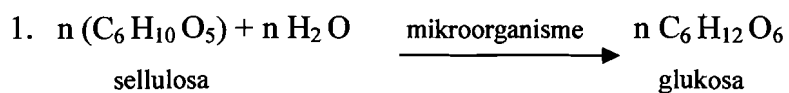


Gambar 2.1 Faktor-faktor yang berpengaruh pada Pembentukan Lindi
(Sumber ; Qasim, 1994)

2.1.3 Karakteristik Lindi

Karakteristik lindi sangat bervariasi tergantung dari proses dalam *landfill* yang meliputi proses fisik, kimiawi dan biologis. Mikroorganisme didalam sampah akan menguraikan senyawa organik yang terdapat dalam sampah menjadi senyawa organik yang lebih sederhana. Sedangkan senyawa anorganik seperti besi (Fe) dan logam lainnya dapat teroksidasi (Tchobanoglous, 1977).

Aktifitas didalam *landfill* pada umumnya mengikuti suatu pola tertentu, pada mulanya sampah terdekomposisi secara aerobik, tetapi setelah oksigen didalamnya habis maka mikroorganisme utama yang bekerja adalah mikroorganisme fakultatif dan anaerob yang menghasilkan gas metan (CH₄). Karakteristik penguraian secara aerobik adalah timbulnya karbondioksida, air dan nitrat. Sedangkan penguraian secara anaerobik menghasilkan metan, karbondioksida, air, asam organik, nitrogen, amoniak, sulfida, besi, mangan dan lain-lain. Reaksi kimia pada proses aerobik dijelaskan sebagai berikut. (Chen, 1974).



Dekomposisi sampah oleh aktivitas mikroba adalah sebagai berikut :

1. Degradasi dilakukan oleh mikroorganisme aerobik menjadi lebih sederhana yaitu karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O).
2. Apabila oksigen yang tertangkap habis dikonsumsi oleh mikroorganisme aerobik dan diganti (CO_2), maka proses degradasi diambil alih oleh organisme yang perkembangannya dengan atau tanpa adanya oksigen. Organisme ini akan memecah molekul organik menjadi lebih sederhana seperti ; Hidrogen, amonia, air, karbon dioksida dan asam organik.
3. Pada tahap ini organisme anorganik berkembang biak dan menguraikan asam organik menjadi gas metan serta lainnya.

Pada fase anaerobik, lindi yang dihasilkan mempunyai kandungan organik yang tinggi, pH rendah, berbau dan perbandingan *BOD* dan *COD* yang tinggi. Tingginya konsentrasi *BOD* dan *COD* disebabkan oleh asam organik yang ada, seperti ; asam asetat, butirrat dan lain-lain. Pada fase *methagonesis*, sebagian besar karbon organik dirubah menjadi gas, sehingga konsentrasi *BOD* dan *COD* menjadi rendah, pada fase ini pH meningkat sekitar 6,8 – 7,2.

Tabel 2.1 Tipikal Data Komposisi lindi Baru dan Matang

Unsur pokok	Konsentrasi mg/l		
	Landfill baru (< 2 tahun)		Landfill lama (> 10 tahun)
	Range	Tipikal	
BOD ₅	2.000 - 30.000	10.000	100 - 200
TOC	1.500 - 20.000	6.000	80 - 160
COD	3.000 - 60.000	18.000	100 - 500
TSS	200 - 20.000	500	100 - 400
N organik	10 - 800	200	80 - 120
N amoniak	10 - 800	200	20 - 40
Nitrat	5 - 40	25	5 - 10
Total fospor	5 - 100	30	5 - 10
Ortho fospor	4 - 80	20	4 - 8
Alkalinitas (CaCO ₃)	1.000 - 10.000	3.000	200 - 1.000
pH	4,5 - 7,5	6	6,6 - 7,5
Total hardnes (CaCO ₃)	300 - 10.000	3.500	200 - 500
kalsium	200 - 3.000	1.000	100 - 400
Magnesium	50 - 1.500	250	50 - 200
Potassium	200 - 1.000	300	50 - 400
Sodium	200 - 2.500	500	100 - 200
klorida	200 - 3.000	500	100 - 400
Sulfat	50 - 1.000	300	20 - 50
Total besi	50 - 1.200	60	20 - 200

(Sumber : Tchobanoglous 1993)

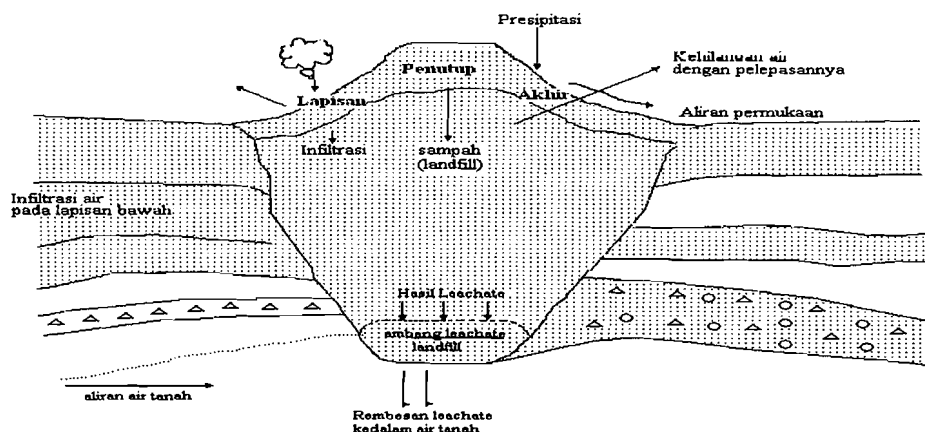
2.1.4 Pengaruh Lindi

Cairan sampah atau air lindi yang keluar akibat pembusukan sampah berpotensi mematikan nyawa makhluk hidup termasuk manusia karena didalam air lindi terdapat berbagai macam bahan organik, termasuk bakteri *coliform* dan

salmonella yang merupakan penyebab penyakit diare dan disentri pada manusia. Jika air lindi tidak disalurkan pada saluran yang ada, maka lindi itu akan meresap ke dalam tanah dan mencemari air tanah.

Pengaruh lindi terhadap polusi air adalah sebagai berikut :

- a. Air permukaan yang terpolusi oleh lindi dengan kandungan organik yang tinggi pada proses penguraian secara biologis akan menghabiskan oksigen dalam air dan pada akhirnya seluruh kehidupan yang tergantung pada air akan mati.
- b. Air tanah yang tercemar oleh lindi dengan konsentrasi tinggi, menyebabkan polutan tersebut akan menetap pada air tanah dalam jangka waktu yang lama, karena terbatasnya oksigen yang terlarut, sumber air baku yang berasal dari air tanah yang terpolusi tersebut dalam jangka waktu yang lama tidak sesuai lagi untuk sumber air bersih. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.2 Rembesan lindi ke dalam air tanah

Sumber : Chatib, 1986.

2.2 Chemical Oxygen Demand (COD)

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

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

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi, atau banyaknya oksigen-oksigen yang

dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO_2 dan H_2O . Pada reaksi oksigen ini hampir semua zat yaitu sekitar 85% dapat teroksidasi menjadi CO_2 dan H_2O dalam suasana asam, sedangkan penguraian secara biologi (*BOD*) tidak sama semua zat organik dapat diuraikan oleh bakteri. *COD* ini secara khusus bernilai apabila *BOD* tidak dapat ditentukan karena terdapat bahan-bahan beracun. Waktu pengukurannya juga lebih singkat dibandingkan pengukuran *BOD*. Namun demikian bahwa *BOD* dan *COD* tidak menentukan hal yang sama dan karena itu nilai-nilai secara langsung *COD* tidak dapat dikaitkan dengan *BOD*. Hasil pengukuran *COD* tidak dapat membedakan antara zat organik yang stabil dan yang tidak stabil. *COD* tidak dapat menjadi petunjuk tentang tingkat dimana bahan-bahan secara biologis dapat diseimbangkan. Namun untuk semua tujuan yang praktis *COD* dapat dengan cepat sekali memberikan perkiraan yang teliti tentang zat-zat arang yang dapat dioksidasi dengan sempurna secara kimia (Mahida, 1984).

Pengukuran nilai *COD* sangat diperlukan untuk mengukur bahan organik pada air buangan industri dan domestik yang mengandung senyawa / unsur yang beracun bagi mikroorganisme (Metcalf & Eddy, 1991).

Uji *COD* pada umumnya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dibandingkan dengan uji *BOD*, karena bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji *COD*. *Sellulosa* adalah salah satu contoh yang sulit diukur melalui uji *BOD* karena sulit dioksidasi melalui reaksi biokimia, akan tetapi dapat diukur melalui uji *COD*. (Pramudya, 2001).

2.3 Total Suspended Solid (TSS)

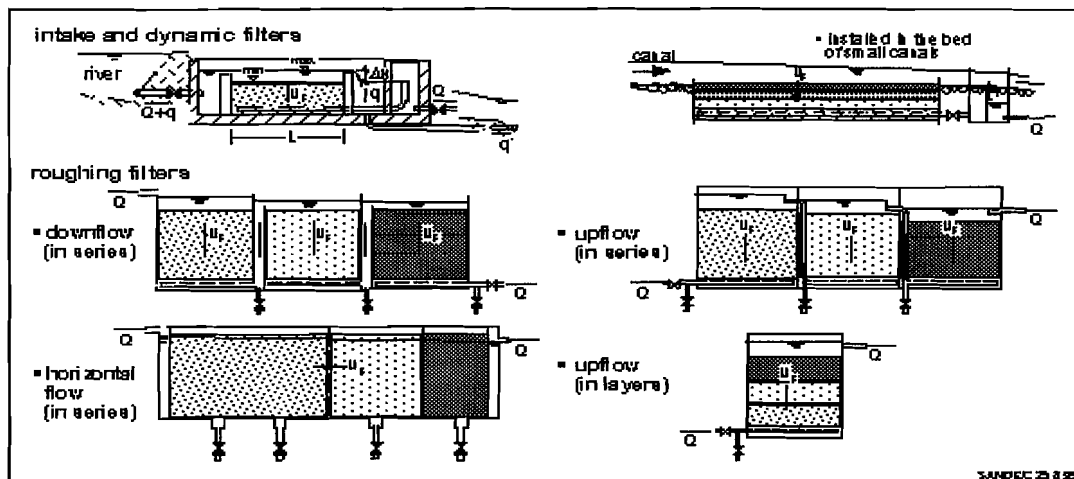
Menurut Mustofa (1997), *Total Suspended Solid (TSS)* yaitu jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada didalam air limbah setelah mengalami proses penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron. Padatan-padatan ini menyebabkan kekeruhan air tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari pada sedimen, seperti bahan-bahan organik tertentu, tanah liat dan lain – lain. Air buangan selain mengandung padatan tersuspensi dalam jumlah yang bervariasi, juga sering mengandung bahan-bahan yang bersifat koloid. Padatan terendap dan padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi sinar matahari kedalam air, sehingga dapat mempengaruhi regenerasi oksigen secara *fotosintesis*. Pengukuran langsung *TSS* sering memakan waktu yang cukup lama. Mengukur kekeruhan (*turbiditas*) air dilakukan untuk dapat memperkirakan *TSS* dalam suatu contoh air dengan *turbidimeter* yang mengukur kemampuan cahaya untuk melewati suatu sampel air. Kenaikan yang mendadak padatan tersuspensi dapat disebabkan oleh erosi tanah, pembakaran sampah kota yang kapasitasnya menuru, jika terjadi hujan lebat. Sampah yang kebanyakan dari zat organik tersebut banyak memerlukan oksigen selama diuraikan. Kejernihan air yang rendah menunjukkan produktivitas yang tinggi, karena sifat kejernihan berhubungan dengan produktivitas.

2.4 Teknologi Roughing Filter

Filter yang menggunakan media dengan diameter lebih dari 2 mm disebut sebagai *roughing filter*. Roughing filter merupakan salah satu jenis filter yang mudah diterapkan di lapangan. Pada prinsipnya *roughing filter* dipergunakan untuk menurunkan beban organik pada proses di hilir dan pada penerapan-penerapan nitrifikasi musiman sehingga suatu proses biologis disebelah hilir dapat diandalkan untuk menitrifikasi air buangan selama musim kemarau. Sebagai suatu filter, partikel yang dihilangkan pada *roughing filter* sangat kecil dibandingkan dengan rongga pori pada media. Jadi proses filtrasi yang terjadi bukanlah *straining*. Proses-proses dasar roughing filter adalah pengendapan pada pori dan *adhesi* pada partikel-partikel media. Pada *roughing filter* terjadi *deep penetration* zat-zat tersuspensi ke dalam lapisan media. *Roughing filter* mempunyai kapasitas penampungan lumpur yang besar. Zat-zat padat yang tertahan oleh filter dibersihkan dengan pembilasan atau jika perlu dengan menggali media filter, mencucinya dan menggantinya. *Roughing filter* menggunakan media yang jauh lebih besar dari media untuk *rapid sand filter* atau lebih tinggi dari kecepatan yang digunakan pada *rapid sand filter*, tergantung pada jenis filter, sifat kekeruhan dan penurunan kekeruhan yang diinginkan.

Rouging Filter utamanya digunakan untuk memisahkan material padatan dari air. *Roughing filter* merupakan proses yang lebih efektif untuk meremoval material padatan dari pada sedimentasi. Reaktor ini biasanya berisi material dengan ukuran yang berbeda pada aliran langsung. Bagian terbesar padatan dipisahkan oleh medium filter kasar untuk selanjutnya menuju filter inlet.

Pengoperasian dilakukan pada *hydraulic loads* yang kecil, dengan kecepatan filtrasi antara 0,3 - 1,5 m/jam. Desain dan aplikasi roughing filter sangat bervariasi bentuknya, seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.3. Tipe Roughing Filter

(Sumber ; Wegelin, 1996)

2.4.1 Klasifikasi Filter

Klasifikasi filter berdasarkan ukuran material filter dan kecepatan filtrasi dengan kategori sebagai berikut :

Tabel 2.2. Klasifikasi filter berdasarkan ukuran filter

No	Tipe Filter	Ukuran Media Filter (mm)	Kecepatan Filtrasi (m/jam)
1	Rock Filter	> 50 mm	1 - 5
2	Roughing Filter	20 - 4 mm	0,3 - 1,5
3	Rapid Sand Filter	4 - 1 mm	5 - 15
4	Slow Sand Filter	0,35 - 0,15 mm	0,1 - 0,2

(Sumber ; Wegelin, 1996).

Tipe filter ini menggunakan gravel sebagai media filter yang dioperasikan tanpa bahan kimia, tidak dilengkapi dengan perlengkapan mekanik untuk operasi dan pemeliharaan, perbedaan dari tipe roughing filter adalah diklasifikasikan berdasarkan dibawah ini :

1. Lokasi dan suplai air
2. Tujuan aplikasi
3. Aliran
4. Desain filter
5. Teknik pembersihan filter

Roughing Filter umumnya ditempatkan pada Instalasi Pengolahan dan digunakan sebagai proses pra-pengolahan, kemudian dilanjutkan dengan slow sand filter. Filter ini dapat dioperasikan sebagai up flow, down flow atau horizontal flow filter. Perbedaan fraksi gravel dari roughing filter dapat dibuat di kompartemen yang berbeda dan dioperasikan dengan seri atau ditempatkan di kompartemen yang sama. Pembersihan filter dilakukan dengan manual dan hidraulik. Sacara manual dilakukan dengan membersihkan bagian atas dari filter dengan sekop atau penggaruk sedangkan secara hidraulik dilakukan dengan flushing (pencucian) solid media filter (Wegelin, 1996).

2.4.2 Aspek Umum dari Desain Roughing Filter

Bagian penting dari filter adalah bagian yang terdiri dari material filter. Sebuah filter terdiri dari 6 elemen yaitu (Wegelin, 1996) :

1. Kontrol aliran inlet

Inflow ke sebuah filter harus dikurangi pada pemberian debit dan tetap dipertahankan. Sangat penting untuk mempertahankan kondisi aliran agar konstan untuk mencapai operasi filter yang efisien.

2. Distribusi Air Baku

Pendistribusian air baku di filter harus homogen untuk mencapai kondisi aliran yang seragam pada filter, karena itu aliran dari pipa atau saluran harus sama rata didistribusikan ke seluruh permukaan filter.

3. Media Filter

Filter terdiri dari tingkatan material filter. Bentuk bangunan filter normalnya persegi panjang dengan dinding vertikal. Tetapi hal ini tergantung dari teknik konstruksinya, bentuk tabung dan dinding yang miring juga bisa di bangun. Biasanya yang digunakan sebagai media filter adalah gravel disekitar sungai atau pecahan batu-batu dengan ujung yang tajam. Meskipun banyak dari material yang tahan untuk kecepatan mekanik, tidak larut dan tidak lemah untuk kualitas air (warna dan bau) dapat digunakan sebagai media filter.

4. Pengumpulan Air yang telah diolah

Pengumpulan air hasil olahan harus seragam ke seluruh filter, baik untuk aliran horizontal dengan konstruksi *baffle* berlubang pada tiap sekat. Outlet adalah penting untuk pengumpulan dari air yang diolah.

5. Kontrol Aliran Outlet

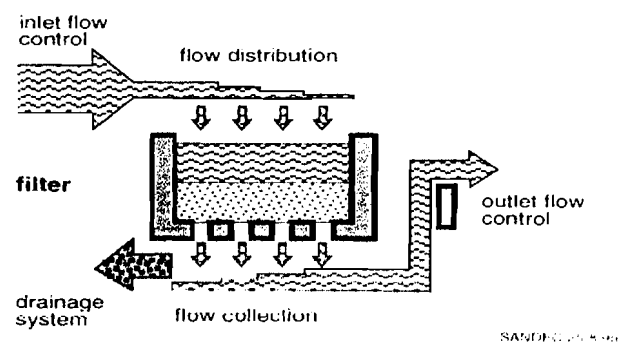
Kontrol aliran outlet sangat berfungsi untuk mencegah filter dari kekeringan. Pembersihan secara hidroulik dari sebuah pengeringan *Roughing Filter* yang

dipenuhi dengan akumulasi solid dan bahan-bahan yang mengendap lainnya adalah sangat sulit jika bagian tidak memungkinkan. Karena itu, semua *Roughing Filter* harus dioperasikan di bawah kondisi jenuh. Sebuah *weir* dan pipa *effluent* aerasi mempertahankan air diatas level filter bed. Sebuah bendungan V-Notch boleh digunakan untuk pengukuran pada outlet filter.

6. Sistem Drainase

Sistem drainase dari *Roughing Filter* disiapkan untuk 2 tujuan:

1. Untuk pembersihan filter secara hidraulik
2. Untuk melengkapi dari kegiatan pemeliharaan atau perbaikan



Gambar 2.4 Bagian Terpenting dari Roughing Filter
(Sumber ; Wegelin, 1996).

2.4.3 Kriteria Desain Roughing Filter

Desain *Roughing Filter* mempunyai 3 tujuan, yaitu :

1. Mengurangi kekeruhan dan konsentrasi SS (mg/l)
2. Menghasilkan Q output spesifik setiap hari (m^3/s)
3. Mengijinkan operasional yang cukup berdasarkan determinan waktu running filter T_r (hari/minggu).

Kriteria desain untuk roughing filter (Wegelin, 1996) yaitu :

1. Kecepatan filtrasi (V_f), umumnya berkisar antara 0.3 - 1 m/jam
2. Ukuran rata-rata media filter yaitu range antara 20 – 4 mm.

Fraksi media filter dapat dilihat pada tabel 2.2, direkomendasikan seragam.

3. Panjang l_i (m) dari setiap media filter yang spesifik.

Setiap panjang l_i dari material filter tergantung pada tipe filter. Hal ini boleh berubah besarnya kedalaman dari *upflow roughing filter* dibatasi dengan bangunan, umumnya antara 80 dan 120 cm. Panjangnya dalam hal ini tidak dibatasi, tetapi panjang normalnya 5 dan 7 m.

4. Angka n_1 dari fraksi filter

Angka n_1 dari fraksi filter bergantung juga pada tipe filter. Permukaan filter boleh hanya 1 fraksi saja dimana roughing filter biasanya terdiri dari 3 fraksi gravel. Dimensi reaktor biasanya 3 : 2 : 1

5. Tinggi (H) dari luas permukaan filter (A)

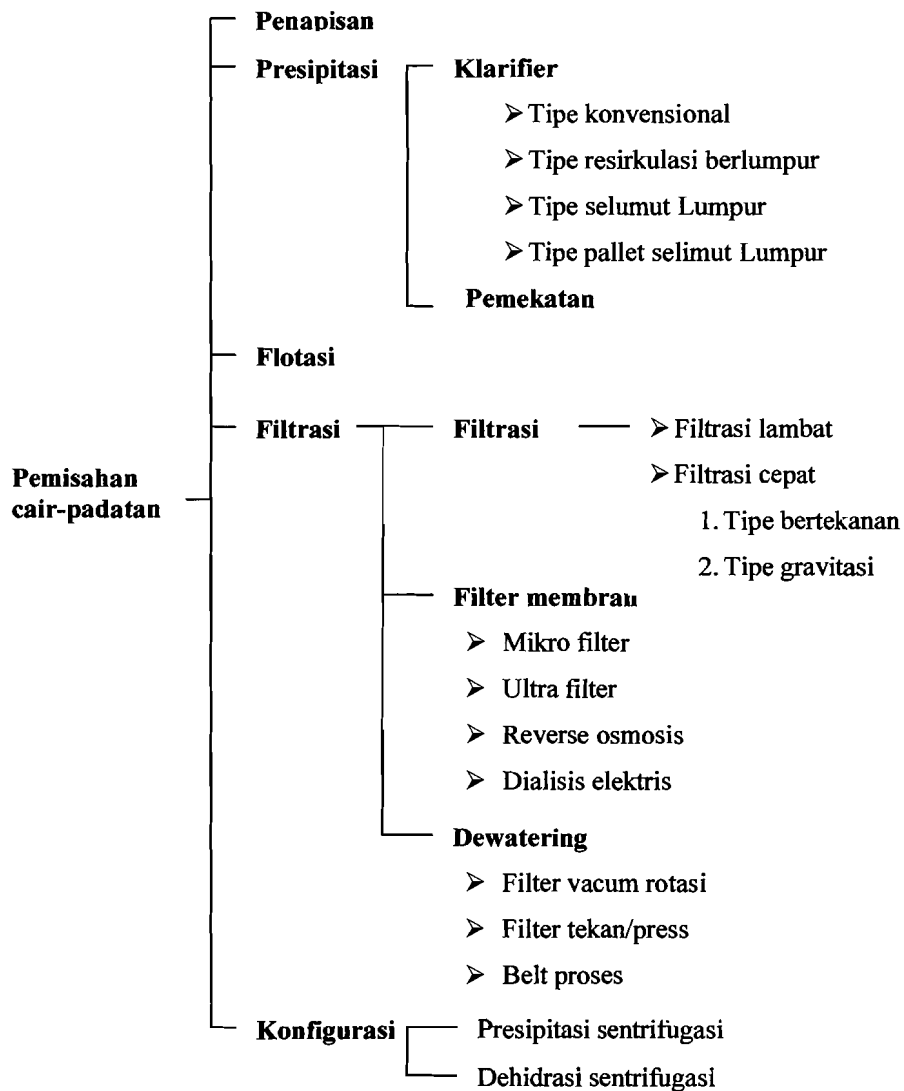
Tergantung pada aspek struktural dan operasional. Direkomendasikan 1 - 2 m untuk menghindarkan dari masalah ketinggian air. Kedalaman 1 m juga dimungkinkan bila menggunakan pembersihan filter secara manual dilakukan dengan mudah untuk meremoval material filter. Lebar filter harus tidak melebihi 4 - 5 m dan luas permukaan untuk filter aliran vertikal harus tidak lebih besar dari 25 – 30 m² dan 4 – 6 m² untuk roughing filter aliran horizontal.

2.5. Jenis - Jenis Pengolahan Limbah

Menurut *Anonim (2006)*, berbagai teknik pengolahan air buangan untuk menyisahkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini. Teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum terbagi menjadi tiga metode pengolahan :

1. Pengolahan secara fisika

Pada umumnya sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan, diinginkan agar bahan – bahan tersuspensi berukuran besar dan yang mudah mengendap disisahkan terlebih dahulu. Penyaringan (*screening*) merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisahkan bahan tersuspensi yang berukuran besar. Bahan tersuspensi yang mudah mengendap dapat disisahkan dengan proses pengendapan. Parameter desain yang utama untuk proses pengendapan ini adalah kecepatan mengendap partikel dan waktu detensi hidrolis di dalam bak pengendap. *Proses flotasi* banyak digunakan untuk menyisahkan bahan – bahan yang mengapung seperti minyak dan lemak, agar tidak mengganggu proses berikutnya. *Proses filtrasi* biasanya dilakukan untuk mendahului proses adsorpsi atau proses *reverse osmosis*-nya dilaksanakan untuk menyisahkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi dari dalam air. *Proses adsorpsi*, biasanya dengan karbon aktif biasanya dilakukan untuk menyisahkan senyawa aromatik misalnya ; fenol dan senyawa organik terlarut lainnya.



Gambar 2.5. Skema Diagram Pengolahan Fisik.

(Sumber : Anonim 2006)

2. Pengolahan secara kimia

Pengolahan air buangan secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam-logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun. Penyisihan bahan-bahan tersebut pada prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat

dari bahan-bahan tersebut yaitu dari tidak dapat diendapkan menjadi mudah diendapkan (*koagulasi-flokulasi*), baik dengan atau tanpa reaksi *oksidasi-reduksi*, dan juga berlangsung sebagai hasil reaksi oksidasi.



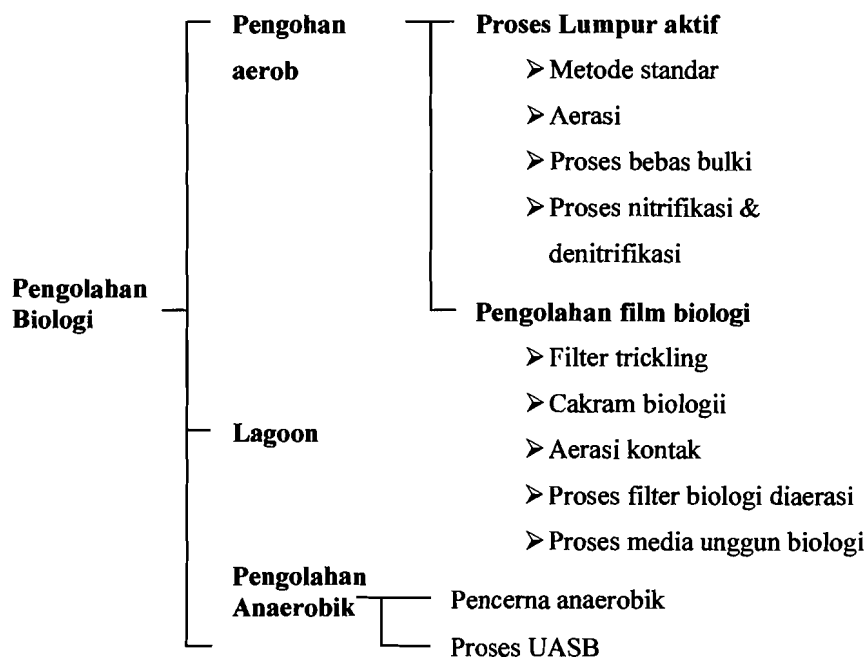
Gambar 2.6. Skema Diagram Pengolahan Kimiawi
(Sumber : Anonim 2006)

3. Pengolahan Secara Biologi

Semua air buangan yang *biodegradable* dapat diolah secara biologi. Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Pada dasarnya reaktor pengolahan secara biologi dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu :

- a. *Reaktor pertumbuhan tersuspensi (suspended growth reactor)*
- b. *Reaktor pertumbuhan lekat (attached growth reactor)*

Didalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi, contoh dari proses ini *activated sludge*, *oxidation ditch* dan *kontak stabilitation*. Di dalam reaktor pertumbuhan lekat, mikroorganisme tumbuh diatas media dengan membentuk lapisan *film biologi* untuk melekatkan dirinya. Berbagai modifikasi telah banyak dikembangkan selama ini, antara lain ; *trickling filter*, *cakram biologi*, *filter terendam*, *reactor fluidisasi*. Seluruh dari modifikasi ini mempunyai kemampuan menurunkan *BOD* sebesar 80% - 90%. Ditinjau dari segi lingkungan dimana berlangsungnya proses penguraian secara biologi dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu ; proses *aerob* dan *anaerob*. Apabila *BOD* air buangan tidak melebihi 4000 mg/l, maka proses aerob masih dianggap ekonomis dari pada proses anaerob. Pada *BOD* lebih tinggi dari 4000 mg/l, maka proses anaerob menjadi lebih ekonomis.



Gambar 2.7. Skema Diagram Pengolahan Biologi

(Sumber : Anonim 2006)

Untuk suatu jenis air buangan tertentu, ketiga metode pengolahan tersebut dapat diaplikasikan secara sendiri-sendiri atau secara kombinasi.

2. 6. Pengolahan Air Buangan Secara Biologi

Penanganan air limbah secara biologis memegang peranan kunci dari seluruh tahap penanganan limbah yang akan merombak bahan-bahan organik yang terkandung dalam limbah, mikroba mempunyai peranan yang tinggi dalam mendegradasi bahan organik, sehingga peranannya dalam limbah cair cukup besar (Sugiharto, 1987). Menurut (Cik, 2000), pengolahan air buangan secara biologi dilakukan dengan cara mengoksidasi bahan-bahan organik didalam air buangan yang didegradasi oleh sejumlah mikroorganisme. Transformasi bahan-bahan organik yang terkandung dalam limbah menjadi gas-gas CO_2 , CH_4 , dan H_2S merupakan contoh yang jelas mengenai proses yang melibatkan kegiatan mikroba.

Menurut (Betty dan Winiati, 1993), dalam sistem biologis, organisme menggunakan limbah untuk mensintesis bahan selular baru dan menyediakan energi untuk sintesis. Organisme juga dapat menggunakan persediaan makanan yang sebelumnya sudah terakumulasi secara internal atau *endogenes* untuk respirasi dan melakukannya terutama bila tidak ada sumber makanan dari luar atau *eksogenes*. Sintesis dan respirasi *endogenes* berlangsung secara simultan dalam sistem biologik dengan sintesis yang berlangsung lebih banyak bila terdapat makanan *eksogenes* yang berlebihan dan *respirasi endogenes* akan mendominasi bila suplai makanan *eksogenes* sedikit atau tidak ada. Secara umum reaksi yang terjadi dapat digambarkan sebagai berikut :

Limbah yang dapat dimetabolisme dan mengandung energi + Mikroorganisme \longrightarrow Produk akhir + Lebih banyak mikroorganisme

Bila pertumbuhan terhenti, mikroorganisme mati dan lisis melepaskan nutrien dari protoplasmanya untuk digunakan oleh sel-sel yang masih hidup dalam suatu proses respirasi selular *autoksidatif* atau *endogenes*. Reaksinya secara umum adalah sebagai berikut :

Mikroorganisme \longrightarrow Produk akhir + Lebih sedikit mikroorganisme

Bila tidak ada makanan, respirasi endogenes akan berlangsung lebih banyak dan akan terjadi pengurangan padatan mikroba. Massa mikroba tidak akan berkurang hingga nol bahkan bila periode respirasi endogenes berlangsung lama. Residu 20% sampai 25% massa mikroba akan tertinggal.

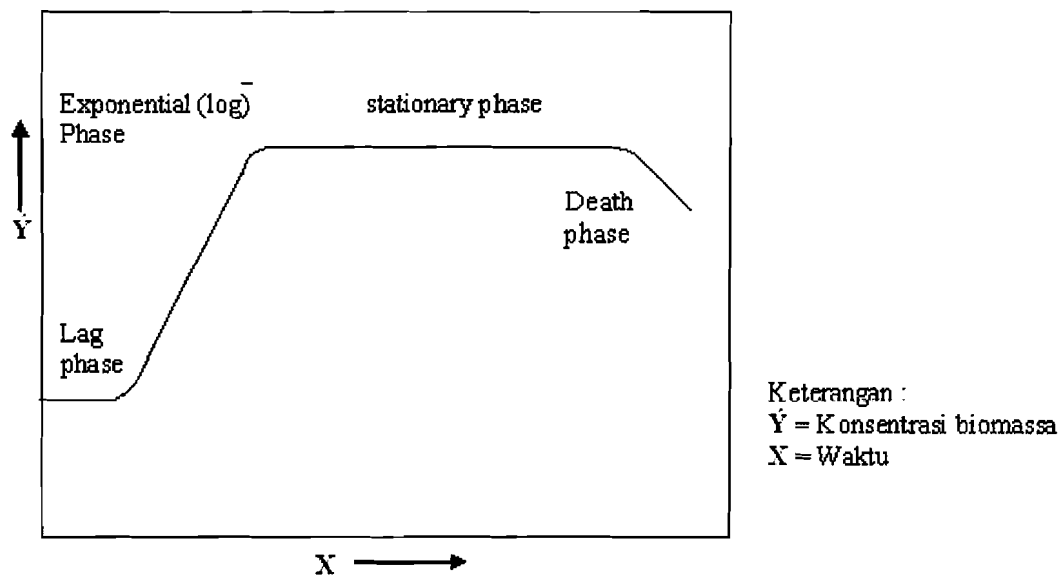
Menurut Purnamawati (1996), optimasi dari reaktor pengolahan limbah cair secara biologi ini dapat dicapai dengan memperhatikan beberapa hal :

1. Adanya sumber energi dari reaksi respirasi yang berupa aerasi atau non-aerasi.
2. Nutrisi yang berkesinambungan, yang penting untuk memenuhi semua kebutuhan biokatalis. Dalam hal ini nutrisi dapat berupa limbah cair itu sendiri, dan apabila kurang dapat ditambahkan pupuk dalam dosis dan interval waktu tertentu, tergantung dari tingkat kebutuhannya.

3. Ditiadakannya komponen penghambat media, seperti adanya zat kimia yang bersifat toksik terhadap mikroorganisme.
4. Inokulum awal yang baik dan sudah terkonidisi dengan limbah yang akan diolah.

2. 7. Pertumbuhan Mikroorganisme

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



Gambar 2.8. Kurva Pertumbuhan Mikroba pada Sistem Tertutup
(Sumber : Prescott, 1999)

Menurut Prescott (1994), pertumbuhan mikroorganisme dapat diplotkan sebagai logaritma dari jumlah sel dengan waktu inkubasi. Dari hasil kurva terdiri dari empat fase (gambar 2.8).

1. Fase awal (Lag phase)

Ketika mikroorganisme diperkenalkan kepada media kultur segar, biasanya tidak ada penambahan jumlah sel atau massa, periode ini disebut fase awal. Fase awal merupakan masa penyesuaian mikroba, sejak sel mikroba diinokulasikan ke media biakan. Selama periode ini tidak terjadi penangkaran sel (Mangunwidjaja, 1994). Oleh karena itu :

$$X = X_0 = \text{tetap} \dots\dots\dots \text{pers 2.1}$$

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

Laju pertumbuhan sama dengan nol.

2. Fase Eksponensial (Exponential Phase)

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

3. Fase Stasioner (Stationary Phase)

Fase ini yaitu ketika populasi pertumbuhan berhenti dan kurva pertumbuhan menjadi horizontal. Pada fase stasioner, konsentrasi biomassa mencapai maksimal, pertumbuhan berhenti dan

menyebabkan terjadinya modifikasi struktur biokimiawi sel (Mangunwidjaja, 1994).

4. Fase kematian (Death Phase)

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

2.8. Proses Pengolahan Secara Anaerobik

Proses penanganan secara anaerobik merupakan proses penanganan biologi, dimana suatu proses dapat berjalan tanpa adanya oksigen terlarut. Bahkan mikrobia yang bersifat *obligat anaerobik* tidak dapat hidup bila ada oksigen terlarut. Bakteri tersebut antara lain bakteri metana yang umumnya terdapat dalam *digester anaerobik* dan *lagoon anaerobik*. Anaerobik memperoleh energi dari oksidasi bahan organik kompleks tanpa menggunakan oksigen terlarut, tetapi menggunakan senyawa-senyawa lain sebagai pengoksidasi. Senyawa pengoksidasi selain oksigen yang dapat digunakan oleh mikroorganisme termasuk karbon dioksida, senyawa-senyawa karbon yang teroksidasi sebagian, sulfat dan nitrat (Jenie, 1990).

Faktor – faktor yang berpengaruh pada proses anaerobik adalah sebagai berikut (Jenie, 1990) :

a. pH

pH yang optimal untuk berlangsungnya proses anaerobik berkisar antara pH 6,5 sampai 7,5. Pada sistem anaerobik, asam organik sudah

akan terbentuk pada pertama fermentasi. Apabila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses pembentukannya maka dapat dimengerti bila konsentrasi asam organik dalam sistem akan meningkat dan mempengaruhi besarnya pH (pH turun).

b. Suhu

Suhu yang optimal untuk proses fermentasi metana adalah sekitar 37 °C hingga 40 °C. Bakteri – bakteri anaerobik yang bersifat *mesofilik* biasanya dapat tumbuh pada suhu 20 °C hingga 45 °C, pada suhu diatas 40 °C produksi gas metan akan menurun dengan tajam.

c. Pencampuran

Adanya ion logam yang berlebih tidak dikehendaki pada proses fermentasi metana, karena akan menyebabkan keracunan bagi mikroba pada konsentrasi tertentu. Ion-ion logam yang bersifat racun tersebut antara lain adalah Na^+ , K^+ , Ca^+ , Mg^+ yaitu bila konsentrasinya lebih dari 1000 mg/l. Sedangkan bila konsentrasi ion logam tersebut hanya sekitar 50 sampai 200 mg/l, maka pengaruh yang ditimbulkannya adalah pengaruh yang menguntungkan, karena memberi pengaruh stimulasi.

d. Waktu Retensi

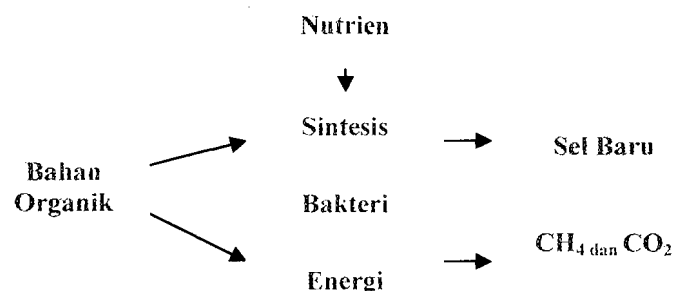
Waktu retensi minimum untuk proses anaerobik umumnya 24 jam

e. Nutrisi

Bahan-bahan organik biasanya mengandung nutrisi yang cukup baik untuk pertumbuhan mikroba. Pada proses anaerobik ini, media yang

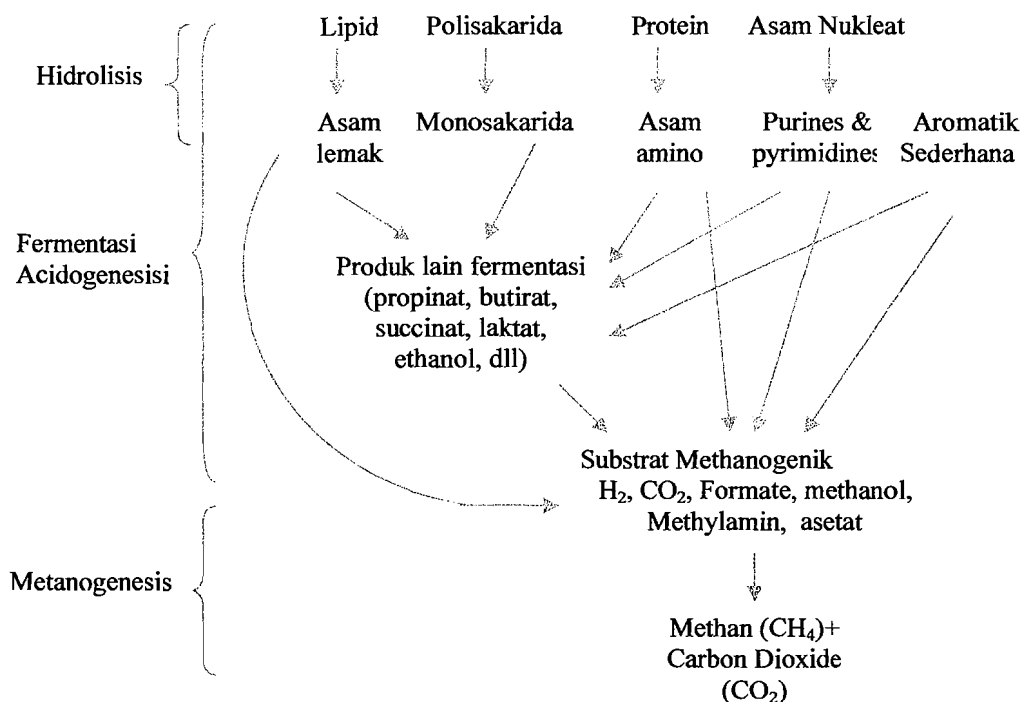
mempunyai kandungan nutrisi tertentu yang optimum akan sangat mempengaruhi proses. Perbandingan unsur *karbon*, *nitrogen* dan *fosfat* layak untuk diperhatikan yaitu biasanya dalam perbandingan *Karbon* : *Nitrogen* : *Fosfat* = 150 : 55 : 1.

Menurut Metcalf & Eddy (2003), secara umum proses anaerobik yang terjadi dalam degradasi bahan-bahan organik adalah sebagai berikut :



Gambar 2.9 Proses Anaerobik Heterotrophic
(Sumber : Metcalf & Eddy, 2003).

Perombakan bahan-bahan organik dalam proses anaerobik memiliki tiga tahap dasar yang terlibat dalam keseluruhan proses oksidasi anaerobik pada limbah yaitu : (1) hidrolisis, (2) fermentasi (juga disebut sebagai acidogenesis), dan (3) metanogenesis. Tiga langkah dasar tersebut diilustrasikan secara skematis dalam gambar 2.10. Titik awal pada skema untuk suatu aplikasi tertentu tergantung pada sifat limbah yang diproses (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2.10. Skematik Proses Anaerobik (hidrolisis, fermentasi dan Metanogenesis)

(Sumber Metcalf & Eddy, 2003)

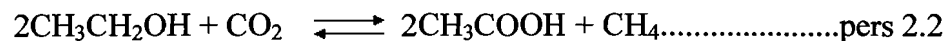
1. Hidrolisis

Sebagian besar proses fermentasi, dimana bahan partikulat diubah menjadi senyawa-senyawa yang dapat larut kemudian dihidrolisis menjadi monomer-monomer sederhana yang digunakan oleh bakteri yang menyebabkan terjadinya proses fermentasi sehingga disebut *hidrolisis*. Untuk beberapa limbah cair industri tertentu, fermentasi menjadi tahap pertama dalam proses anaerobik.

2. Fermentasi

Proses fermentasi (acidogenesis). Dalam proses fermentasi, asam amino, gula dan sejumlah asam lemak diturunkan derajatnya,

ditunjukkan dalam Gambar 2.10. Substrat organik bertindak baik sebagai donor maupun aseptor elektron. Produk utama fermentasi berupa asetat, hidrogen, CO₂, dan propinat serta butirir. Propinat dan butirir selanjutnya difermentasi agar memproduksi hidrogen, CO₂, dan asetat. Jadi, produk-produk akhir fermentasi (*asetat, hidrogen, dan CO₂*) adalah precursor pembentukan metan (methanogenesis). Perubahan energi bebas yang dihubungkan dengan perubahan propionat dan butirir menjadi asetat dan hidrogen menuntut hidrogen berada pada konsentrasi rendah didalam sistem ($H_2 < 10^{-4}$ atm), atau reaksi tersebut tidak akan berlanjut.



3. Metanogenesis

Metanogenesis, dilakukan oleh sekelompok organisme yang dikenal secara kolektif sebagai methanogenesis. Dua kelompok organisme methanogenik itu terlibat dalam produksi metan. Satu kelompok, diistilahkan hydrogen-utilizing methanogen, menggunakan hidrogen sebagai donor elektron dan CO₂ sebagai aseptor elektron untuk memproduksi metan. Bakteri didalam proses-proses anaerobik, disebut *acetogens*, juga mampu menggunakan CO₂ untuk mengoksidasi hidrogen dan membentuk asam asetat. Bagaimanapun juga, asam asetat tersebut akan diubah menjadi metan, sehingga pengaruh reaksi

ini termasuk kecil. Sebagaimana yang ditunjukkan dalam gambar 2.10, kira-kira 72% metan yang diproduksi dalam digester anaerobik berasal dari pembentukan asetat.



Bakteri – bakteri yang berperan dalam proses anaerobik ini yaitu :

1. *Streptococci bakteriodes* dan sedikit bakteri *Entrobacteriaceae*

Bakteri ini berperan dalam proses perombakan bahan organik menjadi asam.

2. *Desulfuvibrio* dan *Eschericia Coly*

Bakteri ini berperan dalam proses pembentukan asam asetat, yaitu proses perombakan asam – asam organik menjadi asam asetat.

3. *Methanobacterilium*, *Methanococcus* dan *Methanobacilus*

Bakteri ini berperan dalam pembentukan metan, dimana bahan – bahan organik dan asam asetat diubah menjadi metan dan karbondioksida.

Waktu yang dibutuhkan oleh bakteri methanogen untuk membelah diri yaitu 0,5 – 5 hari. Sdangkan gas yang dihasilkan dalam setiap kg COD terolah adalah sebesar $0,35 \text{ m}^3$. (Tchobanoglous, 1991)

Fungsi bakteri yang penting disini adalah menguraikan asam asetat dan asam amino. Kecepatan pertumbuhan mereka sangat lambat, sehingga dalam

metabolisir limbah organik secara anaerobik juga terbatas. Bakteri lebih toleran terhadap perubahan pH dan suhu, serta mempunyai kecepatan pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bakteri pembentuk fermentasi metan pada umumnya digunakan untuk mengontrol langkah proses pada penguraian limbah secara anaerobik. Pengaruh dari perubahan pH terhadap sistem sangat besar, oleh karena itu perubahan pH yang terjadi harus selalu dimonitor. Hal ini disebabkan antara lain pada sistem anaerobik, asam organik sudah akan terbentuk pada tahap pertama fermentasi. Bila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses pembentukannya, maka konsentrasi organik dalam sistem akan meningkat dan mempengaruhi besarnya pH.

Karakteristik pengolahan Anaerobik

1. Mampu menerima beban organik yang tinggi per-satuan volume reaktornya, sehingga volume reaktor relatif lebih kecil dibandingkan dengan proses aerobik.
2. Tanpa energi untuk prosesnya tetapi dapat menghasilkan energi.
3. Menghasilkan surplus lumpur yang rendah.
4. Pertumbuhan mikroba yang lambat.
5. Membutuhkan stabilitas pH pada daerah netral (6,5 – 7,5)

2. 9. Sistem Pertumbuhan Lekat (*Attached Growth System*)

Sistem pertumbuhan lekat adalah suatu sistem penggunaan mikroba pada proses dekomposisi suatu bahan dengan cara menumbuhkannya pada permukaan suatu media. Dalam hal ini mikroba yang berperan dalam proses akan tumbuh dan

berkembang melekat pada permukaan media membentuk suatu lapisan tipis biomassa.

Menurut *Jenie dan Winiati (1995)*, pertumbuhan mikroba akan melekat bila mikroba tersebut tumbuh pada media padat sebagai pendukung dari aliran limbah yang kontak dengan mikroorganisme. Media pendukung antara lain batu-batu besar, karang, lembar plastik bergelombang, atau cakram berputar. Contoh unit pertumbuhan melekat untuk pengolahan limbah cair adalah filter yang menetes atau trickling filter, cakram biologi berputar dan filter anaerobik. Sistem pertumbuhan lekat adalah sistem pertumbuhan mikroba pada proses dekomposisi suatu bahan dengan cara menumbuhkannya pada permukaan suatu media. Dalam hal ini mikroba yang berperan didalam proses akan tumbuh dan berkembang melekat pada permukaan media membentuk suatu lapisan tipis biomassa (biofilm).

Biofilm merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan suatu lingkungan kehidupan yang khusus dari sekelompok mikroorganisme, yang melekat pada suatu permukaan padat dalam lingkungan perairan, hal ini menandakan mikrolingkungan yang unik dimana mikroorganisme dalam biofilm berbeda secara struktural maupun fungsional dengan yang hidup bebas (*planktonik*). *Biofilm* terbentuk karena adanya interaksi antara bakteri dan permukaan yang ditemeli. Interaksi ini terjadi dengan adanya factor-faktor yang meliputi kelembaban permukaan, makanan yang tersedia, pembentukan *matrik ekstraseluler* yang terdiri dari *polisakarida*, factor-faktor fisiko kimia seperti interaksi muatan permukaan dan bakteri, ikatan ion, ikatan *Van Der Waals*, pH

dan tegangan permukaan serta pengkondisian permukaan, dengan kata lain terbentuknya biofilm adalah karena adanya gaya tarik antara kedua permukaan dan adanya alat yang menjembatani pelekatan (matrik eksopolisakarida) (Jamilah, 2003).

Ketebalan lapisan bifilm sangat tergantung pada jumlah material organik dan oksigen yang tersedia untuk pertumbuhan mikroorganisme. Ketebalan lapisan biofilm memiliki keterbatasan sampai nutrisi mampu menjangkau mikroorganisme yang terletak pada lapisan paling dalam. Pada saat tertentu ketebalan lapisan bifilm akan mencapai ketebalan maksimum dimana pada kondisi ini, sumber makanan dan nutrisi tidak mampu berdifusi sampai ke lapisan yang paling dalam. Akibat terhentinya persediaan 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).

Sistem pertumbuhan lekat ini terbagi menjadi (Metcalf & Eddy, 2003) :

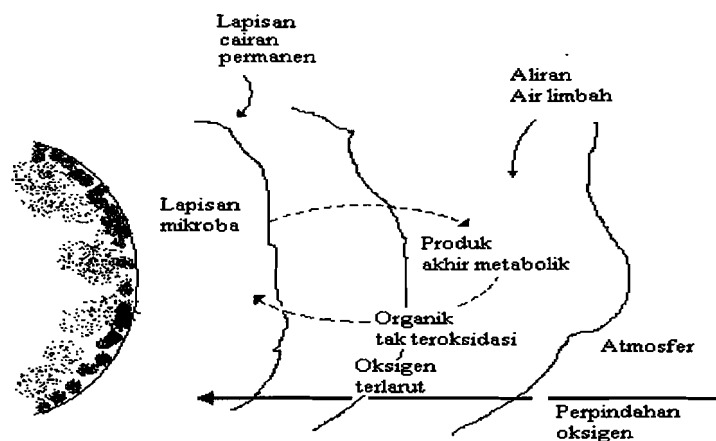
a. Pertumbuhan lekat *aerob*

Proses pengolahan dengan pertumbuhan lekat aerob adalah untuk mengolah materi organik pada air buangan dan juga digunakan untuk mencapai proses nitrifikasi. Proses pertumbuhan lekat aerob terdiri dari

trickling filter, *rotating biological contactor*, dan *reaktor fixed film nitrifikasi*.

b. Pertumbuhan lekat *anaerob*

Proses pengolahan dengan pertumbuhan lekat anaerob terdiri dari *anaerobic filter* dan *expanded-bed* yang digunakan untuk proses nitrifikasi.



Gambar 2.11 Skema proses penyaring menetes

(Sumber : *Loehr dalam Jenie, 1993*).

2.10. Sistem Pertumbuhan Tersuspensi (*Suspended Growth System*)

Menurut *Jenie dan Winiati (1993)*, pertumbuhan tersuspensi merupakan istilah campuran antara organisme dengan limbah organik. Pertumbuhan tersuspensi dapat terjadi pada reaktor aerob maupun anaerob. Mikroorganisme mampu membentuk gumpalan menjadi masa flokulan dan mampu bergerak dalam aliran cairan. Contoh dari pertumbuhan tersuspensi yaitu *unit lumpur aktif*, *lagoon aerasi*, *parit oksidasi*, dan *digester anaerobik* yang tercampur baik.

Menurut *Metcalf & Eddy (2003)*, dalam pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme yang bertanggung-jawab untuk pengolahan dipertahankan didalam suspensi larutan melalui metode-metode pencampuran yang tepat. Sebagian besar proses pertumbuhan tersuspensi yang digunakan dalam pengolahan limbah cair perkotaan dan industri dioperasikan dengan konsentrasi oksigen terlarut positif (aerobik), tetapi dalam aplikasinya digunakan reactor-reactor anaerobik pertumbuhan tersuspensi, seperti misalnya untuk endapan/kotoran organik dan limbah cair industri konsentrasi bahan organik yang cukup tinggi. Proses pertumbuhan tersuspensi paling umum yang digunakan untuk pengolahan limbah air perkotaan adalah proses *activated sludge*. Proses Lumpur aktif tersebut dikembangkan sekitar tahun 1913 di *Lawrence Experiment Station* di *Massachusetts* oleh *Clark dan Gage* serta oleh *Ardern dan Lockett (1914)* di *Manchester Sewage Works in Manchester*, Inggris. Dinamakan proses lumpur aktif, karena melibatkan produksi massa mikroorganisme diaktifkan yang mampu menstabilkan suatu limbah dalam kondisi aerobik.

Di tanki pengisian, waktu kontak disediakan untuk pencampuran dan pengisian influen limbah cair dengan suspensi mikroba, umumnya disebut sebagai *Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS)* atau *Mixed Liquor Volatile Suspended Solids (MLSVS)*. Cairan bercampur itu kemudian mengalir ke bak pengendap, dimana suspensi mikroba berada disitu dan menebal. Biomassa yang ada disana, yang digambarkan sebagai Lumpur aktif karena keberadaan mikroorganismc-mikroorganisme aktif, dikembalikan ke tanki pengisian (resirkulasi) untuk melanjutkan biodegradasi bahan organik influen. Bagian dari

zat-zat padat yang mengendap dibuang setiap hari atau secara berkala bila proses tersebut memproduksi biomassa yang berlebihan yang bisa terkumpul bersama-sama dengan zat-zat padat tidak terurai yang terkandung didalam influen limbah cair. Jika zat-zat padat yang terakumulasi itu tidak dibuang, maka akan ikut keluar bersama efluen.

Hal penting dari proses Lumpur aktif adalah pembentukan partikel-partikel flok, ukurannya berkisar antara 50 sampai 200 μm , yang bisa diendapkan melalui gravitasi, membuat cairan relatif jernih sebagai efluen olahan. Biasanya, lebih dari 99% zat padat tersuspensi bisa dihilangkan dalam tahap klarifikasi.

2.11 Hipotesa

Bahwa pemanfaatan efek biologis dari teknologi anaerobik horizontal roughing filter dengan pertumbuhan melekat (attached Growth) :

1. Dapat menurunkan kadar COD pada lindi sampah domestik.
2. Dapat menurunkan kadar TSS pada lindi sampah domestik.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini termasuk kedalam penelitian eksperimen skala laboratorium.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium kualitas lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan FTSP Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang km 14,5 Yogyakarta.

3.3 Obyek penelitian

Obyek penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu lindi sampah yang diambil dari Tempat Pembuangan Akhir sampah (TPA) Piyungan, Bantul.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Variabel tetap yaitu parameter COD dan TSS pada lindi sampah domestik.
2. Variabel bebas yaitu waktu pengambilan sampel.

3.5 Parameter Penelitian

Tabel 3.1 Parameter Penelitian

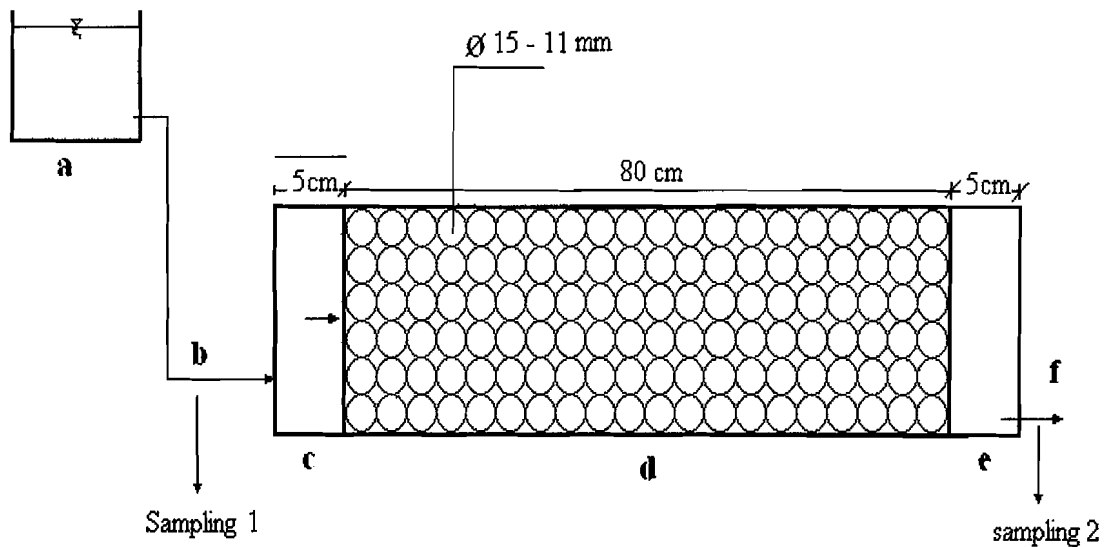
No.	Parameter	Metode Pengujian
1.	Chemical Oxygen Demand (COD)	Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri Air dan air limbah, bagian 2. SNI 06-6989.2-2004
2.	Total Suspended Solid (TSS)	Cara uji padatan tersuspensi total (<i>Total Suspended Solid, TSS</i>) secara gravimetri, Air dan air limbah, bagian 3. SNI 06-6989.3-2004

3.6 Alat yang digunakan

- 1 Reaktor Anaerobik Horizontal Roughing Filter
- 2 Alat – alat uji COD dan TSS.

3.7 Desain Reaktor

Reaktor yang direncanakan terbuat dari *akrilyc*, yang dilengkapi dengan pengendapan dan outlet. Untuk desain reaktor yang akan digunakan pada penelitian ini adalah seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.1 Reaktor Anaerobik Roughing Filter Horizontal

Keterangan Alat :

- a. Reservoar
- b. Pipa Inlet
- c. Kompartemen Pengendap
- d. Kompartemen media (media Ø 15 – 11 mm)
- e. Outlet
- f. Pipa Outlet

Untuk perhitungan dimensi reaktor terdapat pada lampiran 3.

3.8 Tahapan Penelitian

Tahapan pada pelaksanaan penelitian ini yaitu :

3.8.1 Persiapan Alat

1. Reaktor anaerobik horizontal roughing filter yang terdiri dari kompartemen pengendap dengan panjang 5 cm, kompartemen media dengan panjang 80 cm berisi krikil dengan Φ 15 – 11 mm dan saluran outlet dengan panjang 5 cm.
2. Reaktor anaerobik horizontal roughing filter dirangkaikan dengan reservoir sebagai penampung air lindi.
3. Untuk menghindari terjadinya penumpukan gas, dipasang pipa pembuangan gas.

3.8.2 Proses *Seeding*

1. Sumber bakteri untuk pembenihan yaitu diambil dari *rumen* sapi dan limbah *septic tank*.
2. Sebelum dilakukan proses pengolahan, terlebih dahulu dilakukan *seeding* selama 20 hari atau dengan untuk mendapatkan pertumbuhan dan pembiakan bakteri, dengan indikator adanya gas metan yang dihasilkan oleh mikroorganisme pada saluran pembuangan gas.
3. Untuk memacu pertumbuhan bakteri, dilakukan penambahan nutrisi *glukosa*, urea dan TSP

3.8.3 Proses Aklimasi

Aklimasi ini dilakukan selama 10 hari dengan tujuan agar mikroorganisme dapat menyesuaikan diri dengan lindi yang akan diolah. Hal ini dilakukan dengan cara pengenceran:

1. Hari pertama sampai hari kedua pengenceran dilakukan dengan konsentrasi air sebanyak 80% dan limbah 20%.
2. Hari ketiga sampai hari keempat pengenceran dilakukan dengan konsentrasi air sebanyak 60% dan limbah 40%.
3. Hari kelima sampai hari keenam pengenceran dilakukan dengan konsentrasi air sebanyak 40% dan limbah 60%.
4. Hari ketujuh sampai hari kedelapan pengenceran dilakukan dengan konsentrasi air sebanyak 20% dan limbah 80%.
5. Hari kesembilan sampai hari kesepuluh tidak ada perlakuan pengenceran, dengan konsentrasi limbah 100%.
6. Setelah Aklimasi diharapkan mikroorganisme mampu beradaptasi untuk menguraikan bahan-bahan organik pada kondisi limbah murni tanpa pengenceran.

3.9 Metode Analisa Laboratorium

Pada penelitian ini diperlukan beberapa tahap analisa kualitas air limbah di laboratorium dengan pengukuran parameter-parameter yang diuji. Tahap-tahap dalam analisa laboratorium, yaitu :

- a. Pengambilan sampel awal dilakukan ketika penambahan konsentrasi limbah 100%
- b. Waktu pengambilan sampel 1 x 24 jam (tiap hari) pada jam 06.00 WIB, dilakukan selama 10 hari.
- c. Pengambilan sampel pada tiap titik sampel, yaitu pada inlet dan outlet. Tiap sampel dilakukan tiga kali pengujian (triplo).

3.10 Metode Analisa Data

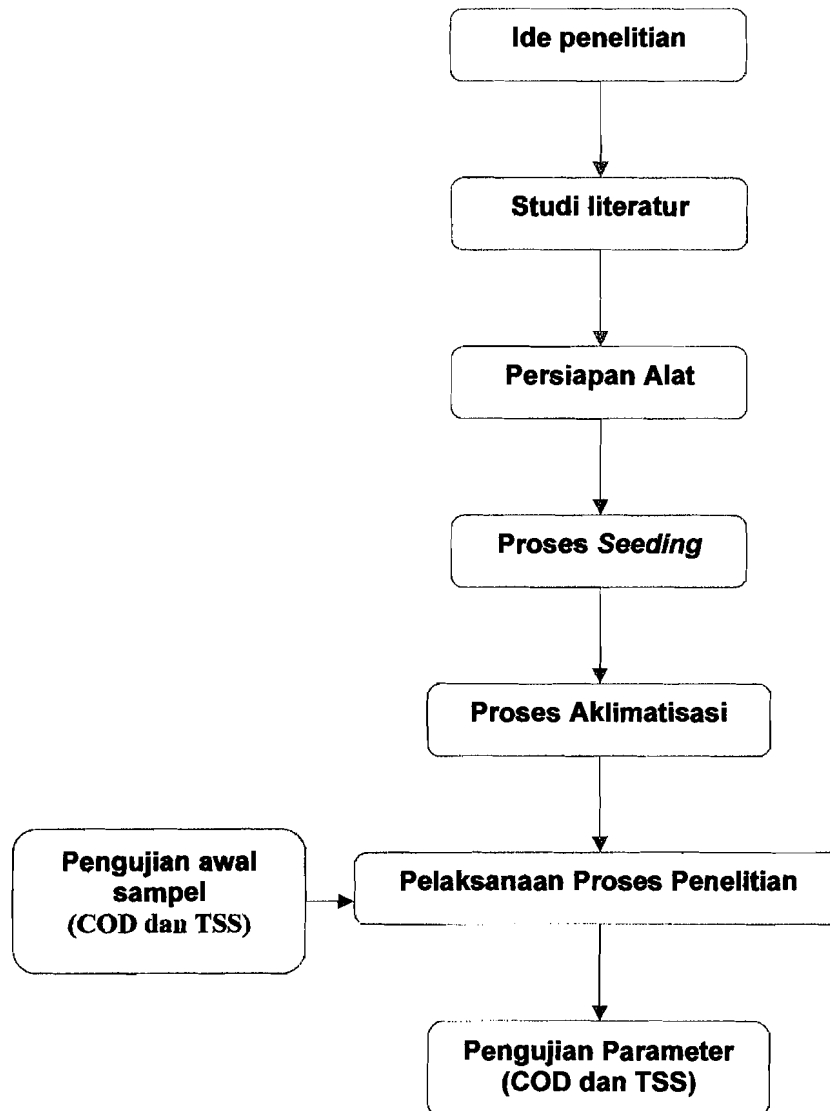
Untuk mengetahui besarnya efisiensi dari reaktor anaerobik roughing filter yaitu dengan rumus *Overall Efficiency* :(Metcalf & Eddy, 1991)

$$\eta = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100 \% \dots\dots\dots(\text{pers 3.1})$$

Dimana ; η – Overall Efficiency (%)
 C_o = Konsentrasi Awal (mg/l)
 C_e = Konsentrasi Akhir (mg/l)

dari hasil analisa parameter uji dan pengamatan penelitian, maka dilakukan pengolahan data uji statistik dengan menggunakan *Analysis Of Varians (ANOVA)*.

3.11 Kerangka Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian pengolahan lindi sampah domestik dengan menggunakan sistem *Anaerobik Horizontal Roughing Filter* yaitu dengan parameter COD dan TSS ditampilkan pada tabel 4.1 dan 4.2

4.1.1 Data Konsentrasi COD

Dari hasil penelitian laboratorium untuk titik pengambilan sampel pada inlet dan outlet didapat data pada tabel 4.1. Untuk perhitungan efisiensi penurunan konsentrasi TSS, menggunakan persamaan 3.1

Tabel 4.1 Hasil Pengujian konsentrasi COD dan Efisiensi (%)

Hari	Konsentrasi COD (mg/l)		Efisiensi (%)
	Inlet	Outlet	
1	1221,459	1240,790	-1,58262
3	1575,770	1481,915	5,956136
5	1346,854	1144,900	14,9945
7	1134,980	1124,297	0,94125
9	891,821	962,276	-7,90013
	$X_{rata} = 1234,177$	$X_{rata} = 1190,836$	$\eta = 3,51$

(Sumber : Hasil Penelitian, 2006)

Keterangan: Tanda (-) menunjukkan adanya kenaikan konsentrasi COD

4.1.2 Data Konsentrasi TSS

Dari hasil penelitian laboratorium untuk titik pengambilan sampel pada inlet dan outlet didapat data pada tabel 4.2. Untuk perhitungan efisiensi penurunan konsentrasi TSS, menggunakan persamaan 3.1

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Konsentrasi TSS dan Efisiensi (%)

Hari	Konsentrasi (mg/l)		Efisiensi (%)
	Inlet	Outlet	
1	394	324	17,77
2	374	162	56,69
3	328	238	27,44
4	288	166	42,36
5	350	44	87,43
6	294	82	72,11
7	206	58	71,85
8	182	34	81,32
9	404	86	78,71
10	350	24	93,14
	$X_r = 317$	$X_r = 121,8$	$\eta = 62,88$

4.2 Analisa Data Penelitian

Analisa data hasil penelitian dilakukan dengan menggunakan uji statistik yaitu *Analysis Of variance (ANOVA)* satu jalur, analisis ini merupakan pendekatan yang memungkinkan digunakannya data sampel untuk menguji apakah nilai dari dua atau lebih rerata populasi yang tidak diketahui adalah sama (Damanhuri, 2001).

4.2.1 Analisa Data COD

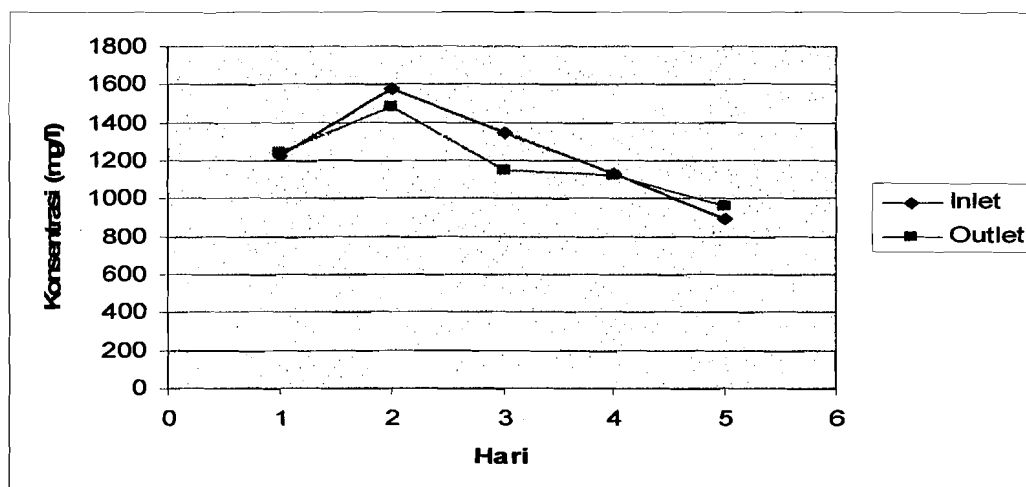
Analisa data konsentrasi COD dengan menggunakan uji statistik yaitu uji ANOVA bertujuan untuk mengetahui perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD pada inlet dengan konsentrasi COD pada outlet. Dari hasil perhitungan analisa statistik maka diperoleh data sebagai berikut :

$F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$

$0,093 \leq 5,32$ (lampiran)

Menyimpulkan

$F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$ maka terima H_0 artinya tidak signifikan perbedaan antara konsentrasi COD pada inlet dengan konsentrasi COD pada Outlet.



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara hari pengambilan sampel dengan konsentrasi COD pada inlet dan outlet.

4.2.2 Analisa Data TSS

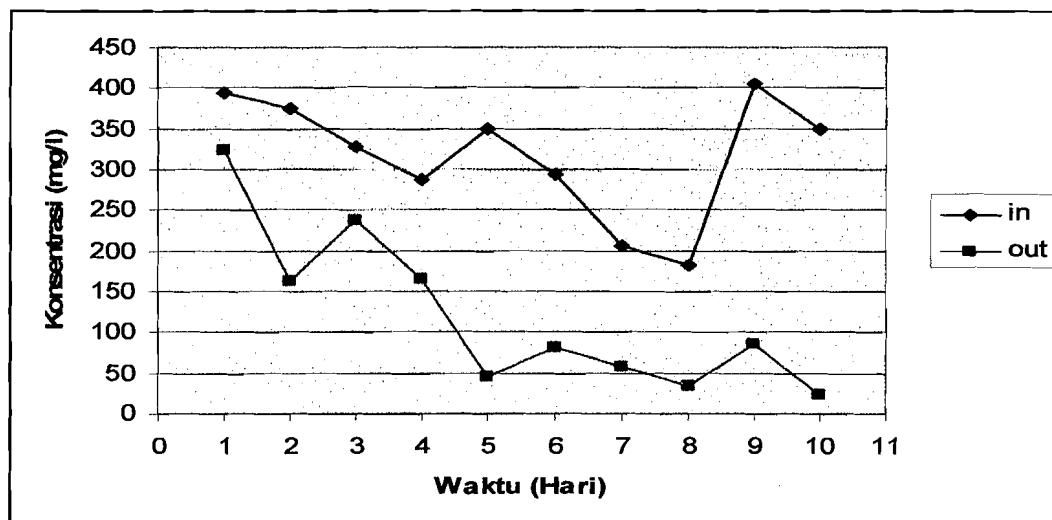
Analisa data konsentrasi TSS dengan menggunakan uji statistik yaitu uji ANOVA bertujuan untuk mengetahui perbedaan yang signifikan konsentrasi TSS pada inlet dengan konsentrasi TSS pada outlet. Dari perhitungan analisa statistik maka diperoleh data sebagai berikut :

$F_{hitung} \geq F_{tabel}$

$24,369 \geq 4,41$ (lampiran)

Menyimpulkan

$F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya adanya perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS pada inlet dengan konsentrasi TSS pada Outlet.



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara hari pengambilan sampel dengan konsentrasi TSS pada inlet dan outlet.

4.3 Pembahasan

Dari hasil penelitian yang dilakukan selama 10 hari dengan menggunakan reaktor *anaerobik horizontal roughing filter* dengan sistem aliran kontinyu dalam menurunkan konsentrasi *COD* dan *TSS*, dengan titik pengambilan sampel yaitu pada inlet dan outlet, pada setiap sampel dilakukan tiga kali pengujian (Triplo). Hasil penelitian seperti yang terdapat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2, yang selanjutnya dilakukan uji data statistik menggunakan uji ANOVA satu jalur, dimana menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi *COD* tidak signifikan antara konsentrasi inlet dan outlet, tapi dilihat dari gambar 4.1 terjadi kenaikan dan penurunan konsentrasi *COD*. Sedangkan untuk *TSS* rata-rata terjadi penurunan konsentrasi, sehingga terjadi perbedaan yang signifikan antara konsentrasi *TSS* pada inlet dengan konsentrasi *TSS* pada outlet, hal ini bisa dilihat pada gambar 4.3 dimana menunjukkan penurunan konsentrasi. tetapi untuk efisiensi penurunan konsentrasi *TSS* dari hari pertama sampai hari kesepuluh terjadi kenaikan dan penurunan.

Untuk selanjutnya akan dibahas mengenai kenaikan dan penurunan konsentrasi masing-masing parameter yaitu sebagai berikut.

4.3.1 Penurunan Konsentrasi *COD* (*Chemical Oxygen Demand*)

Dari hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk data seperti yang terdapat pada tabel 4.1, dapat dilihat terjadinya penurunan dan kenaikan konsentrasi *COD* seperti yang terlihat pada gambar 4.1.

Dari rata-rata data hasil penelitian terjadi penurunan konsentrasi *COD* yaitu sebesar 3,51%, dengan konsentrasi awal (inlet) rata-rata yaitu 1234,177 mg/l dan konsentrasi akhir (outlet) yaitu 1190,836 mg/l.

Penurunan konsentrasi *COD* yaitu dengan efisiensi sebesar 3,51%, dapat disebabkan karena adanya proses degradasi bahan-bahan organik oleh mikroorganisme. Proses degradasi bahan organik *non-soluble* ini dilakukan oleh mikroorganisme untuk memenuhi kebutuhan nutrisi maupun energi bagi pertumbuhan dan perkembangbiakannya, penguraian tersebut terjadi seperti yang ditampilkan pada gambar 2.8. Hal ini terjadi ketika limbah yang mengandung bahan-bahan organik yang mengalir dalam reaktor terjadi kontak dengan biofilm yang melekat pada media sehingga memberikan kesempatan bagi mikroorganisme yang terdapat dalam lapisan biofilm tersebut untuk menguraikan bahan-bahan organik.

Rendahnya efisiensi penurunan konsentrasi *COD*, kemungkinan disebabkan oleh waktu tinggal yang dibutuhkan untuk terjadinya kontak antara mikroorganisme dengan limbah masih kurang, sehingga kesempatan bagi mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik tidak optimal atau bahkan tidak terjadi. Karena menurut Jenie (1993), efisiensi yang ditunjukkan oleh sistem saringan *up-flow* anaerobik cukup baik yaitu mampu menguraikan kadar limbah hingga 90% dengan waktu detensi lebih dari 18 jam yaitu untuk limbah yang mengandung *COD* 2.000 mg/l dan suhu proses yang digunakan adalah 25 °C. Sedangkan pada penelitian ini mempunyai efisiensi sebesar 3,51% dengan

waktu detensi (td) yaitu 6 jam dengan konsentrasi rata-rata limbah yang diolah sebesar 1234,177 mg/l.

Rendahnya penurunan konsentrasi *COD* juga kemungkinan bisa disebabkan oleh matinya mikroorganisme dalam reaktor yang berperan sebagai pendegradasi bahan-bahan organik yang ada dalam lindi sampah. Menurut Jenie (1993), adanya ion logam yang berlebihan tidak dikehendaki pada proses fermentasi metana, karena akan menyebabkan keracunan bagi mikroba pada konsentrasi tertentu. Ion logam yang bersifat racun tersebut antara lain Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , yaitu bila konsentrasinya lebih dari 1000 mg/l.

4.3.2 Penurunan Konsentrasi *TSS* (*Total Suspended Solid*)

Dari hasil analisa data, rata-rata untuk pengambilan sampel setiap hari dari hari pertama sampai hari kesepuluh dapat dilihat terjadinya penurunan konsentrasi *TSS* (tabel 4.2 dan gambar 4.4) yaitu ditunjukkan dengan rendahnya konsentrasi pada outlet dibandingkan konsentrasi pada inlet.

Penurunan konsentrasi *TSS* ini terjadi karena dalam sistem proses pengolahan saringan anaerobik yaitu dengan memanfaatkan roughing filter terjadi proses fisik (penyaringan dan pengendapan), yang kemudian dilanjutkan dengan terjadinya proses biologis. Pada penelitian ini proses fisika lebih besar kemungkinan terjadi karena walaupun tidak terjadi proses biologis maka konsentrasi *TSS* ini dapat turun dengan terjadinya pengendapan pada permukaan media, karena proses-proses dasar roughing filter adalah pengendapan pada pori dan dan *adhesi* pada partikel-partikel media, dan juga terjadi *deep penetration* zat-

zat tersuspensi kedalam media (Wegelin, 1996). Proses biologis terjadi ketika lindi sampah yang dialirkan dalam reaktor yang mengandung padatan tersuspensi dengan ukuran partikel koloid sampai kasar ini akan terjadi tubrukan dan tertahan pada celah-celah media krikil dimana lapisan biofilm ini tumbuh dan terjadi proses degradasi TSS oleh mikroorganisme yang menempel pada lapisan biofilm. Lapisan biofilm ini merupakan suatu zone dasar untuk aktivitas biologi, yang dapat mendegradasi beberapa bahan organik yang terlarut. penguraian *Total Suspended Solid (TSS)* ini terjadi karena TSS yang terdiri dari zat padat tersuspensi organik dan zat padat tersuspensi Inorganis, dimana zat padat tersuspensi organik ini dan juga bahan-bahan organik lainnya diperlukan bakteri untuk pertumbuhan selnya, dengan cara merombak bahan-bahan organik ini menjadi asam volatile, alkohol, H_2 , CO_2 dan CH_4 .

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu :

1. Reaktor *Anaerobik Horizontal Roughing Filter* rata-rata mampu menurunkan konsentrasi *COD* sebesar 3,51%, dengan rata-rata konsentrasi awal (inlet) yaitu 1234,177 mg/l dan konsentrasi akhir (outlet) yaitu 1190,836 mg/l.
2. Penurunan konsentrasi TSS yaitu sebesar 62,88 %, dengan rata-rata konsentrasi awal (inlet) yaitu 317 mg/l dan konsentrasi akhir (outlet) yaitu sebesar 121,8 mg/l.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan dan kesimpulan yang didapat, maka dapat diberikan saran yaitu :

1. Untuk penelitian selanjutnya hendaknya dilakukan perhitungan waktu tinggal berdasarkan waktu tinggal untuk reaktor anaerobik.
2. Sebaiknya diperbanyak indikator bahwa kondisi benar-banar anaerob, seperti pemeriksaan pendahuluan untuk mengetahui kondisi *steady state*.

DAFTAR PUSTAKA

- Benefield L. D & Randall C. W, 1980.**, "Biological Process Design For Waste Water Treatment, Prentic Hall Inc, USA.
- Chen Y. K, 1975.**, "Mechanism Of Leachate Formation In Sanitary Landfill", Ann Arbor Science, Michigan.
- Cik, M. A. 2000.**, "Denitrifikasi Sebagai Upaya Mengeluarkan Unsur Nitrogen (N) dari Air Limbah", Jurnal Manajemen dan Kualitas Lingkungan, Volume 2.
- Damanhuri E. 2001.**, "Statistika Lingkungan", Institut Teknologi Bandung.
- Eckerferder W, Wesley jr, 1989.**, "Industrial Water Polution Control 2nd Edition", Mc Graw Hill Book Company, Singapore.
- http://www.dephut.go.id/INFORMASI/SETJEN/PUSSTAN/info_5_1_0604/isi_5.htm
- Jamilah It., 2003.**, "Biofilm sebagai Mikrolingkungan Bakteri yang unik : Seberapa jauh kita mengenalnya ?", Makalah Falsafah Sains, IPB, http://rudycr.tripod.com/seml_023/it_jamila.htm26/05/04.
- Jenie, B. S. L, 1993.**, "Penanganan Limbah Industri Pangan", Kanisius, Yogyakarta.
- Mahida, U.N, 1984.**, "Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah industri", Rajawali, Jakarta.
- Mangunwidjaja, D. dan Suryani, A, 1994.**, "Tcknologi Bioproses", Swadaya, Jakarta.
- Mara, Duncan, 1976.**, "Sewage Treatment In Hot Climates", John Wiley & Sons Chinchester.
- Metcalf and Eddy, 2003.**, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse Fourth Edition", McGraw-Hill Companies, America.
- Mustofa H. A., 1997.**, "Kamus Lingkungan", Rineka Cipta, Jakarta.

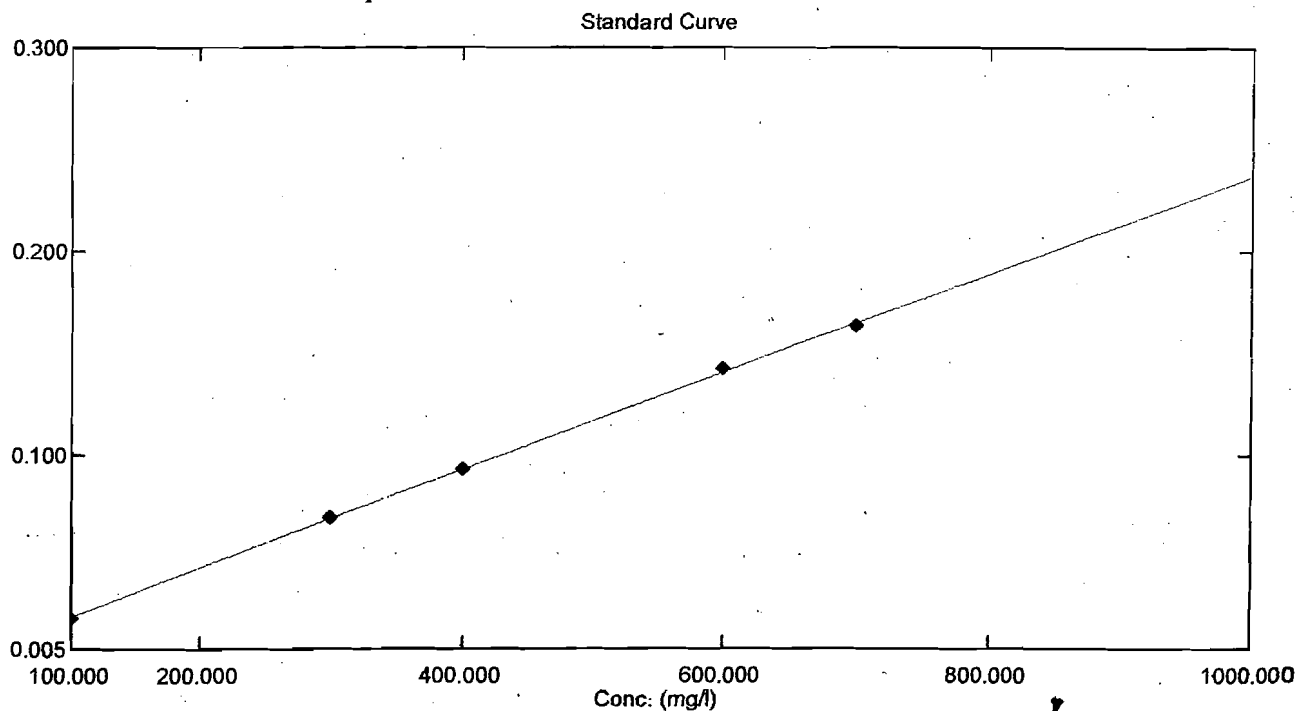
- Sunu P, 2001.**, "Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001", Grasindo, Jakarta.
- Prescott, L. M., Harley, J. P., and Klein, D. A, 1999.**, "Microbiology", McGraw-Hill Companies, USA.
- Purnamawati., DI., 1996.**, "Pengolahan Limbah Cair Hotel dengan Sistem DEEP TUBE", Program S1 AKPRIND, Yogyakarta.
- Qasim S. R & Chiang W, 1994.**, "Sanitary Landfill Leachate, Generation, Control and Treatment". Technomic, Texas.
- Slamet, A. dan Masduqi, A., 2000**, "Satuan Proses Modul Ajar", Jurusan Teknik Lingkungan FTSP, ITS, Surabaya.
- Sugiharto, 1987.**, "Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah", Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Tchobanoglous (1993).**, "Integrated Solid Wastes Management" Engineering Principles and Management Issues. McGraw-Hill, Inc, New York.
- Wegelin M, 1996.**, "Surface Water Treatment by Roughing Filters". SANDEC.

Standard Table Report

LAMPIRAN I

07/06/2006 11:44:39 AM

Name: F:\12.pho



$y = 0.00024 x - 0.00301$

Correlation Coefficient = 0.99945

Standard Error of Estimate = 0.00156

Standard Table

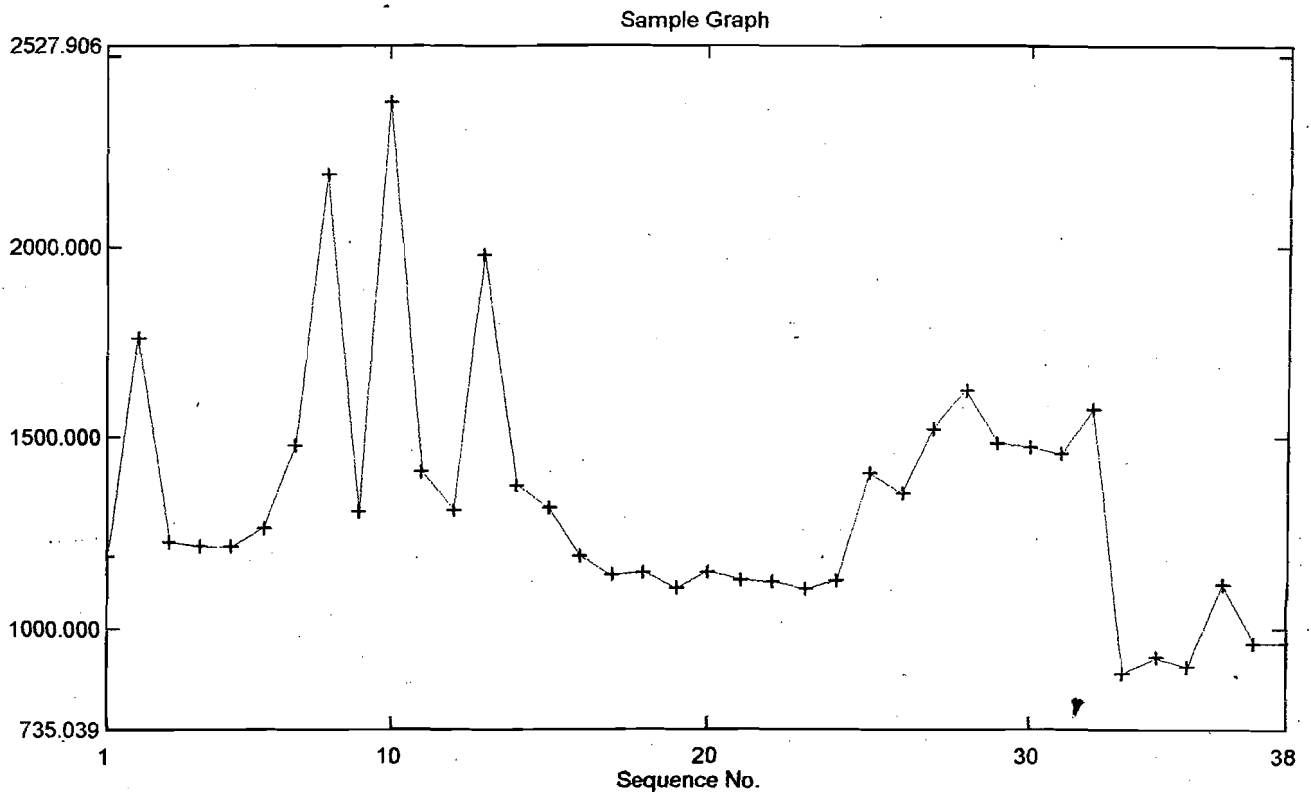
Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Wgt.Factor	Comments
Standar 1	Standard		100.000	0.020	1.000	
Standar 3	Standard		300.000	0.070	1.000	
Standar 4	Standard		400.000	0.094	1.000	
Standar 6	Standard		600.000	0.142	1.000	
Standar 7	Standard		700.000	0.163	1.000	

Sample Table Report

LAMPIRAN 1

07/06/2006 11:41:59 AM

Name: F:\12.pho



Sample Table

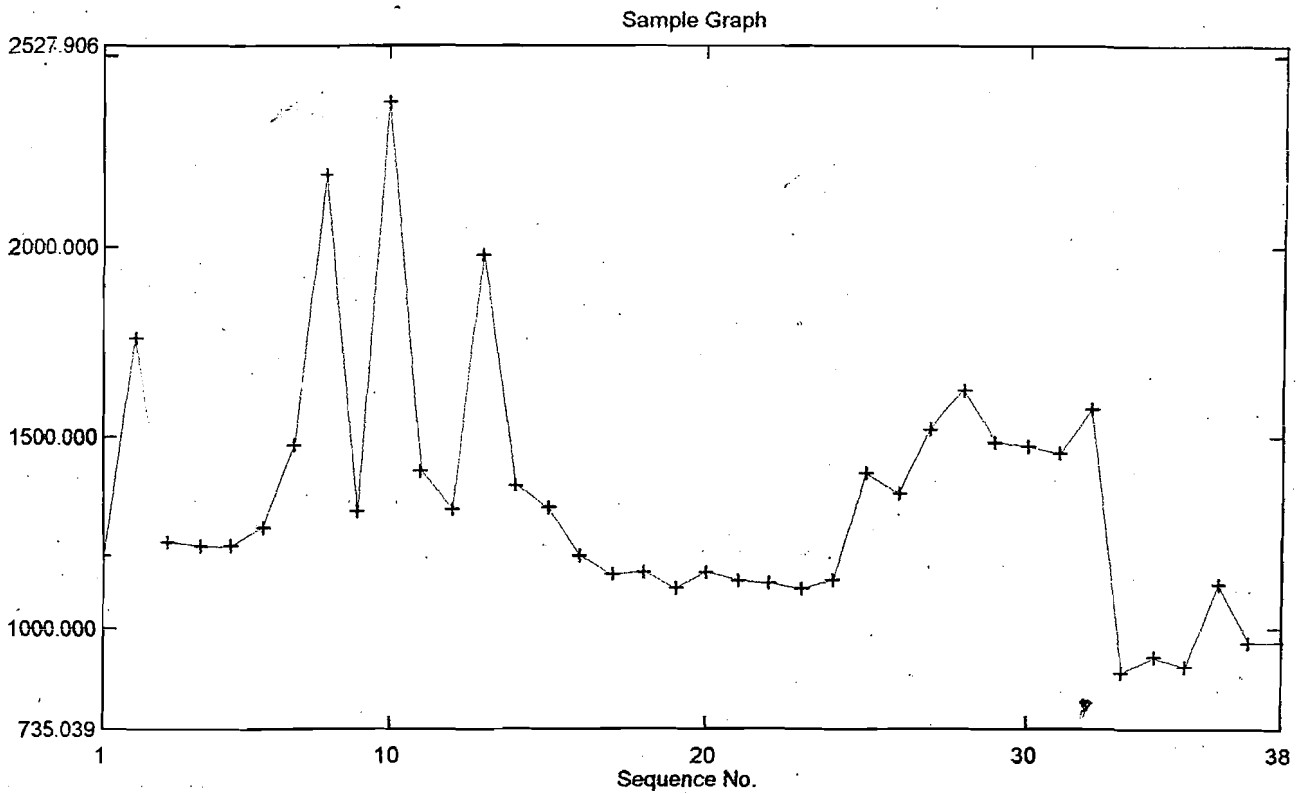
	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
1	Inlet hr 1 A	Unknown		1188.648	0.282	
2	outlet hr 1 B	Unknown		1761.446	0.420	Outlet A
3	Op in 1 B	Unknown		1227.818	0.292	
4	Op out 1 B	Unknown		1216.627	0.289	
5	Op in 1 C	Unknown		1215.100	0.289	
6	Op out 1 C	Unknown		1264.953	0.301	
7	in hr 3 A	Unknown		1482.677	0.353	
8	in hr 3 B	Unknown		2187.229	0.522	
9	in hr 3 C	Unknown		1304.632	0.310	
10	Out hr 3 A	Unknown		2378.501	0.568	
11	Out hr 3 B	Unknown		1411.459	0.336	
12	Out hr 3 C	Unknown		1313.280	0.312	
13	inlet hr 5 a	Unknown		1977.135	0.471	
14	inlet hr 5 b	Unknown		1377.376	0.328	
15	inlet hr 5 c	Unknown		1316.332	0.313	
16	outlet hr 5a	Unknown		1191.191	0.283	
17	outlet hr 5b	Unknown		1140.321	0.271	
18	outlet hr 5c	Unknown		1149.478	0.273	

Sample Table Report

LAMPIRAN 1

07/06/2006 11:41:59 AM

Name: F:\12.pho



Sample Table

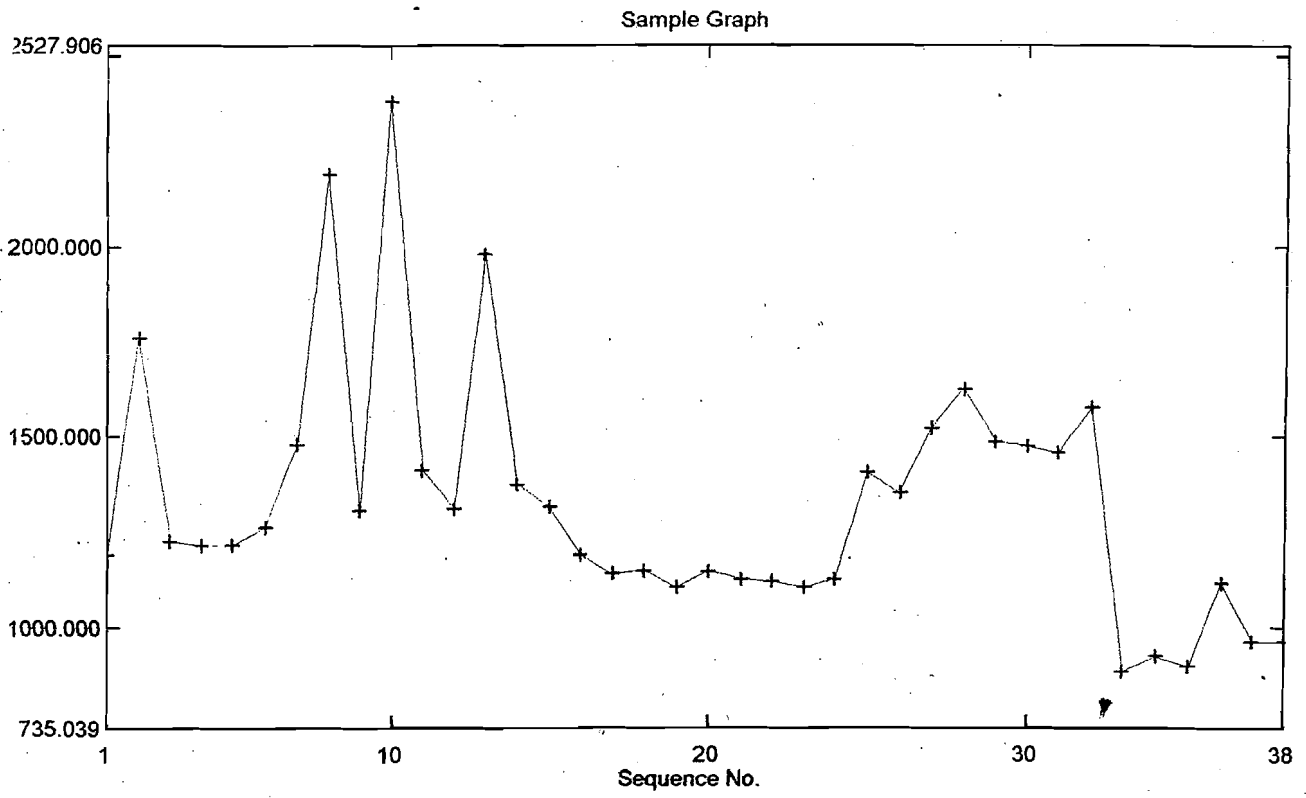
Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
in hr 7 A	Unknown		1103.186	0.262	
in hr 7 B	Unknown		1149.478	0.273	
in hr 7 C	Unknown		1127.604	0.268	
out hr 7 a	Unknown		1120.482	0.266	
out hr 7 b	Unknown		1103.186	0.262	
out hr 7 c	Unknown		1128.112	0.268	
in hr 1 bru a	Unknown		1405.863	0.334	
in hr 1 bru b	Unknown		1352.959	0.322	
in hr 3 bru a	Unknown		1525.408	0.363	
in hr 3 bru b	Unknown		1626.131	0.387	
out hr 3 bru a	Unknown		1488.273	0.354	
out hr 3 bru b	Unknown		1475.556	0.351	
out hr 1 bru a	Unknown		1457.751	0.347	
out hr 1 bru b	Unknown		1573.735	0.375	
in hr 9 a	Unknown		884.444	0.209	
in hr 9 b	Unknown		923.106	0.219	
in hr 9 c	Unknown		899.197	0.213	
out hr 9 a	Unknown		1116.412	0.265	

Sample Table Report

LAMPIRAN 1

07/06/2006 11:41:59 AM

Filename: F:\12.pho



Sample Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
out hr 9 b	Unknown		961.767	0.228	
out hr 9 c	Unknown		962.784	0.228	

Hasil Uji Laboratorium Parameter TSS

Hari	Inlet				Outlet			
	Berat awal (gr/l)	Berat akhir (gr/l)	Selisih (mg/l)	Konsentrasi TSS (mg/l)	Berat awal (gr/l)	Berat akhir (gr/l)	Selisih (mg/l)	Konsentrasi TSS (mg/l)
1	1,1659	1,1856	0,0197	394	1,1519	1,1681	0,0162	324
2	1,2088	1,2275	0,0187	374	1,1969	1,205	0,0081	162
3	1,1895	1,2059	0,0164	328	1,1636	1,1755	0,0119	238
4	1,2306	1,2450	0,0144	288	1,212	1,2203	0,0083	166
5	1,1821	1,1996	0,0175	350	1,1855	1,1877	0,0022	44
6	1,1887	1,2034	0,0147	294	1,2100	1,2141	0,0041	82
7	1,1932	1,2035	0,0103	206	1,2231	1,2260	0,0029	58
8	1,1722	1,1813	0,0091	182	1,2206	1,2223	0,0017	34
9	1,2240	1,2442	0,0202	404	1,1819	1,1862	0,0043	86
10	1,1910	1,2085	0,0175	350	1,1998	1,2010	0,0012	24

$$\text{Berat TSS (mg/l)} = \frac{A - B}{V} \times 100\%$$

A = Berat kertas saring + residu kering (mg)

B = Berat kertas saring (mg)

V = Volume contoh uji (ml), (Volume yang digunakan sebesar 50 ml)

Perhitungan Analisa Statistik untuk Parameter COD

Langkah 1

Ha : Ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa inlet dan outlet

Ho : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa inlet dan outlet

Langkah 2

$A_1 = A_2$

$A_1 \neq A_2$

Langkah 3

No.	Hasil Analisa Kadar COD			
	A_1	A_2	A_1^2	A_2^2
1	1221,459	1240,790	1491962,089	1539559,824
2	1575,770	1481,915	2483051,093	2196072,067
3	1346,854	1144,900	1814015,697	1310796,010
4	1134,980	1124,297	1288179,600	1264043,744
5	891,821	962,276	795344,696	925975,100

Statistik	A_1	A_2	Total
n	5	5	10
$\sum X$	6170,884	5954,178	12125,062
$\sum X^2$	7872553,175	7236446,746	15108999,921
AVR X	1234,177	1190,836	2425,012
$(\sum X)^2/n_{A1}$	7615961,868	7090447,131	14706408,999

Langkah 4

Mencari jumlah kuadran antar group (JKA)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(\sum X_{A1})^2}{n_{A1}} + \frac{(\sum X_{A2})^2}{n_{A2}} - \frac{(\sum X_{A1} + \sum X_{A2})^2}{n_{A1} + n_{A2}} \\
 &= \frac{(6170,884)^2}{5} + \frac{(5954,178)^2}{5} - \frac{(12125,062)^2}{10} \\
 &= 4696,149
 \end{aligned}$$

Langkah 5

Mencari derajat kebebasan antar group (dKA)

$$\begin{aligned}
 dKA &= A - 1 \\
 &= 2 - 1 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Langkah 6

Mencari kuadran rerata antar group (Kra)

$$= \frac{JKA}{dKA} = \frac{4696,149}{1} = 4696,149$$

Langkah 7

Mencari jumlah kuadran dalam antar group (JKD)

$$= (Total \sum X^2) - \left(\frac{(\sum X_{A1})^2}{5} + \frac{(\sum X_{A2})^2}{5} \right)$$

$$= (15108999,921) - \left(\frac{(6170,884)^2}{5} + \frac{(5954,178)^2}{5} \right)$$
$$= 402590,92162$$

Langkah 8

Mencari derajat kebebasan antar group (dKD)

$$DKD = N - A$$

$$10 - 2 = 8$$

Langkah 9

Mencari kuadran rerata dalam antar group(KRD)

$$KRD = \frac{JKD}{DKD}$$

$$= \frac{402590,92162}{8}$$

$$= 50323,8652$$

Langkah 10

Mencari nilai F hitung

$$F \text{ hitung} = \frac{KRA}{KRD} = \frac{4696,149}{50323,8652} = 0,093$$

Langkah 11

Menentukan kaidah pengujian

Jika $F \geq F$ tabel, maka tolak H_0 artinya signifikan

Jika $F \leq F \text{ tabel}$, maka terima H_0 artinya tidak signifikan

Langkah 12

Mencari F tabel

$$F \text{ tabel} = F (1 - \alpha) (dKA, dKD)$$

$$F \text{ tabel} = F (1 - 0,05) (1,8)$$

$$F \text{ tabel} = F (0,95) (1,8)$$

$$F \text{ tabel} = 5,32$$

Langkah 13

Membandingkan F hitung dengan F tabel

$$0,093 \leq 5,32$$

Langkah 14

Menyimpulkan

$F \text{ hitung} \leq F \text{ tabel}$ maka terima H_0 artinya tidak signifikan perbedaan antara konsentrasi COD pada inlet dengan konsentrasi COD pada Outlet.

Perhitungan Analisa Statistik untuk parameter TSS

Langkah 1

Ha : Ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa inlet dan outlet

Ho : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa inlet dan outlet

Langkah 2

$A_1 = A_2$

$A_1 \neq A_2$

Langkah 3

No.	Hasil Analisa Kadar TSS			
	A_1	A_2	A_1^2	A_2^2
1	394	324	155236	104976
2	374	162	139876	26244
3	328	238	107584	56644
4	288	166	82944	27556
5	350	44	122500	1936
6	294	82	86436	6724
7	206	58	42436	3364
8	182	34	33124	1156
9	404	86	163216	7396
10	350	24	122500	576

Statistik	A ₁	A ₂	Total
n	10	10	20
∑X	3170	1218	4388
∑X ²	1055852	236572	1292424
AVR X	317	121,8	438,8
(∑X) ² /n _{A1}	1004890	148352,4	1153242,4

Langkah 4

Mencari jumlah kuadran antar group (JKA)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(\sum X_{A1})^2}{n_{A1}} + \frac{(\sum X_{A2})^2}{n_{A2}} - \frac{(\sum X_{A1} + \sum X_{A2})^2}{n_{A1} + n_{A2}} \\
 &= \frac{(3170)^2}{10} + \frac{(1218)^2}{10} - \frac{(4388)^2}{20} \\
 &= 190515,2
 \end{aligned}$$

Langkah 5

Mencari derajat kebebasan antar group (dKA)

$$\begin{aligned}
 dKA &= A - 1 \\
 &= 2 - 1 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Langkah 6

Mencari kuadran rerata antar group (Kra)

$$= \frac{JKA}{dKA} = \frac{190515,2}{1} = 190515,2$$

Langkah 7

Mencari jumlah kuadran dalam antar group (JKD)

$$= (\text{Total } \sum X^2) - \left(\frac{(\sum X_{A1})^2}{10} + \frac{(\sum X_{A2})^2}{10} \right)$$

$$= (1292424) - \left(\frac{(3170)^2}{10} + \frac{(1218)^2}{10} \right)$$

$$= 139181,6$$

Langkah 8

Mencari derajat kebebasan antar group (dKD)

$$DKD = N - A$$

$$20 - 2 = 18$$

Langklah 9

Mencari kuadran rerata dalam antar group (KRD)

$$KRD = \frac{JKD}{dKD}$$

$$= \frac{139181,6}{18}$$

$$= 7732,3111$$

Langkah 10

Mencari nilai F hitung

$$F \text{ hitung} = \frac{KRA}{KRD} = \frac{190515,2}{7732,3111} = 16,651$$

Langkah 11

Menentukan kaidah pengujian

Jika $F \geq F$ tabel, maka tolak H_0 artinya signifikan

Jika $F \leq F$ tabel, maka terima H_0 artinya tidak signifikan

Langkah 12

Mencari F tabel

F tabel = $F (1 - \alpha) (dKA, dKD)$

F tabel = $F (1 - 0,05) (1,18)$

F tabel = $F (0,95) (1,18)$

F tabel = 4,41

Langkah 13

Membandingkan F hitung dengan F tabel

$24,639 \geq 4,41$

Langkah 14

Menyimpulkan

F hitung $\geq F$ tabel maka tolak H_0 artinya adanya perbedaan yang signifikan antara konsentrasi *TSS* pada inlet dengan konsentrasi *TSS* pada Outlet.

**PERHITUNGAN REAKTOR ANAEROBIK HORIZONTAL
ROUGHING FILTER**

• Kriteria desain

1. V_f (kecepatan Filtrasi) = 0,3 – 1 m/jam
2. Ukuran material Filter = 4 – 20 mm
3. Panjang Filter = 5 – 7 mm
4. Tinggi (H) = 1 – 2 m
5. Lebar (W) = 4 – 5 m
6. Luas Permukaan (A) = 25 – 30 m²
7. HRT = 2 – 6 jam

• Dimensi bangunan :

$$L = 0,90 \text{ m}$$

$$W = 0,30 \text{ m}$$

$$H = 0,25 \text{ m}$$

$$F_b = 0,05 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Alat} &= P \times L \times T \\ &= 0,90 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \\ &= 0,068 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume Batu} = 0,037 \text{ m}^3 (*)$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Air} &= V_{\text{Alat}} - V_{\text{Batu}} \\ &= 0,068 \text{ m}^3 - 0,037 \text{ m}^3 \\ &= 0,031 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Debit (Q)} = \frac{V_{\text{Air}}}{\text{HRT}} = \frac{0,031 \text{ m}^3}{6 \text{ jam}} = 0,0052 \text{ m}^3/\text{jam} = 23 \text{ l/jam} = 86,67 \text{ ml/mnt}$$

$$\text{Luas (A)} = H \times W = 0,25 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} = 0,075 \text{ m}^2$$

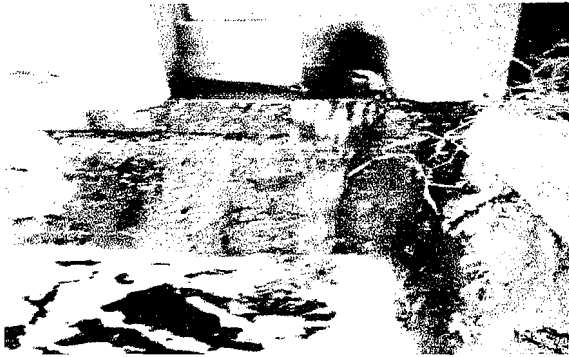
$$\text{Kecepatan Filtrasi (} V_f) = \frac{Q}{A} = \frac{0,0052 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,075 \text{ m}^2} = 0,069 \text{ m/jam}$$

- * Didapat dengan memasukan krikil yang akan digunakan kedalam reaktor yang terisi air dan menghitung jumlah air yang keluar dari reaktor

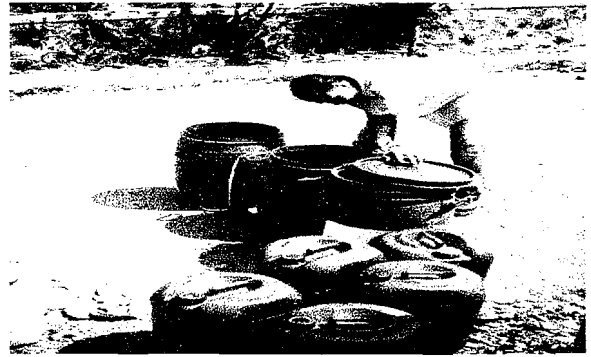
Keputusan Gubernur DIY. No. 281/KPTS/1998

Baku Mutu Kegiatan Lainnya (Baku Mutu Lindi Sampah)

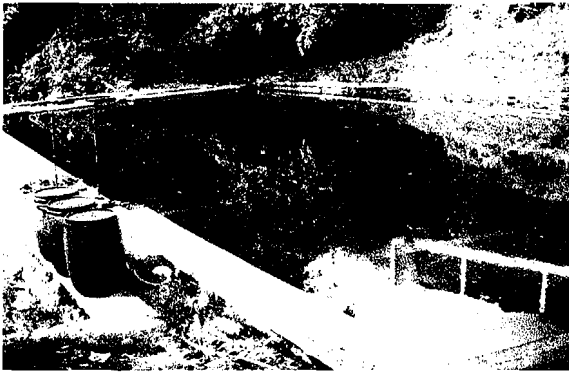
Parameter	Satuan	Kadar maksimum diperbolehkan
Fisika		
○ TDS	(mg/l)	2000
○ TSS	(mg/l)	200
Kimia		
○ COD	(mg/l)	100
○ Nitrat	(mg/l)	20
○ Besi	(mg/l)	5
○ BOD ₅	(mg/l)	50



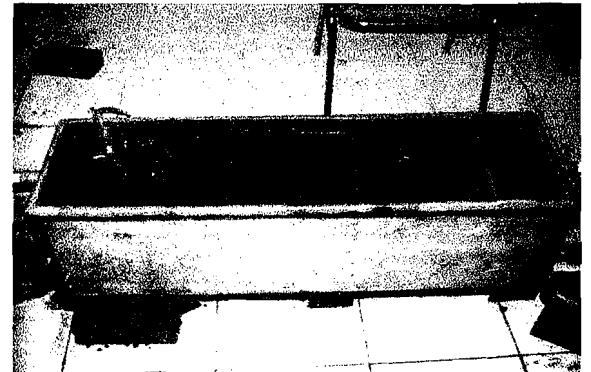
Inlet Lindi pada bak penampung air lindi



Pengangkutan lindi



Bak penampung air lindi



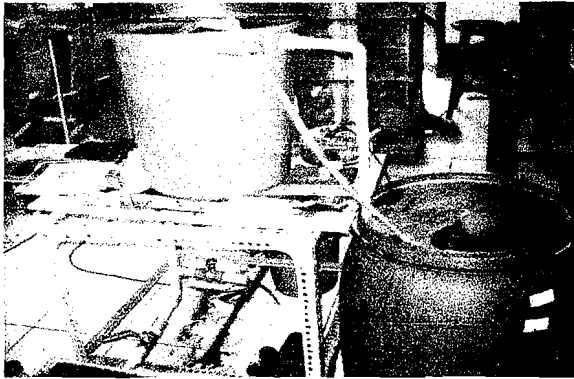
Reaktor anaerobik horizontal roughing filter



Pengambilan lindi



Rangkaian reaktor dengan reservoar



Reservoar dan bak penampung



Pemeriksaan konsentrasi COD



Pemanasan kertas timbang dalam oven
pada suhu 105°C



Contoh sampel uji



Kertas timbang dimasukan dalam
decikator selama 15 menit



Pengambilan sample uji