

TA/TL/2006/0065

PERPUSTAKAAN STAF UII	
HADIWIJAYA	
TGL. TERIMA :	5 Juli 2006
NO. JUDUL :	002001
NO. INV. :	512000020001001
NO. BUDUK. :	

TUGAS AKHIR

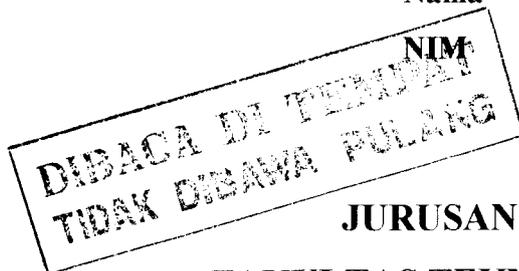
**PENURUNAN COD, PEMERIKSAAN BAKTERI E. Coli, DAN pH
PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN
REAKTOR ANAEROBIK ROUGHING FILTER ALIRAN HORIZONTAL**

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



Disusun oleh :

Nama : Rima Fitriani
NIM : 01513086



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

2006

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENURUNAN COD, PEMERIKSAAN BAKTERI E. Coli, DAN pH PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN REAKTOR ANAEROBIK ROUGHING FILTER ALIRAN HORIZONTAL

Nama : Rima Fitriani
NIM : 01513086
Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

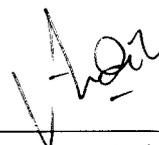
Dosen Pembimbing I

Ir. H. Kasam, MT


Tanggal: 2-3-06

Dosen Pembimbing II

Andik Yulianto, ST


Tanggal: 4/3 06

PENURUNAN COD, PEMERIKSAAN BAKTERI E. Coli, DAN pH PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN REAKTOR ANAEROBIK ROUGHING FILTER ALIRAN HORIZONTAL

Rima Fitriani

01 513 086

Intisari

Anaerobik roughing filter adalah suatu unit pengolahan air limbah yang menggunakan media gravel dan mempunyai kompartemen, biasanya berisi material berukuran yang berbeda pada tiap kompartemennya., material berukuran diameter sekitar 4-20 mm. Roughing filter utamanya digunakan untuk memisahkan material padatan dari air. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi penurunan konsentrasi COD dan jumlah bakteri E.Coli, serta nilai pH pada limbah domestik, dan untuk mengetahui pengaruh dari panjang kompartemen dengan prosentase penurunan konsentrasi COD, jumlah bakteri E.Coli, dan nilai pH pada limbah domestik dengan menggunakan reaktor anaerobik Roughing Filter aliran Horizontal bermedia gravel dengan 3 kompartemen yang berbeda panjang dan ukuran gravelnya.

Untuk mengolah air limbah domestik ini, dibuat reaktor Roughing Filter dengan skala laboratorium dengan $Q = 23$ Lt/jam, Panjang reaktor = 85 cm, Lebar reaktor = 65 cm, dan Tinggi reaktor = 25 cm, sedangkan untuk panjang kompartemennya 30 cm (\emptyset gravel 20-15 mm), 20 cm (\emptyset gravel 14-10 mm), dan 10 cm (\emptyset gravel 9-5 mm) . Penelitian menggunakan reaktor Roughing Filter ini sebelum melakukan pengujian terhadap parameter dilakukan terlebih dahulu pembibitan mikroorganisme.

Konsentrasi COD pada reaktor anaerobik ini mengalami kecenderungan penurunan. Kecenderungan penurunan ini dapat disebabkan reaktor belum sepenuhnya mencapai kondisi anaerobik. Efisiensi penurunan konsentrasi COD yang terjadi sebesar 31,32 %. Efisiensi penurunan bakteri E. Coli sebesar 28,25 %. Pengukuran nilai pH pada reaktor Roughing Filter ini antara 7,35 – 8,18. Untuk proses anaerobik pH yang dicapai seharusnya 6,6 – 7,6 jadi dapat dikatakan reaktor Roughing Filter ini belum sepenuhnya mencapai kondisi anaerobik. Reaktor Roughing Filter aliran horisontal menggunakan 3 kompartemen yang berbeda ukuran panjang dan berbeda ukuran media gravel, ternyata belum cukup efektif dalam menurunkan konsentrasi COD karena kondisi reaktor belum sepenuhnya mencapai kondisi anaerobik.

Kata kunci : *Roughing Filter*, Air limbah domestik, dan Efisiensi.

**REMOVAL COD, TEST BACTERIA E. COLI, AND pH IN DOMESTIK
WASTEWATER TREATMENT BY USING ANAEROBIK ROUGHING
FILTER HORIZONTAL FLOW REACTOR.**

Rima Fitriani

01 513 086

Abstract

Anaerobik roughing filter in a wastewater treatment that use gravel media. It has some compartment in different size each compartment. The material size are about 4-20 mm. Roughing filter is used to separate solid material from water. This study is purpose to know COD concentration decrement rate, total E. Coli bacteria and pH level measurement in domestic wastewater by using anaerobic roughing filter horizontal flow reactor consist from different length of compartment with different size of gravel media.

Anaerobic roughing filter reactor with laboratory scale $Q = 23$ Lt/hr, reactor length = 85 cm, reactor width = 65 cm, and height = 25 cm, the compartment have length 30 cm (gravel \varnothing 20-15 mm), 20 cm (gravel \varnothing 14-10 mm), 10 cm (gravel \varnothing 9-5 mm) is used to treat domestic wastewater. In this study the microorganism sheeding process is carried out before the parameter testing.

COD concentration in anaerobic reactor was tends to decrease. The decrement COD concentration could be caused the reactor have not reached anaerobic condition level yet. The degrement efficiency COD 31,32 %. The degrement efficiency e. Coli 28,25 %. The measurment pH level in the roughing filter reactor was about 7,35-8,18. in the anaerobic process pH level should be 6,6-7,6, therefore could be said that roughing filter reactor have not reached anaerobic condition level yet. Anaerobic roughing filter horizontal flow reactor used 3 different length of compartment and different size of gravel media had not effective enough yet to decrease COD concentration because the reactor had not reached anaerobic condition yet.

Key words : Roughing Filter, Domestic Wastewater, and Efficiency

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan Segenap Hatiku
Sebuah Karya Kecil Ini Ku Persembahkan
Kepada :

Abah dan Mama Tersayang
H. Najimul Hadi, SH (alm) dan Hj. Noor Hidayah
Yang telah membesarkan dan mendidikku dengan
Penuh cinta dan doa

Adikku, ading Sari dan dede Fuad
Kalian telah membuatkan selalu merasa dekat setiap saat
Walau jarak memisahkan kita
Kalian adalah harta yang berharga dalam hidupku

MOTTO

Dan Rabb kalian berfirman, “Memohonlah Kepada-Ku niscaya Aku akan mengabulkan untuk kalian” (QS. Al Mukmin : 60)

Mohonlah pertolongan kepada Allah dengan sabar dan sholat (QS. Al Baqarah : 45)

Sungguh Allah bersama orang-orang yang sabar (QS. Al Baqarah : 153)

Sesungguhnya sholatku, ibadahku, hidupku, dan matiku hanyalah untuk Allah, Tuhan semesta Alam (QS. Al An'am : 162)

Sesungguhnya Allah telah membeli dari orang-orang mukmin, diri dan harta mereka dengan memberikan surga untuk mereka (QS. At Taubah :111)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillahirabbil'amin, segala puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah mencurahkan kasih sayang, rahmat hidayah serta kemudahan-NYA kepada kita semua. Shalawat dan salam senantiasa terucap kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan para pengikutnya hingga akhir masa. Berkat kasih sayang dan ridho-NYA penulis akhirnya dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “PENURUNAN COD, PEMERIKSAAN BAKTERI E. Coli, dan PENGUKURAN pH PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN REAKTOR ANAEROBIK ROUGHING FILTER ALIRAN HORIZONTAL”.

Selama proses penyelesaian dan pelaksanaan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan secara materil dan non materil, langsung maupun tidak langsung yang akhirnya mampu membuat penulis untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Pada kesempatan ini perkenankanlah penulis untuk menghaturkan rasa terima kasih yang tulus ikhlas kepada :

1. Ir. H. Kasam, MT selaku ketua jurusan Teknik Lingkungan sekaligus sebagai pembimbing pertama yang begitu ikhlas membantu, membimbing, dan mengarahkan penulis. Terima kasih atas kebaikan dan waktu yang telah bapak luangkan untuk penulis.
2. Andik Yulianto, ST selaku dosen pembimbing kedua yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahan selama proses penyelesaian tugas akhir ini. Terima kasih atas pengetahuan dan ilmu yang telah bapak berikan.
3. Bapak Luqman Hakim, ST, M. Si ; Bapak Hudori, ST ; Bapak Eko Siswoyo, ST yang telah memberikan arahan dan ilmu pengetahuan kepada penulis.
4. Bapak Tasyono yang telah membimbing, mengarahkan, dan menasehati penulis selama melakukan penelitian di laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan, UII.

5. Bapak Syamsudin yang telah memberi nasehat dan semangat selama proses penelitian.
6. Mas Agus yang membantu proses penyelesaian tugas akhir ini.
7. Bapak Deden dan Mas Andi, beserta Den's Crew nya, yang telah membuatkan reaktor untuk penelitian ini. Terima kasih atas kerjasamadan bantuannya.
8. Karyawan IPAL Bantul yang telah memberikan ijin dan bantuannya kepada penulis selama mengambil air limbah disana.
9. Kedua orang tuaku, abah yang tercinta, terima kasih atas doa, kasih sayang, nasehat, dukungan, membimbing, membiayai serta selalu menelpon mendengarkan keluh kesah anaknda untuk mencapai kesuksesan dan keberhasilan dalam mencapai cita-cita.
10. Adikku tersayang, Ading Sari dan Dede Fuad yang ganteng, yang selalu memberikan motivasi, kasih sayang, dan doa.
11. Keluarga besarku di Buntok dan di Kapuas , terima kasih atas segala doa, dukungan, dan harapan yang telah diberikan kepada penulis, semoga anaknda bisa mewujudkan harapan dan doa kalian, amin.
12. Kai dan Nini Kapuas, terima kasih atas segala pelajaran hidup, nasehat, dan doa, Ya Allah terima kasih telah menganugrahiku sepasang orangtua yang menjadi pembimbing rohaniku, penyejuk jiwa, dan jadi pembela ku disaat cobaan terberat itu datang.
13. Seseorang yang telah memberikan kasih sayang dan cinta yang tulus walau sempat terpisahkan jarak dan waktu, terima kasih telah setia mendampingi, mendengarkan curhat dan tangisku, dan menghadirkan keceriaan kembali dalam relung batin ku. Kisah kehidupan ini menjadi salah satu bagian terindah dalam hidupku.
14. Team Roughing Filter, teman seperjuanganku, Dian Anjarwani,mbak Rini Puji Astuti, mbak Okti Handayani, terima kasih atas segala dukungan, persaudaraan, persahabatan, perhatian yang telah kalian berikan kepada penulis.

15. Saudariku, Dian Anjarwani "Sastro" terima kasih telah menjadi tempat curhatku, kasih sayang persaudaraan dan persahabatanmu akan jadi cerita indah untuk anak-anakku kelak.
16. Saudariku Evariyani. S, terima kasih atas segala dukungannya (ayoo ibu evot kapan melahirkannya?).
17. Anak- anak TL 01, Idhep, Onyoi, Retno, Yeni, Vita, Devi, Teti, Mais, Ariyanti, Ida, Alin, Ferina, Wisnu, Dede, dan masih banyak lagi teman-teman satu perjuangan, ayo cayo..cayoo..
18. Mas Ismail, terima kasih telah membantu mengambil air limbah di IPAL, Bantul.
19. Anak-anak kos Griya Widya, Upik Imoet, Wela, Lola, Hesti, Irna, Nova, terima kasih atas rasa persaudaraan dan persahabatan yang telah kalian berikan.
20. Kepada semua pihak yang belum disebutkan disini, yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini dan penyelesaian studi penulis. Semoga Allah SWT memberikan pahala dan rahmatNYA kepada kita semua, amin.

Penulis sadar, masih banyak kekurangan dan kelemahan yang dipersembahkan dalam karya ini, karena itu penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya. Akhir kata, penulis berharap karya ini bisa bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan ladang ilmu yang berguna untuk kita di dunia dan akhirat.

Wabillahitaufiq Walhidayah Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Januari 2006

Penulis

Rima Fitriani

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i	
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii	
INTI SARI.....	iii	
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v	
HALAMAN MOTTO.....	vi	
KATA PENGANTAR.....	vii	
DAFTAR ISI.....	x	
DAFTAR TABEL.....	xiii	
DAFTAR GAMBAR.....	xiv	
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv	
BAB I. PENDAHULUAN		
1.1. Latar Belakang.....	1	
1.2. Rumusan Masalah.....	3	
1.3. Tujuan Penelitian.....	4	
1.4. Manfaat Penelitian.....	5	
1.5. Batasan Masalah.....	5	
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....		6
2.1. Air Buangan / Air Limbah.....	6	
2.2. Penggolongan Sumber Air Buangan	7	
2.3. Pegolahan Air Buangan.....	7	
2.4. Pengolahan secara Biologis.....	11	
2.5. Proses Pengolahan Air Buangan Secara Anaerobik.....	12	
2.6. Pengolahan Air Buangan Dengan Roughing Filter.....	16	
2.6.1 Teknologi Roughing Filter.....	16	
2.6.2 Perkembangan dan Aplikasi Roughing Filter.....	18	
2.6.3 Konstruksi dari Roughing Filter.....	21	
2.6.4 Komponen Roughing Filter.....	22	

2.6.5 Variabel desain.....	24
2.6.6 . Pembersihan Filter.....	25
2.6.7 . Pemeliharaan Filter.....	30
2.7 Parameter - Parameter Penelitian.....	31
2.7.1. COD.....	31
2.7.2 pH atau Konsentrasi Hidroge-Ion.....	32
2.7.3 Jumlah Bakteri E. Coli.....	33
2.8. Hipotesa.....	34
BAB III. METODE PENELITIAN.....	35
3.1. Lokasi Penelitian.....	35
3.2. Obyek Penelitian.....	35
3.3. Jenis Penelitian.....	35
3.4. Kerangka Penelitian.....	35
3.5. Parameter dan Variabel Penelitian.....	36
3.5.1. Parameter Penelitian dan Metode Uji.....	36
3.5.2. Variabel Penelitian.....	37
3.6 Cara Penelitian.....	37
3.6.1 Persiapan Alat.....	37
3.6.2 Proses Seeding.....	38
3.6.3 Proses Sampling.....	39
3.6.4 Prosedur Penelitian.....	39
3.6.5 Pemeriksaan Hasil Penelitian.....	40
3.7. Analisa Data.....	40
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1. Hasil Penelitian dan Pembahasan.....	42
4.1.1. Pengukuran Konsentrasi COD.....	42
4.1.2. Analisa Konsentrasi COD.....	45
4.1.3. Pembahasan Konsentrasi COD.....	46
4.2. Hasil Penelitian dan Pembahasan Jumlah Bakteri E. Coli.....	48

4.2.1 Hasil Pengujian Jumlah Bakteri E. Coli.....	48
4.2.2 Analisa Jumlah Bakteri E. Coli	50
4.2.3 Pembahasan Jumlah Bakteri E. Coli.....	50
4.3. Hasil Penelitian dan Pembahasan pH.....	51
4.1.7 Hasil Pengukuran pH.....	51
4.1.8. Analisa Hasil Pengukuran pH.....	54
4.1.9. Pembahasan Pengukuran pH.....	55
 BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	 57
5.1. Kesimpulan.....	57
5.2. Saran.....	58

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Limbah Domestik.....	8
Tabel 2.2	Klasifikasi Filter.....	21
Tabel 3.1	Parameter Penelitian dan Metode Uji.....	36
Tabel 4.1	Data Rata-rata Konsentrasi COD.....	42
Tabel 4.2	Data Jumlah Bakteri E. Coli.....	48
Tabel 4.3	Data Pengukuran pH.....	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Aplikasi Dan Konsep Dari Roughing Filter.....	17
Gambar 2.2. Konstruksi Secara Umum Dari Roughing Filter.....	18
Gambar 2.3. Bagian – Bagian Dari Roughing Filter.....	22
Gambar 3.2. Reaktor Penelitian.....	40
Gambar 4.1. Grafik Konsentrasi COD pada Inlet dan Kompartemen 1.....	43
Gambar 4.2. Grafik Konsentrasi COD pada Inlet dan Kompartemen 2.....	43
Gambar 4.3. Grafik Konsentrasi COD pada Inlet dan Kompartemen 3.....	44
Gambar 4.4. Grafik Konsentrasi COD pada Inlet dan Outlet.....	44
Gambar 4.5. Grafik Konsentrasi COD Hari ke-0, 2, 4.....	44
Gambar 4.6. Grafik Konsentrasi COD Hari Ke-6,8,10.....	45
Gambar 4.7. Grafik Konsentrasi COD Hari Ke-12,14,16.....	45
Gambar 4.8 Grafik Penurunan Jumlah Bakteri E.Coli.....	49
Gambar 4.9. Grafik Penurunan Jumlah Bakteri E.Coli.....	49
Gambar 4.10. Grafik Pengukuran pH pada Inlet dan Kompartemen 1.....	52
Gambar 4.11 Grafik Pengukuran pH pada Inlet dan Kompartemen 2.....	52
Gambar 4.12 Grafik Pengukuran pH pada Inlet dan Kompartemen 3.....	53
Gambar 4.13 Grafik Pengukuran pH pada Inlet dan Outlet.....	53
Gambar 4.14 Grafik Nilai pH Hari ke-0, 2, 4.....	53
Gambar 4.15. Grafik Nilai pH Hari ke-6, 8, 10.....	54
Gambar 4.16. Grafik Nilai pH Hari ke-6, 8, 10.....	54

LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Hasil Uji Data Menggunakan Anova Satu Jalur
- Lampiran 2 : Tabel Statistik Uji Data Menggunakan Anova Satu Jalur
- Lampiran 3 : Gambar Reaktor Roughing Filter dan Perhitungan Reaktor
- Lampiran 4 : SNI Untuk Pengujian Parameter COD
- Lampiran 5 : Surat Keputusan Menteri Negara KLH tahun 1991
- Lampiran 6 : Foto Dokumentasi Reaktor Roughing Filter

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Adanya pembangunan di berbagai sektor dan laju pertumbuhan penduduk yang tinggi, menyebabkan peningkatan kebutuhan air bersih dengan jumlah yang besar. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan air bersih, maka secara langsung akan menyebabkan peningkatan air buangan. Sehingga beban lingkungan akibat air buangan semakin besar, hal ini akan semakin meningkatkan tingkat pencemaran pada tanah dan air tanah serta badan air lainnya jika air buangan tidak dikelola secara baik. Masalah pencemaran lingkungan akibat air buangan domestik merupakan masalah serius bagi manusia dan lingkungan. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa sumber pencemaran tanah dan air tanah di kota-kota di Indonesia merupakan air buangan atau limbah domestik (rumah tangga, perkampungan, rumah sakit, hotel, dan lain sebagainya) karena tidak semua limbah yang ditimbulkan tidak dikelola dengan semestinya.

Pada umumnya limbah domestik mempunyai kandungan padatan tersuspensi yang tinggi dimana padatan tersuspensi ini merupakan salah satu penyebab kekeruhan pada air yang tentu saja akan mempengaruhi dari segi estetika air tersebut. Adanya padatan tersuspensi dalam air juga akan mempengaruhi penetrasi sinar matahari ke dalam air sehingga akan mempengaruhi regenerasi oksigen serta fotosintesis. Dalam limbah domestik

banyak terkandung COD yang cukup tinggi. Kadar COD yang tinggi pada air sungai selalu menunjukkan adanya pencemaran.

Sebagai salah satu alternatif pengolahan untuk menurunkan konsentrasi pencemar dengan parameter COD, pengukuran jumlah bakteri E. Coli, dan pengukuran nilai pH yang dapat dilakukan adalah pengolahan dengan Roughing Filter aliran horizontal bermedia gravel dengan proses Anaerobik.

Roughing filter merupakan teknologi untuk pengolahan air yang telah digunakan sejak lama. Dimulai dari tahun 1804, John Gibb mengkonstruksi *Roughing filter* dengan panjang 75 ft untuk mengolah air dari sungai Cart di Paisley Scotland. Pada tahun 1899, Puech Chabal mengkontruksi *Down flow Roughing filter* di Paris. Tahun 1982 sampai 1984 secara intensif tes Filtrasi dilakukan oleh SANDEC (*Water and Sanitation in Developing Countries*) di laboratorium Institut Swiss. Kemudian dimulai dari tahun 1986, SANDEC melakukan tes dan mempromosikan *Roughing filter* aliran Horizontal. Instalasi roughing filter juga telah digunakan sebagai pengolahan pretreatmen untuk pengolahan air minum, yang mana dari hasil percobaan diketahui, roughing filter dapat meningkatkan parameter bakteriologis (*E. Coli* dan *Total Coliform*) dengan efisiensi antara 98%-99% (GMM Ochieng, 2004). Dan 10 tahun kemudian hampir 80 Roughing filter aliran Horizontal dikonstruksikan di hampir 25 negara. Selain itu penelitian-penelitian tentang Roughing filter terus saja dilakukan sampai saat ini. Seperti pada tahun 1994, Jayalath dan kawan-kawan melakukan penelitian untuk mengolah air permukaan di kota Anuradhapura, Srilangka, dengan menggunakan *Roughing filter* aliran Horizontal yang terdiri tiga

kompartemen dengan panjang 1 m dan berisi media granit yang berbeda ukuran. Dan dari penelitian tersebut diperoleh adanya penurunan dari kandungan Alga, kekeruhan dan warna yang banyak terkandung dalam air baku tersebut. Selain itu, CINARA yaitu sebuah institut yang ada di Kolombia juga telah melakukan penelitian tentang penurunan efisiensi dari Tipe-tipe aliran *Roughing filter* yang berbeda. Dan dari penelitian ini diperoleh bahwa *Roughing filter* aliran Horizontal dan aliran *Upflow* memiliki efisiensi penurunan kekeruhan tertinggi yaitu sekitar 85-90% (Anonim D, 2005).

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan tersebut, maka pada penelitian Tugas Akhir ini untuk mengolah air limbah domestik yang berasal dari IPAL sewon Bantul akan digunakan *Roughing Filter* aliran Horizontal bermedia gravel dengan proses anaerobik dan tiga kompartemen yang berbeda panjang untuk menurunkan konsentrasi COD, pengukuran jumlah bakteri E. Coli, dan pengukuran nilai pH. Dimana perbedaan panjang kompartemen ini akan mempengaruhi waktu kontak limbah dengan mikroorganisme.

Diharapkan dari hasil pengolahan dengan alat ini, konsentrasi pencemar dengan parameter COD dan bakteri E. Coli dapat diturunkan, sehingga apabila dibuang ke badan air tidak akan mencemari badan air tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Pengolahan air limbah domestik yang telah dilakukan dengan berbagai metode baik konstruksi maupun media masih perlu terus dikembangkan termasuk pengolahan menggunakan konstruksi *roughing filter* dengan kompartemen

berbeda. Pengolahan limbah domestik dengan rouging filter dan kompartemen berbeda, akan didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah Konsentrasi COD dan jumlah bakteri E. Coli pada limbah domestik dapat diturunkan menggunakan reaktor anaerobik Roughing Filter aliran Horizontal bermedia gravel dengan 3 kompartemen yang berbeda panjang dan ukuran gravelnya ?
2. Melihat bagaimanakah pengaruh pH terhadap proses anaerobik didalam reaktor Roughing Filter aliran Horizontal bermedia gravel dengan 3 kompartemen yang berbeda panjang dan ukuran gravelnya ?

1.3 Tujuan Penelitian

Kegiatan penelitian dengan membuat instalasi untuk pengolahan limbah cair domestik berupa konstruksi *rouging* filter media gravel adalah bertujuan :

1. Mengetahui efisiensi penurunan konsentrasi COD dan bakteri E.Coli, serta nilai pH pada limbah domestik dengan menggunakan reaktor anaerobik Roughing Filter aliran Horizontal bermedia gravel dengan 3 kompartemen yang berbeda panjang dan ukuran gravelnya
3. Mengetahui pengaruh dari panjang kompartemen dengan rata-rata penurunan konsentrasi COD, jumlah bakteri E.Coli, dan nilai pH pada limbah domestik dengan menggunakan reaktor anaerobik Roughing Filter aliran Horizontal bermedia gravel dengan 3 kompartemen yang berbeda panjang dan ukuran gravelnya.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diambil dari penelitian ini adalah diketahuinya rata-rata penurunan COD, jumlah bakteri E.Coli, dan nilai pH pada limbah domestik dengan reaktor anaerobik Roughing Filter aliran Horizontal bermedia gravel dengan 3 kompartemen yang berbeda panjang dan ukuran gravelnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil pada penelitian ini adalah :

1. Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah domestik yang berasal dari IPAL Sewon Bantul yang diambil pada bagian sesudah grit Chamber.
2. Parameter air limbah yang diperiksa adalah COD, pH, dan jumlah bakteri E.Coli.
3. Media yang digunakan dalam Roughing Filter aliran horizontal adalah gravel dengan ukuran 20 - 5 mm.
4. Panjang kompartemen yang berisi media pada penelitian ini adalah 30 cm, 20 cm, dan 10 cm.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Buangan/Air Limbah

Dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya seperti sandang, papan, pendidikan, kesehatan, rekreasi dan lain-lain, maka manusia akan melakukan berbagai aktivitas yang antara lain: aktivitas rumah tangga, pertanian, dan aktivitas industri. Sebagai dampak ikutan dari aktivitas tersebut adalah timbulnya air buangan/ air limbah. Secara kualitatif limbah domestik terdiri dari bahan organik baik berupa padatan maupun cairan, karbohidrat, protein, lemak, garam, dan bakteri. Zat-zat yang terdapat di dalam air limbah adalah unsur-unsur organik tersuspensi maupun terlarut dan juga unsur-unsur anorganik serta mikrobiologi.

Air buangan dapat diartikan sebagai kejadian masuknya atau dimasukkannya benda padat, cair dan gas kedalam air dengan sifatnya yang berupa endapan atau padat, padat tersuspensi, terlarut, sebagai koloid, emulsi yang menyebabkan air dimaksud harus dipisahkan atau dibuang dengan sebutan air buangan (Tjokrokusumo, 1995).

Yang dimaksud dengan pencemaran lingkungan hidup menurut UU. No.23 tahun 1997 tentang pengelolaan lingkungan hidup, adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Masalah pencemaran lingkungan merupakan masalah serius bagi manusia dan lingkungan. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa tidak semua limbah yang dihasilkan diolah dan tidak semua limbah yang diolah telah memenuhi standar baku mutu lingkungan. Untuk itu diperlukan pengolahan atau pengelolaan yang baik pada buangan sebelum buangan tersebut dibuang ke badan air. Secara umum tujuan utama dari setiap pengolahan air buangan adalah sebagai berikut :

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

2.2 Penggolongan Sumber Air Buangan

Sumber air buangan dapat dibedakan menjadi:

1. Air buangan domestik

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

Tabel 2.1. Komposisi Limbah Domestik

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

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

2. Air Buangan Non-Domestik

Limbah non domestik adalah limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi, dan sumber-sumber lain. Limbah ini sangat bervariasi, lebih-lebih untuk limbah industri. Limbah pertanian biasanya terdiri atas bahan padat bekas tanaman yang bersifat organik, pestisida, bahan pupuk yang mengandung Nitrogen, dan sebagainya.

2.3 Pengolahan Air Buangan

Pengolahan air buangan adalah suatu usaha mengolah (memperlakukan) air buangan dengan perlakuan tertentu agar diperoleh kualitas air yang memenuhi baku mutu lingkungan. Secara umum tujuan utama dari setiap pengolahan air buangan adalah sebagai berikut :

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

Pengolahan air buangan dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti:

a. Pengolahan secara fisik

Pengolahan secara fisik dimaksudkan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan terapung

disisihkan terlebih dahulu. Unit operasi yang sering digunakan dalam mengolah air buangan secara fisik diantaranya : Penyaringan kasar (screening), pencampuran (mixing), flokulasi (flocculation), pengendapan (sedimentation), pengapungan (flotation), penyaringan (filtration), sentrifugal (centrifugation).

b. Pengolahan secara kimia

Pengolahan secara kimia dimaksudkan untuk menghilangkan partikel-partikel yang mudah mengendap (koloid), logam-logam berat, senyawa fosfor dan zat organik beracun dengan membubuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan. Macam-macam pengolahan secara kimia diantaranya : netralisasi, koagulasi, dan flokulasi, pengendapan kimiawi (precipitation), oksida dan atau adsorpsi serta pertukaran ion atau ion exchange.

c. Pengolahan secara biologi

Pengolahan secara biologi memanfaatkan mikroorganisme yang berada di dalam air untuk menguraikan bahan-bahan polutan. Dalam hal ini terjadi konversi bahan polutan menjadi sel mikroorganisme sebagai hasil pertumbuhan menjadi gas-gas. Ditinjau dari segi lingkungan yang berlangsung proses penguraian secara biologi, proses ini dapat dibedakan dalam dua jenis, yaitu proses aerob dan anaerob.

2.4 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. Dalam beberapa dasawarsa telah berkembang berbagai metoda pengolahan biologi dengan segala modifikasinya.

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

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

Didalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi. Reaktor ini berisi aliran liquid yang akan diolah, kultur media yang digunakan, nutrien seperti nitrogen dan phospor, dan udara atau oksigen jika prosesnya aerobik. Pada proses pertumbuhan tersuspensi, proses lumpur aktif merupakan salah satu proses yang banyak dikenal.

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

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

Umumnya yang sering digunakan untuk pengolahan air limbah secara aerobik yaitu *Trickling Filter*. Disini air limbah didistribusikan seragam diatas permukaan media.

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

2.5 Proses Pengolahan Air Buangan Secara Anaerobik

Proses anaerobik pada hakikatnya adalah proses yang terjadi karena aktivitas mikroba dilakukan pada saat tidak terdapat oksigen bebas. Analognya, proses ini meniru mekanisme proses yang terjadi pada perut binatang yaitu proses pencernaan secara anaerobik.. Produk akhir dari proses fermentasi ini adalah gas metana (CH_4).

Beberapa alasan yang dipakai pada penggunaan proses anaerobik dalam penanganan air buangan antara lain adalah tingginya laju reaksi dibandingkan dengan proses aerobik, kegunaan dari produk akhirnya, stabilisasi dari komponen organik dan memberikan karakteristik tertentu pada daya ikat air produk yang menyebabkan produk dapat dikeringkan dengan mudah (Rahayu, 1993).

Perombakan bahan organik menjadi metana dan karbondioksida merupakan fermentasi anaerob yang sangat kompleks karena melibatkan peran serta beberapa macam mikroba.

Bakteri metana adalah bakteri yang memegang peranan penting dan aktif dalam proses pembusukan anaerob. Bakteri metana yang telah berhasil diidentifikasi terdiri dari empat genus, yaitu :

- 1) Bakteri bentuk batang dan tidak membentuk spora dinamakan *Methanobacterium*.
- 2) Bakteri bentuk batang dan membentuk spora adalah *Methanobacillus*.
- 3) Bakteri bentuk kokus, yaitu *Methanococcus* atau kelompok yang membagi diri.
- 4) Bakteri bentuk sarcinae pada sudut 90° dan tumbuh dalam kotak yang terdiri dari 8 sel yaitu *Methanosarcina*.

Keempat jenis bakteri tersebut mampu mengoksidasi Hidrogen dengan menggunakan CO₂ sebagai akseptor elektron. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Reaksi tersebut akan menghasilkan energi sedangkan unsur karbon yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tidak dihasilkan. Kebutuhan karbon dan CO₂ tersebut diperoleh dari substrat atau hasil produksi dari proses oksidasi bahan organik (Rahayu, 1993).

Pada umumnya air buangan terdiri dari suatu senyawa kompleks. Pengolahan air buangan secara anaerob untuk mengolah senyawa kompleks akan menghasilkan produk akhir CH₄ dan CO₂ meliputi dua tahap yang berbeda, yaitu :

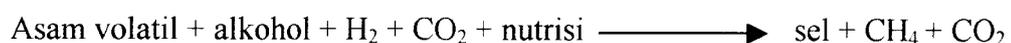
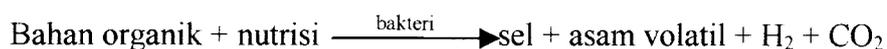
1. *Fermentasi Asam*

Komponen air buangan kompleks seperti lemak, protein dan polisakarida dihidrolisa menjadi sub unit komponen lain oleh bermacam-macam kelompok bakteri fakultatif dan anerob. Bakteri ini berperan dalam hidrolisa (*Triglyceride*, asam lemak, asam amino dan gula) untuk fermentasi, dan petunjuk proses metabolisme lainnya menjadi bentuk senyawa organik sederhana, sebagian asam rantai pendek (volatil) dan alkohol.

2. *Fermentasi Metana*

Senyawa organik sederhana diubah menjadi asam organik, alkohol dan sel bakteri kemudian sedikit menstabilisasi BOD dan COD. Hasil akhir pada proses pertama diubah menjadi gas (sebagian besar metana dan karbondioksida pada tahap kedua, oleh beberapa spesies bakteri anaerobik berbeda yang lebih keras).

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



Menurut Rahayu (1993) faktor-faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi proses anaerobik diantaranya:

1. pH

Pengaruh dari perubahan pH terhadap sistem adalah sangat besar, oleh sebab itu perubahan pH yang terjadi harus selalu dimonitor. Hal ini disebabkan karena pada sistem anaerobik, asam organik sudah akan terbentuk pada tahap

pertama fermentasi. Apabila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses pembentukannya maka dapat dimengerti bila konsentrasi dalam sistem akan meningkat dan mempengaruhi besarnya pH. Pengaturan pH biasanya dilakukan dengan penambahan basa atau kapur hingga pH mencapai 6,5 – 7,5. Bahan-bahan kimia yang bersifat basa yang biasa ditambahkan diantaranya : NaOH, NaHCO₃, NaCO₃, ataupun Ca(OH)₂.

Pada sistem pencernaan (peruraian) lumpur, konsentrasi asam volatil biasanya berkisar antara 200-400 mg/l. Tetapi apabila laju fermentasi Metana turun atau karena sebab lain yang menyebabkan laju pembentukan asam meningkat, maka konsentrasi asam volatil dapat mencapai 4.000-10.000 mg/l atau mengalami peningkatan sekitar 20-100 kali lipat dari kondisi normal. Hal ini tentu saja tidak diinginkan terjadi dalam proses fermentasi anaerobik untuk memproduksi metana.

2. Ion logam

Adanya ion logam yang berlebihan tidak dikehendaki pada proses fermentasi metana, karena akan menyebabkan keracunan bagi mikroba pada konsentrasi tertentu, tetapi apabila ion logam tersebut konsentrasinya tertentu maka pengaruh yang ditimbulkan adalah pengaruh yang menguntungkan karena memberikan pengaruh stimulasi.

3. Suhu

Meskipun asam organik yang terbentuk sangat tinggi dan akan mempengaruhi proses fermentasi metana, namun sebetulnya perubahan asam tersebut tidak sebesar apabila terjadi penurunan suhu pada sistem. Penurunan

suhu akan menyebabkan gagalnya proses fermentasi tersebut. Bakteri-bakteri anaerobik yang bersifat mesofilik biasanya dapat tumbuh pada suhu 40°C hingga 45°C. Suhu yang optimum untuk proses fermentasi metana adalah sebesar 37° C hingga 40° C, sedangkan pada bakteri yang bersifat termofilik yaitu yang hidup pada kisaran suhu 50° C - 65° C, suhu optimumnya adalah 55° C.

4. Nutrisi

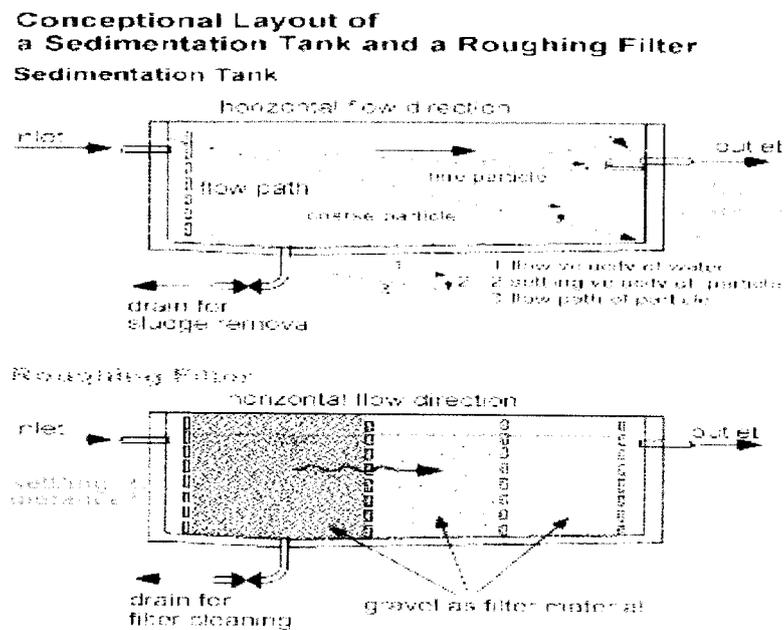
Bahan-bahan organik biasanya mengandung nutrisi cukup baik untuk pertumbuhannya mikroba. Pada proses anaerobik ini, media yang mempunyai kandungan nutrisi tertentu yang optimum akan sangat mempengaruhi proses. Perbandingan unsur Nitrogen, Karbon dan fosfat layak untuk diperhitungkan yaitu besarnya dalam perbandingan Karbon, Nitrogen dan Fosfat = 150 : 55 : 1 bagian. Kekurangan unsur Nitrogen atau Fosfat dapat ditambah dari luar, yaitu dengan penambahan ammonium fosfat atau ammonium klorida.

2.6 Pengolahan Air Buangan Dengan *Roughing filter*

2.6.1 Teknologi *Roughing filter*

Roughing filter utamanya digunakan untuk memisahkan material padatan dari air. Seperti digambarkan pada gambar 2.1, secara signifikan memperbaiki efisiensi penyisihan padatan pada tangki sedimentasi. Material padatan/gravel yang baik, maka akan dapat membantu permasalahan pengendapan secara vertikal yang kedalamannya 1-3 m sebelum bertemu/kontak dengan dasar tangki. Pada partikel yang akan diendapkan kuantitasnya cukup besar, maka partikel tidak

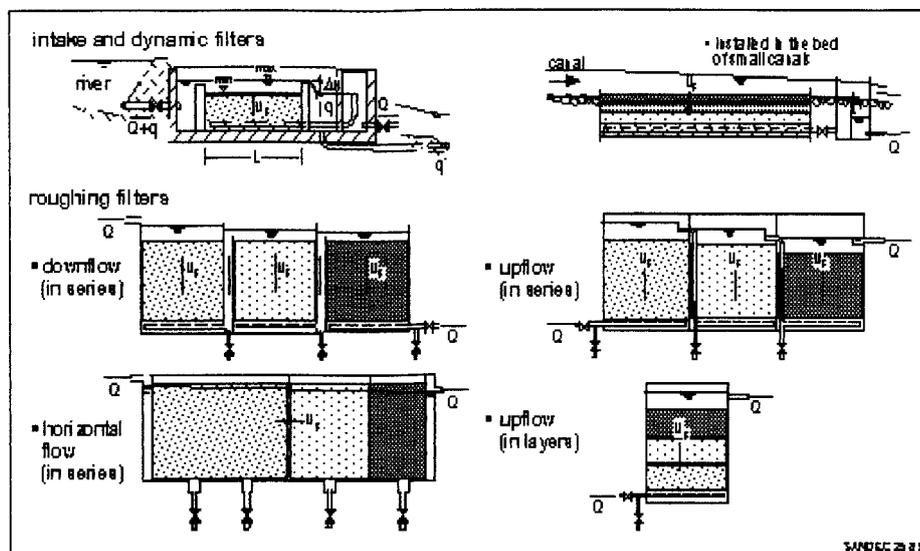
menjangkau dasar tangki sehingga untuk meningkatkan efisiensi, pada tangki sedimentasi yang sama dapat di isi dengan material *rough filter* yang besarnya 4-20 mm. Dengan di isi gravel, maka pengendapan secara signifikan dapat reduksi.



Gambar 2.1 Aplikasi dan konsep dari Roughing Filter

Sumber : Anonim D, 2005

Roughing filter biasanya berisi material berukuran yang berbeda pada aliran langsung. Bagian terbesar padatan dipisahkan oleh medium filter kasar untuk selanjutnya menuju filter inlet. Medium yang berikut dan media filter yang baik mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi. *Roughing filter* dioperasikan pada beban hidolik yang kecil. Kecepatan filtrasi biasanya berkisar 0,3-1,5 m/jam. Desain dan aplikasi *roughing filter* sangat bervariasi seperti ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2. Konstruksi Secara Umum dari Roughing Filter

Sumber : Anonim D, 2005

2.6.2 Perkembangan dan Aplikasi *Roughing filter*

Dari tahun 1982 sampai tahun 1984 pengujian filtrasi secara ekstensif dilakukan di laboratorium Institut Federal Swiss untuk Penelitian dan Teknologi Lingkungan (EAWAG) oleh Departemen Air dan Sanitasi di negara berkembang (SANDEC) di Duebendoroughing filter. Model suspensi kaolin digunakan untuk menyelidiki mekanisme *roughing filter* aliran horizontal. Dua hasil test laboratorium yang penting, efisiensi filter dipengaruhi oleh sifat permukaan filter medium dan pembaharuan filter melalui pengurasan. Dari berbagai penelitian tentang roughing filter, maka dapat dilihat perkembangannya sebagai berikut:

1. Efek praktis yang lebih pada implementasi *roughing filter* aliran horizontal disusun pada sebuah desain, konstruksi dan operasional manual. Test laboratorium SANDEC dibatasi oleh Development Cooperation Swiss (SDC), pada akhirnya didukung promosi dan penyebaran informasi teknologi

roughing filter aliran horizontal yang dimulai pada tahun 1986. Dibawah SANDEC, Insinyur perguruan tinggi lokal mendemonstrasikan studi teknologi ini dan pengalaman praktek dengan proses pengolahan. Roughing filter aliran horizontal dibuat untuk merehabilitasi slow sand filter dipabrik. Empat tahun yang lalu, teknologi filter dipromosikan penyebarannya ke 20 negara lebih, dan menambahkan pengetahuan SANDEC lebih dari 60 pabrik roughing filter dibangun di periode ini

2. Lebih lanjut, beberapa institusi melakukan penambahan studi penelitian kerja proses roughing filter aliran horizontal. Laboratorium atau test dasar dengan roughing filter aliran horizontal juga dilakukan oleh Universitas Dar es Salaam, Tanzania, Universitas Tampere Teknologi di Finland, Universitas Surrey di Guildford, Inggris. Institut Internasional Hydraulic dan Teknologi Lingkungan di Delft, Universitas Delft Teknologi di Nederlands, Universitas Newcastle Upon Tyne di Inggris dan Universitas New Hampshire di Durham, USA. Perbedaan metode pretreatment, meliputi roughing filter aliran horizontal menjadi test dasar pada dasar perbandingan pada program penelitian ekstensif di Cali, Colombia. The Centro Inter Regional de Abastecimiento y Remocian de Agua (CINARA)meneliti hal tersebut, dikolaborasi dengan Pusat Sanitasi dan Air Internasional di The Hague Belanda, dan perbedaan Institut Teknik Internasional dan mendukung perwakilan, berarti meyederhanakan dan menyakinkan proses pretreatment dalam penelitian ini.

3. SANDEC dilibatkan dalam pengembangan dan promosi roughing filter untuk dekade mendatang. Roughing filter aliran horizontal aslinya dipelajari di laboratorium, test dasar dilakukan dinegara berkembang dan akhirnya di implementasikan pada proyek. Secara manual berisi deskripsi proses pengolahan ini yang dipublikasikan pada tahun 1986 sebagai IRCWD laporan No. 06/86.
4. Bagaimanapun, teknologi *roughing filter* dikembangkan di masa depan mengikuti tahun. Perbedaan tipe prefilters dan roughing filter akan dipelajari dan ditest. Para peneliti menyadari pengembangan ini, dilanjutkan untuk aplikasi secara eksklusif roughing filters aliran horizontal juga di tempat di mana tipe filter yang lebih diprioritaskan.
5. Secara manual, disusun untuk membatasi jembatan informasi ini. Hal ini di dasari pada sebuah revisi yang lengkap pada zaman dulu, pada draft yang dipresentasikan di konferensi Internasional *Roughing filter* di Zunch, Switzerland yang diadakan pada bulan Juni 1992 dan pengalaman dasar SANDEC dengan implementasi Roughing filter. Hal tersebut juga diterjemahkan ke dalam bahasa Fransis dan Spanyol.

2.6.3 Konstruksi *Roughing filter*

Tabel 2.2 Menunjukkan klasifikasi filter berdasarkan ukuran material filter dan kecepatan filtrasinya yaitu *rock filter*, *roughing filter*, saringan pasir cepat, dan saringan pasir lambat. *Roughing filter* menggunakan gravel sebagai media yang dioperasikan tanpa bahan kimia, dan tidak dilengkapi dengan

perlengkapan mekanik untuk operasi dan pemeliharannya. Perbedaan dari tipe *roughing filter* biasanya diklasifikasikan berdasarkan lokasi dan suplai air, tujuan aplikasi, aliran, desain filter, dan teknik pembersihan filter. Roughing filter umumnya diaplikasikan pada Instalasi Pengolahan air minum dan air buangan dan digunakan sebagai proses prapengolahan.

Tabel 2.2 Klasifikasi Filter

Tipe filter	Ukuran Material Filter (dig [mm])	Kecepatan Filtrasi (VF [m/h])
rock filter	> 50 mm	1 - 5 m/h
roughing filter	20 - 4 mm	0.3 - 1,5 m/h
rapid sand filter	4 - 1 mm	5 - 15 m/h
slow sand filter	0.35 - 0.15 mm	0.1 - 0.2 m/h

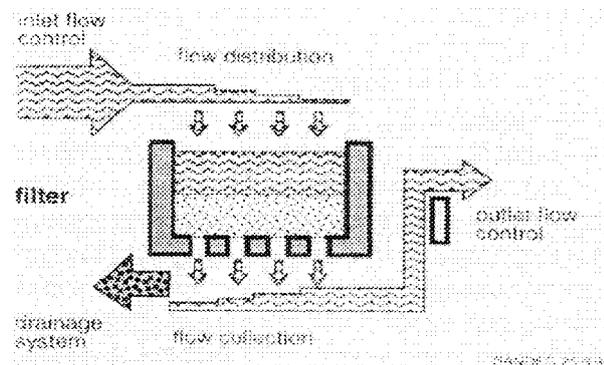
Sumber : Anonim D, 2005

Roughing filter 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. Secara manual dengan membersihkan bagian atas dari filter dengan sekop atau penggaruk. Secara hidraulik dengan *flushing solid media filter*.

2.6.4 Komponen *Roughing filter*

Bagian-bagian yang penting pada konstruksi roughing filter adalah kontrol aliran inlet, distribusi aliran, filter, pengumpulan air yang telah diolah, kontrol aliran outlet, dan sistem drainase, seperti ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Bagian-Bagian *Roughing filter*

Sumber : Anonim D, 2005

a. Kontrol aliran inlet

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

b. 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.

c. Filter

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

d. Pengumpulan Air hasil olahan

Harusnya juga seragam ke seluruh filter, untuk aliran horizontal, konstruksi dengan dinding berlubang pada kamar. Outlet adalah penting untuk pengumpulan dari air yang diolah.

e. Kontrol Aliran Outlet

Kontrol aliran outlet mencegah filter dari kekeringan. Pembersihan secara hidroulik dari sebuah pengeringan *roughing filter* yang dipenuhi dengan akumulasi solid 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. Lagi pula, sebuah bendungan V-Notch boleh digunakan untuk pengukuran pada outlet filter.

f. Sistem Drainase

Sistem drainase dari *roughing filter* disiapkan untuk 2 (dua) tujuan, yaitu:

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

2.6.5 Variabel Desain

Desain *roughing filter* mempunyai 3 target, yaitu :

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

Desain Filter ada 6 variabel dalam range tertentu, yaitu :

1. Kecepatan filtrasi V_f (m/jam), umumnya berkisar antara 0.3-1 m/jam.
2. Ukuran rata-rata d_{g1} (mm) dari setiap media filter, biasanya range antara 20-4 mm. Fraksi media filter dapat dilihat pada tabel 3, 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. Panjang horizontal flow *roughing filter* dalam hal ini tidak dibatasi, tetapi panjang normalnya 5 dan 7 m.

4. Angka n1 dari fraksi filter

Angka n1 dari fraksi filter bergantung juga pada tipe filter. Permukaan filter boleh hanya 1 fraksi saja dimana *roughing filter* biasanya terdiri dari 3 fraksi gravel. Pada gambar 1 ditunjukkan rdeksi kekeruhan pada sebuah *roughing filter*. Akan tetapi, secara individual panjang filter li dari *roughing filter* sering di desain dengan rasio 3:2:1.

5. Tinggi H (m) dari luas permukaan filter A (m²)

Tergantung pada aspek struktural dan operasional. Dirkomendasikan 1-2 m untuk menghindarkan dari masalah ketinggian air. Kedalaman 1 m juga dimungkinkan agar bila menggunakan pembersihan filter secara manual dilakukan dengan mudah untuk meremoval material filter. Lebar filter harus tidak melebihi 4-5 m dan A untuk vertical flow filter harus tidak lebih besar dari 25-30 m² atau 4-6 m² untuk horizontal flow *roughing filter*.

2.6.6 Pembersihan Filter

Efisiensi filter tidak konstan tapi dapat meningkat pada permulaan dari operasi filter. Dan tentunya menurun ketika bahan solid terakumulasi secara berlebihan di dalam filter. Sebab itu, removal periodik dari bahan yang terakumulasi tadi dibutuhkan untuk memulihkan efisiensi dan mungkin kinerja filter hidrolis, filter dibersihkan secara hidrolis atau manual dan metode pembersihan itu tergantung pada bagaimana bahan solid itu terakumulasi di dalam

filter oleh sebab itu prosedur pembersihan harus beradaptasi dengan filter yang berbeda.

Dalam filter intake, bahan padat terutama terakumulasi pada lapisan filter atas. Dengan meningkatkan kecepatan aliran sepanjang permukaan filter, suatu fraksi dari bahan solid yang terakumulasi tersebut dapat diseret oleh air. Bagaimanapun filter intake biasanya dibersihkan secara manual dengan sebuah penggaruk dan sekop sekali seminggu. Langkah pertama dalam proses pembersihan adalah dekat katup pada batas air sebelum filter. Kemudian, katup kontrol inlet dibuka untuk meningkatkan aliran horizontal dalam kotak filter kira-kira $0,20 \text{ m/s} - 0,40 \text{ m/s}$. Aliran sepanjang permukaan filter dapat pula ditingkatkan dengan mendekatkan inlet filter secara paralel dan mengarahkan aliran total air mentah ke dalam unit filter untuk dibersihkan. Metode ini sebaiknya khusus dalam sistem dengan suplai air mentah terbatas seperti dalam rencana pompaan atau kapasitas pipa hidrolik kecil.

Bahan solid yang tertahan oleh filter pertama-tama tertahan ulang oleh mekanisme adukan dan kemudian dialirkan kembali ke sungai. Pembersihan manual seharusnya mulai pada batas atas filter dan berlanjut dalam arah aliran untuk menghindari endapan yang menempel di kerikil. Kerikil filter intake harus dibersihkan secara lengkap kira-kira sekali setahun. Sebuah pompa beton datar disebelah filter seharusnya tersedia untuk mendeposit dan mencuci kerikil. Sistem "backwash" dengan sebuah dasar palsu dapat dipasang dalam filter intake dimana sejumlah besar air mentah (sekurang-kurangnya $10 \text{ l/s per m area filter}$ pada tekanan minimum ketinggian air 2m) tersedia dalam filter. Operasi filter dimulai

kembali dengan mengalirkan air prefilter ke dalam sungai, atau membuangnya sampai kembali bersih. Kemudian, air yang belum diolah dapat dialirkan kembali ke filter berikutnya dari rencana pengolahan.

- Filter dinamis juga merupakan filter permukaan, dibersihkan secara manual. Prosedur pembersihan mirip dengan filter intake. Bagaimanapun filter dinamik harus dibersihkan setelah setiap turbiditas air mentah yang tinggi bahkan atau ketika resistensi filter secara gradual meningkat sepanjang periode lama tanpa puncak turbiditas. Membersihkan filter dinamik mudah karena area filter yang relatif kecil sebagai akibat dari penetapan angka filtrasi yang tinggi.
- Filter kasar terutama dibersihkan secara hidrolis tetapi jika perlu bisa juga secara manual. Pembersihan teratur media filter penting untuk operasi filter yang baik. Berlawanan dengan operasi filter dibawah aliran laminar. Pembersihan filter hidrolis dilaksanakan dibawah kondisi aliran turbulen. Air yang tertampung dalam filter dialirkan keluar dari kompartemen filter pada kecepatan drainase tinggi. Agar tak kehilangan terlalu banyak air limbah yang tertampung dalam filter, katup atau pintu harus dibuka dengan cepat. Drainase kejutan diterima oleh pembukaan dan penutupan katup yang cepat dihubungkan ke sistem underdrain dari filter. Mulai dan pemberhentian proses drainase akan menginduksi kondisi aliran yang tidak stabil yang akan melepaskan dan memecah deposit solid keluar filter. Bagaimanapun konsentrasi tinggi tersebut menurun cepat dengan waktu drainase

progresif dan siklus drainase tambahan. Konsentrasi solid yang mengendap dalam air limbah menunjukkan peningkatan pada akhir drainase filter ketika deposit lumpur yang tetap ada yang terakumulasi pada lantai di cuci. Pada filter kasar aliran vertikal, setiap kompartemen filter dapat di drain secara terpisah. Sehingga dapat membersihkan kompartemen filter spesifik secara individual atau bagian filter jika dasar filter palsu dibagi menjadi segmen-segmen. Backwashing filter konvensional seperti yang diterapkan dalam filtrasi pasir cepat tidak mungkin karena lapisan filter dari filter kasar tidak dapat di fluidised. Volume air limbah yang besar tersedia dalam filter kasar aliran horizontal, sejak kompartemen filter yang berbeda dipisahkan oleh dinding berlubang, sehingga air yang tersimpan dalam filter dapat dialirkan dalam pipa drainase terbuka. Oleh sebab itu volume air limbah yang dapat dipertimbangkan tersedia untuk membilas lumpur yang terakumulasi di sekitar pipa drainase diluar filter. Bagaimanapun, kecuali semua pipa drainase terbuka secara simultan, kecepatan drainase vertikal yang luas/besar diperlukan untuk membilas deposit yang terakumulasi dalam lapisan dasar filter lebih sulit untuk didapat. Pada situasi seperti itu, pembuangan air limbah yang tinggi dapat menciptakan suatu masalah pembuangan. Pada filter kasar aliran horizontal sangat penting untuk memulai prosedur pembersihan pada sisi dalam karena kebanyakan solid ditahan dalam bagian filter ini. Suatu drainase yang bersemangat pada awalnya pada bagian belakang

filter akan mencuci gumpalan bahan solid pada titik drainase tersebut dan meningkatkan resiko tersumbatnya bagian filter yang halus.

Efisiensi pembersihan hidrolis dapat diukur dengan perbandingan headloss sebelum dan sesudah filter drainase untuk tujuan ini, pengukuran bagian dalam dan luar filter harus dilakukan dibawah kondisi operasional yang sama, contohnya dengan angka filtrasi yang mirip sebelum dan sesudah pembersihan filter. Pembersihan manual diperlukan bila resistensi filter inisial mulai meningkat dan tak ada regensi filter terlihat setelah pembersihan hidrolis. Pembuangan selang plastik transparan, digunakan sebagai plezometer dan diproses pada dinding luar kotak filter pada akhir setiap fraksi filter, dapat berguna untuk kontrol headloss tambahan. Data headloss direkam pada titik ini, digunakan untuk menentukan efisiensi regenerasi dan mendeteksi penyumbatan prematur fraksi kerikil individual. Rekaman yang hati-hati dari meja air penting karena perbedaan besar antara lapisan-lapisan filter lanjutan yang tebalnya hanya beberapa mm atau cm. Bila level air mencapai puncak filter aliran kasar horizontal, resistensi filter menjadi kriteria yang menentukan untuk pembersihan manual. Permukaan air bebas pada bagian atas filter tersebut seharusnya tidak pernah ditoleransi karena efisiensi filter menurun secara dramatis karena aliran air yang singkat atau pendek.

2.6.7 Pemeliharaan filter

Insident utama seringkali merupakan hasil dari sebab-sebab minor. Pernyataan tersebut juga menerapkan pemeliharaan filter kasar. Pemeliharaan filter

tidak benar-benar dibutuhkan karena prefilter tidak termasuk beberapa bagian mekanis tersendiri dari katup. Sekalipun diminta, pemeliharaan seharusnya ditujukan pada pemeliharaan rencana pada kondisi yang baik dari awal. Bantuan eksternal (dari luar) untuk kerja pemeliharaan biasanya dihindari bila kerja lanjutan dilaksanakan dengan baik oleh pekerja lokal :

- pemeliharaan periodik dari tanaman pengolahan (pemotongan rumput, penghapusan pohon, dan semak-semak besar yang dapat mengganggu struktur oleh akar-akarnya dibuang atau hilang).
- proteksi tanah terhadap erosi (khususnya struktur intake air permukaan, saluran drainase air limbah dan run off permukaan).
- memperbaiki keretakan dinding dari struktur yang berbeda dan penggantian plaster shipped
- pemakaian agen anti karat pada bagian logam yang terpapar (bendungan v-Notch, penyangga pipa)
- pemeriksaan katup-katup berbeda dan sistem drainase, dan kadang-kadang melumasi bagian yang bergerak
- menyiangi material filter
- mengambil busa material terapung dari meja air bebas
- mencuci material kasar yang terbentuk (distribusi dan kotak inlet)
- mengontrol dan mengganti bagian yang tak sempurna (alat-alat dan peralatan uji).

Istilah-istilah periodik tak hanya mengacu pada titik awal pada checklist tapi pada semua bagian. Pemeliharaan lebih baik dari tanaman pengolah menjamin pemakaian instalasi jangka panjang yang memakan biaya rendah.

2.7 Parameter-parameter Penelitian

Parameter-parameter yang diteliti dalam penelitian ini antara lain :

2.7.1 COD (Chemical Oxygen Demand)

Adalah jumlah (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada di dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (oxidizing agent). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air (Alaerts, 1984)

COD ialah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat didalam secara sempurna. Prinsip kerjanya adalah dengan mengambil contoh air dan kemudian ditambahkan dengan larutan oksidator ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) yang akan mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat didalam air limbah domestik, kelebihan zat oksidator ini diukur kembali selisih barganya adalah yang terpakai untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat didalam air limbah domestik.

COD adalah banyaknya oksigen ppm atau mg/L yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan bahan-bahan organik yang ada didalam air

limbah domestik. COD ialah sejumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan-bahan yang teroksidasi oleh senyawa oksidator, nilai COD merupakan suatu bilangan yang dapat menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi CO_2 dalam air dengan perantara oksida kuat dalam suasana asam.

Pengukuran nilai COD sangat penting hal ini dikarenakan nilai COD dapat menunjukkan sifat kekerasan air limbah. Uji coba kebutuhan oksigen kimiawi (COD) juga digunakan secara luas sebagai suatu ukuran kekuatan pencemaran dari limbah domestik maupun sampah industri.

2.7.2 pH atau konsentrasi Hidrogen-ion

Derajat keasaman (pH) air buangan adalah tingkat keasaman atau kebebasan suatu cairan, dalam hal ini adalah air buangan domestik, yang menunjukkan ion hidrogen dalam tiap mol setiap liter air buangan pada temperatur tertentu baku nilai pH yang diperbolehkan untuk limbah cair minimal 6 hingga 9. derajat keasaman merupakan parameter penting dalam air buangan untuk kehidupan perairan, tanaman maupun kesehatan manusia dan industri. Dengan bertambahnya asam dalam suatu larutan akan menurunkan pH, sebaliknya penambahan basa akan meningkatkan besarnya pH. Suatu cairan apabila dianggap asam bila besarnya parameter pH antara 0-7 sedangkan disebut basa jika parameter pH antara 7-14 (Aleart, 1987).

2.7.3 Jumlah Bakteri E. Coli

Hampir disetiap badan air, dalam tanah, pada tumbuh-tumbuhan, kulit manusia dan hewan, serta dalam sistem pencernaan manusia dan hewan berdarah panas, terdapat jenis-jenis bakteri tertentu. Ada ribuan jenis bakteri dan setiap jenis mempunyai sifat-sifat sendiri. Sebagian besar dari jenis bakteri tersebut tidak berbahaya bagi manusia, bahkan ada yang sempat bermanfaat bagi kehidupan manusia seperti bakteri pencernaan dan adapula yang mempunyai peranan penting dalam lingkungan hidup kita.

Berbagai organisme baik yang patogen maupun tidak, dapat berada di perairan. Organisme patogen termasuk bakteri, protozoa, cacing, virus dan kesemuanya dapat menyebabkan berbagai macam penyakit seperti halnya disentri, kolera, hepatitis, thypus, dan saluran pencernaan. Sumber utama organisme patogen berasal dari kotoran penderita dan kotoran hewan yang dibuang melalui air limbah rumah tangga atau peternakan. Diantara organisme patogen banyak yang bertahan di perairan sampai waktu lama. Organisme patogen di perairan merupakan indikasi adanya pencemaran air. Bakteri-bakteri patogen ada bermacam-macam dan konsentrasinya rendah, hal ini menyebabkan bakteri-bakteri tersebut sulit dideteksi. Maka pengukurannya menggunakan bakteri coli sebagai indikator organisme.

Bakteri coli adalah organisme yang biasa hidup di dalam pencernaan manusia atau hewan yang berdarah panas. Bakteri coli dipakai sebagai indikator organisme karena mudah ditemukan dengan cara yang sederhana (mudah dideteksi), tidak berbahaya, dan sulit hidup lebih lama dari pada patogen yang

lainnya. Ditemukannya bakteri-coli tidak berarti adanya patogen di dalam air, tetapi hanya kemungkinan ada organisme patogen di dalam air (Sutrisno, 1987).

Organisme-organisme tersebut tumbuh dalam suasana yang cocok bagi dirinya yaitu usus manusia dan hewan berdarah panas. Namun bila tinja seseorang yang sakit mengandung bakteri tersebut masuk ke badan air, maka bakteri-bakteri tersebut tetap hidup selama beberapa hari sebelum mati. Bila air tersebut diminum oleh manusia maka bakteri patogen masuk sekali lagi ke dalam usus manusia dan akan berkembang biak sehingga dapat menyebabkan penyakit. Jadi air disini berfungsi sebagai pembawa penyakit.

Mikroorganisme tersebut dapat berupa bakteri, virus, protozoa, ataupun cacing-cacing parasit. *Coliform bacteria* yang dikenal sebagai *Escherichia coli* dan *fecal streptococci (enterococci)* yang sering terdapat pada hewan-hewan berdarah panas dalam jumlah besar rata-rata sekitar 50 juta per gram tinjanya.

2.8 Hipotesa

Bahwa penggunaan reaktor anaerobik Roughing Filter aliran horizontal dengan panjang 3 kompartemen dan media gravel yang berbeda ukuran :

1. Dapat menurunkan konsentrasi COD dalam limbah Domestik.
2. Dapat menurunkan jumlah bakteri E. Coli pada air limbah domestik

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3.2 Obyek Penelitian

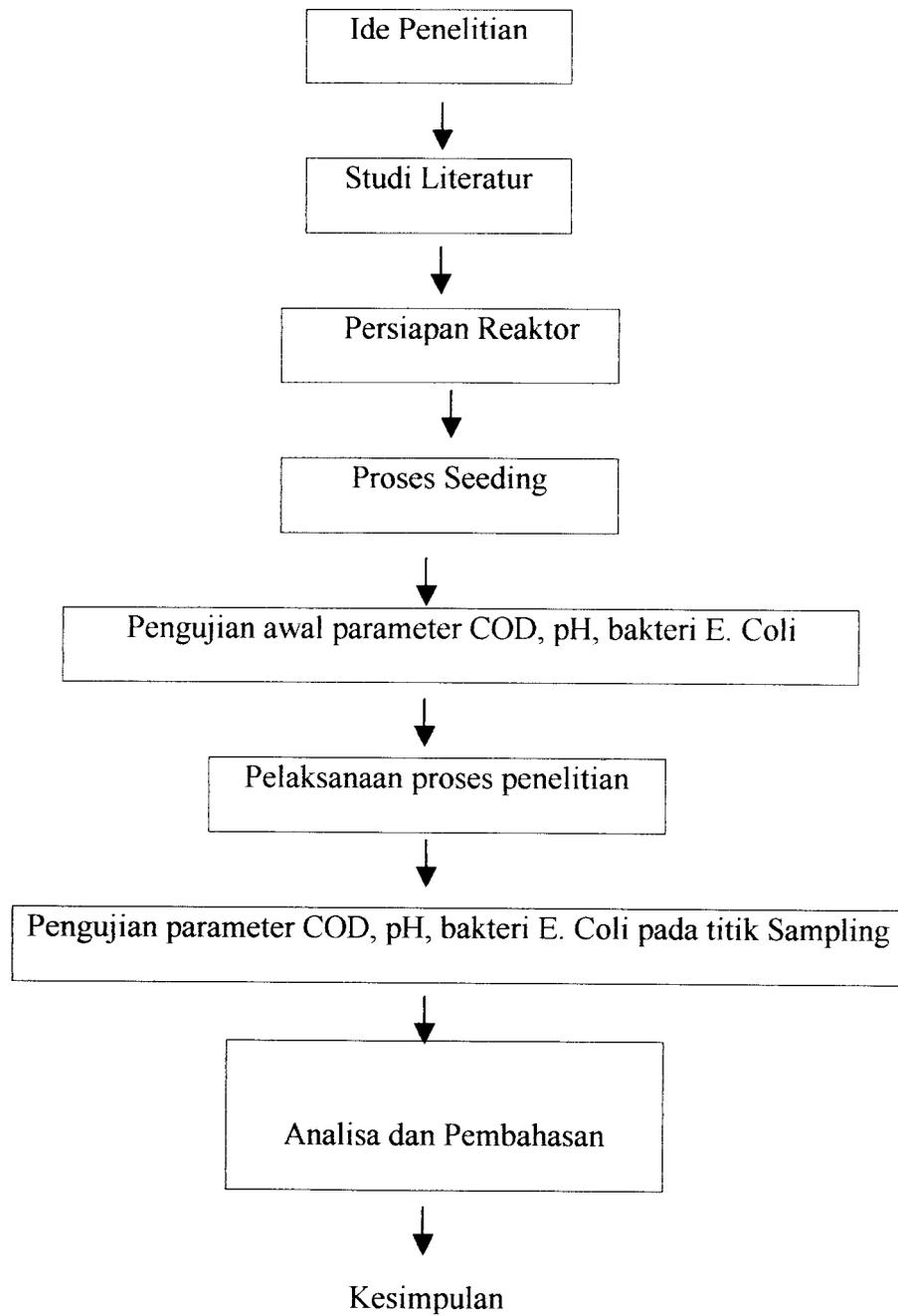
Obyek penelitian adalah limbah yang berasal dari IPAL Sewon, Banguntapan Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

3.3. Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk ke dalam penelitian eksperimen yang dilaksanakan dalam skala laboratorium.

3.4 Kerangka Penelitian

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



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.5 Parameter dan Variabel Penelitian

3.5.1. Parameter Penelitian dan Metode uji

Tabel 3.1 Parameter Penelitian dan Metode Uji

No	Parameter	Satuan	Metode Uji
1.	COD	mg/l	SNI 60 – 1991 Metode Pengujian COD dlm air
2.	pH		Standard Methods for Examination of water & wastewater, 18 th , 1992, Annual Book of ASTM Standard Vol II.02. D 1293-84

3.5.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Variabel pengaruh yaitu perbedaan panjang tiap kompartemen pengambilan sampel.
2. Variabel terpengaruh yaitu kualitas parameter COD, bakteri E. Coli dan pH dalam air limbah domestik IPAL Sewon, Banguntapan, Bantul.

3.6 CARA PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan dalam penelitian, yaitu:

3.6.1 Persiapan Alat

- ❖ Peralatan yang berupa reaktor Roughing Filter yang terdiri dari bak pengendap, kompartemen kesatu berisi media gravel berukuran 20 - 15 mm dengan panjang 30 cm, kompartemen kedua berisi media gravel berukuran 14 -10 mm dengan panjang 20 cm, dan kompartemen ketiga berisi media gravel berukuran 9 - 5 mm dengan panjang 10 cm.
- ❖ Merangkai reaktor roughing filter dengan reservoir, bak pengumpul, ember terisi air yang dihubungkan dengan selang dari pipa pengumpul gas (untuk mengetahui ada tidak kegiatan degradasi oleh bakteri), stop kran dan alat pendukung lainnya.

3.6.2 Proses Seeding

- ❖ Sebelum dilakukan proses pengolahan air limbah domestik, terlebih dahulu diadakan seeding untuk mendapatkan lapisan film biologis pada media pertumbuhan yaitu gravel.
- ❖ Sebelum seeding dilakukan, pH air limbah dinetralkan terlebih dahulu. Dalam proses ini, limbah diencerkan 50% dengan air biasa sehingga perbandingan air limbah : air biasa adalah 1:1.
- ❖ Proses ini dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah domestik yang berasal dari Sewon, Bantul, selama 6 hari atau sampai adanya gelembung udara pada penangkap udara.

- ❖ Pada proses ini agar bakteri dapat segera tumbuh, dalam air limbah ditambahkan susu dan pupuk urea.
- ❖ Setelah ada gelembung udara pada penangkap gas (kurang lebih 6 hari), dilakukan proses aklimasi selama 16 hari. Konsentrasi limbah 50% diganti menjadi 100%.
- ❖ Dalam proses ini, dilakukan pemeriksaan awal untuk parameter COD, pH, dan bakteri E.Coli.

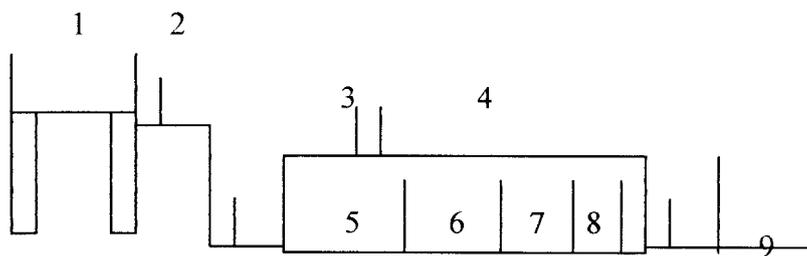
3.6.3 Proses Sampling

- ❖ Proses ini dilakukan setelah konsentrasi limbah 50 % diganti menjadi 100 %.
- ❖ Dalam proses ini, dilakukan pemeriksaan awal untuk parameter COD, bakteri E. Coli, dan pH. Kemudian selama 16 hari setiap 2 hari sekali dilakukan sampling dan pemeriksaan parameter COD dan pH, dan setiap 4 hari sekali dilakukan sampling dan pemeriksaan bakteri E. Coli.

3.6.4 Prosedur Penelitian

- ❖ Air limbah domestik yang berasal dari Sewon, Bantul, dimasukkan kedalam bak netralisasi yang berfungsi sebagai bak penampung. Pada bak penampung, pH air limbah diatur sesuai pH pada proses Anaerobik yaitu berkisar antara 6,5 – 7,5.
- ❖ Memeriksa kadar awal COD, pH, dan bakteri E.Coli. yang terkandung dalam air limbah yang akan dialirkan.

- ❖ Mengisi reservoar dengan air limbah yang sudah diatur pHnya.
- ❖ Mengalirkan air limbah kedalam reaktor yaitu dengan debit sebesar 23 l/jam.
- ❖ Mengambil sampel air untuk diperiksa kadar dari parameter COD, pH, dan bakteri E.Coli. yaitu pada kompartemen kedua, pada kompartemen ketiga dan kompartemen keempat.



Gambar 3.2 Reaktor penelitian

Keterangan:

- | | |
|----------------------------|---------------------|
| 1. Reservoar | 6. Titik Sampling 1 |
| 2. Kran pengatur debit | 7. Titik Sampling 2 |
| 3. Pipa Vent | 8. Titik Sampling 3 |
| 4. Reaktor Roughing Filter | 9. Bak Penampung |
| 5. Bak Pengendapan | |

3.6.5 Pemeriksaan Hasil Penelitian

Dilakukan pemeriksaan parameter COD, pH, dan bakteri E.Coli sesuai dengan ketentuan SNI edisi 1991 dari Bidang Pekerjaan Umum tentang Kualitas Air dan Standar Methods for Examination of Water & Wastewater.

3.7 Analisa Data

Analisa data untuk penentuan kualitas air dengan membandingkan antara konsentrasi awal dan akhir dari parameter penelitian setelah menjalankan reaktor dengan menggunakan persamaan *overall efficiency* yaitu:

$$\eta = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100 \%$$

Dimana:

η = Overall Efficiency (%)

C_o = Konsentrasi Awal (mg/l)

C_e = Konsentrasi akhir (mg/l)

BAB IV

HASIL PENELITIAN, ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pembahasan dan hasil penelitian yang akan dibahas berikut adalah pembahasan dan hasil penelitian dari parameter COD, nilai pH, dan pengukuran jumlah bakteri E. Coli.

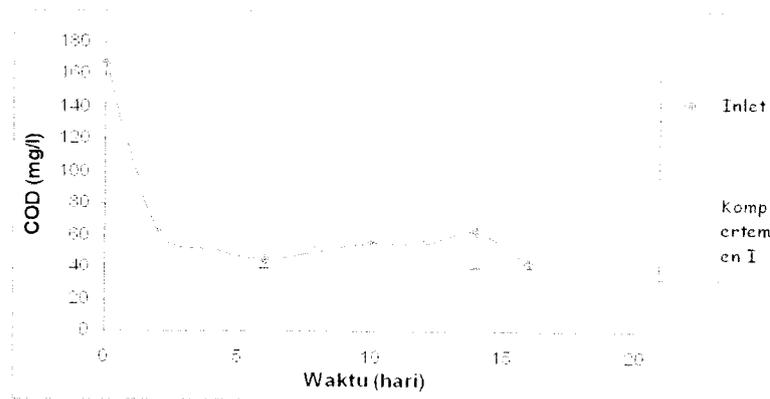
4.1.1 Pengukuran Konsentrasi COD

Pengukuran parameter COD dilakukan setiap 2 hari sekali. Titik sampling yang diukur yaitu inlet, kompartemen 1, kompartemen 2, kompartemen 3, dan outlet. Berikut adalah hasil pengukuran konsentrasi parameter COD dan grafik penurunan konsentrasi COD di dalam reaktor anaerobik Roughing Filter yang berbeda panjang kompartemennya.

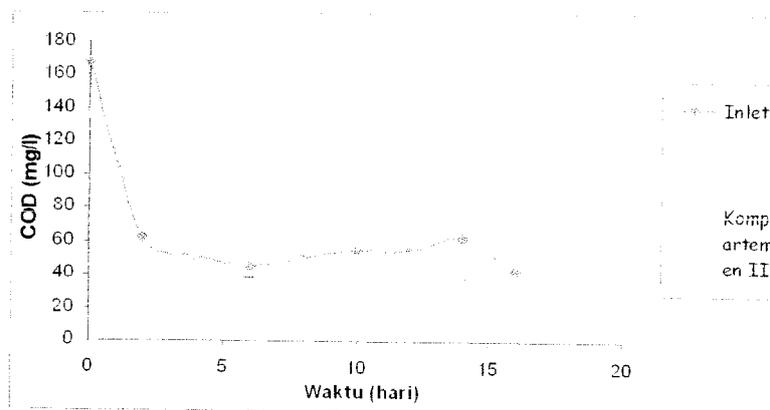
Tabel 4.1 Data rata-rata konsentrasi COD

No	Hari ke	Inlet (mg/L)	Kompartemen I (mg/L)	Kompartemen II (mg/L)	Kompartemen III (mg/L)	Outlet (mg/L)
1	0	167.2	144.8	136	124.8	108
2	2	63.2	58.4	55.2	50.4	48.8
3	4	51.6	50.8	50	43.2	43.2
4	6	44.8	38.4	36.8	36.4	34.4
5	8	50.4	50.4	47.2	45.6	44.8
6	10	55.2	51.2	49.6	44.4	36.8
7	12	54.4	53.2	51.2	46.8	31.2
8	14	62.4	38.4	36	32.4	30.8
9	16	43.6	37.2	32.4	30.8	29.2
		65.87				45.24

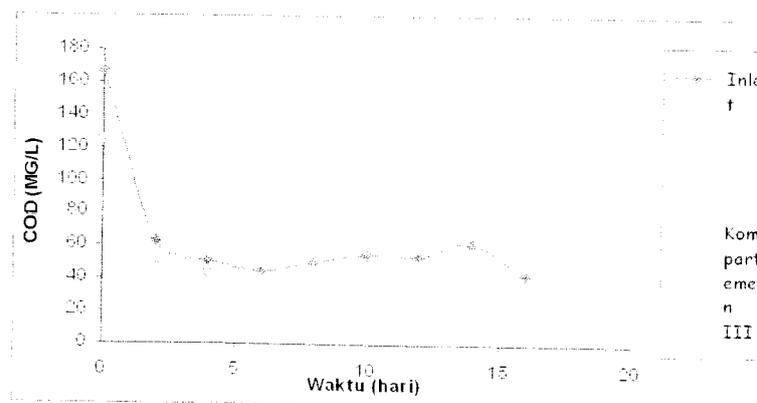
$$\text{Efisiensi rata-rata COD} = \frac{65.87 - 45.24}{65.87} \times 100\% = 31.32\%$$



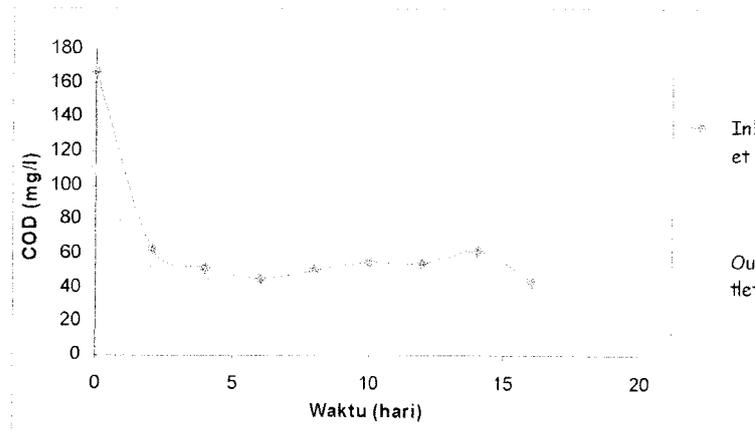
Gambar 4.1 Grafik konsentrasi COD Inlet-Kompartemen I



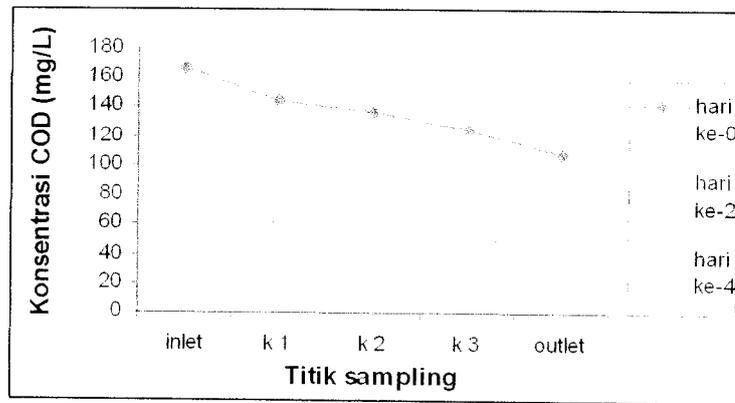
Gambar 4.2 Grafik konsentrasi COD Inlet-Kompartemen 2



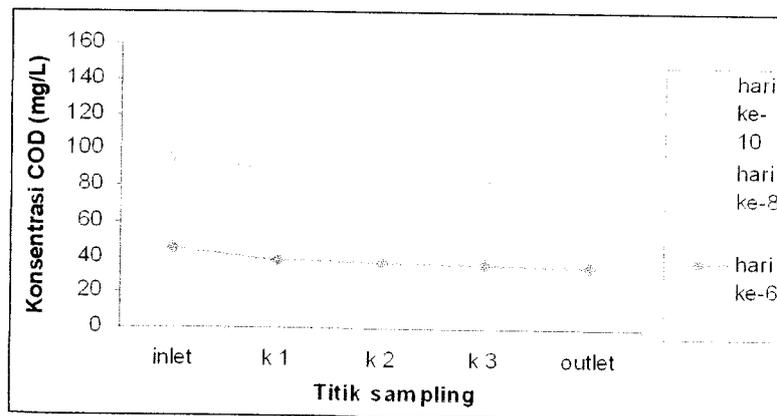
Gambar 4.3 Grafik konsentrasi COD Inlet-Kompartemen 3



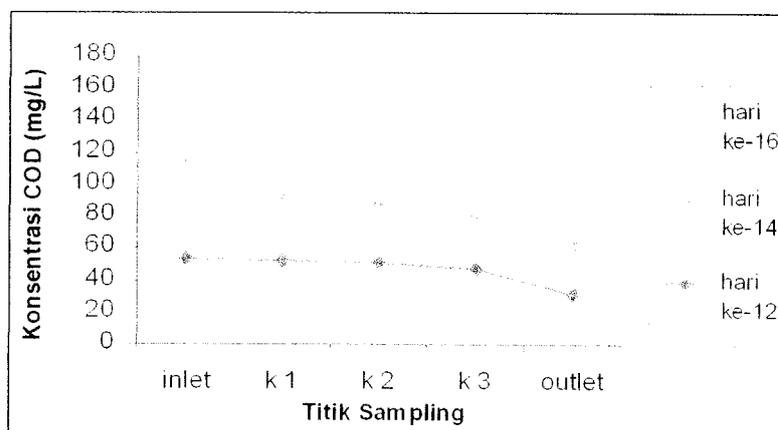
Gambar 4.4 Grafik konsentrasi COD Inlet-Outlet



Gambar 4.5 Grafik konsentrasi COD hari ke-0, 2, dan 4



Gambar 4.6 Grafik konsentrasi COD hari ke-6, 8, dan 10



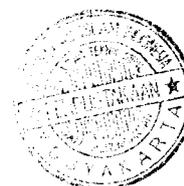
Gambar 4.7 Grafik konsentrasi COD hari ke-12, 14, dan 16

4.1.2 Analisa Konsentrasi COD

Dari data hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan penurunan konsentrasi COD pada setiap harinya. Pada pengujian parameter COD dapat terlihat perbedaan penurunan yang tidak signifikan, hal ini juga dibuktikan dengan uji data menggunakan Anova satu jalur (dapat dilihat pada lampiran). Dimana grafik menunjukkan adanya penurunan COD dari hari ke-0 sampai hari ke-16 menunjukkan konsentrasi yang cenderung turun. Rata-rata penurunan konsentrasi COD pada titik Inlet sebesar 65.87 mg/L dan untuk titik outlet sebesar 45.24 mg/L. Efisiensi rata-rata penurunan konsentrasi COD sebesar 31.32 %.

Hasil uji data secara Anova satu jalur untuk konsentrasi COD adalah :

1. Untuk perhitungan penurunan konsentrasi COD antara inlet dan kompartemen 1, diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.90 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.



2. Untuk perhitungan penurunan konsentrasi COD antara inlet dan kompartemen 2, diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.43 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.
3. Untuk perhitungan penurunan konsentrasi COD antara inlet dan kompartemen 3, diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.91 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.
4. Untuk perhitungan penurunan konsentrasi COD antara inlet dan outlet, diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $1.83 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

4.1.3 Pembahasan Konsentrasi COD

Pada pengujian parameter COD menggunakan reaktor anaerobik Roughing Filter, sebelumnya dilakukan proses pembibitan terlebih dahulu selama ± 1 minggu dengan proses anaerobik. Proses pembibitan dilakukan supaya terjadi pertumbuhan mikroorganisme (lapisan biofilm) pada media gravel yang ada pada tiap kompartemen. Proses pembibitan yang dilakukan ± 1 minggu tersebut dengan penambahan susu dan pupuk urea dengan tujuan memberi nutrisi yang akan digunakan mikroorganisme untuk mempercepat pertumbuhannya. Pembibitan dilakukan menggunakan limbah domestik IPAL Sewon yang diambil setelah unit pengolahan Grit Chamber. Pembibitan dilakukan dengan mengencerkan air limbah domestik dengan air biasa perbandingan 1:1. Proses pembibitan dilakukan selama ± 1 minggu kemudian air limbah domestic yang telah diencerkan diganti dengan air limbah domestik yang baru tanpa dilakukannya pengenceran lagi,

setelah diganti limbah tersebut dialirkan beberapa saat kemudian baru dilakukan pengujian terhadap parameter COD, pH, dan bakteri E. Coli.

Konsentrasi COD pada reactor anaerobic ini mengalami kecenderungan penurunan konsentrasi walaupun penurunan tersebut tidak terlalu besar karena reactor yang seharusnya mencapai suasana anaerobik kemungkinan belum sepenuhnya mencapai suasana anaerobik sehingga mempengaruhi proses pertumbuhan mikroorganisme pengurai bahan organik dalam air limbah dan mempengaruhi kinerja mikroorganisme dalam mengurai bahan organik di dalam air limbah.

Proses anaerob pada hakikatnya adalah proses yang terjadi karena aktivitas mikroba dilakukan pada saat tidak terdapat oksigen bebas. Analognya, proses ini meniru mekanisme proses yang terjadi pada binatang yaitu proses pencernaan secara anaerobik. Hasil dari proses fermentasi ini adalah gas Metana (CH_4) (Rahayu, 1993).

Pada prinsipnya proses yang terjadi adalah mengubah bahan organik dalam air limbah menjadi Metana dan Karbonmonoksida tanpa oksigen. Selama proses operasi udara tidak boleh masuk. Masuknya udara akan mempercepat produksi asam organik, menambah Karbondioksida tapi mengurangi Metana. Zat Metana tidak dapat menarik oksigen (Gintings, 1992). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Alaerts, 1984).

Kecenderungan penurunan konsentrasi COD bisa dikarenakan COD yang merupakan bahan organik yang terdiri dari bahan organik soluble dan non soluble. Bahan organik non soluble kemungkinan tersaring pada media gravel yang ada pada tiap kompartemen reaktor sehingga menyebabkan nilai konsentrasi COD mengalami kecenderungan penurunan, efisiensi penurunan konsentrasi COD hanya sebesar 31.32 % saja.

4.2 Hasil Penelitian dan Pembahasan Jumlah Bakteri E. Coli

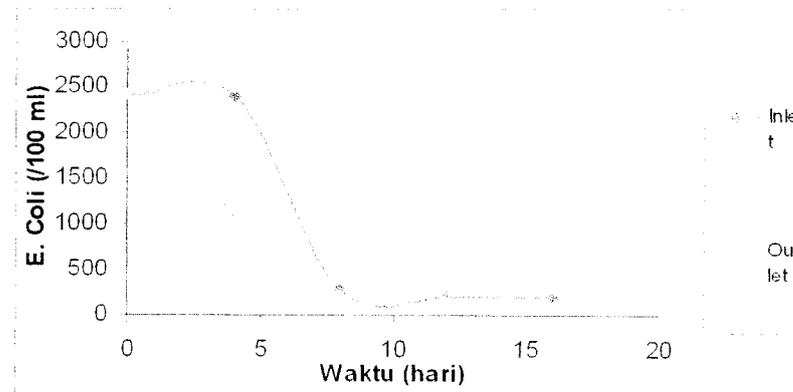
4.2.1 Pengujian Jumlah Bakteri E. Coli

Pengukuran jumlah bakteri E. Coli dilakukan setiap 4 hari sekali. Titik sampling yang diukur yaitu inlet dan outlet. Berikut adalah hasil pengukuran jumlah bakteri E. Coli dan grafik penurunan jumlah bakteri E. Coli didalam reaktor anaerobik Roughing Filter yang berbeda panjang kompartemennya.

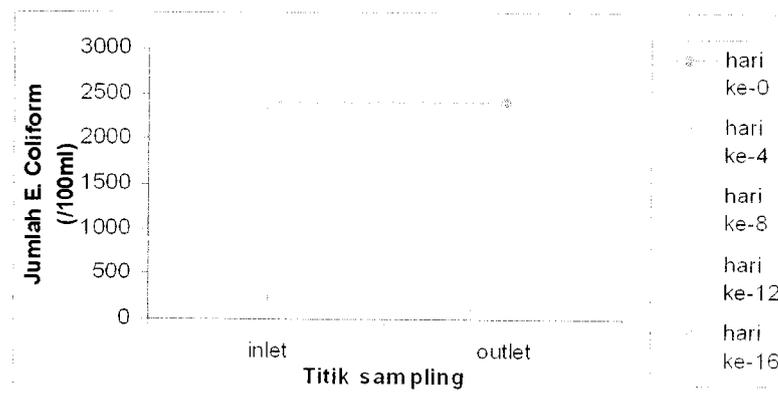
Tabel 4.2 Data jumlah bakteri E. Coli

No	Hari ke	Inlet (/100 ml)	Outlet (/100 ml)
1	0	240000	240000
2	4	240000	110000
3	8	29000	21000
4	12	21000	15000
5	16	21000	9300
		110200	79060

$$\text{Efisiensi Rata-rata} = \frac{110200 - 79060}{110200} \times 100\% = 28.25 \%$$



Gambar 4.8 Grafik penurunan jumlah bakteri E.Coli



Gambar 4.9 Grafik penurunan jumlah bakteri E.Coli

4.2.2 Analisa Jumlah Bakteri E. Coli

Dari hasil penelitian, diperoleh penurunan jumlah bakteri E. Coli yang terjadi pada titik inlet dan outlet. Penuruna rata-rata yang terjadi pada titik inlet sebesar 110200/100 ml dan pada titik outlet sebesar 79060/100 ml. Efisiensi

penurunan bakteri E. Coli sebesar 28.25 %. Hasil uji data menggunakan Anova satu jalur, yaitu untuk perhitungan penurunan jumlah bakteri E.Coli antara inlet dan outlet, diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.198 < 5.32$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

4.2.3 Pembahasan Jumlah Bakteri E. Coli

Pengujian bakteri E. Coli dilakukan setiap 4 hari sekali dengan mengambil titik sampling pada inlet dan outlet saja. Dan pengujian E. Coli di laboratorium dilakukan pengenceran sebanyak 100 kali.

Hasil pengujian menunjukkan jumlah E. Coli dari hari ke-0 sampai hari ke-16 mengalami penurunan jumlah. Bakteri E. Coli mempunyai sifat memproduksi Indol dari Triptofan, membentuk asam sehingga menurunkan pH medium menjadi 4,5 tidak memproduksi Asetil Metil Karbinol atau Asetoin dari Glukose, dan tidak dapat menggunakan Sitrat sebagai satu-satunya karbon (Fardiaz, 1992). Bakteri E. Coli sebenarnya bakteri fakultatif dan bisa hidup pada pH berapapun tetapi dalam suatu kondisi tertentu bakteri E. Coli dapat merubah suasana pH menjadi sampai 4,5. Dan kehidupan bakteri E. Coli juga tergantung dari makanan yang di dapatnya.

Didalam reaktor anaerobik Roughing Filter ini terjadi pH 7 – 8 sehingga bakteri E. Coli sebenarnya bisa bertahan lama hidup dan berkembang biak, tetapi pada reaktor ini jumlahnya semakin menurun karena bakteri E. Coli yang ada pada air limbah domestik kemungkinan tersangkut dan tersaring pada media

gravel rektor anaerobik Roughing Filter sehingga mengurangi jumlah bakteri tersebut setiap harinya.

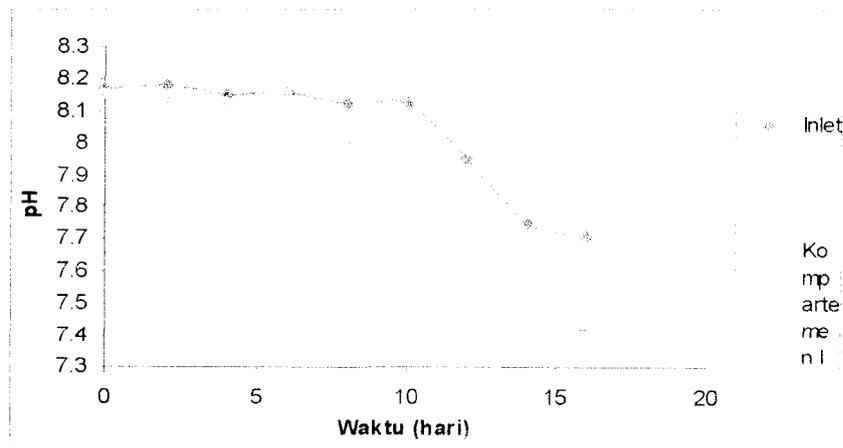
4.3 Hasil Penelitian dan Pembahasan pH

4.3.1 Hasil pengukuran pH

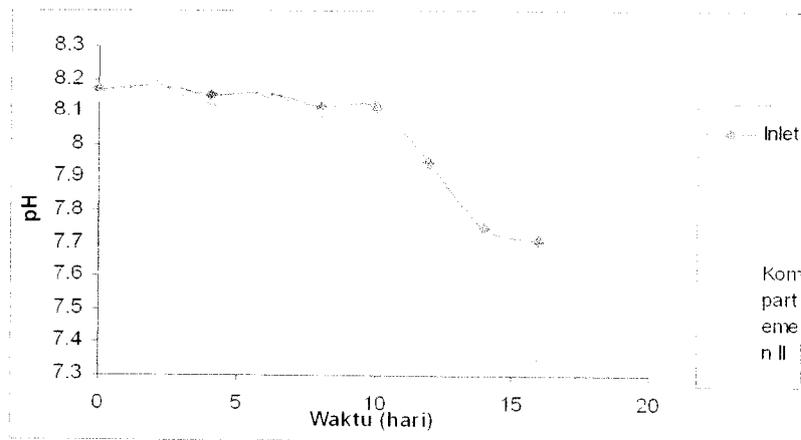
Pengukuran pH dilakukan setiap 2 hari sekali. Titik sampling yang diukur yaitu inlet, kompartemen 1, kompartemen 2, kompartemen 3, dan outlet. Berikut adalah hasil pengukuran pH dan grafik pengukuran pH di dalam reaktor anaerobik Roughing Filter yang berbeda panjang kompartemennya.

Tabel 4.3 Data pengukuran pH

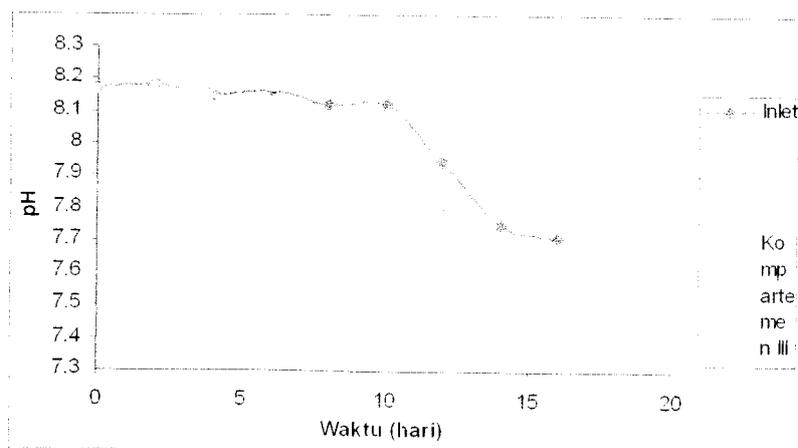
No	Hari ke	Inlet	Kompartemen I	Kompartemen II	Kompartemen III	Outlet
1	0	8.17	8.15	8.14	8.16	8.16
2	2	8.18	8.13	8.18	8.17	8.15
3	4	8.15	8.12	8.12	8.15	8.14
4	6	8.16	8.15	8.15	8.17	8.13
5	8	8.12	8.01	8.09	8.16	8
6	10	8.12	7.97	8	8.09	7.89
7	12	7.96	7.87	7.79	7.8	7.95
8	14	7.84	7.66	7.58	7.62	7.75
9	16	7.71	7.43	7.35	7.37	7.71



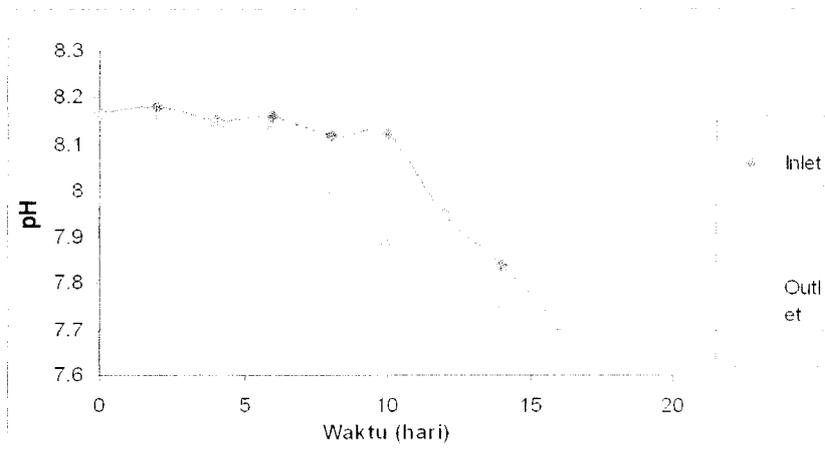
Gambar 4.10 Grafik pengukuran nilai pH inlet - kompartemen I



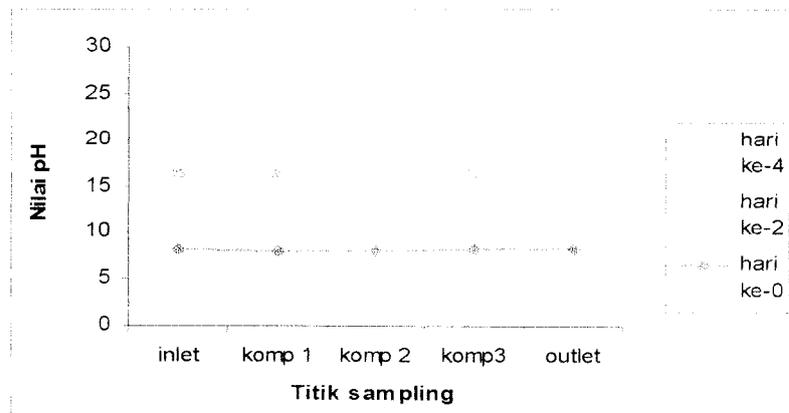
Gambar 4.11 Grafik pengukuran nilai pH inlet - kompartemen 2



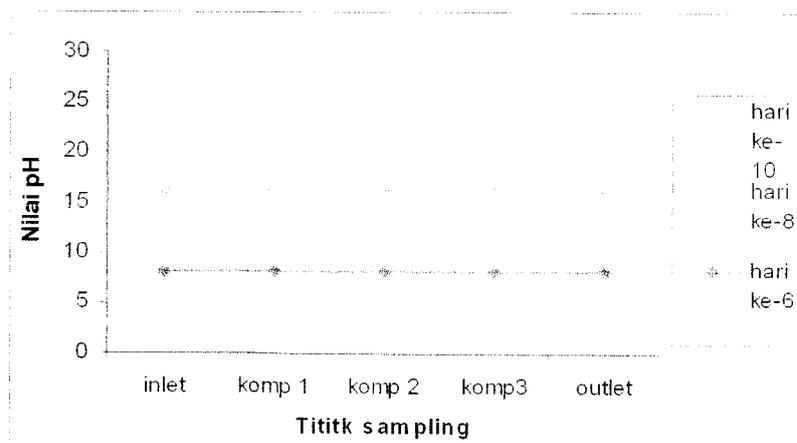
Gambar 4.12 Grafik pengukuran nilai pH inlet – kompartemen 3



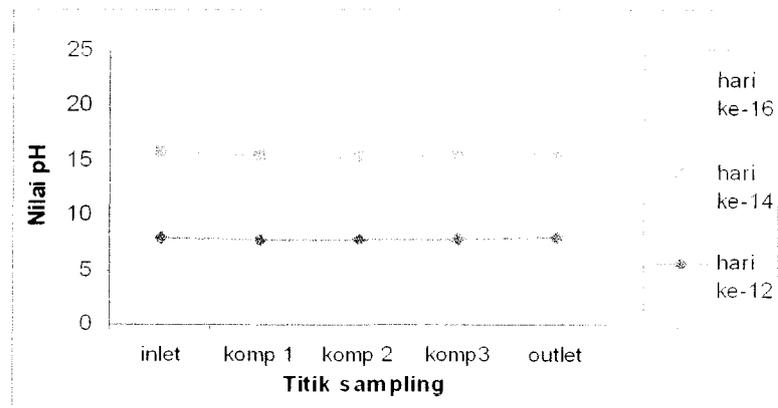
Gambar 4.13 Grafik pengukuran nilai pH inlet – outlet



Gambar 4.14 Grafik nilai pH hari ke-0, 2, dan 4



Gambar 4.15 Grafik nilai pH hari ke-6, 8, dan 10



Gambar 4.16 Grafik nilai pH hari ke- 12, 14, dan 16

4.3.2 Analisa Hasil Pengukuran pH

Dari hasil pengukuran didapat nilai pH yang berkisar antara 7,35 – 8,18. penurunan nilai pH pada reaktor anaerobik ini tidak mengalami penurunan yang signifikan, hal ini dapat dilihat pada uji data menggunakan Anova satu jalur

Sedangkan untuk hasil uji data secara Anova satu jalur adalah :

- 1 Untuk perhitungan penurunan nilai pH antara inlet dan kompartemen 1, diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.54 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.
- 2 Untuk perhitungan penurunan nilai pH antara inlet dan kompartemen 2, diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.74 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.
- 3 Untuk perhitungan penurunan nilai pH antara inlet dan kompartemen 3, diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.32 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

- 4 Untuk perhitungan penurunan nilai pH antara inlet dan outlet, diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.32 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

4.3.3 Pembahasan Pengukuran pH

Sebagai faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan atau kehidupan mikroorganisme dalam air, kebanyakan mikroorganisme tumbuh terbaik pada pH 6,0 – 8,0 (Sutrisno, 1987). Pengaruh dari perubahan pH terhadap system adalah sangat besar, oleh sebab itu perubahan pH yang terjadi harus dimonitor. Hal ini disebabkan karena antara lain pada system anaerobik, asam organik sudah akan terbentuk pada tahap pertama fermentasi. Bila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses pembentukannya maka dapat dimengerti bila konsentrasi asam organik dalam system akan meningkat dan mempengaruhi besarnya pH (Rahayu, 1993). Pengaturan keasaman sangat perlu sebab zat Metana sangat sensitif terhadap perubahan pH. Nilai pH diusahakan berkisar antara 6 dan 8 agar perkembangan organisme sangat pesat (Gintings, 1992)

Pada grafik pengujian pH dan efisiensinya tergambar penurunan pH yang tidak signifikan. Grafik menunjukkan pH berkisar antara 7,35 - 8,18. Untuk mempertahankan sistem dalam keadaan anaerobik, yang akan menstabilkan limbah organik secara oksigen, bakteri methanogenesis dan nonmethanogenesis harus dalam kesetimbangan dinamik. Untuk menciptakan kondisi demikian, reaktor semestinya tanpa oksigen terlarut dan sulfide. pH juga harus dijaga dalam

rentang 6,6 – 7,6 dan alkalinity harus cukup untuk menjamin bahwa pH tidak akan turun dibawah 6,2 (Marsono, 1990). Dengan demikian dapat dikatakan reaktor Roughing Filter ini belum mencapai kondisi anaerobik, yang dapat terlihat dari pH nya yang berkisar antara 7,35 - 8,18. Dengan kondisi pH tersebut dapat mengurangi kinerja bakteri anaerobik dalam menguraikan bahan organik dalam air limbah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan menganalisa hasil pengujian dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Konsentrasi COD pada reaktor anaerobik mengalami penurunan dan peningkatan. Konsentrasi COD yang naik turun ini dapat disebabkan reaktor belum sepenuhnya mencapai titik anaerobik. Rata-rata penurunan konsentrasi COD pada titik inlet sebesar 65.87 mg/L dan pada titik outlet sebesar 45.24 mg/L. Efisiensi rata-rata penurunan konsentrasi COD sebesar 31.32 %.
2. Jumlah bakteri E. Coli mengalami penurunan dari hari ke-0 sampai hari ke-16. Rata-rata penurunan E. Coli pada titik inlet sebesar 110200/100 ml dan pada titik outlet sebesar 79060/100 ml. Efisiensi rata-rata penurunan E. Coli sebesar 28.25 %.
3. Pengukuran nilai pH pada reaktor Roughing Filter diperoleh hasil nilai pH adalah sekitar 7,35 – 8,18. Tetapi untuk proses anaerobik pH seharusnya dicapai pada nilai 6,6 - 7,6 jadi dapat dikatakan reaktor Roughing Filter ini belum sepenuhnya mencapai kondisi anaerobik.
4. Penggunaan reaktor anaerobik Roughing Filter Horizontal Flow menggunakan 3 kompartemen yang berbeda ukuran panjangnya dan ukuran media yang berbeda belum cukup efektif dalam menurunkan

konsentrasi COD karena reaktor belum sepenuhnya mencapai kondisi anaerobik.

5.2 SARAN

Saran-saran untuk pengolahan air limbah domestik selanjutnya menggunakan reactor anaerobik roughing filter adalah :

1. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengukur temperatur atau suhu sampel serta mengukur kehadiran gas metana, mengingat kedua hal tersebut juga sangat mempengaruhi proses anaerob.
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan melakukan proses seeding antara 3 – 4 minggu dan dapat dipastikan reaktor dalam keadaan siap untuk proses runing.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G., Santika, S. S. 1984. **Metoda Penelitian Air**, Usaha Nasional, Surabaya.
- Anonim A, 1991. **Kumpulan SNI Kualitas Air**, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim B, 2005. **Alga Removal by Roughing Filter**, situs Google Com.
- Anonim C, 2005. **Roughing Filter**, situs Google Com.
- Anonim D, 2005. **Surface Water Treatment by Roughing Filter**, situs Google Com.
- Metcalf & Eddy, 2003. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse**, McGraw-Hill Companies, America.
- Fardiaz, S, 1992. **Polusi Air dan Udara**, Kanisius, Yogyakarta.
- GMM Ochieng, FAO Otieno, TPM Ogada, SM Shitote, and DM Menzwa, 2004, **Peroughing filterormance of multistage filtration using different filter media against conventional water treatment systems**, Water SA Vol. 30 No. 3 July 2004 361, Pretoria 0001, South Africa
- Gintings, P, 1992. **Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri**, Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- Jenie, B. S. L, 1993. **Penanganan Limbah Industri Pangan**, Kanisius, Yogyakarta.
- Kristanto, P, 2002. **Ekologi Industri**, Andi, Yogyakarta.
- Mahida, U.N, 1984. **Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah industri**, Rajawali, Jakarta.
- Pranoto, I. S, 2002. **Proses Biokimia DEWATS**, LPTP-BORDA, Yogyakarta.
- Rittmann, B, 2001. **Environmental Biotechnology**, McGraw-Hill Companies, America.
- Slamet, J. S, 2002. **Kesehatan Lingkungan**, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

- Slamet, J. S, 2002. **Kesehatan Lingkungan**, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sudjana, 1989. **Metode Statistika**, Tarsito, Bandung.
- Sutrisno, T, 2002. **Teknologi Penyediaan Air Bersih**, Rineka Cipta, Jakarta
- Suriawiria Unus, 1993, **Mikrobiologi Air dan Dasar-dasar Pengolahan Secara Biologis**, Alumni, Bandung.
- Tjokrokusumo, 1995, **Konsep Teknologi Air Bersih**, Cetakan Pertama, Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan, Yogyakarta.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

**Hasil Uji Data Menggunakan
Anova Satu Jalur**

LAMPIRAN

1. Analisa data uji Anova satu jalur

1.1 Uji Anova Satu Jalur untuk uji COD

1.1.1 Uji Anova Satu Jalur untuk COD Bagian Inlet dan Kompartemen 1

Langkah 1. Membuat H_a dan H_0 dalam bentuk kalimat

H_a : Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

H_0 : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

Langkah 2. Membuat H_a dan H_0 model statistik

$H_a : A_1 \neq A_2$

$H_0 : A_1 = A_2$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

No	Inlet	Kompartemen I		
1	167.2	144.8		
2	63.2	58.4		
3	51.6	50.8		
4	44.8	38.4		
5	50.4	50.4		
6	55.2	51.2		
7	54.4	53.2		
8	62.4	38.4		
Statistik	9	43.6	37.2	Total (T)
n	9	9	18	
$\sum X$	592.8	522.8	1115.6	
$\sum X^2$	50960.96	39283.04	90244	
x	85.97	75.14	161.11	
$(\sum X)^2/n_{Ai}$	39045.76	30368.87	69414.63	

Langkah 4. Mencari Jumlah kuadrat antar group (JK_A) dengan rumus:

$$JK_A = \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\sum X_T)^2}{N}$$

$$= \left[\frac{(592.8)^2}{9} + \frac{(522.8)^2}{9} \right] - \left[\frac{(1115.6)^2}{18} \right]$$

$$= 272.23$$

Langkah 5. Mencari derajat kebebasan antar group (dk_A) dengan rumus:

$$Dk_A = A - 1 = 2 - 1 = 1$$

Langkah 6. Mencari kuadrat Rerata antar group (KR_A) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{272.23}{1} = 272.23$$

Langkah 7. Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JK_D) dengan rumus:

$$JK_D = \sum X_T^2 - \frac{\sum (\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 90244 - 69414.63 = 20829.37$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan dalam antar group (dk_D) dengan rumus:

$$dk_D = N - A = 18 - 2 = 16$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat rerata dalam antar group (KR_D) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = \frac{20829.37}{16} = 301.83$$

Langkah 10. Mencari nilai F_{hitung} dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{272.23}{301.83} = 0.90$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$ maka terima H_a artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

$$F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(dk_A, dk_D)}$$

$$= F_{(1-0.05)(1, 16)}$$

$$= F_{(0.95)(1, 16)}$$

$$= 4.94$$

Langkah 13. Membandingkan F_{hitung} dengan F_{tabel} :

Diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.90 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

1.1.2 Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 2

Langkah 1. Membuat H_a dan H_0 dalam bentuk kalimat

H_a : Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 2

H_0 : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 2

Langkah 2. Membuat H_a dan H_0 model statistik

H_a : $A_1 \neq A_2$

H_0 : $A_1 = A_2$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

No	Inlet	Kompartemen II	
1	167.2	136	
2	63.2	55.2	
3	51.6	50	
4	44.8	36.8	
5	50.4	47.2	
6	55.2	49.6	
7	54.4	51.2	
8	62.4	36	
Statistik	9	43.6	32.4
	Total (T)		
n	9	9	18
$\sum X$	592.8	494.4	1087.2
$\sum X^2$	50960.96	35052.48	86013.44
x	85.97	70.90	156.87
$(\sum X)^2/n_{Ai}$	39045.76	27159.04	66204.80

Langkah 4. Mencari Jumlah kuadrat antar group (JK_A) dengan rumus:

$$JK_A = \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\sum X_T)^2}{N}$$

$$= \left[\frac{(592.8)^2}{9} + \frac{(494.4)^2}{9} \right] - \left[\frac{(1087.2)^2}{18} \right]$$

$$= 66204.8 - 65666.88$$

$$= 537.92$$

Langkah 5. Mencari derajat kebebasan antar group (dk_A) dengan rumus:

$$Dk_A = A - 1 = 2 - 1 = 1$$

Langkah 6. Mencari kuadrat Rerata antar group (KR_A) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{537.92}{1} = 537.92$$

Langkah 7. Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JK_D) dengan rumus:

$$JK_D = \sum X_T^2 - \frac{\sum (\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 86013.44 - 66204.8 = 19808.64$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan dalam antar group (dk_D) dengan rumus:

$$dk_D = N - A = 18 - 2 = 16$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat rerata dalam antar group (KR_D) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = \frac{19808.64}{16} = 1238.04$$

Langkah 10. Mencari nilai F_{hitung} dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{537.92}{1238.04} = 0.43$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$ maka terima H_a artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

$$F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(dk_A, dk_D)}$$

$$= F_{(1-0.05)(1, 16)}$$

$$= F_{(0.95)(1, 16)}$$

$$= 4.94$$

Langkah 13. Membandingkan F_{hitung} dengan F_{tabel} :

Diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.43 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

1.1.3 Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 3

Langkah 1. Membuat H_a dan H_0 dalam bentuk kalimat

H_a : Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 3

H_0 : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 3

Langkah 2. Membuat H_a dan H_0 model statistik

H_a : $A_1 \neq A_2$

H_0 : $A_1 = A_2$

Langkah 3. Membuat table penolong untuk menghitung angka statistik

No	Inlet	Kompartemen III	
1	167.2	124.8	
2	63.2	50.4	
3	51.6	43.2	
4	44.8	36.4	
5	50.4	45.6	
6	55.2	44.4	
7	54.4	46.8	
8	62.4	32.4	
Statistik	9	30.8	Total (T)
n	9	9	18
$\sum X$	592.8	454.8	1047.6
$\sum X^2$	50960.96	29545.76	80506.72
x	85.97	64.96	150.93
$(\sum X)^2/n_{Ai}$	39045.76	22982.56	62028.32

Langkah 4. Mencari Jumlah kuadrat antar group (JK_A) dengan rumus:

$$JK_A = \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\sum X_T)^2}{N}$$
$$= \left[\frac{(592.8)^2}{9} + \frac{(454.8)^2}{9} \right] - \left[\frac{(1047.6)^2}{18} \right]$$
$$= 62028.32 - 60970.32 = 1058$$

Langkah 5. Mencari derajat kebebasan antar group (dk_A) dengan rumus:

$$Dk_A = A - 1 = 2 - 1 = 1$$

Langkah 6. Mencari kuadrat Rerata antar group (KR_A) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{1058}{1} = 1058$$

Langkah 7. Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JK_D) dengan rumus:

$$JK_D = \sum X_i^2 - \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 80506.72 - 62028.32 = 18478.4$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan dalam antar group (dk_D) dengan rumus:

$$dk_D = N - A = 18 - 2 = 16$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat rerata dalam antar group (KR_D) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = \frac{18478.4}{16} = 1154.9$$

Langkah 10. Mencari nilai F_{hitung} dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{1058}{1154.9} = 0.91$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$ maka terima H_a artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

$$\begin{aligned} F_{tabel} &= F_{(1-\alpha)(dk_A, dk_D)} \\ &= F_{(1-0.05)(1, 16)} \\ &= F_{(0.95)(1, 16)} \\ &= 4.94 \end{aligned}$$

Langkah 13. Membandingkan F_{hitung} dengan F_{tabel} :

Diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.91 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

1.1.4 Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Outlet

Langkah 1. Membuat H_a dan H_0 dalam bentuk kalimat

H_a : Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan outlet

H_0 : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan outlet

Langkah 2. Membuat H_a dan H_0 model statistik

H_a : $A_1 \neq A_2$

H_0 : $A_1 = A_2$

Langkah 3. Membuat table penolong untuk menghitung angka statistik

No	Inlet	Outlet	
1	167.2	108	
2	63.2	48.8	
3	51.6	43.2	
4	44.8	34.4	
5	50.4	44.8	
6	55.2	36.8	
7	54.4	31.2	
8	62.4	30.8	
Statistik	9	29.2	Total (T)
n	9	9	18
$\sum X$	592.8	407.2	1000
$\sum X^2$	50960.96	23231.04	74192
x	85.97	57.05	143.02
$(\sum X)^2/n_{Ai}$	39045.76	18423.54	57469.30

Langkah 4. Mencari Jumlah kuadrat antar group (JK_A) dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 JK_A &= \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\sum X_T)^2}{N} \\
 &= \left[\frac{(592.8)^2}{9} + \frac{(407.2)^2}{9} \right] - \left[\frac{(1000)^2}{18} \right] \\
 &= 57469.29 - 55555.55 \\
 &= 1913.73
 \end{aligned}$$

Langkah 5. Mencari derajat kebebasan antar group (dk_A) dengan rumus:

$$Dk_A = A - 1 = 2 - 1 = 1$$

Langkah 6. Mencari kuadrat Rerata antar group (KR_A) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{1913.73}{1} = 1917.73$$

Langkah 7. Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JK_D) dengan rumus:

$$JK_D = \sum X_i^2 - \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 74192 - \frac{57469.29}{1} = 16722.71$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan dalam antar group (dk_D) dengan rumus:

$$dk_D = N - A = 18 - 2 = 16$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat rerata dalam antar group (KR_D) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = \frac{16722.71}{16} = 1045.16$$

Langkah 10. Mencari nilai F_{hitung} dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{1917.73}{1045.16} = 1.83$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$ maka terima H_a artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

$$\begin{aligned} F_{tabel} &= F_{(1-\alpha)(dk_A, dk_D)} \\ &= F_{(1-0,05)(1, 16)} \\ &= F_{(0,95)(1, 16)} \\ &= 4.94 \end{aligned}$$

Langkah 13. Membandingkan F_{hitung} dengan F_{tabel} :

Diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $1.83 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

1.2 Uji Anova Satu Jalur untuk uji Bakteri E. Coli bagian inlet dan outlet

Langkah 1. Membuat H_a dan H_0 dalam bentuk kalimat

H_a : Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan outlet

H_0 : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan outlet

Langkah 2. Membuat H_a dan H_0 model statistik

$H_a : A_1 \neq A_2$

$H_0 : A_1 = A_2$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

	No	Hari ke	Inlet	Outlet	
	1	0	2400	2400	
	2	4	2400	1100	
	3	8	290	210	
	4	12	210	150	
Statistik	5	16	210	93	Total
n			5	5	10
$\sum X$			5510	3953	9463
$\sum X^2$			11692300	7045249	18737549
x			1102	790.6	946.3
$(\sum X)^2/n_{Ai}$			6072020	3125242	8954837

Langkah 4. Mencari Jumlah kuadrat antar group (JK_A) dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 JK_A &= \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\sum X_T)^2}{N} \\
 &= \left[\frac{(5510)^2}{5} + \frac{(3953)^2}{5} \right] - \left[\frac{(9463)^2}{10} \right] \\
 &= 919726.18 - 8954836.90 \\
 &= 242424.9
 \end{aligned}$$

Langkah 5. Mencari derajat kebebasan antar group (dk_A) dengan rumus:

$$Dk_A = A - 1 = 2 - 1 = 1$$

Langkah 6. Mencari kuadrat Rerata antar group (KR_A) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{242424.9}{1} = 242424.9$$

Langkah 7. Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JK_D) dengan rumus:

$$JK_D = \sum X_T^2 - \frac{\sum (\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 187373549 - 8954836.90 = 9782712.10$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan dalam antar group (dk_D) dengan rumus:

$$dk_D = N - A = 10 - 2 = 8$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat rerata dalam antar group (KR_D) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = \frac{9782712.1}{8} = 1222839.013$$

Langkah 10. Mencari nilai F_{hitung} dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{242424.9}{1222839.013} = 0.198$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$ maka terima H_a artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

$$\begin{aligned} F_{tabel} &= F_{(1-\alpha)(dk_A, dk_D)} \\ &= F_{(1-0,05)(1, 8)} \\ &= F_{(0,95)(1, 8)} \\ &= 5.32 \end{aligned}$$

Langkah 13. Membandingkan F_{hitung} dengan F_{tabel} :

Diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.198 < 5.32$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

1.3 Uji Anova Satu Jalur untuk uji nilai pH

1.3.1 . Uji Anova Satu Jalur untuk pH Bagian Inlet dan Kompartemen 1

Langkah 1. Membuat H_a dan H_0 dalam bentuk kalimat

H_a : Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

H_0 : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

Langkah 2. Membuat H_a dan H_0 model statistik

$$H_a : A_1 \neq A_2$$

$$H_0 : A_1 = A_2$$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

No	Inlet	Kompartemen I	
1	8.17	8.15	
2	8.18	8.13	
3	8.15	8.12	
4	8.16	8.15	
5	8.12	8.01	
6	8.12	7.97	
7	7.95	7.87	
8	7.75	7.66	
Statistik	9	7.71	7.43
n	9	9	18
$\sum X$	72.31	71.49	143.8
$\sum X^2$	581.2473	568.3747	1149.622
x	8.04	7.95	15.99
$(\sum X)^2/n_{Ai}$	580.9707	567.87	1148.84

Langkah 4. Mencari Jumlah kuadrat antar group (JK_A) dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 JK_A &= \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\sum X_T)^2}{N} \\
 &= \left[\frac{(72.31)^2}{9} + \frac{(71.49)^2}{9} \right] - \left[\frac{(143.8)^2}{18} \right] \\
 &= 1148.83 - 1148.80 \\
 &= 0.027
 \end{aligned}$$

Langkah 5. Mencari derajat kebebasan antar group (dk_A) dengan rumus:

$$Dk_A = A - 1 = 2 - 1 = 1$$

Langkah 6. Mencari kuadrat Rerata antar group (KR_A) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{0.027}{1} = 0.027$$

Langkah 7. Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JK_D) dengan rumus:

$$JK_D = \sum X_T^2 - \sum \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 1149.622 - 1148.83 = 0.792$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan dalam antar group (dk_D) dengan rumus:

$$dk_D = N - A = 18 - 2 = 16$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat rerata dalam antar group (KR_D) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = \frac{0.792}{16} = 0.0495$$

Langkah 10. Mencari nilai F_{hitung} dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{0.027}{0.0495} = 0.54$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$ maka terima H_a artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

$$\begin{aligned} F_{tabel} &= F_{(1-\alpha)(dkA, dkD)} \\ &= F_{(1-0.05)(1, 16)} \\ &= F_{(0.95)(1, 16)} \\ &= 4.94 \end{aligned}$$

Langkah 13. Membandingkan F_{hitung} dengan F_{tabel} :

Diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.54 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

1.3.2 Uji Anova Satu Jalur untuk pH Bagian Inlet dan Kompartemen 2

Langkah 1. Membuat H_a dan H_0 dalam bentuk kalimat

H_a : Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 2

H_0 : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 2

Langkah 2. Membuat H_a dan H_0 model statistik

$$H_a : A_1 \neq A_2$$

$$H_0 : A_1 = A_2$$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

	No	Inlet	Kompartemen II	
	1	8.17	8.14	
	2	8.18	8.18	
	3	8.15	8.12	
	4	8.16	8.15	
	5	8.12	8.09	
	6	8.12	8	
	7	7.95	7.79	
	8	7.75	7.58	
Statistik	9	7.71	7.35	Total (T)
n		9	9	18
$\sum X$		72.31	71.4	143.71
$\sum X^2$		581.2473	567.14	1148.3873
x		8.04	7.94	15.98
$(\sum X)^2/n_{Ai}$		580.9707	566.44	1147.41

Langkah 4. Mencari Jumlah kuadrat antar group (JK_A) dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 JK_A &= \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\sum X_T)^2}{N} \\
 &= \left[\frac{(72.31)^2}{9} + \frac{(71.4)^2}{9} \right] - \left[\frac{(143.71)^2}{18} \right] \\
 &= 1147.41 - 1147.36 \\
 &= 0.045
 \end{aligned}$$

Langkah 5. Mencari derajat kebebasan antar group (dk_A) dengan rumus:

$$Dk_A = A - 1 = 2 - 1 = 1$$

Langkah 6. Mencari kuadrat Rerata antar group (KR_A) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{0.045}{1} = 0.045$$

Langkah 7. Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JK_D) dengan rumus:

$$JK_D = \sum X_T^2 - \sum \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 1148.38 - 1147.41 = 0.97$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan dalam antar group (dk_D) dengan rumus:

$$dk_D = N - A = 18 - 2 = 16$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat rerata dalam antar group (KR_D) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = \frac{0.97}{16} = 0.060$$

Langkah 10. Mencari nilai F_{hitung} dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{0.045}{0.060} = 0.74$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$ maka terima H_a artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

$$\begin{aligned} F_{tabel} &= F_{(1-\alpha)(dk_A, dk_D)} \\ &= F_{(1-0,05)(1, 16)} \\ &= F_{(0,95)(1, 16)} \\ &= 4.94 \end{aligned}$$

Langkah 13. Membandingkan F_{hitung} dengan F_{tabel} :

Diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.74 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

1.3.3 Uji Anova Satu Jalur untuk pH Bagian Inlet dan Kompartemen 3

Langkah 1. Membuat H_a dan H_0 dalam bentuk kalimat

H_a : Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 3

H_0 : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 3

Langkah 2. Mebuat H_a dan H_0 model statistik

$$H_a : A_1 \neq A_2$$

$$H_0 : A_1 = A_2$$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

No	Inlet	Kompartemen III	
1	8.17	8.16	
2	8.18	8.17	
3	8.15	8.15	
4	8.16	8.17	
5	8.12	8.16	
6	8.12	8.09	
7	7.95	7.8	
8	7.75	7.62	
Statistik	9	7.71	7.37
			Total (T)
n	9	9	18
ΣX	72.31	71.69	144
ΣX^2	581.2473	571.7609	1153.0082
x	8.04	7.98	16.01
$(\Sigma X)^2/n_{Ai}$	580.9707	571.05	1152.02

Langkah 4. Mencari Jumlah kuadrat antar group (JK_A) dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 JK_A &= \frac{(\Sigma X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\Sigma X_T)^2}{N} \\
 &= \left(\frac{(72.31)^2}{9} + \frac{(71.69)^2}{9} \right) - \left(\frac{(144)^2}{18} \right) \\
 &= 1152.02 - 1152 \\
 &= 0.02
 \end{aligned}$$

Langkah 5. Mencari derajat kebebasan antar group (dk_A) dengan rumus:

$$Dk_A = A - 1 = 2 - 1 = 1$$

Langkah 6. Mencari kuadrat Rerata antar group (KR_A) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{0.02}{1} = 0.02$$

Langkah 7. Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JK_D) dengan rumus:

$$JK_D = \Sigma X_T^2 - \frac{(\Sigma X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 1153.0082 - 1152.02 = 0.9882$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan dalam antar group (dk_D) dengan rumus:

$$dk_D = N - A = 18 - 2 = 16$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat rerata dalam antar group (KR_D) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dK_D} = \frac{0.9882}{16} = 0.061$$

Langkah 10. Mencari nilai F_{hitung} dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{0.02}{0.061} = 0.32$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$ maka terima H_a artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

$$\begin{aligned} F_{tabel} &= F_{(1-\alpha)(dkA, dkD)} \\ &= F_{(1-0,05)(1, 16)} \\ &= F_{(0,95)(1, 16)} \\ &= 4.94 \end{aligned}$$

Langkah 13. Membandingkan F_{hitung} dengan F_{tabel} :

Diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.32 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

1.3.4 Uji Anova Satu Jalur untuk pH Bagian Inlet dan Outlet

Langkah 1. Membuat Ha dan H₀ dalam bentuk kalimat

Ha : Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan outlet

H₀ : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan outlet

Langkah 2. Mebuat Ha dan H₀ model statistik

Ha : $A_1 \neq A_2$

H₀ : $A_1 = A_2$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

No	Inlet	Outlet	
1	8.17	8.16	
2	8.18	8.15	
3	8.15	8.14	
4	8.16	8.13	
5	8.12	8	
6	8.12	7.89	
7	7.95	7.96	
8	7.75	7.84	
Statistik	9	7.71	Total (T)
n	9	9	18
$\sum X$	72.31	71.98	144.29
$\sum X^2$	581.2473	575.888	1157.1353
\bar{x}	8.04	8.00	16.04
$(\sum X)^2/n_{Ai}$	580.9707	575.68	1156.65

Langkah 4. Mencari Jumlah kuadrat antar group (JK_A) dengan rumus:

$$JK_A = \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\sum X_T)^2}{N}$$

$$= \left[\frac{(72.31)^2}{9} + \frac{(71.98)^2}{9} \right] - \left[\frac{(144.29)^2}{18} \right]$$

$$= 1156.65 - 1156.64 = 0.01$$

Langkah 5. Mencari derajat kebebasan antar group (dk_A) dengan rumus:

$$Dk_A = A - 1 = 2 - 1 = 1$$

Langkah 6. Mencari kuadrat Rerata antar group (KR_A) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{0.01}{1} = 0.01$$

Langkah 7. Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JK_D) dengan rumus:

$$JK_D = \sum X_T^2 - \sum \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 1157.1353 - 1156.65 = 0.4853$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan dalam antar group (dk_D) dengan rumus:

$$dk_D = N - A = 18 - 2 = 16$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat rerata dalam antar group (KR_D) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = \frac{0.4853}{16} = 0.030$$

Langkah 10. Mencari nilai F_{hitung} dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{0.01}{0.030} = 0.32$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$ maka terima H_a artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

$$\begin{aligned} F_{tabel} &= F_{(1-\alpha)(dk_A, dk_D)} \\ &= F_{(1-0,05)(1, 16)} \\ &= F_{(0,95)(1, 16)} \\ &= 4.94 \end{aligned}$$

Langkah 13. Membandingkan F_{hitung} dengan F_{tabel} :

Diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.32 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

2. Data Hasil Uji Laboratorium Untuk Parameter COD

Hari ke-0

No	Titik Sampel	Analisa 1 Volume		COD (mg/L)	Analisa 2 Volume		COD (mg/L)
		FAS	N FAS		FAS	N FAS	
1	Blanko	7,40	0,020	-	7,18	0,020	-
2	Inlet	5,20	0,020	176	5,20	0,020	158,4
3	Komp 1	5,58	0,020	145,6	5,38	0,020	144
4	Komp 2	5,40	0,020	160	5,78	0,020	112
5	Komp 3	5,78	0,020	129,60	5,68	0,020	120
6	Outlet	5,20	0,020	120,86	5,20	0,020	95,2

Hari ke-2

No	Titik Sampel	Analisa 1		COD (mg/L)	Analisa 2		COD (mg/L)
		Volume FAS	N FAS		Volume FAS	N FAS	
1	Blanko	7,14	0,020	-	7,32	0,020	-
2	Inlet	6,46	0,020	54,4	6,42	0,020	72
3	Komp 1	6,48	0,020	52,8	6,52	0,020	64
4	Komp 2	6,40	0,020	59,2	6,68	0,020	51,2
5	Komp 3	6,66	0,020	38,4	6,54	0,020	62,4
6	Outlet	6,70	0,020	35,2	6,54	0,020	62,4

Hari ke-4

No	Titik Sampel	Analisa 1		COD (mg/L)	Analisa 2		COD (mg/L)
		Volume FAS	N FAS		Volume FAS	N FAS	
1	Blanko	7,36	0,020	-	7,12	0,020	-
2	Inlet	6,49	0,020	69,6	6,70	0,020	35,60
3	Komp 1	6,61	0,020	60	6,60	0,020	41,60
4	Komp 2	6,52	0,020	67,2	6,71	0,020	32,80
5	Komp 3	6,76	0,020	48	6,64	0,020	38,40
6	Outlet	6,72	0,020	51,2	6,68	0,020	35,20

Hari ke-6

No	Titik Sampel	Analisa 1		COD (mg/L)	Analisa 2		COD (mg/L)
		Volume FAS	N FAS		Volume FAS	N FAS	
1	Blanko	7,27	0,020	-	7,04	0,020	-
2	Inlet	6,64	0,020	50,4	6,56	0,020	38,4
3	Komp 1	6,69	0,020	46,4	6,66	0,020	30,4
4	Komp 2	6,62	0,020	52	6,77	0,020	21,6
5	Komp 3	6,70	0,020	45,6	6,70	0,020	27,2
6	Outlet	6,76	0,020	40,8	6,69	0,020	28

Hari ke-8

No	Titik Sampel	Analisa 1		COD (mg/L)	Analisa 2		COD (mg/L)
		Volume FAS	N FAS		Volume FAS	N FAS	
1	Blanko	7,76	0,020	-	7,60	0,020	-
2	Inlet	7,02	0,020	59,2	7,08	0,020	41,6
3	Komp 1	7,04	0,020	57,6	7,06	0,020	43,2
4	Komp 2	7,08	0,020	54,4	7,10	0,020	40
5	Komp 3	7,08	0,020	54,4	7,14	0,020	36,8
6	Outlet	7,12	0,020	51,2	7,12	0,020	38,4

Hari ke 10

No	Titik Sampel	Analisa 1		COD (mg/L)	Analisa 2		COD (mg/L)
		Volume FAS	N FAS		Volume FAS	N FAS	
1	Blanko	7,78	0,020	-	7,70	0,020	-
2	Inlet	7,06	0,020	57,6	7,04	0,020	52,8
3	Komp 1	7,12	0,020	52,8	7,08	0,020	49,6
4	Komp 2	7,14	0,020	51,2	7,10	0,020	48
5	Komp 3	7,23	0,020	44	7,14	0,020	44,8
6	Outlet	7,31	0,020	37,6	7,25	0,020	36

Hari ke-12

No	Titik Sampel	Analisa 1		COD (mg/L)	Analisa 2		COD (mg/L)
		Volume FAS	N FAS		Volume FAS	N FAS	
1	Blanko	7,90	0,020	-	7,89	0,020	-
2	Inlet	7,19	0,020	56,8	7,24	0,020	52
3	Komp 1	7,20	0,020	56	7,26	0,020	50,4
4	Komp 2	7,22	0,020	54,4	7,29	0,020	48
5	Komp 3	7,32	0,020	46,4	7,30	0,020	47,2
6	Outlet	7,39	0,020	24,8	7,42	0,020	37,6

Hari ke-14

No	Titik Sampel	Analisa 1		COD (mg/L)	Analisa 2		COD (mg/L)
		Volume FAS	N FAS		Volume FAS	N FAS	
1	Blanko	7,70	0,020	-	7,68	0,020	-
2	Inlet	6,92	0,020	62,4	6,90	0,020	62,4
3	Komp 1	7,22	0,020	38,4	7,20	0,020	38,4
4	Komp 2	7,27	0,020	34,4	7,21	0,020	37,6
5	Komp 3	7,30	0,020	32	7,27	0,020	32,8
6	Outlet	7,31	0,020	31,2	7,30	0,020	30,4

Hari ke-16

No	Titik Sampel	Analisa 1		COD (mg/L)	Analisa 2		COD (mg/L)
		Volume FAS	N FAS		Volume FAS	N FAS	
1	Blanko	7,73	0,020	-	7,65	0,020	-
2	Inlet	7,19	0,020	43,2	7,10	0,020	44
3	Komp 1	7,21	0,020	41,6	7,24	0,020	32,8
4	Komp 2	7,29	0,020	35,2	7,27	0,020	30,4
5	Komp 3	7,30	0,020	34,4	7,31	0,020	27,2
6	Outlet	7,34	0,020	31,2	7,31	0,020	27,2

3. Data Hasil Uji Laboratorium Untuk Parameter pH

Hari ke-0

No	Titik Sampel	pH
1	Inlet	8,17
2	Komp 1	8,15
3	Komp 2	8,14
4	Komp 3	8,16
5	Outlet	8,16

Hari ke-2

No	Titik Sampel	pH
1	Inlet	8,18
2	Komp 1	8,13
3	Komp 2	8,18
4	Komp 3	8,17
5	Outlet	8,15

Hari ke-4

No	Titik Sampel	pH
1	Inlet	8,15
2	Komp 1	8,12
3	Komp 2	8,12
4	Komp 3	8,15
5	Outlet	8,14

Hari ke-6

No	Titik Sampel	pH
1	Inlet	8,16
2	Komp 1	8,15
3	Komp 2	8,15
4	Komp 3	8,17
5	Outlet	8,13

Hari ke-8

No	Titik Sampel	pH
1	Inlet	8,12
2	Komp 1	8,01
3	Komp 2	8,09
4	Komp 3	8,16
5	Outlet	8

Hari ke-10

No	Titik Sampel	pH
1	Inlet	8,12
2	Komp 1	7,97
3	Komp 2	8
4	Komp 3	8,09
5	Outlet	7,89

Hari ke-12

No	Titik Sampel	pH
1	Inlet	7,96
2	Komp 1	8,87
3	Komp 2	7,79
4	Komp 3	7,80
5	Outlet	7,95

Hari ke-14

No	Titik Sampel	pH
1	Inlet	7,84
2	Komp 1	7,66
3	Komp 2	7,58
4	Komp 3	7,62
5	Outlet	7,75

Hari ke-16

No	Titik Sampel	pH
1	Inlet	7,71
2	Komp 1	7,43
3	Komp 2	7,35
4	Komp 3	7,37
5	Outlet	7,71

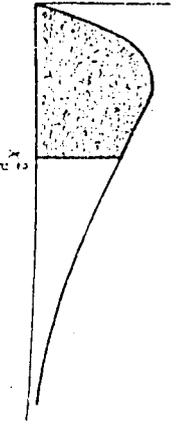
4. Data Hasil Uji Laboratorium Untuk Parameter E. Coli

No	Hari ke	Inlet (MPN/100ml)	Outlet (MPN/100ml)
1	0	2400	2400
2	4	2400	1100
3	8	290	210
4	12	210	150
5	16	210	93

LAMPIRAN 2

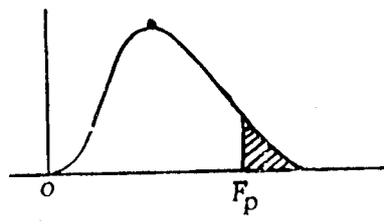
**Tabel Statistik Uji Data
Menggunakan Anova Satu Jalur**

DAFTAR H
 Nilai Persentil
 Untuk Distribusi x^2
 $V = dk$
 Bilangan Dalam Badan Daftar
 Menyatakan x^2_p



V	$x^2_{0.995}$	$x^2_{0.99}$	$x^2_{0.95}$	$x^2_{0.90}$	$x^2_{0.85}$	$x^2_{0.80}$	$x^2_{0.75}$	$x^2_{0.70}$	$x^2_{0.65}$	$x^2_{0.60}$	$x^2_{0.55}$	$x^2_{0.50}$	$x^2_{0.45}$	$x^2_{0.40}$	$x^2_{0.35}$	$x^2_{0.30}$	$x^2_{0.25}$	$x^2_{0.20}$	$x^2_{0.15}$	$x^2_{0.10}$	$x^2_{0.05}$	$x^2_{0.025}$	$x^2_{0.01}$	$x^2_{0.005}$
1	7.88	6.63	5.02	3.84	2.71	1.92	0.155	0.102	0.016	0.004	0.001	0.0002	0.0001	0.00002	0.00001									
2	10.6	9.21	7.38	5.99	4.61	2.77	1.39	0.575	0.211	0.103	0.051	0.0201	0.010											
3	12.8	11.3	9.35	7.81	6.25	4.11	2.37	1.21	0.584	0.352	0.246	0.115	0.072											
4	14.9	13.3	11.1	9.49	7.78	5.39	3.36	1.92	1.06	0.711	0.481	0.297	0.207											
5	16.7	15.1	12.8	11.1	9.24	6.63	4.35	2.67	1.61	1.15	0.831	0.594	0.412											
6	18.5	16.8	14.4	12.6	10.6	7.84	5.35	3.45	2.20	1.61	1.24	0.872	0.676											
7	20.3	18.5	16.0	14.1	12.0	9.01	6.35	4.25	2.83	2.17	1.89	1.21	0.989											
8	22.0	20.1	17.5	15.5	13.1	10.2	7.41	5.07	3.49	2.73	2.18	1.65	1.14											
9	23.6	21.7	19.0	16.9	14.2	11.4	8.51	5.90	4.17	3.33	2.70	2.09	1.73											
10	25.2	23.2	20.5	18.3	15.0	12.5	9.54	6.74	4.87	3.94	3.25	2.56	2.16											
11	26.8	24.7	21.9	19.7	15.8	13.7	10.5	7.58	5.58	4.57	3.82	3.05	2.60											
12	28.3	26.2	23.3	21.0	16.5	14.8	11.5	8.41	6.30	5.23	4.40	3.57	3.07											
13	29.8	27.7	24.7	22.4	17.3	15.9	12.5	9.30	7.04	5.89	5.01	4.11	3.57											
14	31.3	29.1	26.1	23.7	18.1	17.1	13.4	10.2	7.79	6.57	5.65	4.66	4.07											
15	32.8	30.6	27.5	25.0	18.9	18.2	14.3	11.0	8.55	7.26	6.29	5.23	4.60											
16	34.3	32.0	28.8	26.3	19.5	19.4	15.3	11.9	9.31	7.96	6.91	5.81	5.14											
17	35.7	33.4	30.2	27.6	20.3	20.5	16.3	12.8	10.1	8.67	7.56	6.41	5.70											
18	37.2	34.8	31.5	28.9	21.6	21.6	17.3	13.7	10.9	9.39	8.23	7.01	6.26											
19	38.6	36.2	32.9	30.1	22.2	22.7	18.3	14.6	11.7	10.1	8.91	7.63	6.84											
20	40.0	37.6	34.2	31.4	23.1	23.8	19.3	15.5	12.4	10.9	9.59	8.26	7.43											
21	41.4	38.9	35.5	32.7	24.0	24.9	20.3	16.3	13.2	11.6	10.3	8.90	8.03											
22	42.8	40.3	36.8	33.9	25.0	26.0	21.3	17.2	14.0	12.3	11.0	9.54	8.64											
23	44.2	41.6	38.1	35.2	26.0	27.1	22.3	18.1	14.8	13.1	11.7	10.2	9.26											
24	45.6	43.0	39.4	36.4	27.2	28.2	23.3	19.0	15.7	13.8	12.4	10.9	9.89											
25	46.9	44.3	40.6	37.7	28.3	29.3	24.3	19.9	16.5	14.6	13.1	11.5	10.5											
26	48.3	45.6	41.9	38.9	29.4	30.4	25.3	20.8	17.3	15.4	13.8	12.2	11.2											
27	49.6	47.0	43.2	40.1	30.7	31.5	26.3	21.7	18.1	16.2	14.6	12.9	11.8											
28	51.0	48.3	44.5	41.3	31.9	32.6	27.3	22.7	18.9	16.9	15.3	13.6	12.5											
29	52.3	49.6	45.7	42.6	33.1	33.7	28.3	23.6	19.8	17.7	16.0	14.3	13.1											
30	53.7	50.9	47.0	43.8	34.3	34.8	29.3	24.5	20.6	18.5	16.8	15.0	13.8											
40	66.8	63.7	53.8	53.8	43.8	43.6	39.3	33.7	28.1	26.5	24.4	22.2	20.7											
50	79.5	76.2	67.4	67.3	53.6	56.3	49.3	42.9	37.7	34.8	32.4	29.7	28.0											
60	92.0	88.4	83.3	79.1	71.1	67.0	59.3	52.3	46.5	43.2	40.5	37.5	35.5											
70	104.2	100.4	95.0	90.5	85.5	77.6	69.3	61.7	55.3	51.7	48.8	45.4	43.3											
80	116.3	112.3	106.6	101.9	96.6	88.1	79.3	71.1	64.3	60.4	57.2	53.5	51.2											
90	128.3	124.1	118.1	113.1	107.6	98.6	89.3	80.6	73.3	68.4	63.6	61.8	59.2											
100	140.2	135.8	129.6	124.3	118.5	109.1	99.3	90.1	82.4	77.9	72.2	70.1	67.3											

DAFTAR I
 Nilai Persentil
 Untuk Distribusi F
 (Bilangan Dalam Badan Daftar
 Menyatakan F_p ; Baris Atas Untuk
 $p = 0,05$ dan Baris Bawah Untuk $p = 0,01$)



$V_1 = dk$ penyebut	$V_2 = dk$ pembilang																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	60	75	100	200	500	∞		
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	246	248	249	250	251	252	253	253	254	254	254		
	4062	4999	5403	5825	6764	8559	5928	5981	6022	6056	6082	6106	6142	6169	6208	6234	6258	6286	6302	6323	6334	6352	6361	6366		
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.36	19.37	19.38	19.39	19.40	19.41	19.42	19.43	19.44	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.49	19.49	19.50	19.50		
	98.49	99.01	99.17	99.25	99.30	99.33	99.34	99.36	99.38	99.40	99.41	99.42	99.43	99.44	99.45	99.46	99.47	99.48	99.49	99.49	99.49	99.50	99.50	99.50		
3	10.13	9.55	9.26	9.12	9.01	8.94	8.88	8.84	8.81	8.78	8.76	8.74	8.71	8.69	8.66	8.64	8.62	8.60	8.58	8.57	8.56	8.54	8.54	8.53		
	34.12	30.81	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.34	27.23	27.13	27.05	26.92	26.83	26.69	26.60	26.50	26.41	26.30	26.27	26.23	26.18	26.14	26.12		
4	7.71	6.94	6.59	6.30	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.93	5.91	5.87	5.84	5.80	5.77	5.74	5.71	5.70	5.68	5.66	5.65	5.64	5.63		
	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.54	14.45	14.37	14.24	14.15	14.02	13.93	13.84	13.74	13.69	13.61	13.57	13.52	13.48	13.46		
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.78	4.74	4.70	4.68	4.64	4.60	4.56	4.53	4.50	4.46	4.44	4.42	4.40	4.38	4.37	4.36		
	16.26	13.27	12.06	11.29	10.97	10.67	10.45	10.27	10.15	10.05	9.96	9.89	9.77	9.68	9.55	9.47	9.38	9.29	9.24	9.17	9.13	9.07	9.04	9.02		
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.96	3.92	3.87	3.84	3.81	3.77	3.75	3.72	3.71	3.69	3.68	3.67		
	13.74	10.92	9.78	9.15	8.75	8.41	8.26	8.10	7.98	7.87	7.79	7.72	7.60	7.52	7.39	7.31	7.23	7.14	7.09	7.02	6.99	6.94	6.90	6.88		
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.63	3.60	3.57	3.52	3.49	3.44	3.41	3.38	3.34	3.32	3.29	3.28	3.25	3.24	3.23		
	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	7.00	6.84	6.71	6.62	6.54	6.47	6.35	6.27	6.15	6.07	5.98	5.90	5.85	5.78	5.75	5.70	5.67	5.65		
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.34	3.31	3.28	3.23	3.20	3.15	3.12	3.08	3.05	3.03	3.00	2.98	2.96	2.94	2.93		
	11.26	8.65	7.69	7.01	6.63	6.37	6.19	6.03	5.91	5.82	5.74	5.67	5.56	5.48	5.36	5.28	5.20	5.11	5.06	5.00	4.96	4.91	4.88	4.86		
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.13	3.10	3.07	3.02	2.98	2.93	2.90	2.86	2.82	2.80	2.77	2.76	2.73	2.72	2.71		
	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.62	5.47	5.35	5.26	5.18	5.11	5.00	4.92	4.80	4.73	4.64	4.56	4.51	4.45	4.41	4.36	4.33	4.31		

Sumber: Table of Percentile Points of the x^2 Distribution; Thompson, C.A., Biometrika, Vol.32 (1941).

DAFTAR I (lanjutan)

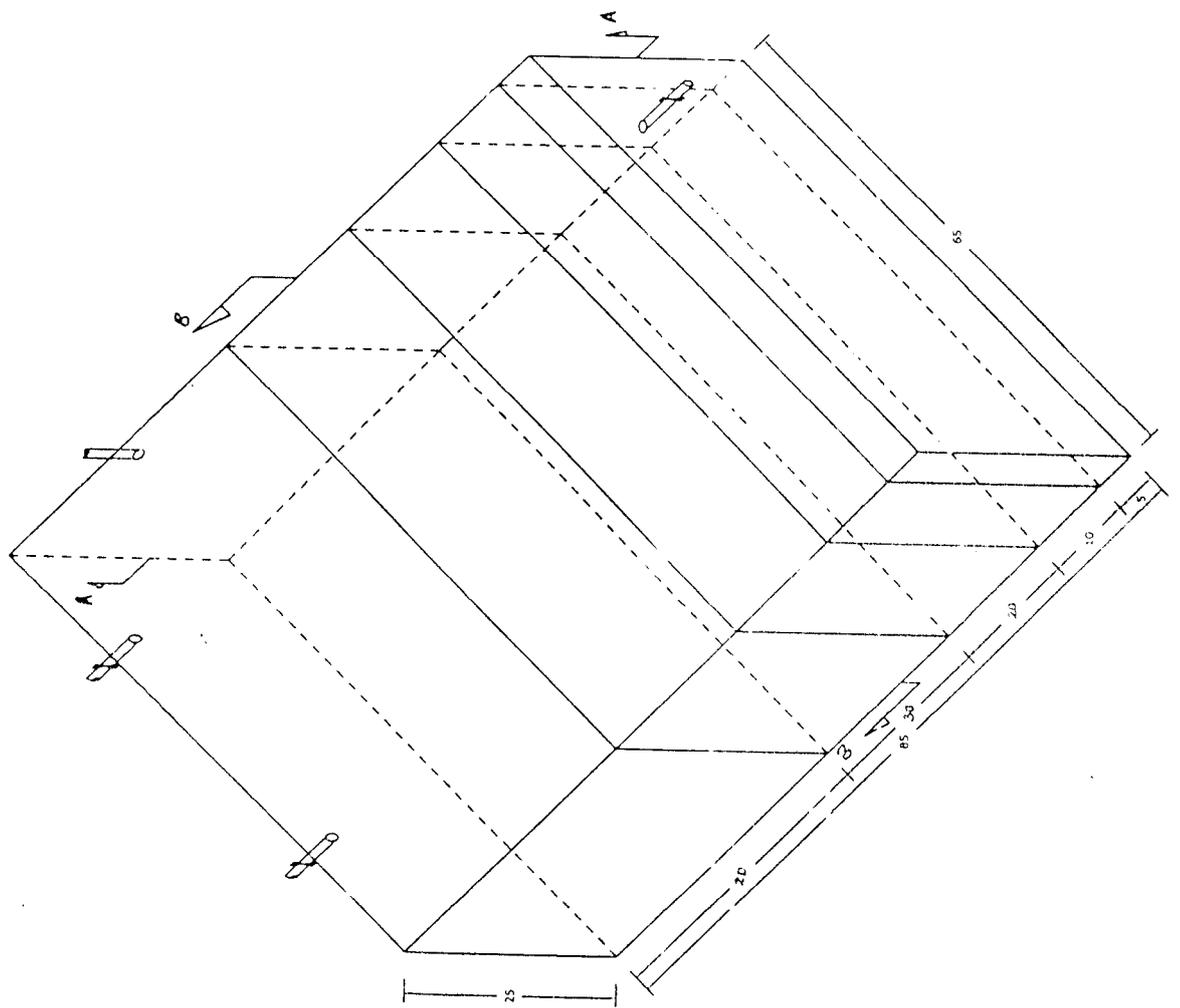
V_1 = dk penyebut	V_2 = dk pembilang																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞		
10	4,96 10,04	4,10 7,56	3,71 6,55	3,48 5,99	3,33 5,64	3,22 5,39	3,11 5,21	3,07 5,06	3,02 4,95	2,97 4,85	2,91 4,78	2,86 4,71	2,80 4,60	2,82 4,52	2,77 4,41	2,71 4,31	2,70 4,25	2,67 4,17	2,64 4,12	2,61 4,05	2,59 4,01	2,56 3,96	2,55 3,93	2,54 3,91		
11	4,84 9,68	3,98 7,20	3,59 6,22	3,36 5,67	3,20 5,32	3,09 5,07	3,01 4,88	2,93 4,71	2,86 4,63	2,80 4,51	2,72 4,46	2,69 4,40	2,61 4,29	2,60 4,22	2,51 4,10	2,50 4,02	2,46 3,91	2,45 3,86	2,42 3,80	2,40 3,74	2,37 3,70	2,35 3,66	2,34 3,62	2,33 3,60		
12	4,75 9,33	3,88 6,93	3,49 5,95	3,26 5,41	3,11 5,06	3,00 4,82	2,92 4,65	2,85 4,50	2,80 4,39	2,76 4,30	2,72 4,22	2,69 4,16	2,61 4,05	2,60 3,98	2,51 3,86	2,50 3,78	2,46 3,67	2,45 3,59	2,42 3,51	2,40 3,42	2,37 3,30	2,35 3,27	2,34 3,21	2,33 3,16		
13	4,67 9,07	3,80 6,70	3,41 5,74	3,18 5,20	3,02 4,86	2,92 4,62	2,81 4,41	2,77 4,30	2,72 4,19	2,67 4,10	2,63 4,02	2,60 3,96	2,55 3,88	2,51 3,78	2,46 3,67	2,42 3,59	2,38 3,51	2,34 3,42	2,32 3,37	2,28 3,30	2,26 3,27	2,24 3,21	2,22 3,11	2,21 3,06		
14	4,60 8,86	3,74 6,51	3,34 5,56	3,11 5,03	2,96 4,69	2,85 4,46	2,77 4,28	2,70 4,11	2,65 4,03	2,60 3,91	2,56 3,86	2,53 3,80	2,48 3,70	2,44 3,62	2,39 3,51	2,39 3,43	2,34 3,34	2,32 3,26	2,28 3,21	2,24 3,14	2,21 3,11	2,19 3,06	2,16 3,02	2,14 2,97		
15	4,54 8,68	3,68 6,36	3,29 5,12	3,06 4,89	2,90 4,56	2,79 4,32	2,70 4,11	2,64 4,00	2,59 3,89	2,55 3,80	2,51 3,73	2,48 3,67	2,41 3,56	2,39 3,48	2,33 3,36	2,29 3,29	2,25 3,20	2,21 3,12	2,18 3,07	2,15 3,00	2,12 2,96	2,10 2,89	2,08 2,86	2,07 2,82		
16	4,49 8,53	3,63 6,23	3,24 5,29	3,01 4,77	2,88 4,44	2,74 4,20	2,66 4,03	2,59 3,89	2,51 3,78	2,49 3,69	2,45 3,61	2,42 3,55	2,37 3,45	2,34 3,37	2,28 3,25	2,24 3,18	2,20 3,10	2,16 3,01	2,13 2,96	2,09 2,89	2,07 2,86	2,05 2,80	2,01 2,77	2,01 2,75		
17	4,45 8,40	3,59 6,11	3,20 5,18	2,96 4,67	2,81 4,34	2,70 4,10	2,62 3,93	2,55 3,79	2,50 3,68	2,45 3,59	2,41 3,52	2,38 3,45	2,31 3,35	2,29 3,27	2,23 3,16	2,19 3,08	2,15 3,00	2,11 2,92	2,08 2,86	2,04 2,79	2,02 2,76	1,99 2,70	1,97 2,67	1,96 2,65		
18	4,41 8,24	3,55 6,01	3,16 5,09	2,93 4,58	2,77 4,25	2,66 4,01	2,58 3,85	2,51 3,71	2,46 3,60	2,41 3,51	2,37 3,41	2,31 3,37	2,29 3,27	2,25 3,19	2,19 3,07	2,15 2,99	2,11 2,91	2,07 2,83	2,04 2,78	2,00 2,71	1,98 2,68	1,95 2,62	1,93 2,59	1,92 2,57		
19	4,38 8,18	3,52 5,93	3,13 5,01	2,90 4,50	2,71 4,17	2,63 3,91	2,55 3,77	2,48 3,63	2,43 3,52	2,38 3,43	2,34 3,36	2,31 3,30	2,26 3,19	2,21 3,12	2,15 3,00	2,11 2,92	2,07 2,84	2,02 2,76	2,00 2,70	1,96 2,63	1,94 2,60	1,91 2,54	1,89 2,51	1,88 2,49		
20	4,35 8,10	3,49 5,85	3,10 4,94	2,87 4,43	2,71 4,10	2,60 3,87	2,52 3,71	2,45 3,56	2,40 3,45	2,35 3,37	2,31 3,30	2,28 3,23	2,23 3,13	2,18 3,05	2,12 2,91	2,08 2,86	2,04 2,77	1,99 2,69	1,96 2,63	1,92 2,56	1,90 2,53	1,87 2,47	1,85 2,44	1,84 2,42		
21	4,32 8,02	3,47 5,78	3,07 4,87	2,84 4,31	2,68 4,04	2,57 3,81	2,49 3,65	2,42 3,51	2,37 3,40	2,32 3,31	2,28 3,24	2,25 3,17	2,20 3,07	2,15 2,99	2,09 2,88	2,05 2,80	2,00 2,72	1,96 2,63	1,93 2,58	1,89 2,51	1,87 2,47	1,84 2,44	1,82 2,38	1,81 2,36		
22	4,30 7,94	3,41 5,72	3,05 4,82	2,82 4,31	2,66 3,99	2,55 3,76	2,47 3,59	2,40 3,45	2,35 3,35	2,30 3,26	2,26 3,18	2,23 3,12	2,18 3,02	2,13 2,94	2,07 2,83	2,03 2,75	1,98 2,67	1,93 2,58	1,91 2,53	1,87 2,46	1,84 2,42	1,81 2,37	1,80 2,33	1,78 2,31		
23	4,28 7,88	3,42 5,66	3,01 4,76	2,80 4,26	2,64 3,94	2,53 3,71	2,45 3,51	2,38 3,41	2,32 3,30	2,28 3,21	2,21 3,11	2,20 3,07	2,11 2,97	2,10 2,89	2,01 2,78	2,00 2,70	1,96 2,62	1,91 2,53	1,88 2,48	1,84 2,41	1,82 2,37	1,79 2,32	1,77 2,28	1,76 2,26		

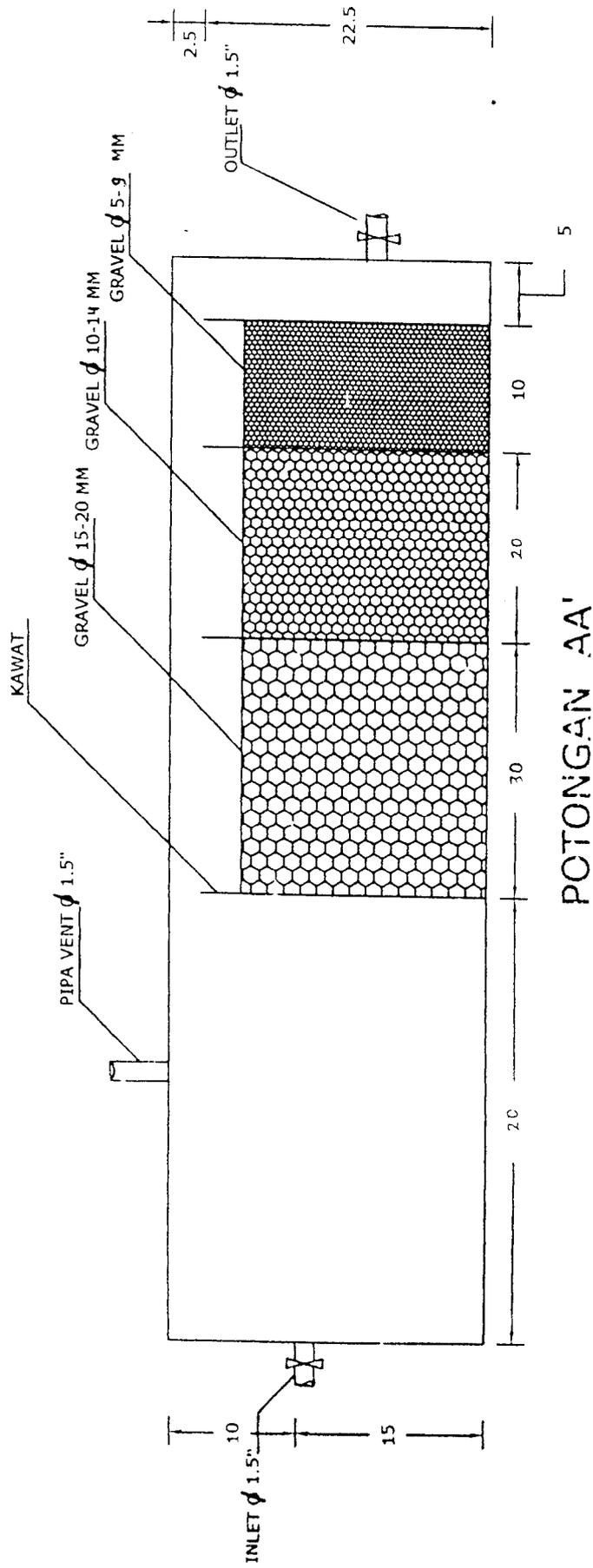
DAFTAR I (lanjutan)

V_1 = dk penyebut	V_2 = dk pembilang																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞		
24	4,26 7,82	3,40 6,61	3,01 4,72	2,78 4,22	2,62 3,90	2,51 3,67	2,43 3,60	2,36 3,53	2,30 3,25	2,26 3,17	2,22 3,09	2,18 3,03	2,13 2,93	2,09 2,85	2,02 2,74	1,98 2,68	1,94 2,58	1,89 2,49	1,84 2,41	1,82 2,36	1,78 2,33	1,76 2,27	1,74 2,23	1,73 2,21		
25	4,24 7,77	3,38 6,57	2,99 4,68	2,76 4,18	2,60 3,86	2,49 3,63	2,41 3,48	2,34 3,32	2,28 3,21	2,24 3,13	2,20 3,05	2,16 2,99	2,11 2,89	2,06 2,81	2,00 2,70	1,96 2,62	1,92 2,54	1,87 2,45	1,81 2,40	1,80 2,32	1,77 2,29	1,74 2,23	1,72 2,19	1,71 2,17		
26	4,22 7,72	3,37 6,53	2,89 4,61	2,74 4,11	2,59 3,82	2,47 3,69	2,39 3,42	2,32 3,27	2,27 3,09	2,22 3,02	2,18 2,95	2,15 2,90	2,10 2,86	2,05 2,77	1,99 2,66	1,95 2,58	1,90 2,50	1,85 2,41	1,82 2,38	1,78 2,28	1,76 2,25	1,74 2,21	1,72 2,18	1,70 2,16		
27	4,21 7,68	3,35 6,49	2,96 4,60	2,73 4,11	2,57 3,79	2,46 3,56	2,37 3,39	2,30 3,26	2,25 3,14	2,20 3,06	2,16 2,98	2,13 2,93	2,08 2,83	2,03 2,74	1,97 2,63	1,93 2,55	1,88 2,47	1,84 2,38	1,80 2,33	1,76 2,25	1,74 2,21	1,71 2,16	1,68 2,12	1,67 2,10		
28	4,20 7,64	3,34 6,45	2,95 4,57	2,71 4,07	2,56 3,76	2,44 3,53	2,36 3,36	2,29 3,23	2,21 3,01	2,19 3,03	2,15 2,90	2,12 2,80	2,06 2,70	2,02 2,60	1,96 2,51	1,96 2,42	1,87 2,35	1,81 2,30	1,78 2,22	1,74 2,18	1,72 2,14	1,69 2,11	1,67 2,07	1,65 2,06		
29	4,18 7,60	3,33 6,52	2,93 4,54	2,70 4,01	2,54 3,73	2,43 3,50	2,35 3,33	2,28 3,20	2,22 3,08	2,18 3,00	2,14 2,92	2,10 2,87	2,05 2,77	2,00 2,68	1,94 2,57	1,90 2,48	1,85 2,41	1,80 2,32	1,77 2,27	1,73 2,19	1,71 2,15	1,68 2,10	1,65 2,06	1,64 2,03		
30	4,17 7,56	3,32 6,39	2,92 4,51	2,69 4,02	2,53 3,70	2,42 3,47	2,34 3,17	2,27 3,06	2,21 2,98	2,16 2,90	2,12 2,84	2,09 2,74	2,04 2,66	1,99 2,62	1,93 2,55	1,89 2,47	1,84 2,38	1,79 2,29	1,76 2,24	1,72 2,16	1,69 2,11	1,66 2,07	1,64 2,03	1,63 2,01		
32	4,15 7,60	3,30 6,34	2,90 4,46	2,67 3,97	2,51 3,66	2,40 3,42	2,32 3,12	2,25 3,01	2,19 2,94	2,14 2,86	2,10 2,80	2,07 2,70	2,02 2,62	1,97 2,51	1,91 2,42	1,86 2,34	1,82 2,25	1,76 2,20	1,74 2,12	1,69 2,08	1,67 2,02	1,64 1,96	1,61 1,90	1,59 1,96		
34	4,13 7,44	3,28 6,25	2,88 4,42	2,65 3,93	2,49 3,61	2,38 3,38	2,30 3,21	2,23 3,08	2,17 2,97	2,12 2,89	2,08 2,82	2,05 2,76	2,00 2,66	1,95 2,58	1,89 2,47	1,84 2,30	1,80 2,21	1,74 2,15	1,71 2,08	1,67 2,04	1,64 1,98	1,61 1,94	1,59 1,89	1,57 1,91		
36	4,11 7,39	3,26 6,25	2,86 4,35	2,63 3,89	2,48 3,58	2,36 3,35	2,28 3,18	2,21 3,01	2,15 2,91	2,10 2,86	2,06 2,78	2,03 2,72	1,99 2,62	1,93 2,54	1,87 2,43	1,82 2,35	1,76 2,26	1,72 2,17	1,69 2,12	1,65 2,04	1,62 1,90	1,59 1,86	1,58 1,80	1,56 1,87		
38	4,10 7,35	3,25 6,21	2,85 4,34	2,62 3,86	2,46 3,54	2,35 3,32	2,26 3,15	2,20 3,02	2,14 2,91	2,09 2,82	2,05 2,75	2,02 2,69	1,96 2,59	1,92 2,51	1,85 2,40	1,80 2,32	1,76 2,22	1,71 2,14	1,67 2,08	1,63 2,00	1,60 1,92	1,57 1,88	1,54 1,80	1,53 1,86		
40	4,08 7,31	3,23 6,18	2,84 4,31	2,61 3,83	2,45 3,51	2,34 3,29	2,25 3,12	2,18 2,99	2,12 2,88	2,07 2,80	2,01 2,73	1,96 2,66	1,91 2,56	1,86 2,40	1,81 2,37	1,79 2,20	1,74 2,11	1,69 2,05	1,66 1,97	1,61 1,84	1,59 1,81	1,55 1,84	1,53 1,81	1,51 1,81		
42	4,07 7,27	3,22 6,15	2,83 4,29	2,59 3,80	2,44 3,49	2,32 3,19	2,24 3,10	2,17 2,96	2,11 2,86	2,06 2,77	2,02 2,70	1,99 2,61	1,91 2,54	1,89 2,46	1,82 2,35	1,78 2,26	1,73 2,17	1,68 2,08	1,64 2,02	1,60 1,94	1,57 1,91	1,54 1,85	1,51 1,80	1,49 1,78		
44	4,06 7,24	3,21 6,12	2,82 4,26	2,58 3,78	2,43 3,46	2,31 3,21	2,23 3,07	2,16 2,94	2,10 2,84	2,05 2,75	2,01 2,68	1,98 2,62	1,91 2,52	1,88 2,44	1,81 2,32	1,76 2,22	1,72 2,15	1,66 2,06	1,63 1,92	1,58 1,88	1,56 1,82	1,52 1,78	1,50 1,78	1,48 1,76		
46	4,05 7,21	3,20 6,10	2,81 4,24	2,47 3,76	2,42 3,41	2,30 3,22	2,22 3,05	2,14 2,92	2,09 2,82	2,04 2,73	2,00 2,66	1,97 2,60	1,91 2,50	1,87 2,42	1,80 2,30	1,75 2,22	1,71 2,13	1,65 2,01	1,62 1,98	1,57 1,90	1,54 1,86	1,51 1,80	1,48 1,76	1,46 1,72		
48	4,04 7,19	3,19 6,08	2,80 4,22	2,56 3,71	2,41 3,42	2,30 3,20	2,21 3,01	2,14 2,90	2,09 2,8																	

LAMPIRAN 3

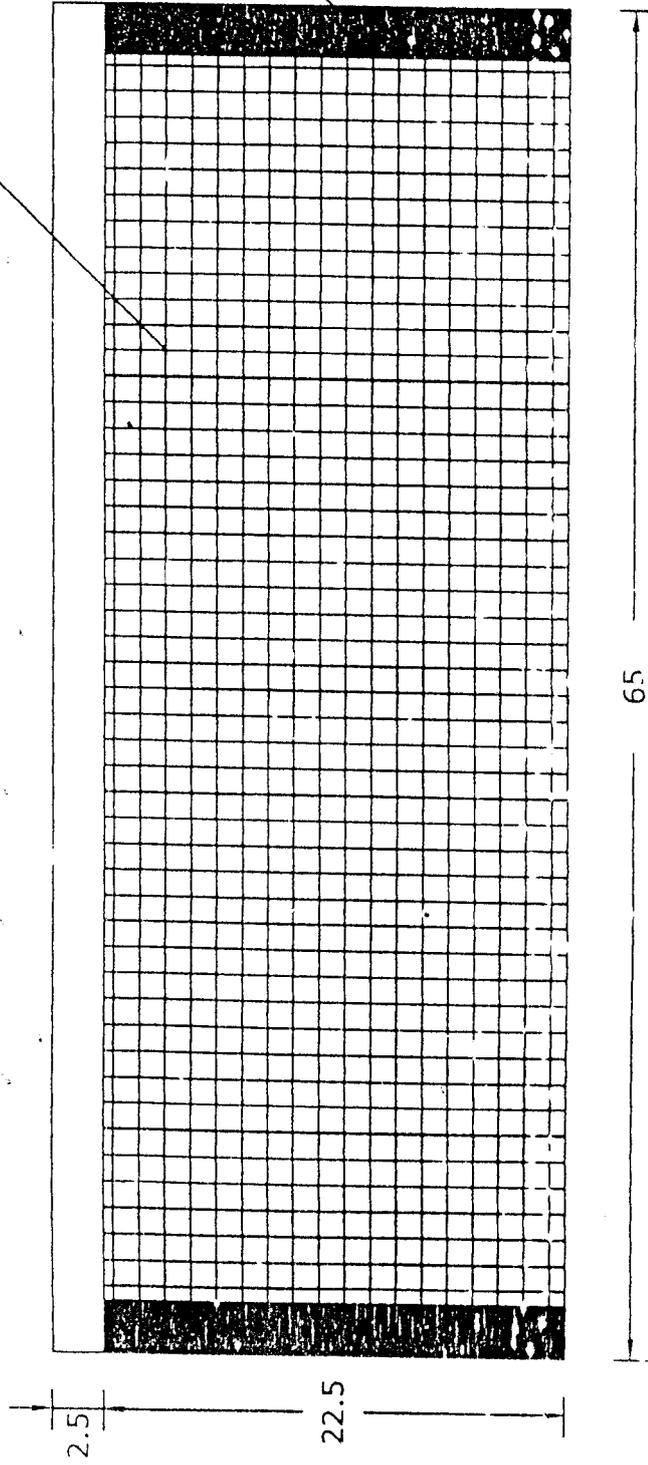
Gambar Reaktor Roughing Filter dan Perhitungan Reaktor





KAWAT SEKAT

PENJEPIT



POTONGAN BB'

LAMPIRAN 4

SNI Untuk Pengujian COD

STANDAR

SK SNI M-70-1990-03

60

METODE PENGUJIAN KADAR
KEBUTUHAN OKSIGEN KIMIAWI DALAM AIR
DENGAN ALAT REFLUKS TERTUTUP



DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM

DAFTAR RUJUKAN

1. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1985 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16th Edition, APHA, Washington D.C.
2. Depatemen Pekerjaan Umum, 1989 Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air. Nomor SK SNI M-02-1989-F, Yayasan LPMB, Bandung.

" Hak Cipta dilindungi Undang-Undang "

DAFTAR ISI

Halaman

I	DESKRIPSI	1
1.1	Maksud dan Tujuan	1
1.1.1	Maksud	1
1.1.2	Tujuan	1
1.2	Ruang Lingkup	1
1.3	Pengertian	1
II	CARA PELAKSANAAN	2
2.1	Peralatan dan Bahan Penunjang Uji	2
2.1.1	Peralatan	2
2.1.2	Bahan Penunjang Uji	2
2.2	Persiapan Benda Uji	3
2.3	Persiapan Pengujian	3
2.3.1	Pembuatan Larutan Baku Fero Amonium Sulfat	3
2.3.2	Penetapan Kenormalan Larutan Baku Fero Amonium Sulfat	3
2.4	Cara Uji	4
2.5	Perhitungan	4
2.6	Laporan	5

I. DESKRIPSI

1.1 Maksud dan Tujuan

1.1.1 Maksud

Metode pengujian ini dimaksudkan sebagai pedoman dalam pelaksanaan pengujian Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) dalam air.

1.1.2 Tujuan

Tujuan pengujian ini untuk memperoleh kadar KOK dalam air.

1.2 Ruang Lingkup

Lingkup pengujian meliputi:

- 1) cara pengujian KOK dalam air yang mempunyai kadar antara 5-50 mg/L KOK;
- 2) penggunaan metode refluks tertutup dan cara titrimetri.

1.3 Pengertian

Beberapa pengertian yang berkaitan dengan metode pengujian ini:

- 1) kebutuhan oksigen kimiawi adalah jumlah mg oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik dalam 1 liter dengan menggunakan oksidator kalium dikromat.
- 2) larutan baku adalah larutan yang mengandung kadar yang sudah diketahui secara pasti dan langsung digunakan sebagai pembanding dalam pengujian;
- 3) blanko adalah suatu medium yang tidak mengandung unsur yang diuji dan digunakan sebagai kadar standar terendah.

H. CARA PELAKSANAAN

2.1 Peralatan dan Bahan Penunjang Uji

2.1.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan terdiri atas:

- 1) oven 220°C yang dilengkapi dengan pengatur suhu, dan telah dipanaskan pada 150°C pada saat digunakan;
- 2) tabung KOK yang mempunyai tinggi 150 mm dan garis tengah 25 mm, terbuat dari gelas boro-silikat, mempunyai tutup asah dan unit pengaman tutup;
- 3) buret otomatis dengan ketelitian $\pm 0,05$ mL atau buret 25 mL;
- 4) labu ukur 100 dan 1000 mL;
- 5) gelas ukur 100 mL;
- 6) pipet seukuran 10 mL;
- 7) labu erlenmeyer 100 mL;
- 8) gelas piala 100 mL.

2.1.2 Bahan Penunjang Uji

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

- 1) larutan campuran kalium dikromat-merkuri sulfat, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{-HgSO}_4$;
- 2) larutan campuran asam sulfat-perak sulfat, $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-Ag}_2\text{SO}_4$;
- 3) larutan indikator ferdin;
- 4) serbuk ferro amonium sulfat, $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$;
- 5) larutan baku kalium dikromat, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,025N;
- 6) asam sulfat pekat, H_2SO_4 ;
- 7) air suling atau air demineralisasi yang mempunyai DHL 0,5-2 $\mu\text{mhos/cm}$;
- 8) serbuk asam sulfamat, $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$.

2.2 Persiapan Benda Uji

Siapkan benda uji dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) sediakan contoh uji yang telah diambil sesuai dengan Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air, SK SNI M-02-1984-F;

- 2) kocok contoh uji dan ukur 100 mL secara duplo, masukkan ke dalam gelas piala 100 mL;
- 3) apabila contoh uji mengandung ion nitrit, lakukan langkah sebagai berikut:
 - (1) tambahkan 10 mg asam sulfonat untuk setiap 1 mg NO_2^- ;
 - (2) kocok campuran selama 1 menit;
- 4) pipet 10 mL dan masukkan ke dalam tabung KOK;
- 5) benda uji siap diuji.

2.3 Persiapan Pengujian

2.3.1 Pembuatan Larutan Baku Fero Amonium Sulfat

Buat larutan baku fero amonium sulfat kira-kira 0,025N dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) timbang 9,8 g $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$;
- 2) larutkan dengan 500 mL air suling di dalam labu ukur 1000 mL;
- 3) tambahkan 20 mL asam sulfat pekat;
- 4) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera.

2.3.2 Penetapan Kenormalan Larutan Baku Fero Amonium Sulfat

Tetapkan kenormalan larutan baku fero amonium sulfat dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) pipet 25 mL larutan baku kalium dikromat 0,025N dan masukkan ke dalam labu erlenmeyer 100 mL;
- 2) tambahkan 3 mL asam sulfat pekat;
- 3) tambahkan 3 tetes larutan indikator ferroin;
- 4) titrasi dengan larutan fero amonium sulfat yang akan ditetapkan kenormalannya;
- 5) catat mL pemakaian larutan baku fero amonium sulfat;
- 6) apabila perbedaan pemakaian larutan baku fero amonium sulfat secara duplo lebih dari 0,10 mL ulangi penetapan, apabila kurang atau sama dengan 0,10 mL rata-ratakan hasilnya untuk perhitungan kenormalan larutan baku fero amonium sulfat;
- 7) hitung kenormalan larutan baku fero amonium sulfat dengan menggunakan rumus:

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

dengan penjelasan:

V_1 = mL larutan baku kalium dikromat;

V_2 = mL larutan baku fero amonium sulfat;

N_1 = kenormalan larutan baku kalium dikromat;

N_2 = kenormalan larutan baku fero amonium sulfat yang ditetapkan.

2.4 Cara Uji

Uji kadar KOK dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) pipet 5 mL larutan campuran kalium dikromat-merkuri sulfat dan masukkan ke dalam benda uji;
- 2) tambahkan 10 mL larutan campuran asam sulfat-perak sulfat;
- 3) aduk campuran di dalam tabung KOK kemudian tutup;
- 4) ulangi tahap 1) s/d 3) terhadap 10 mL air suling untuk blanko;
- 5) pasang unit pengaman tutup pada masing-masing tabung;
- 6) masukkan ke dalam oven pada suhu 150°C selama 2 jam;
- 7) keluarkan tabung KOK dari dalam oven dan biarkan hingga dingin;
- 8) pindahkan campuran dari tabung KOK ke dalam labu erlenmeyer 100 mL dan bilas dengan 10 mL air suling;
- 9) tambahkan 2 mL asam sulfat pekat;
- 10) tambahkan 3 tetes larutan indikator ferolit;
- 11) titrasi dengan larutan baku fero amonium sulfat 0,025N yang telah dibakukan sampai terjadi perubahan warna dari hijau menjadi merah coklat;
- 12) catat mL pemakaian larutan baku fero amonium sulfat;
- 13) apabila perbedaan pemakaian larutan baku fero amonium sulfat secara duplo lebih dari 0,10 mL ulangi penetapan, apabila kurang atau sama dengan 0,10 mL rata-ratakan hasilnya untuk perhitungan kadar KOK.

2.5 Perhitungan

Hitung kadar KOK dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{KOK} = \{ (A - B) \times N \times 800 \} \times p$$

dengan penjelasan:

A = mL pemakaian larutan baku fero amonium sulfat untuk titrasi blanko;

B = mL pemakaian larutan baku fero amonium sulfat untuk titrasi benda uji;

N = kenormalan larutan baku fero amonium sulfat

p = besar pengenceran contoh uji.

Bila hasil perhitungan lebih besar dari 50 mg/L, ulangi pengujian dengan cara mengencerkan benda uji.

2.6 Laporan

Catat pada formulir kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) parameter yang diperiksa;
- 2) nama pemeriksa;
- 3) tanggal pemeriksaan;
- 4) nomor laboratorium;
- 5) nomor contoh uji;
- 6) lokasi pengambilan contoh uji;
- 7) waktu pengambilan contoh uji;
- 8) mL titrasi larutan ferro amonium sulfat pada pengujian duplo;
- 9) kadar dalam benda uji.

LAMPIRAN 5

**Syarat Keputusan Menteri Negara
KLH Tahun 1991**

LAMPIRAN III

Surat Keputusan Menteri Negara KLH

Nomor : KEP-03/MENKLH/II/1991

Tanggal : 1 Februari 1991

Tentang : Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Yang Telah Beroperasi

No.	Parameter	Satuan	Golongan Baku Mutu Air Limbah			
			I	II	III	IV
	FISIKA					
	Temperatur	°C	35	38	40	45
	Zat padat terlarut	mg/L	1500	2000	3000	5000
	Zat padat tersuspensi	mg/L	100	200	400	500
	KIMIA:					
	pH	-	6-9	6-9	6-9	5-9
	Besi terlarut	mg/L	1	5	10	20
	Mangan terlarut	mg/L	0,5	2	5	10
	Barium	mg/L	1	2	3	5
	Tembaga	mg/L	1	2	3	5
	Seng	mg/L	2	5	10	15
	Khrom hexavalen	mg/L	0,05	0,1	0,5	1
	Khrom total	mg/L	0,1	0,5	1	2
	Cadmium	mg/L	0,01	0,05	0,1	0,5
	Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,005	0,01
	Timbal	mg/L	0,03	0,1	1	2
	Stanum	mg/L	1	2	3	5
	Arsen	mg/L	0,05	0,1	0,5	1
	Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,5	1
	Nikel	mg/L	0,1	0,2	0,5	1
	Kobalt	mg/L	0,2	0,4	0,6	1
	Stanida	mg/L	0,02	0,05	0,5	1
	Sulfida	mg/L	0,01	0,05	0,1	1
	Fluorida	mg/L	1,5	2	3	5
	Klorin bebas	mg/L	0,5	1	2	5
	Amoniak bebas	mg/L	0,02	1	5	20
	Nitrat	mg/L	10	20	30	50
	Nitrit	mg/L	0,06	1	3	5
	BOD ₅	mg/L	20	50	150	300
	COD	mg/L	40	100	300	600
	Senyawa aktif biru metilen	mg/L	0,5	5	10	15
	Fenol	mg/L	0,01	0,5	1	2
	Minyak nabati	mg/L	1	5	10	20
	Minyak mineral	mg/L	1	10	50	100
	Radioaktivitas **)					
	Pestisida, termasuk PCB***)					

*) Kadar air limbah yang memenuhi persyaratan baku mutu air limbah tersebut tidak diperbolehkan dengan cara pengenceran yang airnya langsung diambil dari sumber air.

Kadar bahan limbah tersebut adalah kadar maksimal yang diperbolehkan, kecuali pH yang meliputi juga kadar yang minimal.

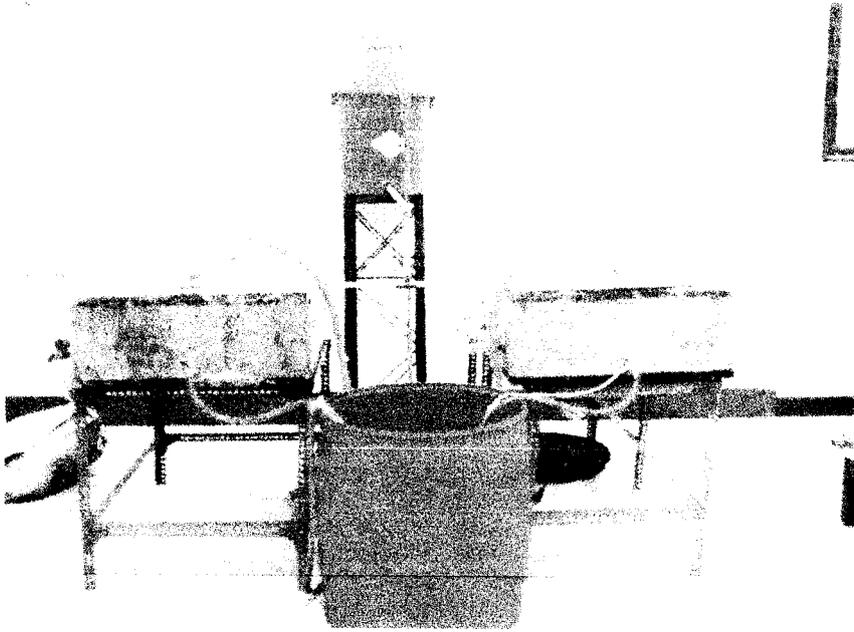
**) Kadar radioaktivitas mengikuti peraturan yang berlaku.

***) Limbah pestisida yang berasal dari industri yang memproduksi atau memproduksi dan dari konsumen yang mempergunakan untuk pertanian dan lain-lain tidak boleh menyebabkan pencemaran air yang mengganggu pemanfaatannya.

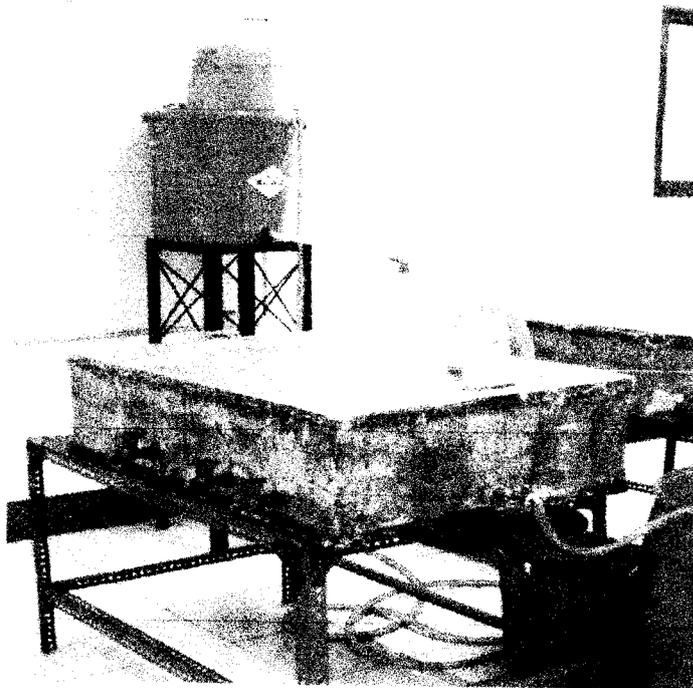
LAMPIRAN 6

**Foto Dokumentasi Reaktor
Roughing Filter**

DOKUMENTASI



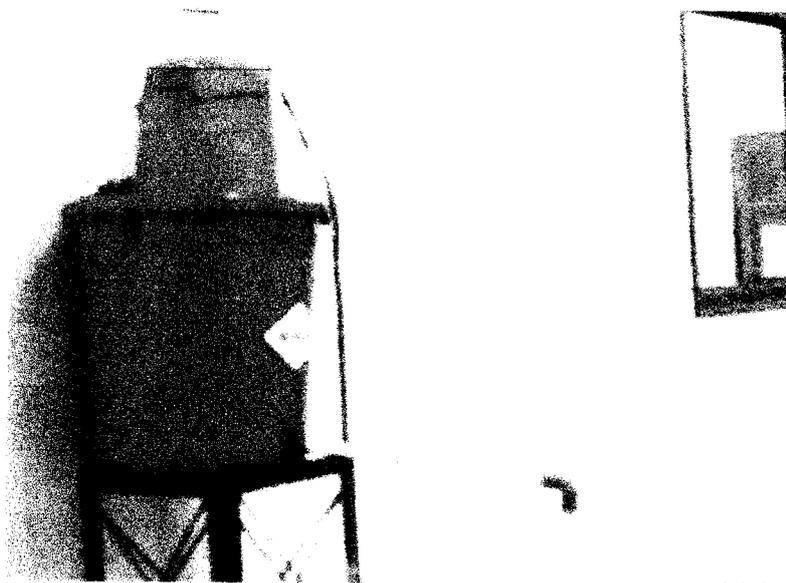
Rektor Penelitian



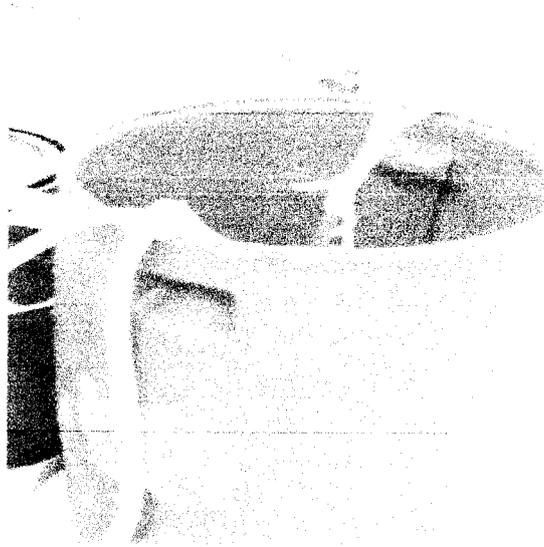
Reaktor Anaerobik Roughing Filter Horizontal Flow



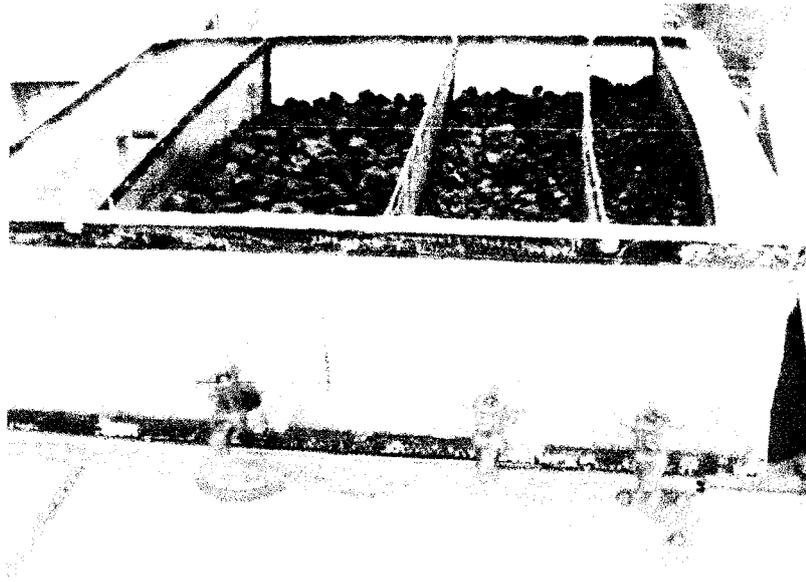
Ember untuk Indikator Gelembung Udara



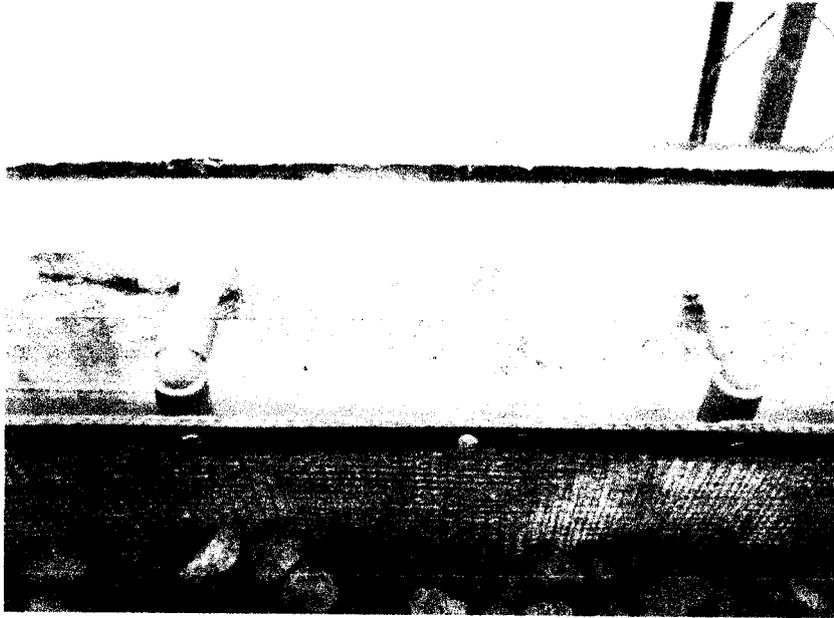
Reservoar



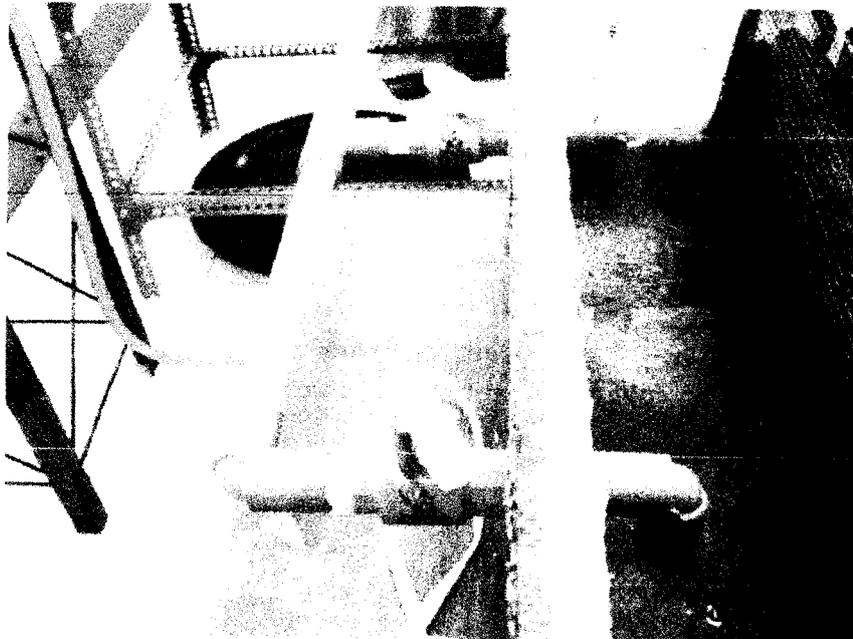
Bak Penampung Air



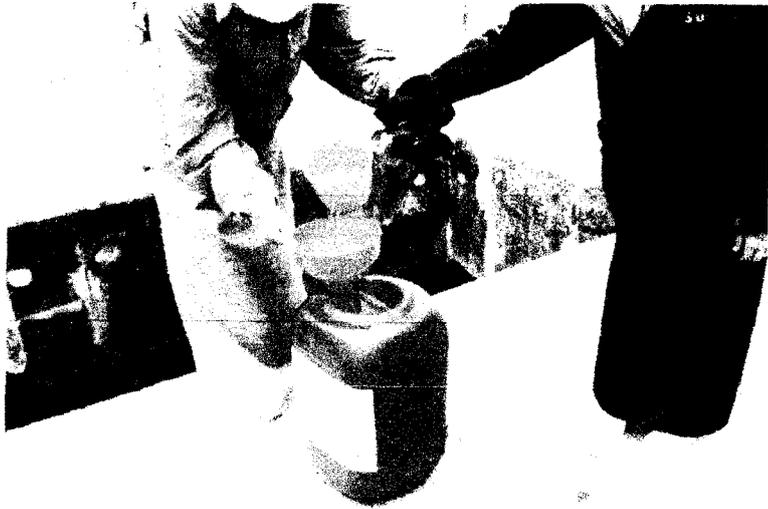
Kompartemen dan Titik Pengambilan Sampel



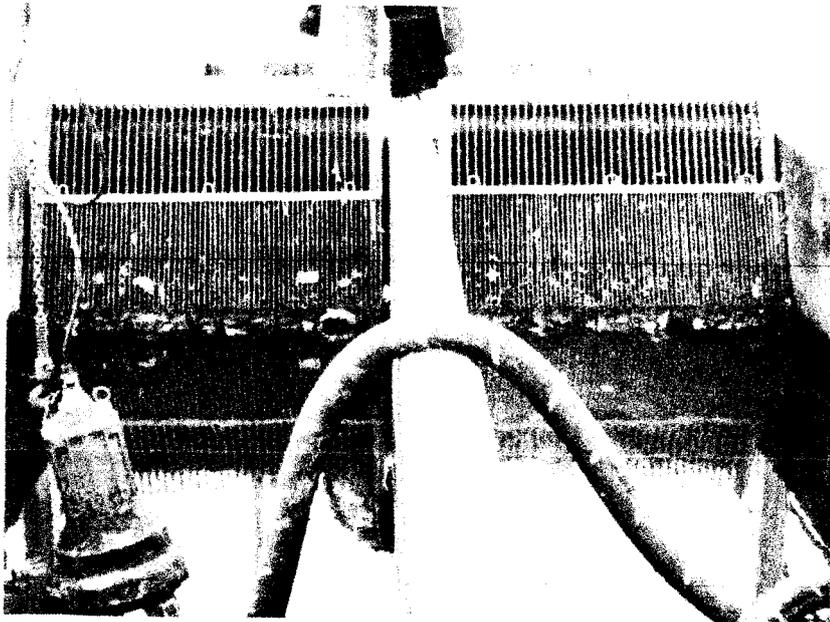
Inlet



Pipa Inlet dan Pengatur Debit



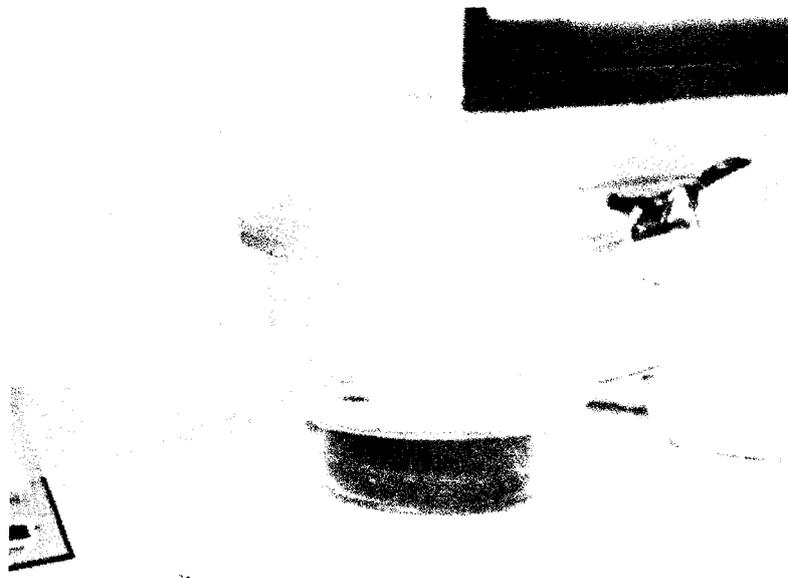
Pengambilan Sampel di IPAL SEWON



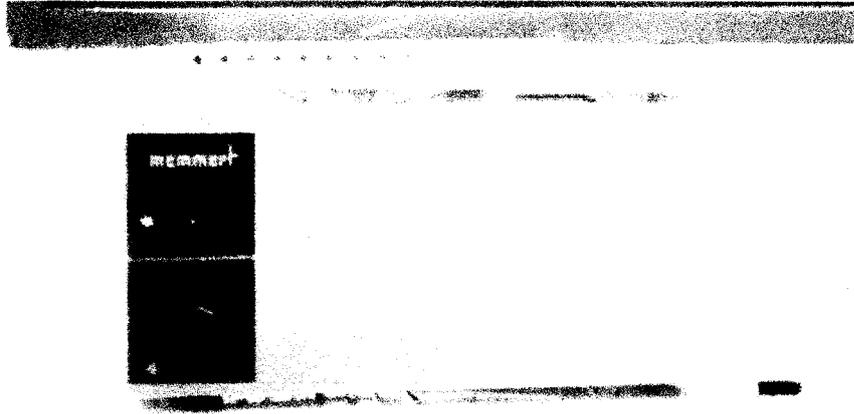
Grit Chamber



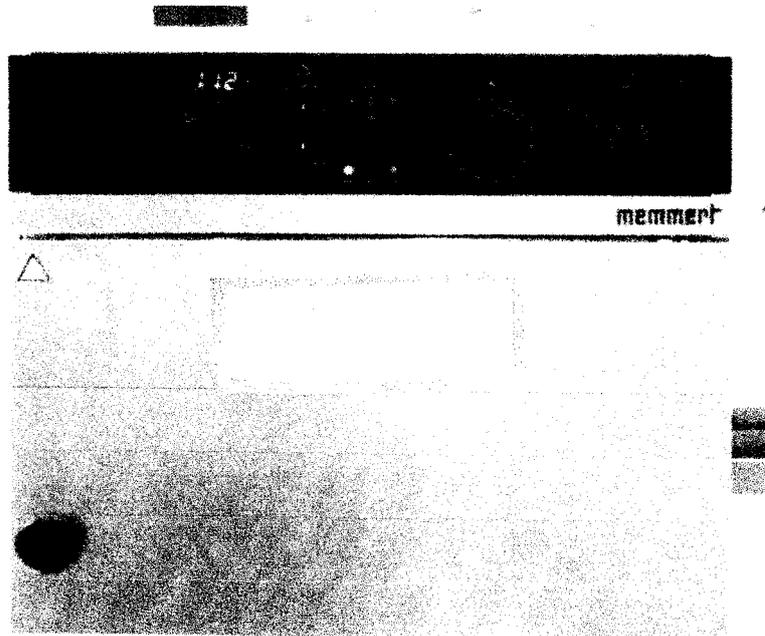
Alat Pengukur Berat untuk Mengukur TSS



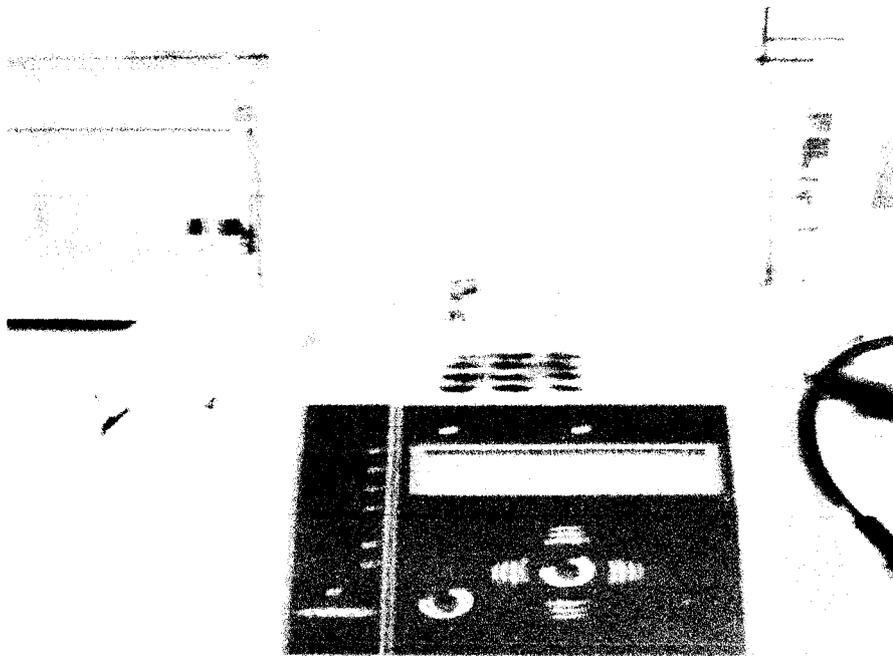
Desikator



Waterbath : Alat untuk Mengukur Nitrat



Oven



Refluks : Alat uji COD