PERPUSTAKAAN FTSP UII
TGL. TERIMA : 5 Juli 2006
NO. JUDUL : 002016
NO. INV. : 0200002010001
NO. INDUK :

TUGAS AKHIR

PENURUNAN COD, JUMLAH BAKTERI *E.COLI* DAN PENGUKURAN pH PADA LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN *ROUGHING FILTER* ALIRAN HORIZONTAL BERMEDIA GRAVEL

Diajukan kepada Universitas IslamIndonesia untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh derajat Sarjana Strata – 1 Teknik Lingkungan



Disusun oleh :

OKTI HANDAYANI
00513031

DIBACA DI PERPUS
TIDAK DIBAWA PULANG

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2006

LEMBAR PENGESAHAN

PENURUNAN COD, JUMLAH BAKTERI *E.COLI* DAN PENGUKURAN pH PADA LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN *ROUGHING FILTER* ALIRAN HORIZONTAL BERMEDIA GRAVEL

Nama : Okti Handayani
No Mahasiswa : 00 513 031
Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I
Ir. H. Kasam, MT

Tanggal : 4/3 '06

Dosen Pembimbing II
Andik Yulianto, ST

Tanggal : 4/3 '06

Penurunan konsentrasi COD, jumlah bakteri E. Coli dan pengukuran pH pada limbah domestik menggunakan Anaerobik Roughing Filter aliran Horizontal bermedia gravel

Abstrak

Roughing filter digunakan untuk pemisahan partikel yang halus dari air, *roughing filter* berfungsi sebagai saringan phisik dan mengurangi massa partikel padat. Selain pemisahan partikel padat, *roughing filter* sebagian juga meningkatkan mutu air secara bakteriologi dan beberapa parameter kualitas air lain, seperti warna atau jumlah bahan organik.

Pada penelitian ini tujuan penelitian adalah mengetahui prosentase penurunan konsentrasi COD dan jumlah bakteri *E. Coli* pada pengolahan limbah domestik dengan menggunakan reaktor anaerobik *Roughing Filter* aliran horizontal bermedia gravel.

Air limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah air limbah yang berasal dari limbah domestik IPAL Sewon Bantul. Untuk pemeriksaan parameter COD dan pH dilakukan setiap 2 hari sekali, dan pemeriksaan jumlah bakteri *E. Coli* dilakukan setiap 4 hari sekali. Metode uji untuk parameter COD mengikuti SNI 60 – 1991, sedangkan untuk *E. Coli* dan pH mengacu pada Standard Methods For Examination of Water & Wastewater 1992.

Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa penurunan COD rata-rata sebesar 32,95 %, sedangkan untuk bakteri *E. Coli* penurunan rata-rata *E. Coli* sebesar 28,257% dan pH berfluktuasi antara 7,46 sampai 8,17.

Kata kunci : Anaerobik *Roughing Filter*, limbah domestik, COD, *E. Coli*, pH

Degradation of Concentration COD, sump up the bacterium E. coli and measurement pH of domestic waste use the Anaerobic Roughing Filter Horizontal Flow gravel media

Abstract

Roughing Filter use for the dissociation of smooth particle from water, roughing filter function as physical filter and lessen the mass solid particle. Besides solid particle dissociation, roughing filter of some of also upgrade the water by bacteriologi and some quality parameter irrigate other dissimilar, like colour or sum up the organic substance.

At this research is research target is know the prosentase of degradation of concentration COD and sump up bacterium E. coli of at domestic waste processing by using reactor of anaerobic Roughing Filter Horizontal Flow of have gravel media.

Irrigate the waste used at this research is waste water coming from domestic waste of IPAL Sewon Bantul. For the inspection of parameter of COD and pH done conducted by each every 2 day once, and inspection sum up the bacterium E. coli done conducted by each every 4 day once. Method test for the parameter of COD follow the SNI 60 – 1991, while to E. coli and pH relate at Standard of Methods For Examination of Water & Wastewater 1992.

From measurement result indicate that the degradation of COD of mean is 32,95 % while bacterium amount E. coli show the mean reduction of equal to 28,257% and pH have fluctuation to of between 7,46 until 8,17.

Key word : Anaerobic Roughing filter, domestic waste, COD, E. coli, pH.

Lembar Persembahan

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah,
Sebuah karya kecil... yang terbesar sepanjang sejarah kehidupanku, dengan segala kerendahan hatiku, kupersembahkan kepadaMu Robb, sebagai pemberi kehidupan dan sumber kekuatan untuk menjalaninya.

Ayahanda Suparno dan Ibunda Ciptati
Sebagai ungkapan rasa hormat dan baktiku atas do`a restu, kasih sayang dengan segala pengorbanan dengan tulus ikhlas menerima amanah – amanah dari Alloh SWT untuk membesarkanku, mendidikku dan mengenalkanku pada Tuhan ku Alloh SWT, serta ketulusan cinta dan kasih sayang tiada batas yang selalu menyertai perjalanan hidupku

Kakanda tercinta Hary
Thanks selalu do`a dan semangat yang telah diberikan selama ini, juga buat mb dinie dan dede tercinta semoga kelak menjadi anak yang berbakti kepada kedua orang tua.

Teman – teman Teknik Lingkungan angkatan `00 dan `01 yang sudah memberikan semangat dan dukungannya thank banget terutama buat teman –teman TA ku Dian Rima dan Rini you are the best friend semoga Alloh selalu memberikan berkah dan hidayahNya kepada kita semua Amin.

Seluruh Dosen di jurusan Teknik Lingkungan
Terima Kasih atas ilmu yang diberikan dan kesabaran dalam mendidik dan membekali kami, semoga amal dan kebaikan diterima oleh Alloh

Motto

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi pengetahuan beberapa derajat
(QS. Al Mujadilah : 11)

Ilmu adalah cahaya, akal adalah penglihatan batin, barangsiapa yang menyibukkan diri dengan ilmu dan akal mereka akan sukses dan terhindar dari kekhawatiran dunia dan akhirat

Inilah harapan orang yang tengah belajar tujuan akhir dan cita mereka Keyakinan adalah filosofi hidup untuk menjadi lebih sempurna, dengan yakin hidup menjadi lebih bermakna

Usaha dan do`a kepada Sang Khalik adalah dua hal yang tidak terpisahkan untuk mencapai suatu keberhasilan dan kemenangan, jangan terlalu cepat menyerah sebelum mencapai yang kau inginkan, sabar... karena dalam kesabaran ada keberhasilan. Saya brfikir dan terus berfikir, selama berminggu-minggu, berbulan-bulan, bertahun-tahun, sembilan sepuluh kali keputusan yang saya buat selalu salah baru pada keputusan yang ke 100 kalilah saya benar
(A. Einstein)

Empat kunci ketenangan Hidup
"Aku bisa tenang menjalani hidup ini karena empat hal. Pertama, aku tahu bahwa rezekiku tidak akan jatuh ke tangan orang lain, maka hatiku menjadi tenang. Kedua, aku tahu bahwa tugasku tidak akan dikerjakan orang lain, maka aku sibukkan diriku dengannya, Ketiga, aku tahu bahwa Allah selalu melihatku, maka aku malu jika aku menjatuhkan diriku dalam lumpur dosa. Dan keempat, aku tahu bahwa ajal itu pasti datang, maka aku selalu bersiap-siap menantinya."
(Al Iman Al Hasan Al Bashri)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul "Penurunan COD, jumlah bakteri *E. Coli* dan pengukuran pH dengan menggunakan *Roughing Filter* aliran Horizontal bermedia gravel".

Tugas akhir ini berdasarkan penelitian yang telah penulis lakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP UII sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik (ST).

Selama penyusunan tugas akhir, penulis banyak memperoleh bantuan yang berupa materi maupun non materi, sehingga laporan ini dapat terwujud. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Kasam, MT selaku ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan dan dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dengan sabar sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Andik Yulianto, ST selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan arahan serta dorongan selama penulisan laporan tugas akhir ini.
3. Eko Siswoyo, selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan
4. Tasyono, selaku pembimbing laboratorium Teknik Lingkungan yang dengan ikhlas memberikan bantuannya yang sangat bermanfaat.
5. Semua pihak yang telah membantu penulis baik selama penelitian maupun penulisan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, maka dari itu penulis menerima setiap saran dan kritik yang sifatnya men bangun demi perbaikan laporan ini dan penulis mengharapkan laporan ini dapat ber nanfaat untuk kita.

Jogjakarta, Januari 2006

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Lembar Pengesahan ii
Abstrak iii
Abstract iv
Lembar Persembahan v
Motto vi
Kata Pengantar vii
Daftar Isi viii
Daftar Gambar x
Daftar Tabel xi
Daftar Lampiran xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 TujuanPenelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 BatasanMasalah 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1. Air Limbah 6
2.2. Karakteristik Air Buangan Domestik 7
2.3. Pengolahan Air Buangan 8
2.4. Pengolahan Secara Biologi 10
2.5. Proses Pengolahan Air Buangan Secara Anaerob 11
2.6. Pengolahan Air Buangan Dengan Roughing Filter 17
2.6.1.Teknologi Roughing Filter 17
2.6.2.Perkembangan dan Aplikasi Roughing Filter 19
2.6.3.Konstruksi Roughing Filter 21
2.6.4.Komponen Roughing Filter 22
2.6.5.Variabel Desain Roughing Filter 24
2.6.6.Pembersihan Filter 26
2.6.7.Pemeliharaan Filter 30
2.7. Parameter Penelitian 31
2.8. Hipotesa 35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 36
LokasiPenelitian 36
3.1. Obyek Penelitian 36
3.2. Jenis Penelitian 36
3.3. Kerangka Penelitian 36
3.4. Parameter dan Variabel Penelitian 37
3.5. Tahapan Penelitian 38
3.5.1. Persiapan Alat 39

3.5.2. Proses Running 40
3.5.3. Proses Aklimasi 40
3.5.4. Prosedur Penelitian 41
3.6. Analisa Data 41
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 43
4.1. Parameter COD 43
4.1.1. Hasil Pengujian COD 43
4.1.2. Analisa Data COD 44
4.1.3. Pembahasan COD 46
4.2. Parameter E. Coli 47
4.2.1. Hasil Pemeriksaan E.Coli 47
4.2.2. Analisa Data E.Coli 47
4.2.3. Pembahasan E. Coli 48
4.3. Parameter pH 49
4.3.1. Hasil Pengukuran pH 49
4.3.2. Analisa Pengukuran pH 50
4.3.3. Pembahasan Pengukuran pH 51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 53
5.1. Kesimpulan 53
5.2. Saran 53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Aplikasi dan Konsep dari Roughing Filter.....18
Gambar 2.2 Konstruksi Secara umum dari Roughing Filter.....18
Gambar 2.3 Bagian – bagian Roughing Filter 22
Gambar 4.1 Konsentrasi COD hari ke 0 s.d 4.....45
Gambar 4.2 Konsentrasi COD hari ke 6 s.d 10.....45
Gambar 4.3 Konsentrasi COD hari ke 12 s.d 16.....45
Gambar 4.4 Penurunan E.Coli 48
Gambar 4.5 Penurunan pH hari ke 0 s.d 4 50
Gambar 4.6 Penurunan pH hari ke 6 s.d 10 51
Gambar 4.7 Penurunan pH hari ke 12s.d 16 51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Kontaminan Limbah Domestik.....8
Tabel 2.2 Klasifikasi Filter.....21
Tabel 4.1 Hasil Pengujian COD.....43
Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan E. Coli 47
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran pH 49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Uji Anova Parameter COD, E Coli dan pH 1
Lampiran 2 Metode Pengujian COD 2
Lampiran 3 Gambar Reaktor Roughing Filter 3
Lampiran 4 F Tabel UjiAnova 4

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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.

Dalam limbah domestik terdapat bakteri *E. Coli*, kehadiran bakteri *E Coli* dalam air buangan merupakan indikator terjadinya pencemaran materi fekal. Kehadiran 500 bakteri *Coli* dalam 100 ml air memungkinkan terjadinya penyakit gastroenteritis yang segera diikuti oleh demam tifus *Escherichia coli* pada keadaan tertentu dapat mengalahkan mekanisme pertahanan tubuh sehingga dapat tinggal di

dalam blader (cystitis) dan pelvis (pyelitis) ginjal dan hati, antara lain dapat menyebabkan diarhea, septimia, periotonis, meningistis dan infeksi – infeksi lainnya.

Sebagai salah satu alternatif pengolahan untuk menurunkan konsentrasi pencemar dengan parameter ini 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% (Sandec,2005).

Berdasarkan berbagai penelitian dan aplikasi pada skala proyek yang telah dilakukan seperti tersebut di atas, maka perlu dikembangkan tentang pemanfaatan *roughing filter* untuk pengolahan air buangan, khususnya air buangan di kota Yogyakarta.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam pengolahan limbah domestik berbagai treatment telah dilakukan, untuk mendapatkan hasil yang optimal diperlukan pengembangan metode konstruksi dan media. Pada penelitian ini didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

Apakah Reaktor *Anaerobik Roughing Filter* aliran Horizontal dengan 3 kompartemen yang sama panjang dan ukuran gravel berbeda dapat menurunkan konsentrasi COD dan jumlah bakteri *E.Coli* .

1.3 Tujuan Penelitian

Pada dasarnya dalam sebuah penelitian diperlukan tujuan untuk mendapatkan bahasan yang spesifik, fokus dan terarah. Penelitian ini bertujuan untuk :

Mengetahui prosentase penurunan konsentrasi COD, jumlah bakteri *E.Coli*, dan pengukuran pH pada pengolahan limbah domestik menggunakan reaktor *anaerobik Roughing Filter* aliran Horizontal dengan 3 kompartemen yang sama panjang dan ukuran gravel berbeda.

1.4 Manfaat Penelitian

Adanya manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini agar dapat dikembangkan lagi aplikasinya di masa yang akan datang.

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

1.5 Batasan Masalah

Diperlukan batasan untuk menjelaskan tujuan dan arah dari penelitian ini secara rinci dan spesifik. Batasan – batasan dalam 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. Media yang digunakan dalam *Roughing Filter* aliran Horizontal adalah gravel dengan ukuran 20 - 5 mm.

3. Masing – masing panjang kompartemen *Roughing Filter* aliran Horizontal yang berisi media pada penelitian ini adalah 20 cm.
4. Parameter air limbah yang diperiksa adalah COD, pH, dan jumlah bakteri *E.Coli*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. Air Limbah

Secara garis besar, aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya terdiri dari aktivitas rumah tangga, aktivitas pertanian untuk menghasilkan bahan makanan dan aktivitas industri untuk memenuhi kebutuhan lain seperti sandang, papan, pendidikan, kesehatan, rekreasi dan lain-lain.

Berdasarkan ketiga macam aktivitas kehidupan tadi, maka air limbah yang dihasilkan berdasarkan sumbernya dapat diklasifikasi menjadi 3 macam yaitu :

a. Limbah Rumah Tangga (domestik)
b. Limbah Pertanian
c. Limbah Industri

Yang dimaksud dengan limbah rumah tangga yaitu semua bahan limbah yang berasal dari kamar mandi, kakus, dapur, tempat cuci pakaian dan cuci peralatan rumah tangga. Secara kualitatif limbah rumah tangga terdiri dari zat organik baik padat maupun cair, garam laut, lemak dan bakteri, khususnya bakteri golongan fecalcoli.

Limbah pertanian berasal dari daerah daerah pertanian (sawah) terdiri dari bahan padat bekas tanaman yang bersifat organis, bahan pemberantas hama atau pestisida dan bahan pupuk yang mengandung nitrogen, pospor, sulfur dan mineral seperti kalium dan kalsium.

Sedang limbah industri sangat beragam tergantung dari jenis industri yang bersangkutan, tetapi secara kualitatif limbah industri terdiri dari zat organik terlarut, zat padat tersuspensi, nutrien (N dan P), minyak dan lemak, logam berat dan racun organik, warna dan kekeruhan yang mempengaruhi kualitas badan air. Berdasarkan bentuknya, bahan limbah dapat berbentuk padat (sampah), berbentuk cair (*liquid waste*) dan gas.

2.2. Karakteristik Air Buangan Domestik

Air buangan perkotaan mengandung lebih dari 99,9% cairan, zat-zat yang terdapat di dalam air buangan diantaranya adalah unsur-unur organik tersuspensi maupun terlarut dan juga unsur-unsur anorganik serta mikroorganisme. Unsur-unsur tersebut memberi corak kualitas air buangan dalam sifat fisik, kimiawi, maupun biologi.

a. Karakteristik Fisik

   Karakteristik fisik yang menjadi parameter di dalam pengolahan meliputi : Temperatur, total solid, warna, bau dan kekeruhan.

b. Karakteristik Kimiawi

   Karakteristik kimiawi yang menjadi parameter di dalam pengolahan meliputi : Senyawa organik, senyawa anorganik, dan gas.

Secara umum kontaminan yang terdapat pada air buangan/limbah domestik adalah seperti pada Tabel 2.1. di bawah ini:

Tabel 2.1. Komposisi Kontaminan Limbah Domestik

Kontaminan	Satuan	Konsentrasi Rendah	Konsentrasi Medium	Konsentrasi Tinggi
Total Solid (TS)	mg/L	390	720	1230
Total Dissolved Solid (TDS)	mg/L	270	500	860
Fixed	mg/L	160	300	520
Volatil	mg/L	110	200	340
Total Suspended Solid (TSS)	mg/L	120	210	400
Fixed	mg/L	25	50	85
Volatil	mg/L	95	160	315
Settleable Solids	mL/L	5	10	20
BOD_5, 20°C	mg/L	110	190	350
Total Organik Karbon (TOC)	mg/L	80	140	260
COD	mg/L	250	430	800
Nitrogen (Total sbg N)	mg/L	20	40	70
Organik	mg/L	8	15	25
Amoniak bebas	mg/L	12	25	45
Nitrit	mg/L	0	0	0
Nitrat	mg/L	0	0	0
Phospor (Total Sbg Phospor)	mg/L	4	7	12
Organik	mg/L	1	2	4
InOrganik	mg/L	3	5	10
Klorida	mg/L	30	50	90
Sulfat	mg/L	20	30	50
Minyak dan Lemak	mg/L	50	90	100
VOCs	mg/L	<100	100-400	>400
Total Coliform	No./100mL	10^6-10^8	10^7-10^9	10^7-10^{10}
Fecal Coliform	No./100mL	10^3-10^5	10^4-10^6	10^5-10^8

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

c. Karakteristik Biologi

Karakteristik biologis yang menjadi parameter di dalam pengolahan yaitu : Kandungan mikroba, tumbuhan dan hewan didalamnya.

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 (Pranoto, 2002).

Menurut (Eddy and Metcalf, 2003), maka 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 phospor 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*)

Di dalam 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 Trikling 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 Anaerob

Proses anaerobik pada hakekatnya adalah proses yang terjadi karena aktivitas mikroba yang dillakukan pada saat tidak terdapat oksigen bebas. Proses fermentasi yang berlangsung secara anaerobik akan menghasilkan produk akhir pada kondisi pH

netral. Produk akhir yang dihasilkan dari perombakan bahan organik yaitu metana dan karbondioksida.

Beberapa alasan yang dipakai untuk 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 (Betty dan Rahayu, 1995).

Perombakan bahan organik menjadi metana dan karbondioksida merupakan fermentasi anaerob yang sangat kompleks karena melibatkan peran serta beberapa macam mikroba. Namun secara garis besar mikroba yang berperan pada proses fermentasi anaerob tersebut dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu :

1. Bakteri pembentuk asam (Acidogenic bacteria), yang merombak senyawa – senyawa organik menjadi asam – asam organik, karbondioksida, hidrogen, NH_4, dan H_2S.
2. Bakteri pembentuk asetat (Acetogenic bakteria) yang mengkonversikan asam – asam organik dan senyawa netral yang lebih besar dari metanol menjadi asetat, CO_2 dan hidrogen.
3. Bakteri penghasil metana yang berperan dalam konversi asam – asam lemak, CO_2 dan hidrogen menjadi metana dan CO_2 (Anonim,1992).

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

a) Bakteri bentuk batang dan tidak membentuk spora dinamakan *Methanobacterium.*

b) Bakteri bentuk batang dan membentuk spora adalah *Methanobacillus.*

c) Bakteri bentuk kokus,yaitu *Methanococcus* atau kelompok yang membagi diri.

d) 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 CO_2 sebagai akseptor elektron.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

$$4H_2 + CO_2 \longrightarrow CH_4 + 2H_2O$$

Reaksi tersebut akan menghasilkan energi, sedangkan unsur karbon yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tidak dihasilkan. Kebutuhan karbon dan CO_2 tersebut diperoleh dari substrat atau hasil produksi dari bakteri genus Methano yang mempunyai kemampuan penggunaan substrat yang sangat spesifik atau dinamakan " *Substrate specific*".

Pada umumnya air buangan terdiri dari suatu senyawa kompleks. Pengolahan air buangan secara anaerob untuk mengolah senyawa kompleks, menghasilkan produk akhir CH_4 dan CO_2 meliputi dua tahap yang berbeda, yaitu :

1. Fermentasi Asam

Komponen air buangan komplek 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 :

Bahan organik + nutrisi $\xrightarrow{\text{bakteri}}$ sel + asam volatil + H_2 + CO_2

Asam volatil + alkohol + H_2 + CO_2 + nutrisi $\longrightarrow$ sel + CH_4 + CO_2

Faktor-faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi proses anaerobik diantaranya:

a) 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 pembentukkannya 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, $NaHCO_3$, $NaCO_3$, 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 (Betty dan Rahayu,1995).

b) 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.

c) 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 yai g bersifat termofilik yaitu yang hidup pada kisaran suhu 50° C - 65° C, suhu optimumnya adalah 55° C.

d) Nutrisi

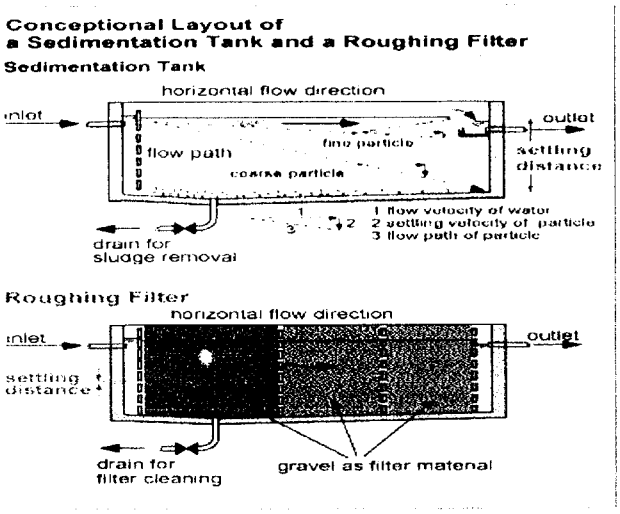
Bahan – bahan organik biasanya mengandung nutrisi cukup baik untuk pertumbuhannya mikroba. Pada proses anaerobik ini, media yang mempunyai kandungan nutrisi tertentu yang optimum akan sangat mempengaruhi proses. Perbandingan unsur Nitrogen, Karbon dan fosfat layak untuk diperhitungkan yaitu besarnya 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 (Betty dan Rahayu, 1995).

Kebutuhan makronutrient pada air buangan yang bersifat asam melalui perbandingan COD : N :P = 1000 : 5 :1, dan C : N: P = 350 : 5 :1, sedangkan C: N : P = 130 : : 5 : 1. Kebutuhan mikronutrien yang diperlukan untuk pertumbuhan bakteri anorganik yaitu : Ni, Co, Fe, dan Mn.

2.6. Pengolahan Air Buangan Dengan *Roughing Filter*

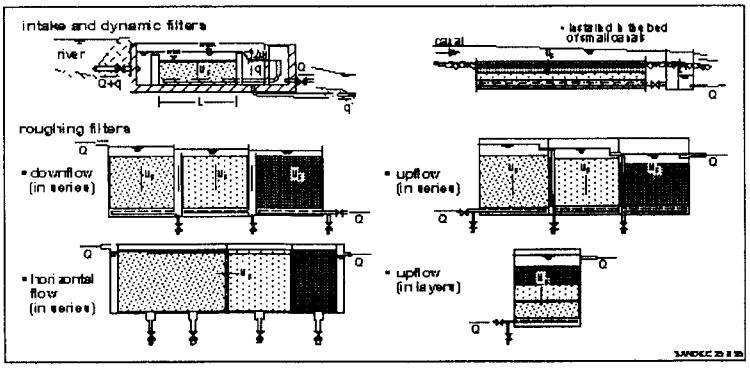
2.6.1. Teknologi *Roughing Filter*

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 kuntitasnya 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 (Sandec, 2005).



Gambar 2.1. Aplikasi dan Konsep dari *Roughing Filter*

. *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*

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 akiran 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 ekslusif 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. (Wegelin, M at all, 1998).

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 pemeliharaannya. 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

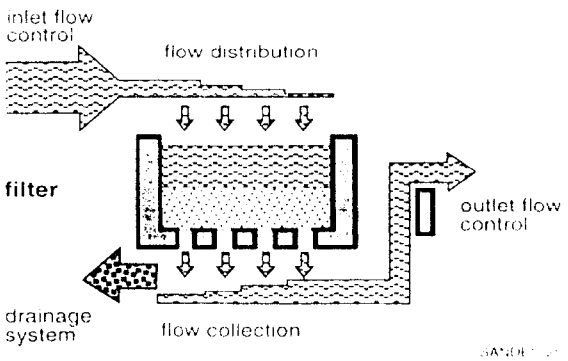
Tipe filter	Ukuran Material Filter (dig [mm])	Kecepatan Viltrasi (VF [m/h])
rock filter	> 50 mm	1 - 5 m/h
roughing filter	20 - 4 mm	0.3 - 1,5 m/h
rapid sand filter	4 - 1 mm	5 - 15 m/h
slow sand filter	0.35 - 0.15 mm	0.1 - 0.2 m/h

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*

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 atu 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 sacara 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 Tr (hari/minggu).

Desain Filter ada 6 variabel dalam range tertentu, yaitu :

1. Kecepatan filtrasi Vf (m/jam), umumnya berkisar antara 0.3-1 m/jam.

2. Ukuran rata-rata dg_i (mm) dari setiap media filter, biasanya range antara 20-4 mm. Fraksi media filter dapat dilihat pada tabel 3, direkomendasikan seragam.
3. Panjang Ii (m) dari setiap media filter yang spesifik

   Setiap panjang Ii 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 kekerubah pada sebuah *roughing filter*. Akan tetapi, secara individual panjang filte Ii dari *roughing filter* sering di desain dengan rasio 3:2:1.
5. Tinggi H (m) dari luas permukaan filter A (m^2)

   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 fil er secara manual dilakukan dengan mudah untuk meremoval material fi ter. Lebar filter harus tidak melebihi 4-5 m dan A untuk vertical flow filter harus

tidak lebih besar dari 25-30 m^2 atau 4-6 m^2 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 hidrolik, filter dibersihkan secara hidrolik 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 m/s – 0,40 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 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 hidrolik tetapi jika perlu bisa juga secara manual. Pembersihan teratur media filter penting untuk operasi filter yang baik. Berlawanan dengan operasi filter dibawah aliran laminer. Pembersihan filter

hidrolik dilaksanakan dibawah kondisi aliran turbulen. Air yang tertampung dalam filter dialirkan keluar dari kompartemen filter pada kecepatan drinae tinggi. Agar tak kehilangan terlalu banyak air limbah yang tertampung dalam filter, katup atau pintu harus dibuka dngan cepat. Drainase kejut diterima oleh pembukaan dan penutupan katup yang cepat dihubungkan ke sistem underdrain dari filter. Mulai dan pemberhentian proses drainase akan menginduksi kondisi aliran yang tidk 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 drinase fiter ketika deposit lumpur yang tetap ada yang teralumulasi 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 tersedi dalam filter kasar aliran horizontal, sejak kompartemen filter yang berbeda dipisahkan oleh dinding berlubang, schingga air yang tersimpan dalam filter dapat dialirkan dalam pipa drinase terbuka. Oleh sebab itu volume air limbah yang dapat dipertimbangkan tersedia untuk membila lumpur yang terakumulasi di sekitar pipa drinase diluar filter. Bagaimanapun, kecuali semua pipa drainase terbuka secara simultan ,

kecepatan drainae 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 hidrolik 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 penbersihan filter. Pembersihan manual diperlukan bila resistensi filter inisial mulai meningkat dan tak ada regensi filter terlihat setelah pembersihan hidrolik. 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, digunaka 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. Permukan air bebas pada bagian atas filte tersebut seharusnya

tidak pernah ditoleransi karena efisiensi filter menurun secara dramatis karena aliran air yang singkat/pendek.

2.6.7 Pemeliharaan filter

Insident utama seringkali merupakan hasil dari sebab-sebab minor. Pernyataan tesebut 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 drinase air limbah dan *run off* permukaan).
- Memperbaiki keretakan dinding dari struktur yang berbeda dan penggantian plaster shipped
- Pemakain 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 checlist 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 :

1. COD (Chemical Oxygen Demand)

Adalah jumlah (mg O_2 yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat – zat organis yang ada dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi $K_2Cr_2O_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (oxidizing aagent) . 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.

Dalam hal ini bahan buangan organik akan dioksidasi oleh Kalium bichhromat menjadi gas CO_2 dan H_2O serta sejimlah ion Chrom.Oksidasi terhadap bahan buangan organik akan mengikuti reaksi berikut ini :

$$CaHbOc + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \longrightarrow CO_2 + H_2O + Cr^{3+}$$

Reaksi tersebut perlu pemanasan dan juga penambahan katalis perak sulfat ($AgSO_4$) untuk mempercepat reaksi. Apabila dalam bahan baungan organik diperkirakan ada unsur Chlorida yang dapat mengganggu reaksi maka perlu ditambahkan merkuri sulfat untuk menghilangkan gangguan tersebut. Chlorida dapat mengganggu karena akan ikut teroksidasi oleh kalium bichromat sesuai denga reaksi berikut ini :

$$6Cl^- + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 3Cl_2 + 2\ Cr^{3+} + 7H_2O$$

Apabila di dalam larutan air lingkungan terdapat Chlorida, maka oksigen yang diperlukan pada reaksi tersebut tidak menggambarkan keadaan sebenarnya. Seberapa jauh tingkat pencemaran oleh bahan buangan organik tidak dapat diketahui dengan benar. Penambahan merkuri sulfat adalah untuk mengikat Chlor menjadi merkori chlorida mengikuti reaksi berikut ini :

$$Hg^{2+} + 2Cl^- \longrightarrow HgCl_2$$

Warna larutan air lingkungan yang mengandung bahan bauanga ı organik sebelum reaksi oksidasi adalah kuning. Setelah reaksi oksidasi selesai maka akan berubah menjadi hijau. Jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi trhadap buangan organik sama dengan kumlah kalium bichromat yang dipakai pada reaksi tersebut di atas. Makin banyak kalium bichromat yang dipakai pada reaksi oksidasi, berarti makin banyak oksigen yang diperlukan. Ini berarti bahwa air lingkungan makin banyak tercemar oleh bahan buangan organik.

2. Escherichia Coli

Escherichia coli adalah salah satu bakteri yang tergolong *koliform* dan hidup di dalam kotoran manusia maupun hewan, oleh karena itu disebut juga *koli fekal.* Kehadiran bakteri *Coli* yang merupakan parameter ada tidaknya materi fekal di dalam suatu habitat (air) sangat diharuskan untuk penentuan kualitas air yang aman.

Bakteri koliform lainnya berasal dari hewan dan tanaman mati dan disebut koliform nonfekal, misalnya *Enterobacter aerogenes, E. Coli* adalah grup koliform yang mempunyai sifat dapat memfermentasi lactose dan memproduksi asam dan gas pada suhu 37° C maupun suhu 44.5+0,5° C dalam waktu 48 jam. Sifat ini digunakan untuk membedakan *E. Coli* dari *Enterobacter*, karena *Enterobacter* tidak dapat membentuk gas dari lactose pada suhu 44.5+0.5° C. *E. Coli* adalah bakteri yang termasuk famili *Enterobacteriaceae*, bersifat gram negative, berbentuk batang dan tidak membentuk spora. Untuk membedakan *E. coli* dan *E. aerogenes* juga dapat dilakukan uji IMViC (indol, merah metal, *Voges- Proskauer*, sitrat, yaitu uji yang menunjukkan pembentukan indol dari triptofan, uji merah metil yang menunjukkan fermentasi glucose menghasilkan asam sampai pH mencapai 4.5 sehingga medium akan berwarna merah dengan adanya merah metal, uji *Voges- Proskauer* yang menunjukkan pembentukan asetil metal karbinol dari glucose, dan uji penggunaan sitrat sebagai sumber karbon. *E. Coli* mempunyai sifat yang berbeda dari aerogenes karena pada umumnya dapat memproduksi indol dari triptofan, membentuk asam sehingga menurunkan pH medium menjadi 4.5, tidak memproduksi asetil metal karbinol atau asetoin dari glucose, dan tidak dapat menggunakan sitrat sebagai satu-

satunya sumber karbon. Sifat-sifat *E.coli* lainnya yang penting adalah bakteri ini dapat memfermentasi lactose dengan memproduksi asam dan gas, mereduksi nitrat menjadi nitrit, bersifat katalase positif dan oksidase negatif. Khusus untuk kelompok bakteri *Coli*, kehadirannya di dalam benda (air, bahan makanan dan sebagainya) yang berhubungan dengan kepentingan manusia, sangat tidak diharapkan. Karena kehadiran kelompok bakteri ini pada suatu benda menandakan bahwa benda tersebut telah tercemar (dikenai) oleh materi fekal, yaitu materi yang berada bersama tinja atau feses atau kotoran manusia. Ini disebabkan oleh asal dari kelompok bakteri ini adalah di dalam tinja manusia dan hewan berdarah panas lainnya. *Escherichia Coli* merupakan salah satu jenis kelompok bakteri yang sangat dihindari kehadirannya di dalam suatu benda yang berhubungan dengan kepentingan manusia. Berdasarkan asal dan sifatnya, kelompok bakteri *Coli* dibagi menjadi dua golongan, yaitu :

a) Coli fekal, seperti *Escherichia* yang betul-betul berasal dari tinja manusia.
b) Coli-non fekal, seperti *Aerobacter* dan *Klebsiella* yang bukan berasal dari tinja manusia, tetapi mungkin berasal dari sumber lain.

3. pH

pH merupakan indikator sifat asam atau basa suatu larutan. Nilai pH air buangan di bawah 7 menunjukkan bahwa asam air itu bersifat asam, sedangkan nilai pH diatas 7 bersifat basa. Air buangan dinyatakan netral jika nilai pH sama dengan 7 (Alaerts, G,1987), sedangkan pH air yang terpolusi, misalnya air buangan, berbeda – beda tergantung dari jenis buangannya. Sebagai contoh, air buangan pabrik

pengalengan mempunyai pH 6,2 – 7,6, air buangan pabrik susu dan produk-produk susu biasanya mempunyai pH 5,3 – 7,8, air buangan pabrik bir mempunyai pH 5,5 – 7,4, sedangkan air buangan pabrik pulp dan kertas biasanya mempunyai pH 7,6 – 9,5.

Pada industri – industri makanan, peningkatan keasaman air buangan umumnya disebabkan oleh kandungan asam – asam organik. Air buangan industri – industri bahan anorganik pada umumnya mengandung asam mineral dalam jumlah tinggi sehingga keasamannya juga tinggi atau pHnya rendah. Adanya komponen besi sulfur (FeS_2) dalam jumlah tinggi di dalam air juga akan meningkatkan keasamannya karena FeS_2 dengan udara dan air akan membentuk H_2SO_4 dan besi (Fe) yang larut.

Perubahan keasaman air buangan, baik kearah alkali (pH naik) maupun ke arah asam (pH menurun), akan sangat mengganggu kehidupan ikan dan hewan air sekitarnya. Selain korosif terhadap baja dan sering menyebabkan pengkaratan pada pipa-pipa besi.

pH suatu larutan merupakan salah satu indikator penting dalam pengolahan air buangan secara biologis karena aktifitas mikroorganisme akan optimum pada kondisi pH antara 6,5 – 7,5.

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.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

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

3.2. Obyek penelitian

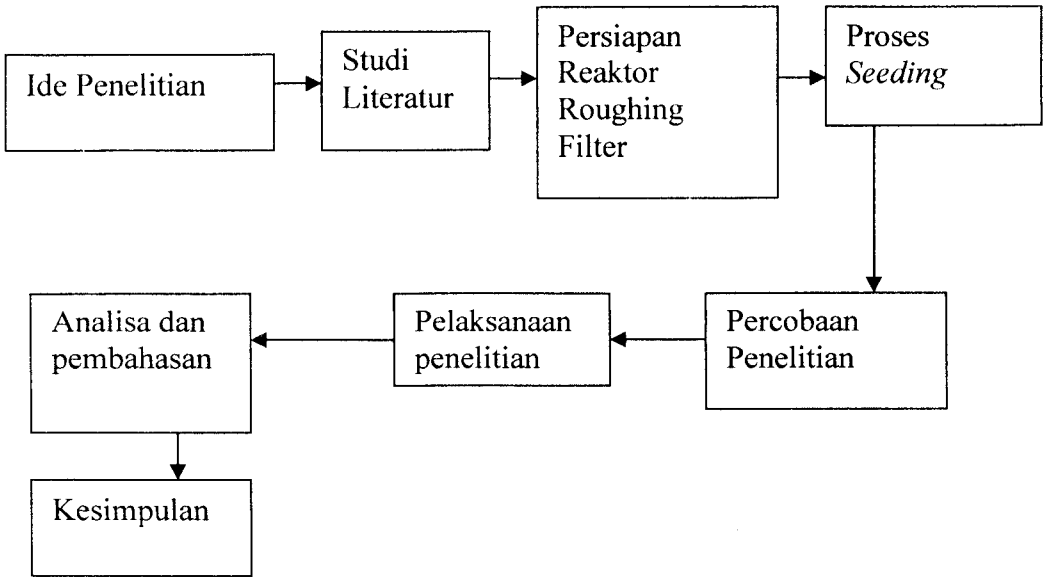
Obyek penelitian adalah limbah yang berasal dari IPAL Sewon, Banguntapan Bantul.

3.3. Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian eksperimen yang dilaksanakan di 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

Pada penelitian ini parameter yang dianalisa adalah COD, *E. Coli* dan pH. Untuk analisa COD dan pengukuran pH dilakukan setiap 2 hari sekali, sedangkan analisa jumlah bakteri *E. Coli* dilakukan setiap 4 hari sekali. Adapun parameter penelitian dan metode uji mengikuti metode uji seperti yang disajikan dalam tabel berikut ini :

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,18th,1992 Annual Book of ASTM Standard, Vol 11.02, D 1293-84
3.	*E. Coli*		Standard Methods for Examination of Water &Wastewater,18th,1992

3.5.2. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Variabel pengaruh yaitu panjang kompartemen yang sama pada pengambilan sampel.

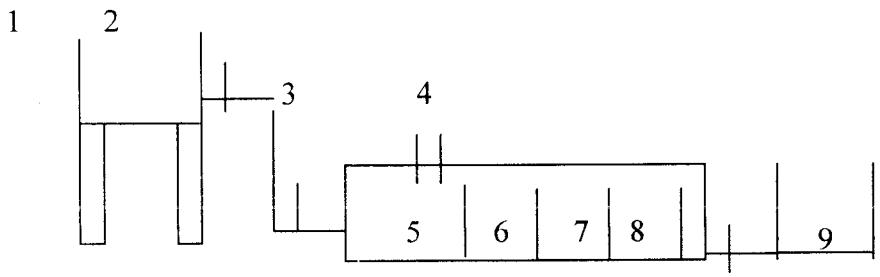
2. Variabel terpengaruh yaitu kualitas parameter COD, *E. Coli* dan pH dalam air limbah IPAL Sewon Banguntapan, Bantul.

3.6 Tahapan Penelitian

Tahapan pelaksanaan dalam penelitian, yaitu:

3.6.1 Persiapan Alat

1. Peralatan yang berupa reaktor *Roughing Filter* yang terdiri dari bak pengendap, kompartemen pertama berisi media gravel berukuran 20 - 15 mm, kompartemen kedua berisi media gravel berukuran 14 -10 mm dan kompartemen ketiga berisi media gravel berukuran 9 - 5 mm dengan panjang masing – masing kompartemen 20 cm.
2. Merangkai reaktor *roughing filter* dengan reservoar, 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.Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1. **Desain Reaktor Roughing *Filter***

Keterangan:

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

3.6.2 Proses Running

a. Sebelum dilakukan proses pengolahan air limbah domestik, terlebih dahulu diadakan Running untuk mendapatkan lapisan film biologis pada media pertumbuhan yaitu gravel.

b. Sebelum dilakukan Running, pH air limbah terlebih dahulu pH air limbah dinetralkan. Dalam proses ini, limbah diencerkan 50% dengan air biasa sehingga diperoleh perbandingan air limbah : air biasa adalah 1:1.

c. Proses ini dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah domestik yang berasal dari Sewon, Bantul, selama 6 hari atau sampai terlihat adanya gelembung udara pada penangkap udara.

d. Pada proses ini untuk mempercepat pertumbuhan bakteri, dalam air limbah ditambahkan susu dan pupuk urea.

3.6.3. Proses Aklimasi

- Setelah ada gelembung udara pada penangkap gas (kurang lebil 6 hari), dilakukan proses aklimasi selama 16 hari. Kosentrasi limbah diganti lari 50 % menjadi 100%.

- Dalam proses ini, dilakukan pemeriksaan awal untuk parameter COD, *E. Coli*, dan pH. Kemudian setiap 2 hari sekali dilakukan pemeriksaan parameter COD dan pH, dan setiap 4 hari sekali dilakukan 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, bakteri *E.Coli* dan pH 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, bakteri *E. Coli* dan pH yaitu pada kompartemen kedua (titik sampling 1), pada kompartemen ketiga (titik sampling 2) dan kompartemen keempat (titik sampling 3)

3.7. Analisa Data

Data-data COD, bakteri *E. Coli* dan pH air limbah yang telah diperoleh dari hasil pemeriksaan di laboratorium diolah dan dikelompokkan, kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik

Untuk mengetahui efisiensi removal parameter COD digunakan rumus efisiensi sebagai berikut :

$$E\ (\%) = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100\ \%$$

Keterangan :

E = efisiensi (%)

C = konsentrasi (mg/l)

Sumber : Metcalf and Eddy, 1991

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini parameter yang diuji adalah COD, *E. Coli* dan pH. Pemeriksaan COD dan pH dilakukan setiap 2 hari sekali dengan tujuan untuk mengetahui konsentrasi penurunan yang terjadi dari hari ke 0 sampai ke 16 pada inlet, kompartemen 1, kompartemen 2, kompartemen 3 dan outlet, sedangkan untuk *E.Coli* pemeriksaan dilakukan setiap 4 hari sekali. Hasil pengujian, analisa data dan pembahasan ketiga parameter tersebut adalah sebagai berikut :

4.1. Parameter COD

4.1.1. Hasil Pengujian COD

Pada penelitian ini pengujian COD dilakukan pada hari ke 0 sampai hari ke 16 dengan pengambilan sampling di setiap titik yaitu inlet, kompartemen 1, kompartemen 2, kompartemen 3 dan outlet menunjukkan hasil konsentrasi COD yang berbeda yaitu seperti disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4.1. Hasil pemeriksaan COD pada air limbah domestik

Hari ke	Inlet (mg/L)	Kompartemen 1 (mg/L)	Kompartemen 2 (mg/L)	Kompartemen 3 (mg/L)	Outlet (mg/L)
0	128	111.6	111.2	108	97.6
2	67.6	66.4	58.4	56	49.6
4	70.4	50	47.2	47.2	20.6
6	45.2	40.4	39.6	36.4	36.4
8	50.4	47.2	45.6	45.6	41.6
10	55.2	49.6	44.8	38.8	36.4

Hari ke	Inlet (mg/L)	Kompartemen 1 (mg/L	Kompartemen 2 (mg/L)	Kompartemen 3 (mg/L)	Outlet (mg/L)
12	54.4	51.2	47.2	42.8	42
14	62.4	42.4	40	35.6	32
16	43.6	40	38.4	35.2	30.8
C rata-rata	64.133	55.422	52.488	49.511	43

% COD = inlet rata-rata – outlet rata-rata x 100%

Inlet rata-rata

= 64.133-43 x100% = 32.95%

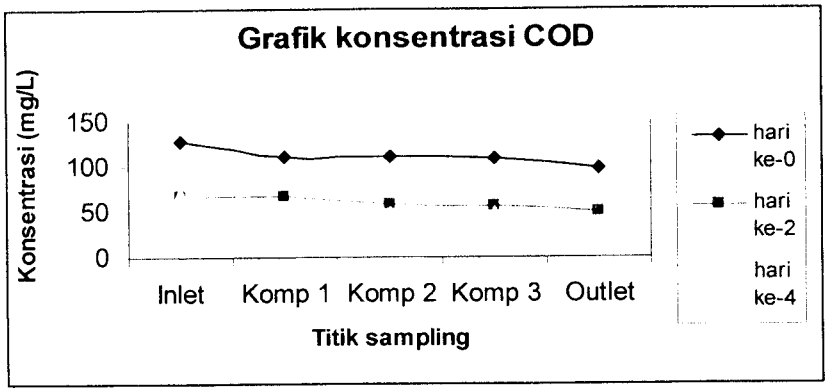
64.133

4.1.2. Analisa Konsentrasi COD

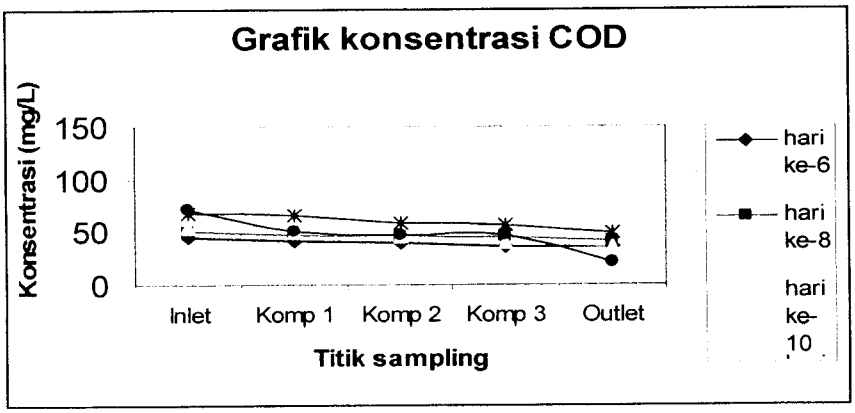
Dari data – data yang telah diperoleh pada inlet, kompartemen 1, kompartemen 2, kompartemen 3 dan outlet dari hari ke 0 sampai hari ke 16, akan dianalisa menggunakan uji anova satu jalur dan ditampilkan pada Gambar 4.1, 4.2, dan 4.3.

Dari hasil perhitungan uji anova satu jalur pada

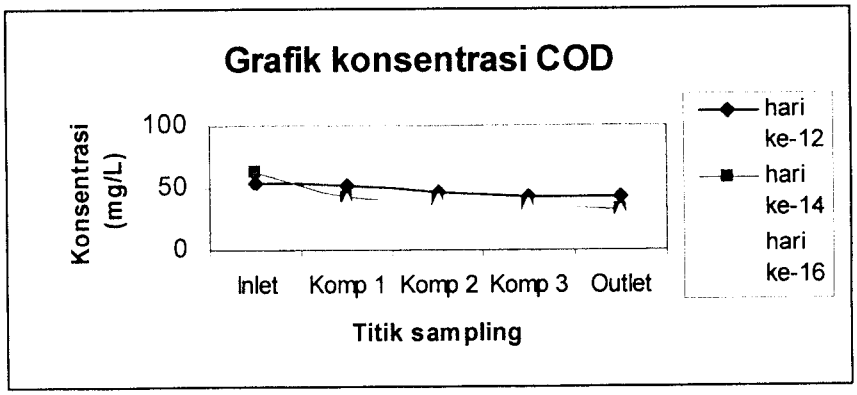
a) inlet dan kompartemen 1 diperoleh F hitung < F tabel : 0,58 < 4,94 hasilnya tidak signifikan (lampiran 1.1.1)
b) inlet dan kompartemen 2 nilai F hitung < F tabel : 1,.34 < 4,94 hasilnya tidak signifikan (lampiran 1.1.2)
c) inlet dan kompartemen 3 diperoleh F hitung < Ftabel : 1,62 < 4,94 hasilnya tidak signifikan (lampiran1.1.3)
d) inlet dan outlet nilai F hitung < F tabel : 3,5 < 4,94 hasilnya tidak signifikan (lampiran 1.1.4)



Gambar 4.1. Konsentrasi COD pada hari ke- 0 s/d 4



Gambar 4.2. Konsentrasi COD pada hari ke-6 s/d 10



Gambar 4.3. Konsentrasi COD pada hari ke- 12 s/d 16



4.1.3 Pembahasan COD

Dari hasil penelitian diperoleh data bahwa konsentrasi COD mengalami penurunan. Pada penelitian ini terjadi penurunan konsentrasi COD rata – rata 32.95 % Pada penelitian ini reaktor Roughing Filter dilengkapi dengan penutup reaktor yang terbuat dari triplek dan diberi selang untuk aliran gas karena reaktor ini dikondisikan dalam kondisi anaerobik. Proses anaerobik mengubah bahan organik dalam limbah cair menjadi methan dan karbonmonoksida tanpa ada oksigen dengan melibatkan dua bakteri yang berbeda yaitu zat organik diubah menjadi asam organik dan alkohol yang mudah menguap kemudian melanjutkan perombakan senyawa asam organik menjadi methan. Penurunan konsentrasi COD dalam reaktor roughing filter ini dimungkinkan oleh masuknya oksigen dari unit reaktor roughing filter , masuknya udara akan mempercepat produksi asam organik, menambah karbondioksida tapi mengurangi methane (Gintings, 1992), Senyawa organik umumnya tidak stabil dan mudah dioksidasi secara biologis atau kimia menjadi senyawa stabil antara lain CO_2, NO_3 dan H_2O. Untuk mengetahui kandungan zat organik yang terkandung dalam reaktor ini dilakukan dengan pengukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilkan (Hermawan, 1990). Konsentrasi COD yang mengalami penurunan pada hari ke 0 sampai 16 juga mempengaruhi jumlah bakteri *E. Coli* dalam reaktor, karena bahan organik yang digunakan sebagai sumber nutrisi bagi bakteri mengalami penurunan. Penurunan COD bisa juga disebabkan oleh adanya material soluble yang tertahan pada media. Di dalam roughing filter gaya tarik menarik massa dan gaya

elektrostatik adalah suatu kombinasi dua kekuatan yang disebut adsorpsi, memungkinkan partikel /unsur untuk tetap berhubungan dengan partikel/unsur padat lain dan material saringan. Gaya tarik menarik massa (gaya van der waals) dan atraksi antara berlawanan elektrikalnya diisi partikel –partikel (gaya lapis dobel) sangat banyak berkurang dengan terus meningkatnya jarak antar partikel unsur tersebut. Di roughing filter, kekuatan ini adalah penting hanya untuk menahan partikel/unsur yang diendapkan bersama-sama pada permukaan butir.

4.2. Parameter E. Coli

4.2.1. Hasil pemeriksaan jumlah bakteri E. Coli

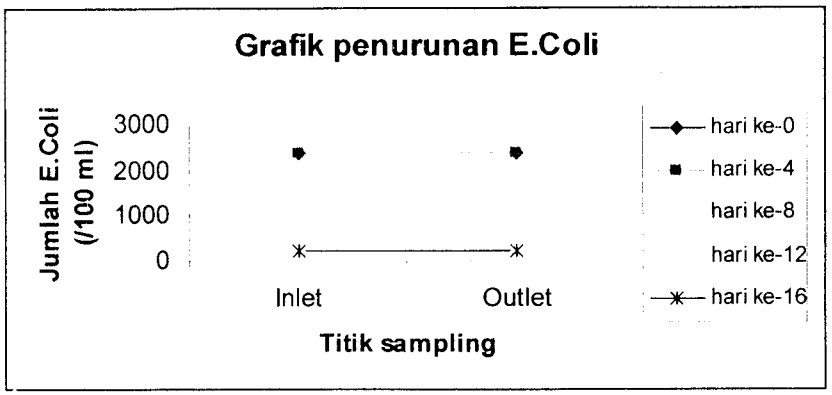
Tabel 4.2. Pemeriksaan E.Coli pada inlet dan outlet

Hari ke (MPN/100ml)	0	4	8	12	16	Σ E. Coli rata-rata
Inlet	24000	24000	2900	2100	2100	110200
Outlet	24000	11000	2100	1500	930	79060

$$\% \text{ penurunan E. Coli} = \frac{110200 - 79060}{110200} \times 100\% = 28.257\%$$

4.2.2 Analisa Data Pemeriksaan Bakteri E. Coli

Dari hasil pemeriksaan bakteri E. Coli yang dilakukan pada inlet dan outlet setiap 4 hari sekali akan dianalisis menggunakan uji anova satu jalur dan akan disajikan pada grafik 4.4. Dari hasil uji anova satu jalur diperoleh data bahwa pada inlet dan outlet diperoleh nilai F hitung < F tabel : 0,189 < 5,32 hasilnya tidak signifikan (lampiran 1.2)



Gambar 4.4. Penurunan Jumlah Bakteri E. Coli

4.2.3 Pembahasan Jumlah Bakteri E. Coli

Dari hasil pengujian diperoleh nilai E. Coli pada hari ke 0, 4, 8, 12, 16 mengalami penurunan, Jumlah bakteri E. Coli menunjukkan pengurangan sebesar 28.257%. Pada prinsipnya treatment anaerobik mengubah bahan buangan menjadi metana dan karbondioksida dalam keadaan hampa udara, dengan melibatkan dua kelompok bakteri yang berbeda (Gintings, 1992), pertama zat organik diubah menjadi asam organik dan alkohol yang mudah menguap, kedua melanjutkan perombakan senyawa asam organik menjadi methan. Dalam reaktor roughing filter terdapat tiga ukuran media yang berbeda yaitu kompartemen 1 dengan ukuran media 20-15 mm, kompartemen 2 ukuran media 14-10 mm, dan kompartemen 3 dengan ukuran media 9-5 mm. Dalam penelitian ini penurunan nilai E. Coli tidak dipengaruhi oleh perbedaan ukuran media dan panjang kompartemen, namun media berperan dalam pembentukan biofilm. Semakin besar luas permukaan media, semakin banyak biofilm yang terbentuk. Kemampuan bakteri dalam pembentukan biofilm dipengaruhi oleh

substrat/ nutrisi. Bahan – bahan organik biasanya mengandung nutrisi yang cukup bagi pertumbuhan mikroba (Jenie, 1993), diketahui nilai COD mengalami penurunan kemungkinan nutrisi/substrat yang ada tidak mampu memenuhi kebutuhan mikroba dalam reaktor akibatnya bakteri mengalami kematian dalam kinetika pertumbuhan bakteri dikenal dengan fase stasioner (Joko Bowo,1996) atau menurut Metcalf and Eddy disebut Declining growth phase. Selain nutrisi, pH memiliki peran penting dalam pertumbuhan bakteri nilai pH pada proses ini cukup tinggi yaitu pada hari ke 0 s/d 10 berkisar 8, sedangkan nilai amonia turun, menurut Jenie, 1993 pada pH tinggi hanya dengan jumlah amonia yang rendahpun sudah akan bersifat racun. Namun penurunan E. Coli dapat pula disebabkan oleh tertahannya bakteri pada media yang mengalir dari inlet menuju outlet.

4.3. Parameter pH

4.3.1 Hasil Pengukuran pH

Tabel 4.3. Pengukuran pH hari ke 0 s/d 16

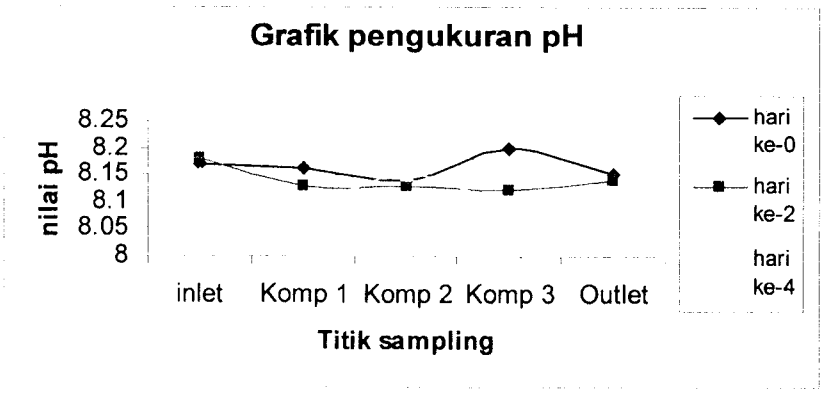
Hari ke	Inlet	Komp 1	Komp 2	Komp 3	Outlet
0	8.17	8.16	8.14	8.2	8.15
2	8.18	8.13	8.13	8.12	8.14
4	8.15	8.1	8.15	8.1	8.09
6	8.16	8.1	8.09	8.1	8.21
8	8.12	8.03	8.06	8.04	8.08
10	8.12	7.99	8	8.04	8.09
12	7.95	7.82	7.89	7.87	7.92
14	7.75	7.68	7.62	7.7	7.5
16	7.71	7.46	7.47	7.49	7.61

4.3.2 Analisa Data pH

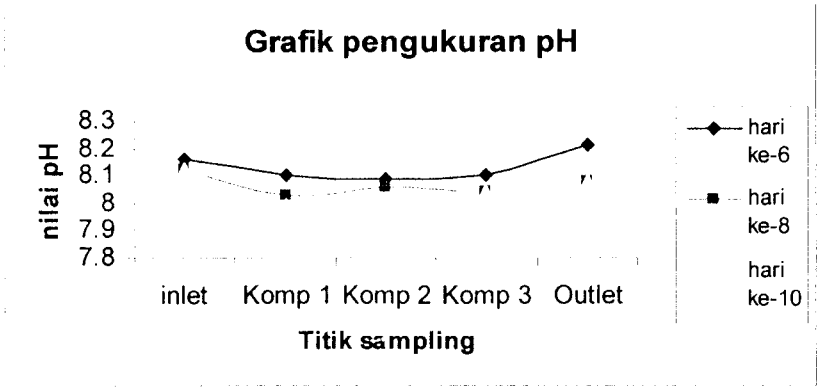
Dari hasil pengujian pH pada inlet, kompartemen 1, kompartemen 2, kompartemen 3 dan outlet dari hari ke 0 sampai hari ke 16 akan dianalisa dengan menggunakan uji anova satu jalur dan disajikan dalam bentuk grafik.

Dari hasil perhitungan uji anova satu jalur dari hari ke 0 sampai 16 diperoleh :

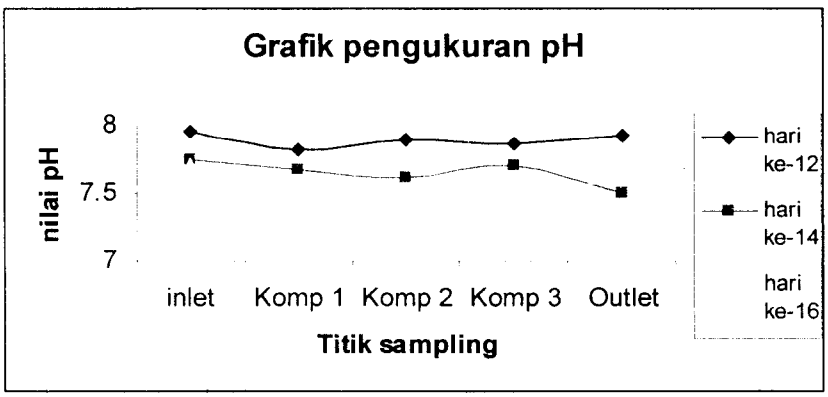
a. Inlet dan kompartemen 1 nilai F hitung < F tabel : 0,56 < 4,94 hasilnya tidak signifikan (dapat dilihat pada lampiran 1.3.1)
b. Inlet dan kompartemen 2 nilai F hitung < F tabel : $1{,}03 \times 10^{-4} < 4{,}94$ hasilnya tidak signifikan (dapat dilihat pada lampiran 1.3.2)
c. Inlet dan kompartemen 3 nilai F hitung < F tabel : 0,5 < 4,94 hasilnya tidak signifikan (dapat dilihat pada lampiran 1.3.3)
d. Inlet dan outlet nilai F hitung < F tabel : 0,2 < 4,94 hasilnya tidak signifikan (dapat dilihat pada lampiran 1.3.4)



Gambar 4.5. Penurunan pH pada hari ke 0 s/d 4



Gambar 4.6. Penurunan pH pada hari ke 6 s/d 10



Gambar 4.7. Penurunan pH pada hari ke 12 s/d 16

4.3.3 Pembahasan Pengukuran pH

Dari hasil pengujian diperoleh nilai pH pada hari ke 0 s/d 10 berkisar 8, sedangkan pada hari ke 12 s/d 16 berkisar 7, nilai pH mengalami penurunan sebesar 3,226 % yang terjadi pada hari ke 14, dengan nilai pH di inlet sebesar 7,75 dan outlet sebesar 7,5. Pada umumnya bakteri tidak dapat bertahan pada pH > 9,5 atau pH < 4,0. pH optimum umumnya berkisar antara 6,5 sampai 7,5 (Benefield, 1980). Pengaruh

dan perubahan pH terhadap sistem sangat besar, oleh sebab itu perubahan pH harus selalu dimonitor. Menurut jenie pada sistem anaerobik asam organik rendah akan terbentuk pada tahap pertama fermentasi. Bila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses pembentukkannya maka konsentrasi asam organik dalam sistem akan meningkat dan mempengaruhi besarnya pH. Perubahan pH yang terjadi pada saat pengolahan air limbah dikarenakan oksidasi amonia menjadi nitrat akan menghasilkan H^+ yang menyebabkan turunnya pH (Joko Bowo, 1996).

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian, analisa dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Terjadi penurunan konsentrasi COD rata – rata sebesar 32.95 %
2. Jumlah bakteri E. Coli menunjukkan pengurangan rata-rata sebesar 28.257%
3. pH berfluktuasi antara 7,46 sampai 8,17.
4. Panjang kompartemen dan perbedaan media gravel tidak mempengaruhi penurunan parameter COD, E Coli dan pH.

4.2 Saran

Mengingat pengolahan limbah domestik menggunakan roughing filter aliran horizontal masih perlu dilakukan pengembangan konstruksi dan media maka

1. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengolahan limbah yang berasal dari limbah industri
2. Bila pengolahan dilakukan secara anaerobik perlu dilakukan pengukuran gas metan dan pemantauan terhadap kondisi pH dan suhu.

DAFTAR PUSTAKA

Alaerts, G, Santika, S.S, 1987. ***Metode Penelitian Air***. Usaha nasional. Surabaya

Arya .W. ***Dampak Pencemaran Lingkungan*** , Andi offset, Jogjakarta

Anonim, 2005, ***Surface Water Treatment by Roughing Filter***, Google.com

Benefield L. D , 1980, ***Biological Process Design For Wastewater Treatment***, Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs, USA.

Dewats, ***Instalasi Pengolah Air Limbah Tepat Guna***,Borda, Jogjakarta

Djoko .B Ir, ***Teknik Pengolahan Air Limbah Secara Biologis***, JTL ITS, Surabaya

Fardiaz .S, 1988, ***Polusi Air dan Udara***, Kanisius, IPB Bogor

Hermawan, 2000, ***Studi Kasus Praktek Pengujian Air***, Jakarta

Jenie Laksmi Sari Betty, 1993, ***Penangan limbah Industri Pangan***, Kanisius, Jogjakarta.

Kristanto .P . Ir, 2002. ***Ekologi Industri***, Andi, Jogjakarta

Metcalf & Eddy, 1991, ***Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse***, Third Edition, McGraw-Hill, New York

Suriawiria, 1986, ***Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologi***, Alumni, Bandung.

SNI Kualitas Air, 1991. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta

Tchobanoglous George, ***Envionmental Engineering***, 1985, McGraw-Hill, Singapore

Tjokrokusumo KRT Ir, ***Pengantar Enginiring Lingkungan Jilid 2***, YLH, STTL, Jogjakarta

LAMPIRAN 1

UJI ANOVA PARAMETER COD, E. COLI DAN pH

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 Ha dan H_0 dalam bentuk kalimat

Ha : 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. Mebuat Ha dan H_0 model statistik

Ha : $A_1 \neq A_2$

H_0 : $A_1 = A_2$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

No	Inlet	Kompartemen I
1	128	111.6
2	67.6	66.4
3	70.4	50
4	45.2	40.4
5	50.4	47.2
6	55.2	49.6
7	54.4	51.2
8	62.4	42.4
9	43.6	40

Statistik	Inlet	Kompartemen I	Total (T)
n	9	9	18
$\sum X$	577.2	498.8	1076
$\sum X^2$	42294.24	31702.88	73997.12
x	64.13	55.42	59.77
$(\sum X)^2/nAi$	37017.76	27644.60	64320.88

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

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

$$= \left(\frac{(577.2)^2}{9} + \frac{(498.8)^2}{9} \right) - \left(\frac{(1076)^2}{18} \right)$$

$$= 272.23$$

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:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{341.79}{1} = 341.79$$

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

$$JK_D = \Sigma X_T^2 - \Sigma \frac{(\Sigma X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 9334.75$$

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:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dK_D} = \frac{9334..75}{16} = 583.42$$

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

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{341.79}{583.42} = 0.58$$

Langkah 11.Menentukan kaedah pengujian:

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

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

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

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

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

Diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.58 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

1.1.2 Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 2

Langkah 1. Membuat Ha dan H_0 dalam bentuk kalimat

Ha : 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. Mebuat Ha dan H_0 model statistik

Ha : $A_1 \neq A_2$

H_0 : $A_1 = A_2$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

No	Inlet	Kompartemen II
1	128	111.2
2	67.6	58.4
3	70.4	47.2
4	45.2	39.6
5	50.4	45.6
6	55.2	44.8
7	54.4	47.2
8	62.4	40
9	43.6	38.4

Statistik	Inlet	Kompartemen II	Total (T)
n	9	9	18
$\sum X$	577.2	472.4	1049.6
$\sum X^2$	42294.24	28960.8	71255.04

x	64.13	52.48	58.31
$(\sum X)^2/nAi$	37017.76	24795.75	61203.34

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

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

$$= \left(\frac{(577.2)^2}{9} + \frac{(4472.4)^2}{9} \right) - \left(\frac{(1049.6)^2}{18} \right)$$

$$= 962.14$$

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:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{610.16}{1} = 610.16$$

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

$$JK_D = \Sigma X_T^2 - \Sigma \frac{(\Sigma X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 9441.52$$

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:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dK_D} = \frac{9441.52}{16} = 590.09$$

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

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{610.16}{590.09} = 1.034$$

Langkah 11.Menentukan kaedah pengujian:

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

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

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

$F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(dkA,dkD)}$

$= F_{(1-0,05)(1,16)}$

$= F_{(0,95)(1,16)}$

$= 4.94$

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

Diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $1.034 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

1.1.3 Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 3

Langkah 1. Membuat Ha dan H_0 dalam bentuk kalimat

Ha : 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 Ha dan H_0 model statistik

Ha : $A_1 \neq A_2$

H_0 : $A_1 = A_2$

Langkah 3. Membuat table penolong untuk menghitung angka statistik

	No	Inlet	Kompartemen III	
	1	128	108	
	2	67.6	56	
	3	70.4	47.2	
	4	45.2	36.4	
	5	50.4	45.6	
	6	55.2	38.8	
	7	54.4	42.8	
	8	62.4	35.6	
Statistik	9	43.6	35.2	**Total (T)**

n	9	9	18
$\sum X$	577.2	445.6	1022.8
$\sum X^2$	42294.24	26275.84	68570.08
x	64.13	49.51	56.82
$(\sum X)^2/nAi$	37017.76	22062.15	58117.77

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

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

$$= \left(\frac{(577.2)^2}{9} + \frac{(445.6)^2}{9} \right) - \left(\frac{(1022.8)^2}{18} \right)$$

$$= 962.14$$

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:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{962.14}{1} = 962.14$$

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

$$JK_D = \Sigma X_T^2 - \Sigma \frac{(\Sigma X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 9490.16$$

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:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dK_D} = \frac{9490.16}{16} = 593.13$$

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

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{962.14}{593.13} = 1.62$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

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

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

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

$F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(dkA, dkD)}$

$= F_{(1-0,05)(1, 16)}$

$= F_{(0,95)(1, 16)}$

$= 4.94$

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

Diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau 1.62 < 4.94, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

1.1.4 Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Outlet

Langkah 1. Membuat Ha dan H_0 dalam bentuk kalimat

Ha : 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. Mebuat Ha dan H_0 model statistik

Ha : $A_1 \neq A_2$

H_0 : $A_1 = A_2$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

No	Inlet	Outlet
1	128	97.6
2	67.6	49.6
3	70.4	20.6
4	45.2	36.4
5	50.4	41.6
6	55.2	36.4
7	54.4	42
8	62.4	32

Statistik	9	43.6	30.8	Total (T)
n		9	9	18
$\sum X$		577.2	385	962.2
$\sum X^2$		42294.24	20363.4	62657.64
x		64.13	42.77	53.46
$(\sum X)^2/nAi$		37017.76	16469.44	51434.94

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

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

$$= \left(\frac{(577.2)^2}{9} + \frac{(385)^2}{9} \right) - \left(\frac{(962.2)^2}{18} \right)$$

$$= 2052.2$$

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:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{2052.2}{1} = 2052.2$$

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

$$JK_D = \Sigma X_T^2 - \Sigma \frac{(\Sigma X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 9170.43$$

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:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dK_D} = \frac{9170.43}{16} = 573.15$$

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

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{2052.2}{573.15} = 3.58$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

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

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

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

$F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(dkA, dkD)}$

$= F_{(1-0,05)(1,16)}$

$= F_{(0,95)(1,16)}$

$= 4,94$

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

Diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $3.58 < 4.94$, 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 Ha dan H_0 dalam bentuk kalimat

Ha : 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. Mebuat Ha dan H_0 model statistik

Ha : $A_1 \neq A_2$

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
$(\sum X)^2/nAi$			6072020	3125242	8954837

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

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

$$= \left(\frac{(5510)^2}{5} + \frac{(3953)^2}{9} \right) - \left(\frac{(9463)^2}{10} \right)$$

$$= 919726.18 - 8954836.90$$

$$= 242424.9$$

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:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{242424.9}{1} = 24242.9$$

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

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

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 Ho artinya signifikan

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

Langkah 12.Mencari F_{tabel} dengan rumus:

$F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(dkA,dkD)}$

$= F_{(1-0,05)(1,8)}$

$= F_{(0,95)(1,8)}$

$= 5.32$

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 Ha dan H_0 dalam bentuk kalimat

Ha : 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 Ha dan H_0 model statistik

Ha : $A_1 \neq A_2$

H_0 : $A_1 = A_2$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

No	Inlet	Kompartemen I
1	8.17	8.16
2	8.18	8.13
3	8.15	8.10
4	8.16	8.10
5	8.12	8.03
6	8.12	7.99
7	7.95	7.82
8	7.75	7.68
9	7.71	7.46

Statistik	Inlet	Kompartemen I	Total (T)
n	9	9	18
$\sum X$	72.31	63.79	136.1
$\sum X^2$	581.2473	568.0099	1149.2572
x	8.04	7.087	7.561
$(\sum X)^2/nAi$	580.9707	452.129	1029.06

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

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

$$= \left(\frac{(72.31)^2}{9} + \frac{(63.79)^2}{9} \right) - \left(\frac{(1136.1)^2}{18} \right)$$

$$= 4.032$$

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:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{4.032}{1} = 4.032$$

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

$$JK_D = \Sigma X_T^2 - \Sigma \frac{(\Sigma X_{AI})^2}{n_{AI}} = 116.1582$$

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:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dK_D} = \frac{116.1582}{16} = 7.26$$

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

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{4.032}{7.26} = 0.5$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

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

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

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

$$F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(dkA,\ dkD)}$$

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

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

$$= 4.94$$

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

Diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.56 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

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

Langkah 1. Membuat Ha dan H_0 dalam bentuk kalimat

Ha : 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 Ha dan H_0 model statistik

Ha : $A_1 \neq A_2$

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	8.13
3	8.15	8.15
4	8.16	8.09
5	8.12	8.06
6	8.12	8.00
7	7.95	7.89
8	7.75	7.62
9	7.71	7.47

Statistik	Inlet	Kompartemen II	Total (T)
n	9	9	18
∑X	72.31	71.55	143.86
∑X²	581.2473	5688.7106	6269.9579
x	8.04	7.95	7.99
(∑X)²/nAi	580.9707	568.823	1149.76

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

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

$$= \left(\frac{(72.31)^2}{9} + \frac{(71.55)^2}{9} \right) - \left(\frac{(143.86)^2}{18} \right)$$

$$= 0.033$$

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.

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{0.033}{1} = 0.033$$

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

$$JK_D = \Sigma X_T^2 - \Sigma \frac{(\Sigma X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 5120.1649$$

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:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dK_D} = \frac{5120.1649}{16} = 320.0$$

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

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{0.033}{320.0} = 1.03 \times 10^{-4}$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

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

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

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

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

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

Diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $1.03 \times 10^{-4} < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

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

Langkah 1. Membuat Ha dan H_0 dalam bentuk kalimat

Ha : 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 Ha dan H_0 model statistik

Ha : $A_1 \neq A_2$

H_0 : $A_1 = A_2$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

No	Inlet	Kompartemen III
1	8.17	8.20
2	8.18	8.12
3	8.15	8.10
4	8.16	8.10
5	8.12	8.04
6	8.12	8.04
7	7.95	7.87
8	7.75	7.70
9	7.71	7.49

Statistik	Inlet	Kompartemen III	Total (T)
n	9	9	18
$\sum X$	72.31	71.66	143.97
$\sum X^2$	581.2473	571.0046	1152.2519
$\bar{x}$	8.04	7.962	7.998
$(\sum X)^2/nAi$	580.9707	570.572	1151.520

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

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

$$= \left(\frac{(72.31)^2}{9} + \frac{(71.66)^2}{9} \right) - \left(\frac{(143.97)^2}{18} \right)$$

$$= 0.022$$

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:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{0.022}{1} = 0.022$$

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

$$JK_D = \Sigma X_T^2 - \Sigma \frac{(\Sigma X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 0.7099$$

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:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dK_D} = \frac{0.7099}{16} = 0.044$$

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

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{0.022}{0.044} = 0.5$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

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

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

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

$$F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(dkA, dkD)}$$
$$= F_{(1-0,05)(1, 16)}$$
$$= F_{(0.95)(1, 16)}$$
$$= 4.94$$

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

Diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.5 < 4.94$, maka terima H_a arti ya tidak signifikan.

1.3.4 Uji Anova Satu Jalur untuk pH Bagian Inlet dan Outlet

Langkah 1. Membuat Ha dan H_0 dalam bentuk kalimat

Ha : 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. Mebuat Ha dan H_0 model statistik

Ha : $A_1 \neq A_2$

H_0 : $A_1 = A_2$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

No	Inlet	Outlet
1	8.17	8.15
2	8.18	8.14
3	8.15	8.09
4	8.16	8.21
5	8.12	8.08
6	8.12	8.09
7	7.95	7.92
8	7.75	7.50
9	7.71	7.61

Statistik	Inlet	Outlet	Total (T)
n	9	9	18
$\sum X$	72.31	71.79	144.1
$\sum X^2$	581.2473	573.1573	1154.4046
x	8.04	7.977	8.006
$(\sum X)^2/nAi$	580.9707	572.64	1153.600

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

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

$$= \left(\frac{(72.31)^2}{9} + \frac{(71.79)^2}{9} \right) - \left(\frac{(144.1)^2}{18} \right)$$

$$= 0.01$$

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:

$$JK_D = \Sigma X_T^2 - \Sigma \frac{(\Sigma X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 0.7946$$

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

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

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

$$KR_D = \frac{JK_D}{dK_D} = \frac{0.7946}{16} = 0.050$$

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

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{0.7946}{0.050} = 0.2$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

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

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

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

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

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

Diperoleh $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $0.2 < 4.94$, maka terima H_a artinya tidak signifikan.

2. Data Hasil Uji Laboratorium Untuk Parameter COD

Hari ke-0

No	Titik Sampel	Analisa 1 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)	Analisa 2 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)
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 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)	Analisa 2 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)
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 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)	Analisa 2 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)
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 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)	Analisa 2 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)
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 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)	Analisa 2 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)
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 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)	Analisa 2 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)
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 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)	Analisa 2 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)
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 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)	Analisa 2 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)
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 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)	Analisa 2 Volume FAS	N FAS	COD (mg/L)
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	8,13
4	Komp 3	8,12
5	Outlet	8,14

Hari ke-4

No	Titik Sampel	pH
1	Inlet	8,15
2	Komp 1	8,10
3	Komp 2	8,15
4	Komp 3	8,10
5	Outlet	8,09

Hari ke-8

No	Titik Sampel	pH
1	Inlet	8,12
2	Komp 1	8,03
3	Komp 2	8,06
4	Komp 3	8,04
5	Outlet	8,08

Hari ke-6

No	Titik Sampel	pH
1	Inlet	8,16
2	Komp 1	8,10
3	Komp 2	8,09
4	Komp 3	8,10
5	Outlet	8,21

Hari ke-10

No	Titik Sampel	pH
1	Inlet	8,12
2	Komp 1	7,99
3	Komp 2	8,00
4	Komp 3	8,04
5	Outlet	8,09

Hari ke-14

No	Titik Sampel	pH
1	Inlet	7,75
2	Komp 1	7,68
3	Komp 2	7,62
4	Komp 3	7,70
5	Outlet	7,50

Hari ke-12

No	Titik Sampel	pH
1	Inlet	7,95
2	Komp 1	7,82
3	Komp 2	7,89
4	Komp 3	7,87
5	Outlet	7,92

Hari ke-16

No	Titik Sampel	pH
1	Inlet	7,71
2	Komp 1	7,46
3	Komp 2	7,47
4	Komp 3	7,49
5	Outlet	7,61

LAMPIRAN 2

METODE 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.16 th Elition, 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 Penetepan Kenormalan Larutan Baku Fero Amonium Sulfat 3

2.4 Cara Uji 4

2.5 Perhitungan 4

2.6 Laporan 5

1. DESKRIPSI

1.1 Maksud dan Tujuan

1.1.1 Maksud

Metode pengujian ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam melaksanaan 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 titrimetrik.

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 L air 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.

II. 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 ± 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, $K_2Cr_2O_7$-$HgSO_4$;
2) larutan campuran asam sulfat-perak sulfat, H_2SO_4- Ag_2SO_4;
3) larutan indikator feroin;
4) serbuk fero amonium sulfat, $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$;
5) larutan baku kalium dikromat, $K_2Cr_2O_7$, 0,025N;
6) asam sulfat pekat, H_2SO_4;
7) air suling atau air demineralisasi yang mempunyai DHL 0,5-2 µmhos/cm;
8) serbuk asam sulfamat, NH_2SO_3H.

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-02-1989-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 sulfamat untuk setiap 1 mg NO_2^-;
(2) kocok campuran selama 1 menit;

4) pipet 10 mL dan masukkan ke dalam tabung KOH;
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 $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$;
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 feroin;
4) titrasi dengan larutan fero ammonium 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 feroin;
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:

$$KOK = \{ (A - B) \times N \times 8000 \} \times p$$

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.

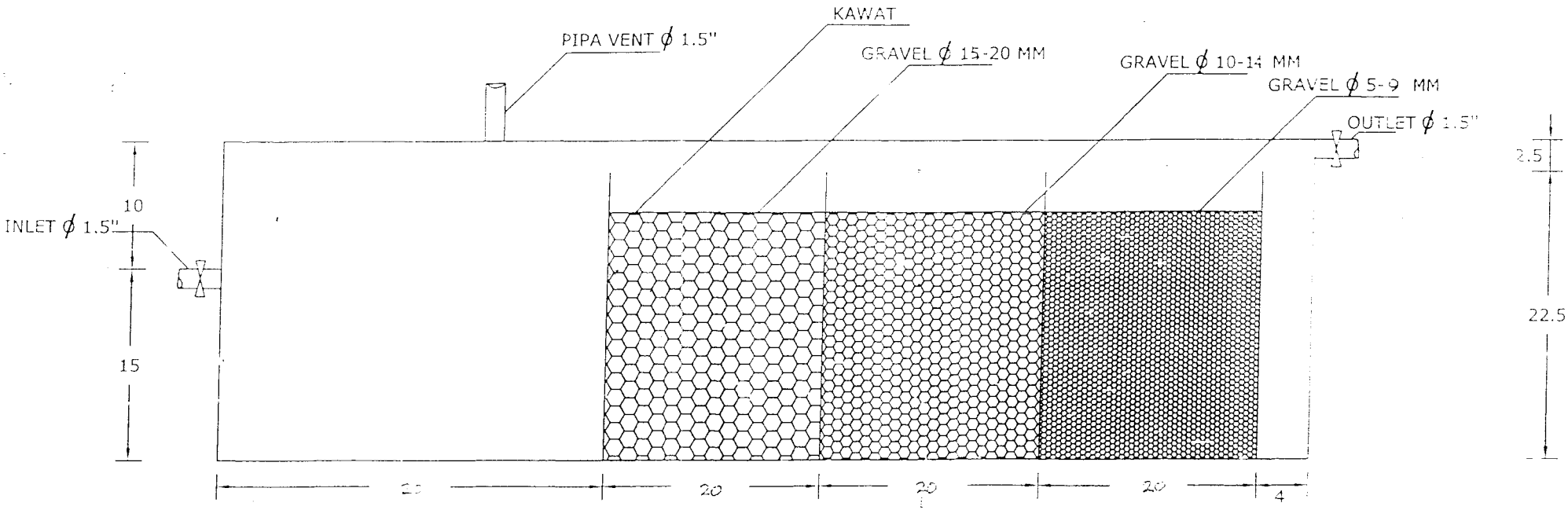
2.6 Laporan

Catat pada formulir kerja hal-hal sebagai berikut:

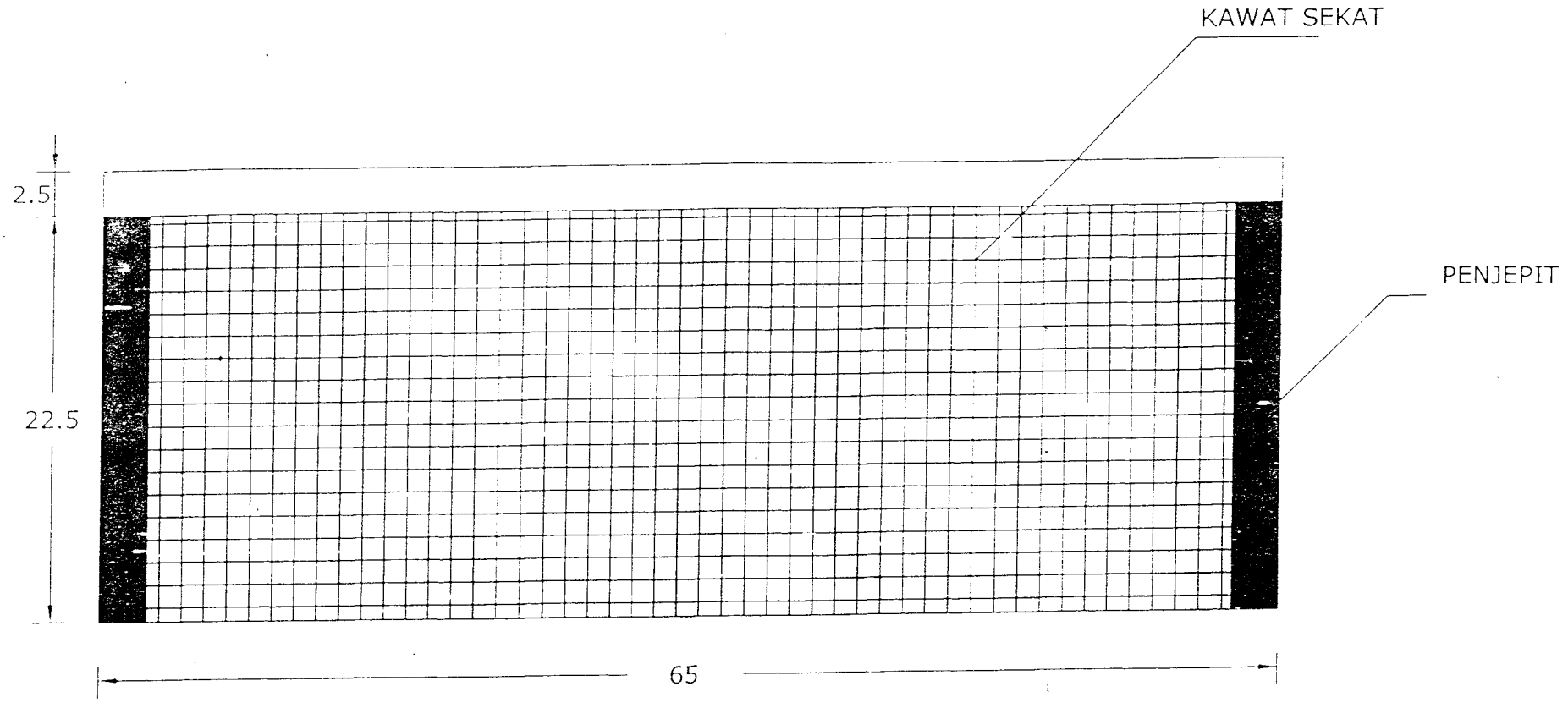
1) parameter yang diperiksa;
2) nama pemeriksa;
3) tanggal pemeriksaan;
4) nomor laboratorium;
5) nomor contoh uji;
6) lokasi pengambilan contoh uji;
7) waktu pengambilan contoh uji;
8) mL titrasi larutan fero amonium sulfat pada pengujian duplo;
9) kadar dalam benda uji.

LAMPIRAN 3

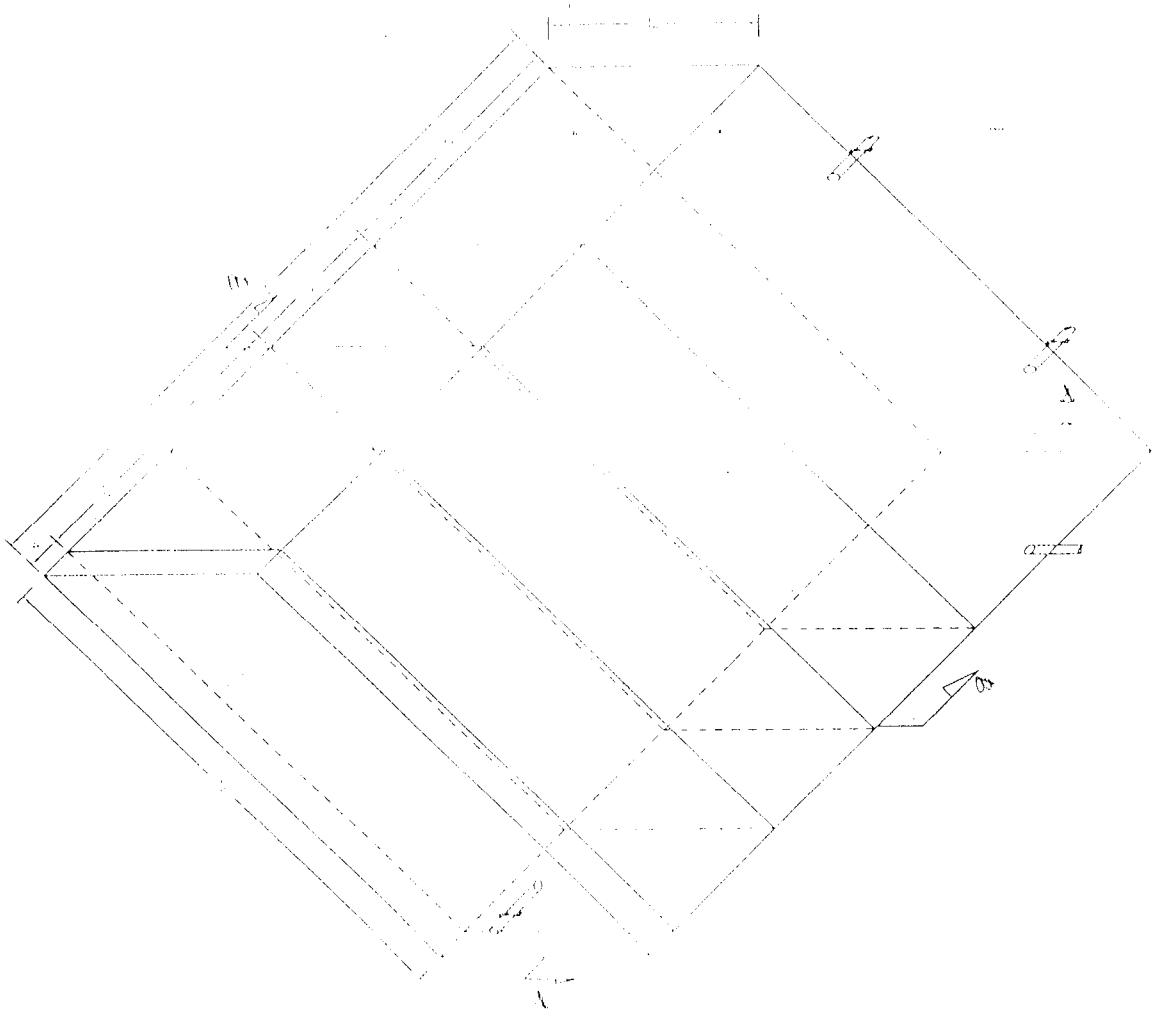
GAMBAR REAKTOR ROUGHING FILTER

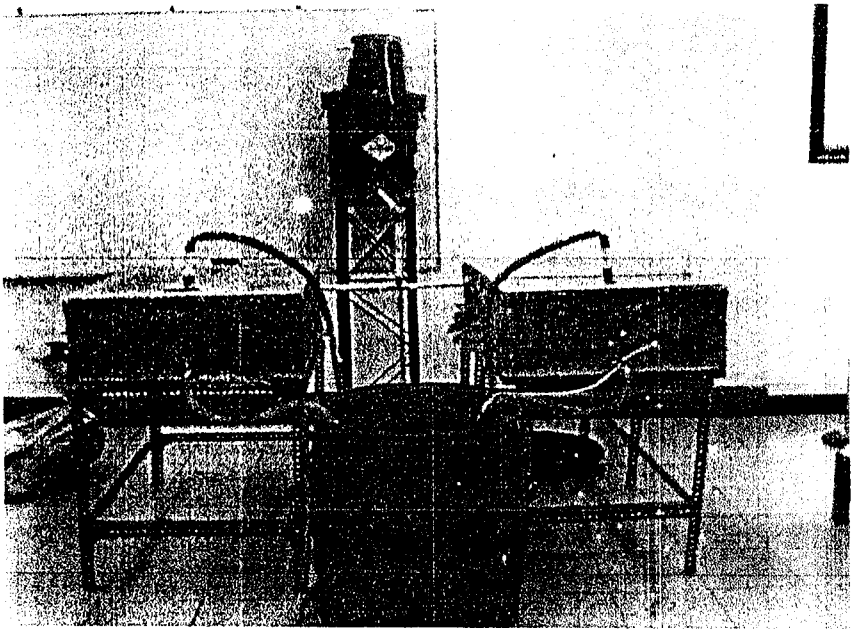

KAWAT
PIPA VENT ϕ 1.5"
GRAVEL ϕ 15-20 MM
GRAVEL ϕ 10-14 MM
GRAVEL ϕ 5-9 MM
OUTLET ϕ 1.5"
INLET ϕ 1.5"
10
15
2.5
22.5
20
20
20
4

POTONGAN AA'

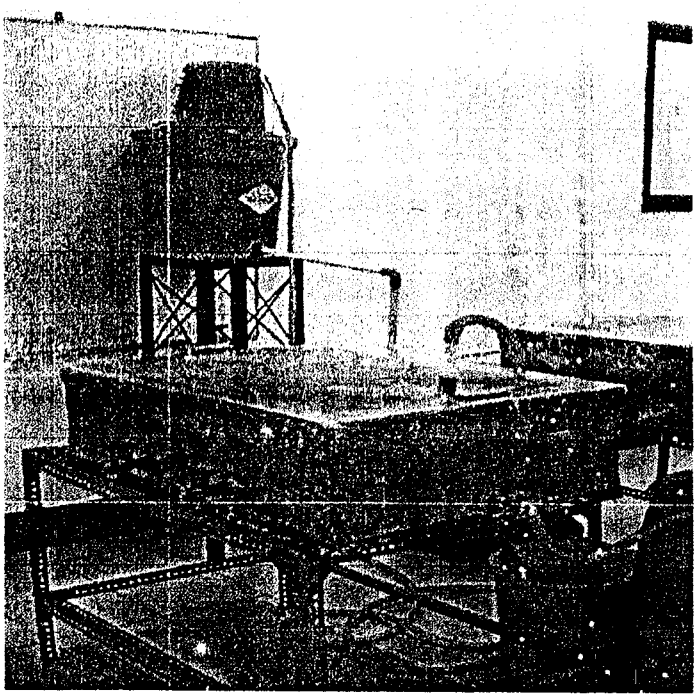


POTONGAN BB'

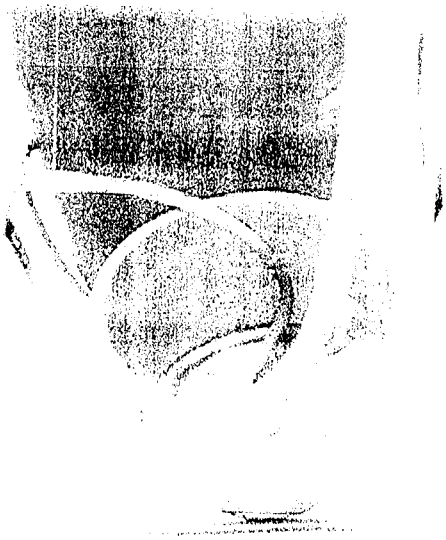




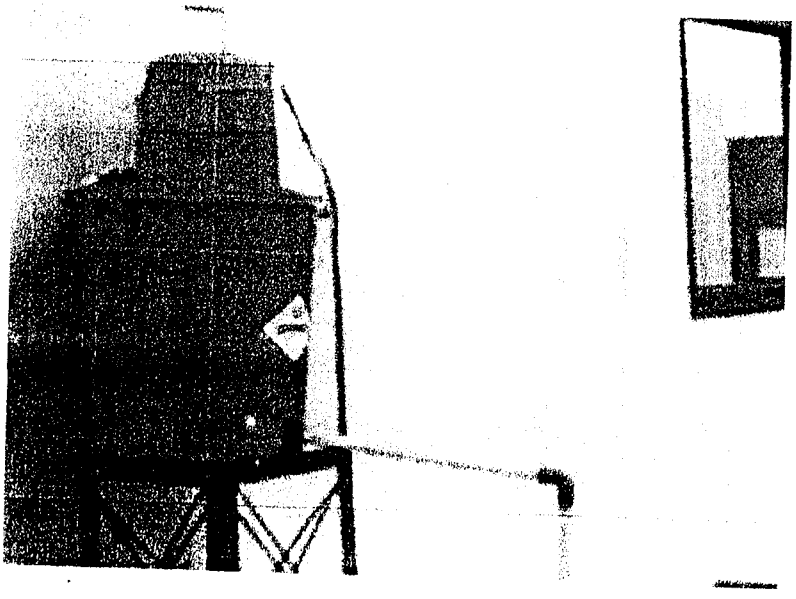
Gambar 6.1. Rektor Penelitian



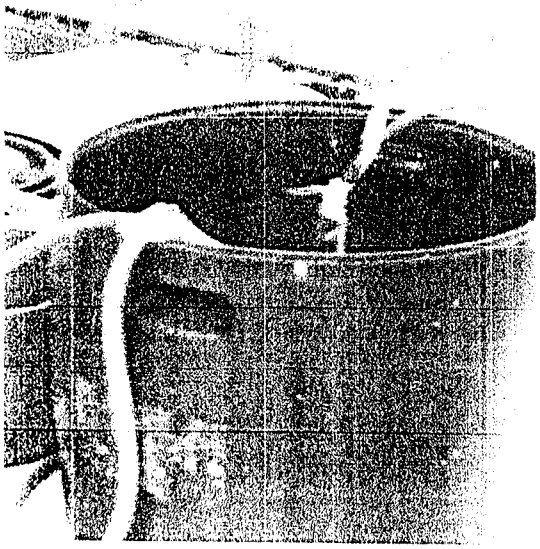
Gambar 6.2. Reaktor Anaerobik Roughing Filter Horizontal Flow



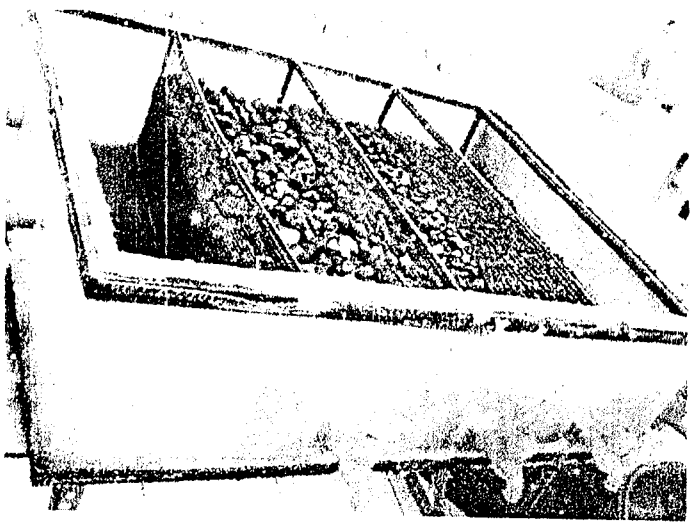
Gambar 6.3. Ember untuk Indikator Gelembung Udara



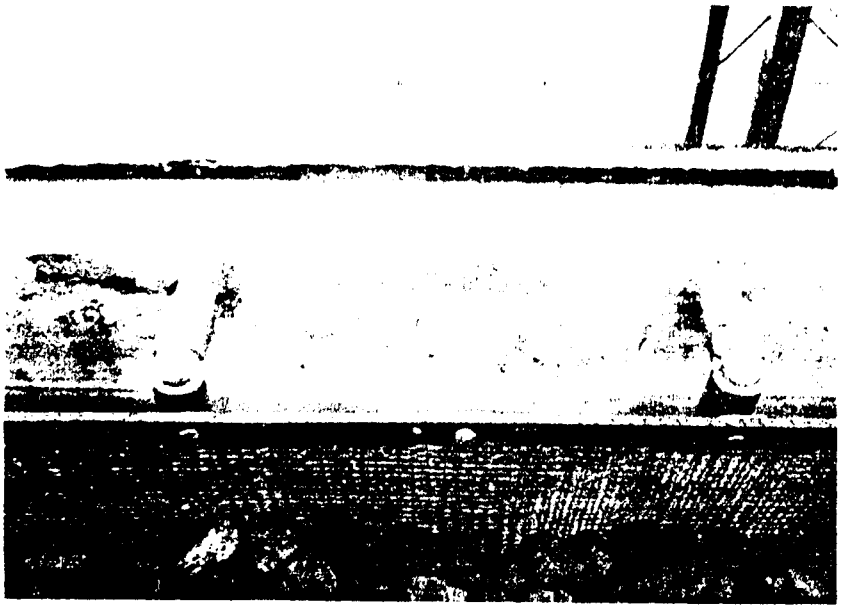
Gambar 6.4. Reservoar



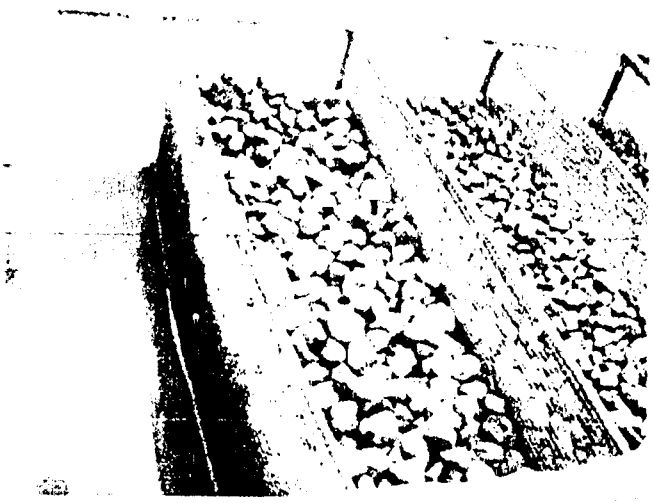
Gambar 6.5. Bak Penampung Air



Gambar 6.6. Kompartemen dan Titik Pengambilan Sampel



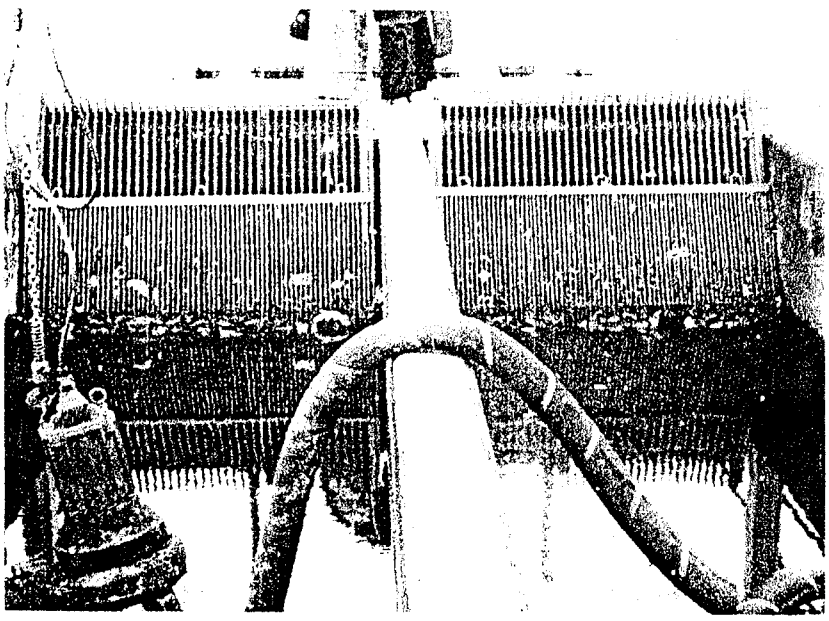
Gambar 6.7 Inlet



Gambar 6.8 Pipa Inlet dan Pengatur Debit



Gambar 6.9. Pengambilan Sampel di IPAL SEWON



Gambar 6.10. Grit Chamber

LAMPIRAN 4

F TABEL UJI ANOVA

DAFTAR I (lanjutan)

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

DAFTAR I (lanjutan)

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

BEBERAPA BILANGAN ACAK

93991	10461	93716	16894	98953	73231	39582	72484	82474	25593
38555	95554	32486	59780	09955	18065	81616	18706	53342	44276
17546	73704	92052	46215	15917	06253	07586	16120	82641	22820
32643	52861	95819	06831	19640	99413	90767	64235	13574	17200
69572	68777	39510	35905	85244	35159	40188	28193	29593	88677
24122	66591	27699	06494	03152	19121	34414	82157	86885	55087
61196	30231	92962	61773	22109	78508	63439	75363	44986	16822
30532	21704	10274	12202	94205	20380	67049	09070	93399	45547
03788	97599	75867	20171	82037	10268	79495	04146	52162	90284
48228	63379	85783	47619	87481	37220	91704	30552	04747	21083
88618	19161	41290	67312	71857	15957	48535	35247	18619	13674
71299	23853	05870	01119	92784	26340	76122	11724	74627	73507
27951	58909	82444	99005	04921	73701	92904	13141	32392	19763
80863	00514	20247	81759	45197	25332	69902	63742	78464	22500
33564	60780	48460	85558	15191	15782	94972	11598	62095	36788
98598	75754	60833	25983	01291	41349	19152	00023	12302	80783
76038	70267	43529	05318	38384	74761	36024	00867	76378	41603
55946	66485	88722	56736	66164	49433	94455	74284	05041	49867
87539	08823	94813	31900	54155	83436	51154	34245	46978	35482
16818	60311	74457	90561	72848	11834	75051	93099	47665	64382
32677	58306	74910	64345	19325	81549	60365	94655	35075	33949
45305	07521	61314	31855	14413	76951	83799	42402	56623	34422
80547	67277	76503	34513	39663	77544	32960	07405	36409	83232
16520	69676	11651	99893	02181	65161	19323	53845	57620	32603
06432	27376	92852	55866	88418	03584	11228	94747	07394	37406
79273	95950	01159	63267	10622	48391	31751	57266	58960	05334
33521	26665	55823	47641	86225	31704	85192	99382	14451	04504
59569	49067	66521	41575	49767	04035	30934	47741	07481	83824
26554	91499	96277	48257	50816	97616	22884	48893	27499	98745
54401	72959	43917	51680	43952	59693	78212	16995	35902	91386
42614	29297	01918	28316	25163	01869	70014	15021	68971	11405
24984	11274	70071	14736	65251	07624	37239	33295	18477	65622
99343	11600	11133	07586	36815	43625	16637	37504	14707	93997
66497	68646	78138	66559	64395	11692	05327	82162	83745	22567
46609	23929	27482	45476	04515	25624	85096	67946	16930	33361
15470	48355	88651	22596	83761	60755	43253	81145	20363	07126
20094	98977	74843	93413	14307	06315	80854	09279	41196	27486
73788	06533	28597	20405	51321	92246	80086	77074	66919	31678
60530	45128	74022	84617	72472	00008	80890	18002	35552	54131
41372	15486	65741	14014	05446	55306	93128	18464	79555	91477

DAFTAR J (lanjutan)

Banyaknya pengamatan	v = derajat kebebasan																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞
50	3,96	3,13	2,79	2,56	2,40	2,29	2,20	2,13	2,07	2,03	1,99	1,96	1,91	1,87	1,84	1,81	1,76	1,70	1,63	1,60	1,55	1,52	1,48	1,46	1,44
55	4,02	3,17	2,78	2,54	2,38	2,27	2,18	2,11	2,05	2,00	1,97	1,93	1,88	1,85	1,81	1,78	1,73	1,67	1,61	1,58	1,52	1,50	1,46	1,43	1,41
60	4,00	3,15	2,76	2,52	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,95	1,92	1,86	1,82	1,78	1,75	1,70	1,64	1,59	1,56	1,50	1,48	1,44	1,41	1,39
65	3,99	3,14	2,75	2,51	2,36	2,24	2,15	2,08	2,02	1,98	1,94	1,90	1,85	1,80	1,76	1,73	1,68	1,62	1,57	1,54	1,49	1,46	1,42	1,39	1,37
70	3,98	3,13	2,74	2,50	2,35	2,23	2,14	2,07	2,01	1,97	1,93	1,89	1,84	1,79	1,75	1,72	1,67	1,61	1,56	1,53	1,47	1,45	1,40	1,37	1,35
80	3,96	3,11	2,72	2,48	2,33	2,21	2,12	2,05	1,99	1,95	1,91	1,88	1,82	1,77	1,73	1,70	1,65	1,59	1,54	1,51	1,45	1,42	1,38	1,35	1,32
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,30	2,19	2,10	2,03	1,97	1,93	1,89	1,85	1,80	1,75	1,71	1,68	1,63	1,57	1,52	1,49	1,42	1,39	1,34	1,30	1,28
125	3,92	3,07	2,68	2,44	2,29	2,17	2,08	2,01	1,95	1,91	1,87	1,83	1,78	1,73	1,69	1,66	1,60	1,55	1,49	1,45	1,39	1,36	1,31	1,27	1,25
150	3,91	3,06	2,67	2,43	2,27	2,16	2,07	2,00	1,94	1,90	1,86	1,82	1,77	1,72	1,68	1,65	1,59	1,54	1,48	1,44	1,38	1,34	1,29	1,25	1,22
200	3,89	3,04	2,65	2,41	2,26	2,14	2,05	1,98	1,92	1,88	1,84	1,80	1,75	1,71	1,67	1,63	1,57	1,52	1,46	1,42	1,35	1,32	1,26	1,22	1,19
400	3,86	3,02	2,62	2,39	2,23	2,12	2,03	1,96	1,90	1,85	1,81	1,78	1,72	1,67	1,63	1,60	1,54	1,49	1,42	1,38	1,32	1,28	1,22	1,16	1,13
1000	3,85	3,00	2,61	2,38	2,22	2,10	2,02	1,95	1,89	1,84	1,80	1,76	1,70	1,65	1,61	1,58	1,53	1,47	1,41	1,36	1,30	1,26	1,19	1,13	1,08
∞	3,84	2,99	2,60	2,37	2,21	2,09	2,01	1,94	1,88	1,83	1,79	1,75	1,69	1,64	1,60	1,57	1,52	1,46	1,40	1,35	1,28	1,24	1,17	1,11	1,00

Sumber : Merrington, Statistics, Hand Book, Colin Myles & Sons, Ltd., New York, 1950

b = Khusus pada pembilang