

SKRIPSI

PENURUNAN BOD DAN COD PADA RUMAH MAKAN "X" MENGUNAKAN *AEROBIK BIOFILTER* ALIRAN *UPFLOW* DENGAN MEDIA PECAHAN GENTENG

Oleh :

AGUNG BADRUZ ZAMAN

02.26.021

**MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2008

SECRET

REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF DEFENSE
GENERAL HEADQUARTERS

1965
GENERAL HEADQUARTERS
1965

REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF DEFENSE
GENERAL HEADQUARTERS



REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF DEFENSE
GENERAL HEADQUARTERS
1965

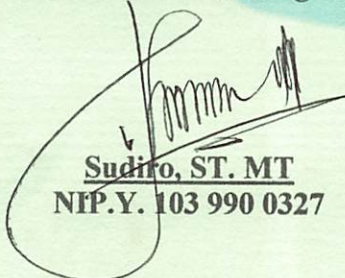
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

**PENURUNAN BOD DAN COD PADA RUMAH MAKAN "X"
MENGUNAKAN *AEROBIK BIOFILTER* ALIRAN *UPFLOW*
DENGAN MEDIA PECAHAN GENTENG**

Oleh:
AGUNG BADRUZ ZAMAN
02.26.021

Menyetujui :
Tim Pembahas

Dosen Pembimbing I


Sudiro, ST. MT
NIP.Y. 103 990 0327

Dosen Pembimbing II


Candra Dwiratna, ST. MT
NIP.P. 103 000 0349

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Lingkungan


Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 103 990 0327



LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PENURUNAN BOD DAN COD PADA RUMAH MAKAN "X"
MENGUNAKAN *AEROBIK BIOFILTER* ALIRAN *UPFLOW*
DENGAN MEDIA PECAHAN GENTENG**

Oleh:

**AGUNG BADRUZ ZAMAN
02.26.021**

TELAH DIPERTAHANKAN DI HADAPAN DEWAN PENGUJI PADA UJIAN KOMPREHENSIP SKRIPSI JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN JENJANG STRATA SATU (S - I), DAN DITERIMA UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT GUNA MEMPEROLEH GELAR SARJANA TEKNIK PADA TANGGAL 25 SEPTEMBER 2008.

**MENGETAHUI
PANITIA UJIAN KOMPREHENSIP SKRIPSI**



Ketua

**Ir. Agustina Nurul Hidayat, MTP
NIP. Y. 103900214**

Sekretaris

**Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 1039900327**

Penguji I

**Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSi
NIP. 131965844**

Penguji II

**Hardianto, ST. MT
NIP. P. 103 000 0350**

ABSTRAKSI

Badruz Zaman Agung, Sudiro, Candra Dwi Ratna, 2008. Penurunan BOD Dan COD Pada Rumah Makan "X" Menggunakan *Aerobik Biofilter* Aliran *Upflow* Dengan Media Pecahan Genteng. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

Limbah cair rumah makan bila tidak diolah maka akan menimbulkan dampak dan masalah bagi lingkungan terutama bagi badan air. Dalam penelitian ini limbah cair rumah makan akan diolah dengan menggunakan proses pengolahan biologis yaitu proses *Aerobik Biofilter* dimana prinsip ini menggunakan mikroba tumbuh dan berkembang pada suatu media filter dan membentuk lapisan *biofilm*. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan konsentrasi BOD dan COD dan mengetahui kemampuan *Aerobik Biofilter* dengan menggunakan dengan media pecahan genteng. Penelitian ini juga bertujuan mengetahui pengaruh debit aliran, debit udara dan waktu pengambilan sampel.

Penelitian ini dilakukan secara kontinyu, pelaksanaan penelitian dengan variasi beban hidroulik $1 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ dan $2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$, debit udara 37 l/mnt dan $75,4 \text{ l/mnt}$ dan waktu detensi $4,4 \text{ jam}$ dan $8,8 \text{ jam}$, Pelaksanaan penelitian dengan tahap pembenihan (*seeding*), aklimatisasi dan operasional reaktor Metode analisa yang digunakan untuk menghitung nilai *permanganat value* (PV), BOD dan COD.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa BOD dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi BOD dan COD. Penurunan BOD tertinggi sebesar $65,52 \%$, pada debit limbah $55,5 \text{ ml/mt}$, debit udara $75,4 \text{ l/mnt}$ dengan waktu detensi $8,8 \text{ jam}$. Penurunan COD tertinggi tertinggi sebesar $53,86 \%$, pada debit limbah $55,5 \text{ ml/mt}$, debit udara $75,4 \text{ l/mnt}$ dengan waktu detensi $8,8 \text{ jam}$

Kata Kunci : Air Limbah Domestik, Aliran *Upflow*, *Biofilter Aerobik*, BOD₅ Terlarut, COD.

ABSTRACT

Badruz Zaman Agung, Sudiro, Candra Dwi Ratna, 2008. The Decrease of BOD and COD at Restaurant "X" by Using Aerobik Biofilter Dwiratna, C., Flow Upflow By Using media Fraction of tile. Report of Environmental Engineering Department of National Institute of Technology, Malang

Restaurant waste liquor if not treatment hence will generate impact and problem for area of especially for water body. In this research restaurant waste liquor diolah would by using biological processing process that is process Aerobik Biofilter where this principle applies microbe grows and grows at one particular filter media and forms layer biofilm . This research aim to reduce concentration of biochemical oxygen demand BOD and COD and knows performance of Aerobik Biofilter by using with fraction media of tile. This research also aim to know flow debit influence, charged atmosphere and sampling time.

This research done in kontinyu, execution of research with various payload hidroulik 1 m³/m²hari and 2 m³/m²hari, charged atmosphere 37 l/mnt and 75,4 l/mnt and time detensi 4,4 hours and 8,8 hours, execution of Research with seeding phase (seeding), acclimatisation and pile operational Metode analysis applied to calculate permanganate value (PV), Biochemical oxygen demand BOD and COD.

Result of research indicates that biochemical oxygen demand BOD applicable to reduce concentration of biochemical oxygen demand BOD and COD. Derivation of Highest biochemical oxygen demand BOD 65,52 %, at sewage flowrate 55,5 ml/mt, charged atmosphere 75,4 l/mnt with time detensi 8,8, hour(clock. Derivation of highest highest COD 53,86 %, at sewage flowrate 55,5 ml/mt, charged atmosphere 75,4 l/mnt with time detensi 8,8, hours

Keyword : Domestic Sewerage, Flow Upflow, Biofilter Aerobik, BOD₅ dissolved, COD.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan atas Kehadirat ALLAH SWT, karena Berkat Rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **Penurunan BOD dan COD Pada Rumah Makan "X" Menggunakan Aerobik Biofilter Aliran Upflow Dengan Media Pecahan Genteng** tepat waktunya.

Skripsi ini disusun setelah melalui penelitian, analisa data dan pembahasan dari data yang telah diperoleh dari penelitian. Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, kerja sama dan bimbingan dari semua pihak, karena itu dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Sudiro, ST. MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang dan selaku dosen pembimbing I.
2. Ibu Candra Dwiratna, ST. MT selaku dosen pembimbing II dan Ketua Laboratorium lingkungan yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSi, sebagai dosen pembahas I yang telah memberikan masukan, saran dan kritik pada laporan skripsi ini.
4. Bapak Hardianto, ST,MT, sebagai dosen pembahas II yang telah memberikan masukan, saran, kritik dan himbauan pada laporan skripsi ini.
5. Dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang
6. Teman-teman Teknik Lingkungan khususnya Angkatan '02 dan semua pihak yang telah ikut membantu dalam proses penyelesaian laporan skripsi ini.

Kesadaran akan masih banyaknya kekurangan atas laporan ini, membuat penyusun berharap akan adanya masukan dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi yang saya susun.

Dan akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater, khususnya para rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang.

Malang, September 2008

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAKSI	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2 Perumusan Masalah.....	I-2
1.3. Tujuan Penelitian.....	I-2
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	I-3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Air Limbah Rumah Makan	II-4
2.1.1. Karakteristik fisik air limbah.....	II-5
2.1.2. Karakteristik kimia air limbah.....	II-6
2.1.3. Karakteristik biologis air limbah.....	II-7
2.2. Proses Pengolahan air Limbah secara Biologis.....	II-7
2.2.1. Sistem Pertumbuhan Melekat.....	II-8
2.3. Biofilter	II-8
2.3.1. Mekanisme Penyisihan Bahan organik	II-10
2.3.2. Faktor- faltor Yang Mempengaruhi Proses Biofilter	II-12
2.3.3. Perbandingan Antara Proses Lumpur Aktif Dengan Proses Biofolter	II-14
2.4. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme.....	II-14

2.4.1 Suhu.....	II-15
2.4.2 Kondisi Atmosfirik.....	II-15
2.4.3 pH.....	II-16
2.4.4 Tekanan Osmosa	II-16
2.5. Biological Oxygen Demand (BOD)	II-16
2.6. COD (Chemical Oxygen Demand)	II-19
2.7. Metode Pengolahan Data	II-20
2.7.1. Statistik Deskriptif dan inferensi.....	II-20
2.7.2. Analisis data statistik dalam penelitian	II-21

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian.....	III-22
3.2. Tempat dan waktu Penelitian	III-22
3.3. Variabel Penelitian	III-22
3.3.1. Variabel Terikat.....	III-22
3.3.2. Variabel Bebas	III-22
3.4. Spesifikasi Alat dan Bahan yang digunakan	III-22
3.4.1. Reaktor Aerobik Biofilter.....	III-22
3.4.2 Bahan.....	III-23
3.5. Cara Kerja	III-23
3.5.1. Pengambilan Sampel	III-23
3.5.2. Penyiapan media filter.....	III-23
3.5.3. Analisis Pendahuluan	III-23
3.5.3. Pelaksanaan Penelitian	III-24
3.5.3.1. Tahap Pembenuhan(seeding)	III-24
3.5.3.2. Aklimatisasi	III-24
3.5.3.3. Tahap Oprasional	III-25
3.6. Metode Penelitian.....	III-25
3.6.1. Metode analisis hasil percobaan.....	III-25
3.6.1.1. Permanganat value (PV)	III-25
3.6.1.2. Biological Oxygen Demand (BOD).....	III-25
3.6.1.3. Chemical Suspended Solid (COD)	III-26
3.7 Metode Statistik.....	III-26

3.8. Kerangka Penelitian	III-27
--------------------------------	--------

BAB IV. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik limbah cair rumah makan “X” Malang	IV-28
4.2. Penyisihan bahan organik pada tahap seeding dan aklimatisasi	IV-28
4.3. Hasil penelitian	IV-36
4.4. Analisis Penurunan BOD	IV-37
4.4.1. Analisis Deskriptif.....	IV-37
4.4.2. Analisis Statistik.....	IV-39
4.4.3. Analisis ANOVA	IV-39
4.4.4. Analisis Korelasi	IV-41
4.4.5. Analisis Regresi.....	IV-43
4.5. Analisis penurunan COD	IV-45
4.4.1. Analisis Deskriptif.....	IV-45
4.5.2. Analisis ANOVA	IV-48
4.5.3. Analisis Korelasi	IV-51
4.5.4. Analisis Regresi.....	IV-52
4.6. Pembahasan.....	IV-55
4.6.1. Penurunan Konsentrasi BOD	IV-55
4.6.2. Penurunan Konsentrasi COD	IV-57

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	V-65
5.2 Saran.....	V-65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik air limbah domestik.....	II-4
Tabel 4.1. Hasil Analisis awal air limbah cair rumah makan “X” Malang.....	IV-28
Tabel 4.2 Persentase Penyisihan Materi Organik Pada Reaktor A	IV-29
Tabel 4.3 Persentase Penyisihan Materi Organik Pada Reaktor B	IV-31
Tabel 4.4 Persentase Penyisihan Materi Organik Pada Reaktor C	IV-32
Tabel 4.5 Persentase Penyisihan Materi Organik Pada Reaktor D	IV-34
Tabel 4.6. Data Konsentrasi Akhir BOD	IV-36
Tabel 4.7 Data persentase penyisihan BOD.....	IV-37
Tabel 4.8. Hasil Uji ANOVA pengaruh variasi perlakuan terhadap penurunan konsentrasi BOD, waktu detensi, debit air, debit udara	IV-39
Tabel 4.9 Hasil uji Duncan konsentrasi akhir BOD	IV-40
Tabel 4.10. Korelasi antara Persentase Penurunan BOD dengan waktu detensi, (jam) debit udara (l/mnt) , dan debit air (ml/mnt)	IV-41
Tabel 4.11 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan BOD dengan waktu detensi, (jam) debit udara (l/mnt) , dan debit air (ml/mnt)	IV-43
Tabel 4.12 Hasil Uji Kolinieran Analisis Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi BOD dengan waktu detensi, (jam) debit udara (l/mnt) , dan debit air (ml/mnt)	IV-43
Tabel 4.13 Data Konsentrasi Akhir COD	IV-46
Tabel 4.14 Data persentase penyisihan COD.....	IV-46
Tabel 4.15. Hasil Uji ANOVA pengaruh variasi perlakuan terhadap penurunan konsentrasi COD, waktu detensi, debit air, debit udara	IV-48
Tabel 4.16 Hasil uji Duncan konsentrasi akhir COD	IV-50

Tabel 4.17. Korelasi antara Persentase PenurunanCOD dengan waktu detensi, (jam) debit udara (l/mnt) , dan debit air (ml/mnt)	IV-51
Tabel 4.18 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan COD dengan waktu detensi, (jam) debit udara (l/mnt) , dan debit air (ml/mnt)	IV-52
Tabel 4.19 Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi COD dengan waktu detensi, (jam) debit udara (l/mnt) , dan debit air (ml/mnt)	IV-53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Zat Padat	II-6
Gambar 2.2.. Mekanisme Proses Dalam Biofilter	II-10
Gambar 2.3. Penyisihan Substart berdasarkan kedalaman Biofilter	II-11
Gambar 3.1 Model Reaktor Biofilter	IV-22
Gambar 3.2 Model Peralatan yang digunakan untuk penelitian	IV-23
Gambar 4.1. Penyisihan Penyisihan bahan organik pada reaktor A	IV-30
Gambar 4.2. Penyisihan Penyisihan bahan organik pada reaktor B.....	IV-32
Gambar 4.3. Penyisihan Penyisihan bahan organik pada reaktor C.....	IV-33
Gambar 4.4. Penyisihan Penyisihan bahan organik pada reaktor D	IV-35
Gambar 4.5. Grafik persentase penyisihan BOD (Beban hidroulik 1 m ³ /m ² .hari, debit udara 37 l/mnt dan 75,4 ml/mnt dengan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam)	IV-38
Gambar 4.6. Grafik persentase penyisihan BOD (Beban hidroulik 2 m ³ /m ² .hari,udara 37 l/mnt dan 75,4ml/mnt dengan waktu detensi4,4 jam dan 8,8 jam)	IV-38
Gambar 4.7 Grafik persentase penyisihan COD (Beban hidroulik 1 m ³ /m ² .hari ,debit udara 37 l/mnt dan 75,4ml/mnt dengan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam)	IV-47
Gambar 4.8. Grafik persentase penyisihan COD (Beban hidroulik 2 m ³ /m ² ,debit udara 37 l/mnt dan 75,4ml/mnt dengan waktu detensi4,4 jam dan 8,8 jam)	IV-48

DAFTAR LAMPIRAN

1. LAMPIRAN A (PERHITUNGAN)
2. LAMPIRAN B (ANALISA MATERI ORGANIK)
3. LAMPIRAN C (ANALISA SAMPEL)
4. LAMPIRAN D (DOKUMENTASI PENELITIAN)
5. LAMPIRAN E (OUTPUT MINITAB)
6. LAMPIRAN F (TABEL DISTRIBUSI)
7. LAMPIRAN G (STANDART BAKU MUTU)

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu hasil dari proses produksi adalah bahan sampingan yang dianggap tidak memiliki nilai ekonomis, bahan tersebut dikenal dengan nama limbah yang sering dibuang langsung pada lingkungan sekitar rumah produksi. Hal ini dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan. Salah satu hal yang dapat dilakukan agar kegiatan ini tidak dapat mencemari lingkungan adalah mengolah limbah cair. Pengelolaan dilakukan dengan tujuan mengurangi kadar limbah yang ada sehingga diharapkan tidak mencemari apabila dibuang ke lingkungan sekitar.

Usaha rumah makan merupakan salah satu kegiatan penghasil sampah limbah cair yang potensial. Meskipun jenis sampah dan limbah yang dihasilkan dari rumah makan merupakan jenis limbah organik, namun keberadaannya perlu diantisipasi. Adapun kandungan yang terdapat dalam limbah cair rumah makan yaitu, minyak, lemak, protein dan karbohidrat (Wahjono, 2000)

Pengolahan air limbah domestik sudah seharusnya dilakukan karena selain demi kesehatan manusia, effluen yang dihasilkan dari pengolahan tersebut dapat dimanfaatkan kembali untuk berbagai keperluan, seperti misalnya untuk menyiram tanaman, mencuci kendaraan dan juga sebagai air gelontor pada water closet (WC). Berbagai kegunaan dari effluen pengolahan air limbah domestik dapat menghemat penggunaan air bersih PDAM karena mengurangi konsumsi air, sehingga dapat mengurangi pengeluaran finansial dari tiap rumah tangga.

Salah satu alternatif pengolahan dibutuhkan untuk menurunkan beban organik antara lain dengan menggunakan pengolahan secara aerobik. Proses ini biasanya digunakan untuk mengolah air limbah dengan bahan organik yang rendah seperti kandungan bahan organik pada air limbah domestik. Salah satu alternatif pengolahan

secara aerobik adalah dengan menggunakan teknologi *aerobik biofilter* aliran *upflow* dengan media pecahan genteng. Pertimbangan dengan menggunakan aliran *upflow* yaitu aliran ini dapat meminimalkan terjadinya *clogging* pada aliran air limbah daripada sistem aliran kebawah (*down flow*). Kecepatan yang rendah pada aliran *upflow* digunakan untuk mencegahnya keluarnya biomassa dari (Metcalf & Eddy,2003).

Media yang akan digunakan adalah pecahan genteng. Menurut Hickey (1991) dalam Deviyanti (2000) *biofilter* 3x lebih cepat pada media tanah liat yang dibakar daripada media PVC/bahan gelas. Selain itu pecahan genteng mudah didapatkan didaerah sekitar lingkungan kita.

Oleh karena itu dalam proses *aerobik biofilter* ini akan digunakan media pecahan genteng dengan aliran *upflow* untuk menurunkan BOD dan COD pada limbah rumah makan.

1.2. Rumusan Masalah

1. Seberapa efektif media pecahan genteng untuk menurunkan BOD₅ dan COD sampai standart baku mutu yang ditetapkan.
2. Bagaimana kemampuan *aerobik biofilter* dengan media pecahan genteng untuk menurunkan BOD₅ dan COD sampai standart baku mutu yang ditetapkan.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui keefektifan media pecahan genteng untuk menurunkan BOD₅ dan COD sampai standart baku mutu yang ditetapkan.
2. Mengetahui kemampuan *aerobik biofilter* dengan media pecahan genteng untuk menurunkan BOD₅ dan COD sampai standart baku mutu yang ditetapkan.

1.4. Ruang lingkup

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium.

1. Membuat reaktor *aerobik biofilter* untuk penurunan kadar BOD dan COD
2. Sampel yang akan digunakan adalah limbah cair limbah rumah makan "X" kota Malang.
3. Jenis aliran dalam *aerobik biofilter* adalah *upflow*
4. Reaktor dilengkapi dengan *aerator* untuk mensuplai udara kedalam *biofilter* serta *perforated plate* untuk meratakan aliran air limbah yang masuk.
5. Parameter yang dianalisa adalah BOD dan COD
6. Media yang digunakan pecahan genteng
7. Penelitian dilakukan dengan variasi beban hidrolis, debit udara dan waktu detensi.

**BAB II
TINJAUAN PUSTAKA**

2.1. Air Limbah Rumah Makan

Secara umum air limbah adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya. Air limbah ini biasanya mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan. Berdasarkan asalnya, air limbah dapat dibedakan menjadi empat, yaitu : air limbah domestik, air limbah industri dan air hujan (*Metcalf & Eddy, 2003*)

Limbah cair dari rumah makan dan fasilitas komersial pelayanan makanan berbeda secara signifikan dari limbah cair rumah tangga. Disamping gelombang volume tinggi pada waktu sibuk dan biasanya temperatur tinggi, limbah cair rumah makan lebih tinggi jumlahnya dibandingkan limbah cair rumah tangga. Kadar minyak dan lemak yang tinggi pada makanan menyebabkan kandungan BOD yang tinggi.

Air limbah tersebut sebagian besar mengandung bahan organik yang terdiri dari protein, karbohidrat dan lemak. Limbah tersebut yang tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan gangguan terhadap lingkungan dan kehidupan. Beberapa gangguan yang timbul sebagai efek dari air limbah adalah sebagai berikut :

1. Gangguan terhadap kesehatan
2. Gangguan terhadap kehidupan biotik
3. Gangguan terhadap estetika

Tabel 2.1 karakteristik air limbah domestik di Indonesia

Parameter	Konsentrasi (mg/l)		
	Kuat	Medium	Lemah
Total zat padat	1200	750	350
Total zat padat terlarut (TDS)	850	500	250
Total zat padat tersuspensi (TSS)	350	220	100
BOD	400	220	40

BAB II Tinjauan Pustaka

TOC	290	160	250
COD	1000	500	250
Total N	85	40	20
Total P	15	8	4
Cl	100	50	30
Akalinitas	200	100	50
Lemak	150	100	50

Sumber : Djajadiningrat 1992 dalam Rosalia 2006

Karakteristik air limbah berdasarkan sifatnya dapat dibedakan menjadi karakteristik fisik, kimia dan biologis.

2.1.1 Karakteristik fisik air limbah

Karakteristik fisik air limbah mudah terlihat dan relatif mudah diukur oleh orang awam. Berikut ini sifat-sifat fisik yang umum dianalisa pada air limbah (*Metcalf and Eddy, 2003*).

1. Suhu

Merupakan parameter penting karena mempengaruhi reaksi kimia, tingkat reaksi kehidupan akuatik dan kesesuaian air untuk kebutuhan tertentu.

2. Kekeruhan

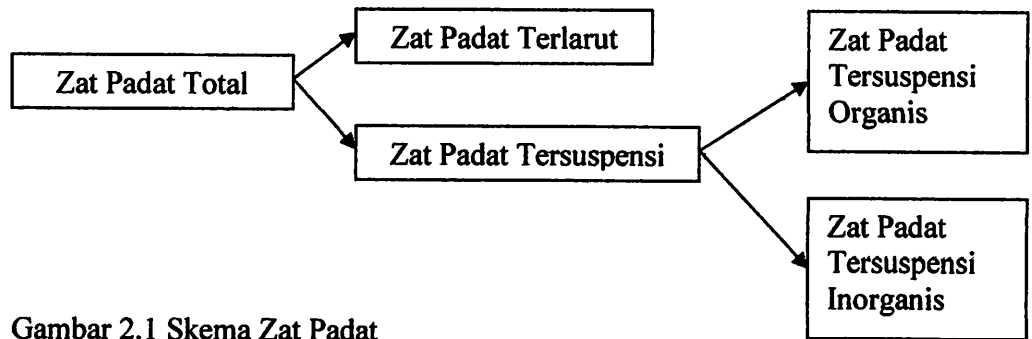
Tingginya limbah domestik mempunyai tingkat kekeruhan yang cukup tinggi, kekeruhan ini disebabkan adanya padatan tersuspensi, padatan terlarut dan padatan yang mengendap.

3. Warna

Air limbah yang masih baru biasanya berwarna abu-abu, sedangkan warna hitam identik dengan air limbah yang sudah lama (septik) dengan adanya kondisi anaerob

4. Padatan

Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organik dan inorganis, seperti dapat dilihat pada skema berikut ini :



Gambar 2.1 Skema Zat Padat
(Sumber: Alaerts dan Sumestri, 1987)

2.1.2. Karakteristik Kimiawi Air limbah

Beberapa karakteristik kimiawi air limbah adalah sebagai berikut (*Metcalf and Eddy, 2003*):

1. Nitrogen

Dalam air limbah, Nitrogen dapat ditemui dalam bentuk senyawa amonia (NH_3), Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-).

2. Minyak dan Lemak

Apabila lemak dan minyak dalam air limbah rumah makan tidak dipisahkan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air, lemak dan minyak tersebut akan menyebabkan adanya lapisan tipis pada permukaan air, yang menghalangi masuknya sinar matahari dan oksigen sehingga akan mengganggu kehidupan didalam badan air .

3. pH

Istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam/basa suatu larutan yang juga merupakan cara untuk menyatakan ion H^+ .

2.1.3. Karakteristik Biologis Air limbah

1. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Jumlah oksigen terlarut dalam air yang dibutuhkan oleh jasad renik dalam pengurangan bahan organik dibawah kondisi aerob.

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan organik secara kimiawi.

3. DO (*Dissolved Oxygen*)

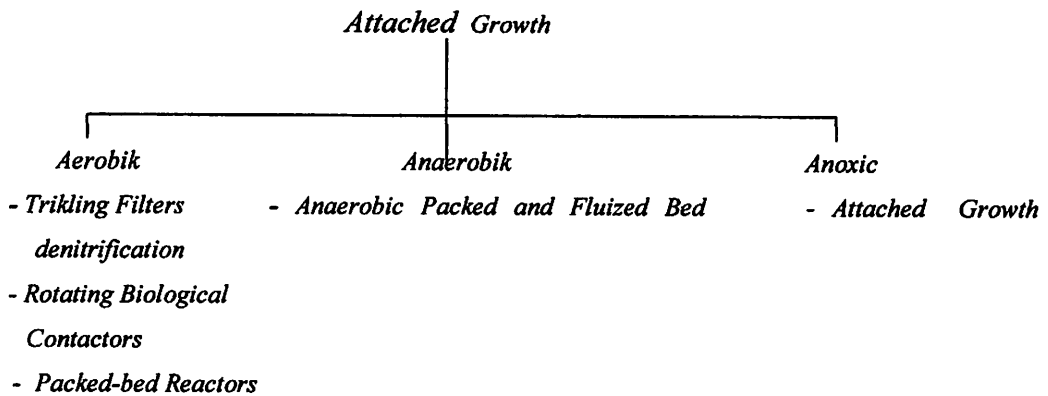
Merupakan parameter yang penting untuk mengukur tingkat pencemaran air.

2.2. Proses Pengolahan air Limbah secara Biologis

Proses pengolahan air limbah secara biologis dapat dibedakan menjadi dua, berdasarkan sistem pertumbuhan mikroorganisme dalam pengolahan air limbah. Yaitu sistem pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth*) dan sistem pertumbuhan melekat (*attached growth*). Pada sistem pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang secara tersuspensi didalam air limbah yang diolah. Sedangkan pada sistem pertumbuhan melekat, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dengan menempel atau melekat pada suatu media dan air limbah yang akan diolah dialirkan melalui media tersebut. Sistem pertumbuhan tersuspensi dan sistem pertumbuhan melekat dapat dilakukan secara *aerobik*, *anaerobik* dan *anoxic*, pengolahan biologis secara aerobik dapat terjadi apabila terdapat mikroorganisme yang mengoksidasi air limbah dengan menggunakan oksigen sebagai electron akseptor untuk mendapatkan energi yang cukup bagi dirinya. Pengolahan biologis secara anaerobic merupakan pengolahan secara biologis dengan menggunakan mikroorganisme yang tidak menggunakan oksigen sebagai electron akseptor. Sedangkan Pengolahan biologis secara anoxic terjadi ketika oksigen yang digunakan sebagai electron akseptor digantikan oleh oksigen yang terikat dalam suatu senyawa biasanya nitrat.

2.2.1. Sistem Pertumbuhan Melekat

Sistem pertumbuhan melekat dapat juga dilakukan secara aerobik, anaerobik dan anoxic. Jenis-jenis proses pengolahannya seperti dijelaskan berikut ini (Metcalf and Eddy, 2003) :



Trickling Filter merupakan salah satu tipe pengolahan yang sering dipergunakan untuk pengolahan air limbah. Prinsip kerja *Trickling Filter* adalah air limbah diumpankan secara merata dengan metode percikan pada permukaan media ditumbuhi oleh koloni-koloni mikroba yang membentuk lapisan biofilm secara alami. Biofilm berfungsi untuk menyerap dan mensintesa polutan organik yang terkandung dalam air limbah yang melewatinya. Dalam aplikasinya, telah dikembangkan suatu proses pengolahan biologis dengan sistem pertumbuhan melekat secara aerobic dan anaerobic yang berupa *Biofilter*.

2.3. Biofilter

Biofilter (submerged Filter) adalah merupakan suatu istilah dari reactor yang dikembangkan dengan prinsip mikroba tumbuh dan berkembang pada suatu media filter dan membentuk lapisan *biofilm (Attached Growth)* (Slamet dan Masduki, 2000). Pada sistem *Trickling Filter*, media filter tidak terendam dalam air, sedangkan pada sistem *rotating biological contactor* , media penyangga biofilm hanya terendam sebagian saja. Pengembangan konsep ini dilakukan dengan membuat media filter terendam secara terus menerus dalam air limbah.

Proses biologis dalam reaktor biofilter sebagian besar berhubungan dengan komposisi lapisan biofilm atau *slime*, yang menempel pada permukaan media.

BAB II Tinjauan Pustaka

Penempelan kemungkinan pada awalnya terjadi karena adanya ikatan kimia dan gaya Van Der Walls.

Proses penempelan berlangsung sangat cepat dan bakteri *Z. ramigeara* adalah seringkali sebagai pembentuk koloni awal. Pembentukan koloni oleh bakteri heterotop lain seperti *pseudomonas*, *flavobacterium* dan *alcaligenes* juga berjalan cepat. Setelah lima hari, komposisi bakteri pada biofilm akan terdiri dari bermacam-macam kumpulan bakteri. Setelah periode waktu lebih dari satu minggu, akan ditumbuhi sedikit jamur seperti *fusarium*, *geotrichum* dan *sporotrichum* yang akan ikut berperan dalam penurunan kandungan BOD dalam air.

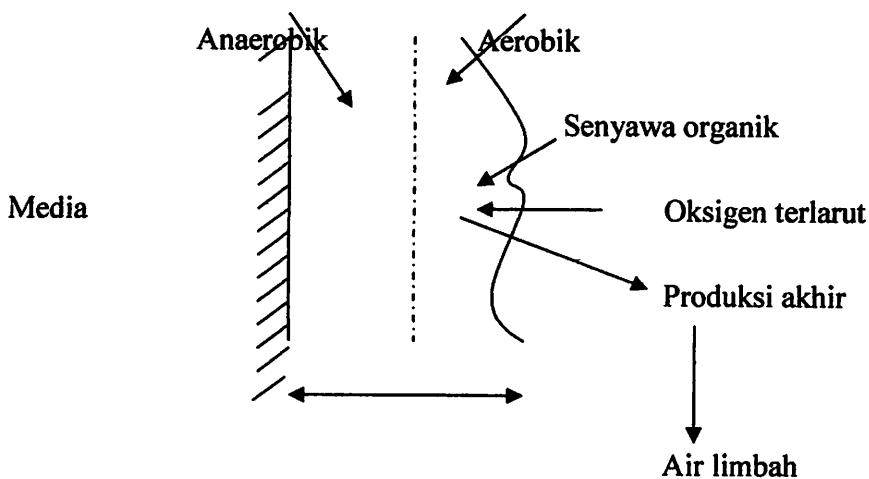
Lapisan biofilm yang sudah matang akan terbentuk sempurna akan tersusun dalam tiga lapisan kelompok bakteri, yaitu : lapisan paling luar adalah sebagian besar berupa jamur, lapisan tengah adalah jamur dan algae dan lapisan paling dalam adalah bakteri, jamur dan algae. Ketika air limbah melintasi permukaan biofilm, material organik dalam air limbah bersama-sama dengan oksigen dan nutrien, akan terdifusi ke dalam biofilm dan dioksidasi oleh mikroorganisme heterotop.

Proses oksidasi oleh bakteri heterotop ditujukan untuk mendapatkan energi dan untuk pembentukan sel baru. Substrat yang masuk dapat menambah ketebalan *biofilm*, sejalan dengan bertambahnya film, penetrasi oksigen ke dalam biofilm akan semakin terbatas. Sehingga pada biofilm akan terbentuk dua zona, yaitu lapisan film aerobik (kondisi ada oksigen) sekitar 0,06 mm sampai 2 mm Casey (1997) dalam Rosalia (2006) dan anaerobik (kondisi tidak ada oksigen). Ketebalan biofilm tergantung pada jumlah material organik dan oksigen yang tersedia untuk pertumbuhan mikroorganisme.

Ketebalan biofilm memiliki keterbatasan sampai nutrien mampu menjangkau mikroorganisme yang terletak pada lapisan yang paling dalam. Pada saat tertentu, ketebalan biofilm akan mencapai ketebalan maksimum

BAB II Tinjauan Pustaka

dimana pada kondisi ini, sumber makanan tidak mampu terdifusi sampai ke lapisan yang paling dalam. Akibat terhentinya suplai makanan, maka mikroorganisme pada lapisan paling dalam (yang menempel pada permukaan media) akan mengalami tahap respirasi *endogenous*, dimana mikroorganisme yang berada dalam keadaan lapar akan memanfaatkan sioplasmanya untuk mempertahankan hidup. Pada kondisi seperti ini, mikroorganisme akan kehilangan kemampuan untuk menempel pada media, sehingga mikroorganisme akan terlepas dan terbawa keluar dari sistem biofilter bersama dengan aliran air. Mekanisme pengelupasan ini dikenal dengan "Sloughing". Selain itu, *sloughing* juga dapat disebabkan oleh adanya kondisi hidrodinamik, misalnya debit air limbah yang terlalu besar yang dapat menyebabkan terlepasnya mikroorganisme dari media.



Gambar 2.2. Mekanisme Proses Dalam Biofilter (Wahjono, 2000)

2.3.1. Mekanisme Penyisihan Bahan organik

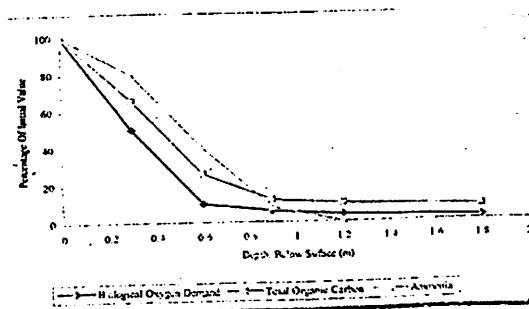
Mekanisme penyisihan bahan organik pada biofilter hampir sama dengan mekanisme penyisihan pada proses lumpur aktif. Penyisihan koloid organik dalam suspensi dan partikel yang terlarut terjadi karena proses *biosorpsi* dan koagulasi pada aliran yang melewati media dengan cepat. Sedangkan pada media aliran yang melewati media dengan waktu retensi yang lama, maka proses penyisihan yang terjadi adalah dengan cara sintesa dan respirasi. Waktu retensi sangat berhubungan

BAB II Tinjauan Pustaka

bergantung pada biosorpsi. Sedangkan semakin kecil beban hidrolis maka proses akan bergantung pada sintesa dan respirasi.

Mekanisme kerja dari biofilter bergantung pada biofilter bergantung pada aktifitas metabolisme dari bakteri atau jamur. Koloni dari bakteri atau jamur menempati permukaan dari media dan membentuk semacam lapisan film yang juga terdiri dari populasi protozoa dan padatan yang berasal dari air limbah. Alga juga bisa tumbuh pada media biofilter yang terkena cahaya. Populasi mikroorganisme juga biasanya ditemukan pada lapisan film. Komposisi dari populasi mikroorganisme bergantung pada sifat dari air limbah, tingkat pengolahan (*low rate* atau *high rate* biofilter) dan metode operasi dari biofilter. Karena itu, ukuran lapisan film dapat bervariasi mulai dari lapisan bakteri yang tipis pada biofilter yang menerima air limbah dengan kandungan bahan organik yang rendah, sampai lapisan tebal dari jamur pada biofilter yang mengolah air limbah dengan bahan organik yang tinggi seperti pada air limbah industri.

Penurunan konsentrasi dari bahan yang tercemar terjadi paling cepat pada bagian atas dari biofilter. Pada biofilter yang mengolah air buangan, sekitar 90 % dari bahan yang dapat dibiodegradasi mengalami penyisihan pada 0,6 m dari permukaan biofilter seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.3. Penyisihan Substart berdasarkan kedalaman Biofilter (Casey 1997 dalam Rosalia 2006)

2.3.2. Faktor- faktor Yang Mempengaruhi Proses Biofilter

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses biofilter, diantaranya adalah :

1. Temperatur

Laju difusi nutrien dan oksigen akan naik seiring dengan kenaikan temperatur. Namun disisi lain, laju kelarutan oksigen akan menurun. Hubungan antara efisiensi removal dan perubahan temperatur dirumuskan sebagai berikut (Eckenfelder, 1996 dalam Slamet dan Masduki, 2000).

$$E_r = E_{20} A_T^{(T-20)}$$

E_r dan E_{20} adalah efisiensi removal BOD pada suhu T dan 20°C dan A_r adalah koefisien temperatur 1,035 – 1,047 (Roberts, 1973 dalam Slamet dan Masduki, 2000).

2. Oksigen Terlarut

Konsentrasi oksigen terlarut memberikan pengaruh pada laju pertumbuhan bakteri aerobik dalam pengolahan secara biologis, kehadiran oksigen terlarut dalam jumlah yang cukup yang sangat diperlukan untuk proses oksidasi dan sintesa sel. Oksigen dalam proses oksidasi digunakan sebagai elektron akseptor. Secara umum kadar oksigen terlarut untuk proses aerobik harus dijaga minimum 2 mg O₂/lt (Slamet dan Masduki, 2000).

3. Pengaruh pH

Konsentrasi ion hidrogen (pH) pada umumnya memberikan pengaruh yang besar pada kecepatan pertumbuhan biomassa. Secara umum pH untuk operasi untuk proses aerobik berkisar pada pH 6,5 -7,2 (Gaudy & Gaudy, 1980 dalam Slamet dan Masduki, 2000).

4. Beban Hidroulik

Beban hidrolis (*hidroulic loading*) digunakan untuk menjelaskan debit atau kapasitas pengolahan per satuan volume atau persatuan luas permukaan unggun (*filter bed*), yang lebih dikenal dengan istilah beban hidrolis permukaan (*surface hydrolic loading*). Beban hidrolis merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi efisiensi oksidasi oleh mikroorganismes. Beban hidrolis akan berpengaruh secara langsung pada waktu kontak dan waktu tinggal air limbah secara keseluruhan di dalam reaktor. Waktu tinggal yang pendek tidak akan mengoptimalkan proses pada seluruh jenis bakteri penyusun biofilm. Waktu tinggal akan bertambah sesuai dengan bertambahnya jumlah biofilm didalam reaktor. Pada sistem *Trickling Filter* agar oksidasi senyawa korban dan nitrogen organik berlangsung baik, beban hidrolis yang diisyaratkan sebesar 1-4 m³/m². Hari (Metcalf & Eddy, 2003)

$$\text{Surface Hydrolic Loading} = \frac{Q}{A}$$

Keterangan : Q = Debit air (m³/hari)

A = Luas penampang bed (m²)

5. Beban Organik

Laju pengurangan zat organik dalam sistem pengolahan limbah secara biologis dikategorikan berdasarkan pada konsentrasi BOD yang ada di dalam air limbah. Secara umum kategori ini dibagi dua yaitu pengolahan dengan laju rendah (*low-rate treatment*) dan pengolahan dengan laju cepat (*high-rate treatment*). Pengolahan dengan beban organik yang rendah umumnya dipergunakan untuk pengolahan limbah domestik dan reduksi nitrogen yaitu sebesar 0,07 -0,22 Kg BOD/ m³ hari (Metcalf & Eddy, 2003). Sedangkan pengolahan dengan beban organik tinggi biasanya digunakan untuk

BAB II Tinjauan Pustaka

memberikan laju removal nutrien yang cukup tinggi per satuan volume media filter. Secara umum beban organik berkisar antara 1 Kg BOD/ m³ hari

2.3.3. Perbandingan Antara Proses Lumpur Aktif Dengan Proses Biofilter

Keuntungan utama dari proses biofilter dibandingkan dengan proses lumpur aktif adalah (Casey 1997 dalam Rosalia 2006):

1. Karena proses pada biofilter merupakan proses pertumbuhan mikroorganisme yang melekat, maka biofilter tidak dapat terkena sludge bulking yang bisa sangat mengurangi efisiensi dari proses lumpur aktif.
2. Pada bentuk pengolahan *low rate* biofilter, biofilter aerobik memerlukan energi yang lebih kecil daripada proses lumpur aktif.

Sedangkan kekurangan dari penggunaan proses biofilter dibandingkan dengan proses lumpur aktif adalah :

1. Untuk penyisihan BOD dengan kadar yang sama, biofilter aerobik memerlukan volume yang lebih besar dari proses lumpur aktif.
2. Pengoperasian proses lumpur aktif lebih fleksibel dibandingkan dengan proses biofilter. Proses biofilter mendapatkan penyisihan yang lebih besar pada temperatur yang rendah dibandingkan dengan proses lumpur aktif.
3. Pada beberapa kondisi, proses biofilter dapat menimbulkan gangguan berupa bau (pada sistem *high rate biofilter*) dan gangguan serangga (*low rate biofilter*)

2.4. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme

Pertumbuhan mikroorganisme memerlukan kondisi lingkungan yang sesuai agar dapat tumbuh dan berkembang biak. Faktor lingkungan yang amat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme adalah suhu, kondisi atmosferik, pH dan tekanan osmosa (Trihadiningrum, 1995 dalam Rosalia 2006).

2.4.1. Suhu

Setiap spesies memerlukan kisaran suhu tertentu untuk pertumbuhannya. Mikroorganisme dapat dibagi menjadi 3 golongan atas dasar suhu yang sesuai untuk menunjang kehidupannya, yaitu :

1. Psikrofil, dapat tumbuh pada suhu sekitar 0°C atau lebih rendah lagi, dengan suhu optimum $20 - 30^{\circ}\text{C}$.
2. Mesofil, tumbuh dengan baik pada suhu $25 - 40^{\circ}\text{C}$
3. Termofil, dapat tumbuh dengan baik pada suhu $45-60^{\circ}\text{C}$. Spesies termofil yang tumbuh baik pada kisaran suhu mesofil disebut eurithermal, atau termofil fakultatif. Sedangkan kelompok yang hanya dapat tumbuh dengan baik pada suhu di atas 60°C disebut *stenothermal* atau *termofil obligat*.

2.4.2. Kondisi Atmosfirik

Mikroorganisme dapat diklasifikasikan menjadi 4 kelompok atas dasar kebutuhannya akan oksigen, yaitu :

1. Mikroorganisme aerobik, yaitu kelompok mikroorganisme yang memerlukan O_2 untuk melangsungkan respirasi seluler.
2. Mikroorganisme anerobik obligat, yaitu kelompok mikroorganisme yang tidak dapat hidup dan berkembang biak dalam lingkungan yang mengandung O_2 . Hal ini disebabkan enzim-enzim yang sangat sensitif yang dimiliki oleh mikroorganisme yang tidak dapat berfungsi bila terdapat O_2 .
3. Mikroorganisme anerobik fakultatif, yaitu kelompok mikroorganisme yang dapat hidup dengan atau tanpa kehadiran O_2 .
4. Mikroorganisme mikroaerofilik, yaitu mikroorganisme aerobik yang hanya memerlukan tekanan O_2 yang rendah.

2.4.3. pH

Nilai pH yang ekstrim rendah dapat mengakibatkan gangguan pada pertumbuhan mikroorganisme karena dapat mempengaruhi aktifitas enzim. Kisaran pH optimum untuk kebanyakan mikroorganisme adalah 6,5 – 7,5 dengan batas minimum dan maksimum 4-9.

2.4.4. Tekanan Osmosa

Mikroorganisme pada umumnya tumbuh pada lingkungan yang sedikit lebih hipotonik dari sitoplasmanya. Dengan kata lain, konsentrasi zat terlarut di dalam sel lebih tinggi dari konsentrasi di luar sel. Pada kondisi ini dapat terjadi plasmoptisis, yaitu mengalirnya air dari luar ke dalam sel. Sebagai akibatnya sel dapat membesar. Untungnya dinding sel yang kaku dapat membatasi jumlah air yang memasuki sel. Apabila konsentrasi zat terlarut didalam sel jauh lebih rendah daripada di luar sel (lingkungan hipertonik) maka dapat terjadi dehidrasi sel. Aktifitas sel dapat terhambat karena air di dalam sel mengalir ke luar (palsmolisis).

2.5. **Biological Oxygen Demand (BOD)**

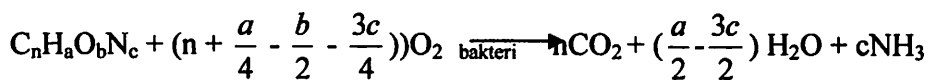
Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendesain sistem-sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut. Penguraian zat organik adalah peristiwa alamiah. Jika suatu badan air dicemari oleh zat organik, bakteri dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses oksidasi tersebut, yang bisa mengakibatkan kematian ikan – ikan dalam air dan keadaan menjadi anaerobik dan dapat menimbulkan bau busuk pada air tersebut.

Jenis bakteri yang mampu mengoksidasi zat organik "biasa", yang berasal dari sisa-sisa tanaman dan air buangan penduduk berada pada umumnya di setiap air alam. Jumlah bakteri ini tidak banyak di air jernih dan di air buangan industri yang mengandung zat organik. Pada kasus ini pasti

BAB II Tinjauan Pustaka

perlu ditambahkan benih bakteri. Untuk oksidasi atau zat organik yang khas, terutama di beberapa jenis air buangan industri yang mengandung misalnya fenol, deterjen, minyak dan sebagainya, bakteri harus diberikan waktu penyesuaian atau adaptasi beberapa hari melalui kontak dengan air buangan tersebut, sebelum dapat digunakan sebagai benih pada analisa BOD air tersebut.

Pemeriksaan BOD didasarkan atas reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen di dalam air. Proses tersebut berlangsung karena adanya bakteri aerobik. Sebagai hasil oksidasi akan terbentuk CO₂ air dan amoniak. Reaksi oksidasi dapat dituliskan sebagai berikut :



zat organik

Atas dasar reaksi tersebut, yang memerlukan kira-kira 2 hari supaya 50% reaksi telah tercapai, 5 hari supaya 75% dan 20 hari supaya 100% tercapai, maka pemeriksaan BOD dapat dipergunakan untuk menaksir beban pencemaran zat organik. Tentu saja, reaksi tersebut juga berlangsung pada badan air sungai, air danau maupun di instalasi pengolahan air buangan yang menerima air buangan yang mengandung zat organik. Dengan kata lain, tes BOD berlaku sebagai simulasi (berbuat seolah-olah terjadi) sesuatu proses biologis secara alamiah.

Reaksi biologis pada tes BOD dilakukan pada temperatur 20°C dan dilakukan selama 5 hari sehingga mempunyai istilah yang lengkap BOD₅²⁰. angka 5 menunjukkan lama waktu inkubasi dan angka 20 menunjukkan temperatur inkubasi. Jumlah zat organik yang ada di dalam air diukur melalui jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk mengoksidasi zat organik tersebut. Karena reaksi BOD dilakukan di dalam botol tertutup, maka jumlah oksigen yang telah dipakai adalah perbedaan antara kadar oksigen di dalam larutan pada saat waktu ke-0 dan pada saat waktu ke-5.

BAB II Tinjauan Pustaka

Analisa oksigen terlarut dapat menggunakan dua metode yaitu metode titrasi dengan cara winkler dan elektrokimia dengan DO meter yang menggunakan elektrode membran. Prinsip analisa metode titrasi dengan cara winkler adalah oksigen didalam sampel akan mengoksidasi $MnSO_4$ yang ditambahkan ke dalam larutan sehingga terjadi endapan MnO_2 . Penambahan asam sulfat dan kalium iodida akan membebaskan iodin yang ekivalen dengan oksigen terlarut. Iodin yang dibebaskan tersebut kemudian dianalisa dengan metode titrasi iodometris yaitu dengan larutan standar tiosulfat dengan indikator kanji.

Sedangkan prinsip analisa oksigen terlarut dengan DO meter adalah menggunakan elektrode yang terdiri dari katoda dan anoda yang terendam dalam larutan elektrolit. Elektroda ini terdiri dari katoda Ag dan anoda Pb atau Au. Sistem elektroda ini dilindungi dengan membran plastik tertentu yang bersifat semipermeabel terhadap oksigen dan hanya oksigen yang dapat menembus membran tersebut. Aliran listrik yang terjadi antara katoda dan anoda tergantung dari jumlah oksigen yang tiba pada katoda. Difusi oksigen dari air ke elektroda yang menembus membran sebanding secara linier terhadap konsentarsi oksigen terlarut dalam sampel.

Ada 5 jenis gangguan yang umumnya terdapat pada analisa BOD yaitu nitrifikasi, zat beracun yang dapat mematikan mikroorganisme, kemasukan udara pada botol BOD, kekurangan nutrien dan kekurangan bakteri yang dibutuhkan proses tersebut.

Sel bakteri memerlukan bahan organik dalam bentuk yang terlarut, sedang bentuk koloid atau yang tidak terlarut akan diserap oleh dinding sel yang selanjutnya akan diurai oleh enzim ekstraseluler, sehingga dapat ditransportasikan kedalam sel (Reynold, 1982). Ketika air limbah memasuki reaktor, mikroorganisme secara cepat mengadsorpsi bahan organik yang tersuspensi dalam air limbah dalam waktu 20 sampai 45 menit. Setelah proses adsorpsi, bahan organik tersuspensi akan terlarut dan akan dioksidasi secara biologis selama air limbah melewati reaktor. Sedangkan bahan organik

yang terlarut biasanya diserap (adsorpsi maupun absorpsi) dalam jumlah yang besar di bagian akhir dari reaktor. Bahan organik yang terlarut yang diserap akan dioksidasi secara biologis dengan waktu reaksi yang lebih cepat dari pada yang dibutuhkan bahan organik yang diadsorpsi. Tetapi bahan organik yang terlarut selalu dioksidasi oleh mikroorganisme setelah mikroorganisme tersebut mengadsorpsi dan mengoksidasi bahan organik yang tersuspensi. Sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik yang terlarut dalam air limbah menjadi lama.

Karakteristik dari proses penyerapan (adsorpsi dan absorpsi) air limbah dengan bahan organik terlarut dan air limbah yang mengandung lebih banyak bahan organik suspensi dan kolid dapat dilihat pada gambar 2.3 Air limbah domestik biasanya mengandung 80-50% bahan organik dalam bentuk tersuspensi, dan aerasi kurang 1 jam akan menyisihkan 80-90% BOD₅

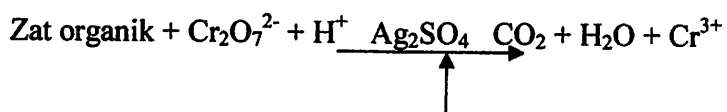
2.6. COD (Chemical Oxygen Demand)

Adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi. Beberapa jenis zat organik dalam air limbah sukar diuraikan secara oksidasi menggunakan bantuan mikroorganisme. Senyawa tersebut tahan terhadap oksidasi secara biologi, tetapi dapat diuraikan dengan menggunakan pereaksi oksidator yang kuat dalam suasana asam, misalnya menggunakan kalium bikromat atau permanganat. Oleh karena itu COD dapat dipakai sebagai ukuran untuk mengukur derajat pencemaran air yang ditimbulkan oleh senyawa-senyawa yang sukar diuraikan. Nilai COD biasanya dalam satuan ppm, kilogram atau persentase (%). Pengujian kebutuhan oksigen kimia (KOK) atau *Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan cara uji yang digunakan secara luas untuk mengukur pencemaran air yang ditimbulkan oleh limbah domestik maupun industri. Cara uji ini digunakan untuk mengukur jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi zat organik menjadi karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O). Sebagian besar zat organik dapat dioksidasi menggunakan oksidator kuat dalam suasana asam. Selama

BAB II Tinjauan Pustaka

pengujian berlangsung, zat-zat organik yang terkandung dalam air limbah dirubah menjadi karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O) oleh dikromat (Cr₂O₇²⁻) dalam suasana asam dan bantuan katalis Ag₂SO₄.

Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Proses oksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O berlangsung sempurna sehingga nilai COD akan lebih besar dari pada nilai BODnya. Satu keterbatasan pengujian COD adalah ketidakmampuannya membedakan antara zat organik "biodegradable" dengan yang "non biodegradable". Namun keuntungan pengujian COD yaitu membutuhkan waktu yang cukup cepat (±3 jam) dibandingkan dengan pengujian BOD yang berlangsung selama 5 hari. Oleh karena itu dalam keadaan tertentu, pengujian COD sering digunakan untuk menggantikan BOD. Data COD dapat diinterpretasikan menjadi data BOD melalui perhitungan dengan faktor korelasi yang telah diketahui. Satuan nilai COD adalah mg O₂/l atau biasanya cukup dengan menuliskan mg/l (G. Alaert, Sri Sumestri Santika, 1984)

2.7. Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara statistik. Sebagai alat yang berfungsi untuk mengolah suatu data, penjabaran metodologi statistik didasarkan pada tiga hal yakni proses analisis, asumsi bentuk distribusi, dan banyaknya variabel yang dilibatkan. Metodologi statistik berdasarkan proses analisisnya meliputi analisa deskriptif dan analisis konfirmatif (inferensi) (Soleh, 2005).

2.7.1. Statistika Deskriptif dan Inferensi

Secara garis besar, statistik dibedakan menjadi 2, yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensi. Metode statistika yang meringkas, menyajikan, dan mendeskripsikan data dalam bentuk yang mudah dibaca sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi disebutkan statistika deskriptif. Statistika deskriptif menyajikan data dalam tabel, grafik, ukuran pemusatan

BAB II Tinjauan Pustaka

data, dan penyebaran data. Agar mendapatkan informasi lebih terperinci, kita memerlukan analisis data dengan metode statistika tertentu. Hasil analisis data akan memberikan informasi lebih rinci sehingga kita memperoleh suatu kesimpulan mengenai suatu fenomena berdasarkan sampel yang diambil. Analisis tersebut dinamakan statistika inferensi. Statistika inferensi sering disebut statistika induktif. Statistika inferensi memerlukan pengetahuan lebih mengenai konsep probabilitas yang biasa dikenal sebagai ilmu peluang. Ilmu peluang tidak lepas dari statistika karena membantu pengambilan keputusan statistik suatu data (Iriawan dan Astuti, 2006).

2.7.2. Analisis data statistik dalam penelitian

Dalam mengolah data ini menggunakan rancangan acak kelompok pada statistik. Untuk mengetahui dan membaca statistik data antara keterkaitan suatu variabel terhadap variabel lain menggunakan analisis Anova, Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel bebas dan terikat digunakan analisis regresi, dan untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel bebas dan terikat digunakan analisis korelasi

**BAB III
METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian untuk menentukan proses *Aerobik Biofilter* aliran *Upflow* dalam menurunkan BOD dan COD.

3.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.

3.3. Variabel Penelitian

a. Variabel Terikat

Untuk menurunkan kadar :

- BOD
- COD

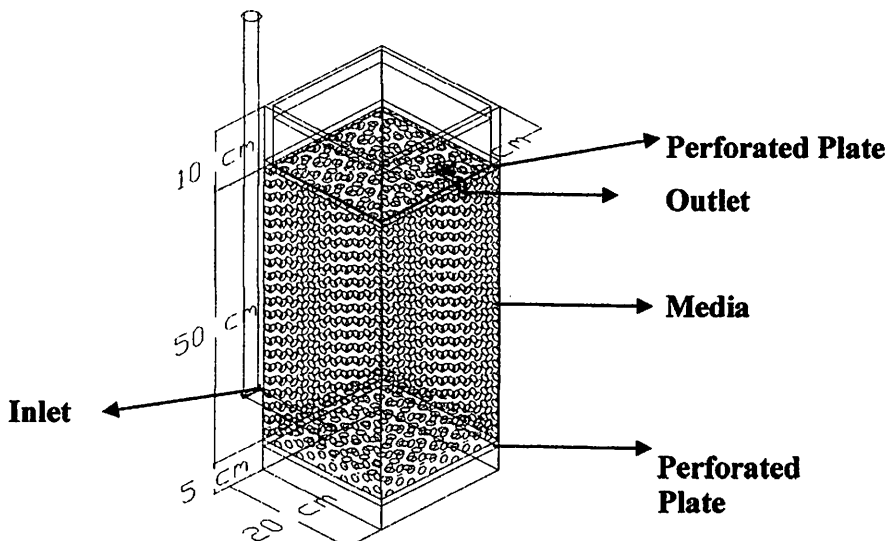
b. Variabel Bebas

- a) Beban Hidroulik : $1\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ dan $2\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$
(lampiran A1)
- b) Variasi debit udara : 37 l/mnt dan $75,4\text{ ml/mnt}$
(lampiran A2)
- c) Variasi waktu pengambilan sampel $8,8\text{ jam}$ dan $4,4\text{ jam}$ (lampiran A3)

3.4. Spesifikasi Alat dan Bahan yang direncanakan

3.4.1. Reaktor Aerobik Biofilter

Gambar 3.1 Model Reaktor Biofilter



BAB III Metode Penelitian

Gambar 3.2 Model Peralatan yang digunakan untuk penelitian



3.4.2. Bahan

- a. Limbah cair Rumah makan "X" Malang
- b. Media genteng

3.5. Cara Kerja

3.5. 1. Pengambilan sampel

Sampel diambil dari limbah cair rumah makan "X" Malang.

3.5.2. Penyiapan media filter

Media yang digunakan diambil langsung dari pabrik pembuatan genteng yang kemudian memecah genteng tersebut dengan ukuran $\pm 2-3$ cm. Setelah itu disterilisasikan dengan tujuan pembebasan dari macam-macam mikroorganisme dengan cara dipanaskan dalam oven dengan suhu $170-180$ °C selama 2 jam, caranya adalah media pecahan genteng tersebut dicuci terlebih dahulu lalu dibilas dengan aquadest dan dikeringkan serta dibungkus dengan kertas sampul.

3.5.3. Analisa pendahuluan

Analisa pendahuluan berfungsi untuk mendapatkan gambaran awal mengenai sampel sebelum di laksanakan penelitian.

3.5.4. Pelaksanaan penelitian

3.5.4.1 Tahap pembenihan (*seeding*)

Pembenihan dilakukan untuk memperoleh sejumlah mikroorganisme yang akan berperan dalam penguraian bahan organik dalam reaktor aerobik.

Pembenihan dilakukan langsung pada reaktor dari model yang dibuat. Pembenihan merupakan proses yang dilakukan untuk memperoleh sejumlah mikroorganisme aktif yang dapat berperan dalam penguraian bahan organik dalam reaktor aerobik. Sebelum melakukan seeding, terlebih dahulu media dimasukkan dalam reaktor. Seeding dilakukan dengan cara memasukkan sampel limbah yang akan diolah ke dalam reaktor dan kemudian sistem dioperasikan sesuai dengan variabel penelitian (beban hidrolis = $1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$ debit udara 37 l/mnt dengan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8, jam pada reaktor I, $1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$) debit udara 75,4 l/mnt dengan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam pada reaktor II, $2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$ debit udara 37 l/mnt dan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam pada reaktor III, $2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$ debit udara 75,4 l/mnt dan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam pada reaktor IV.

3.5.4.2. Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan proses penyesuaian diri oleh mikroorganisme terhadap lingkungan barunya dan berakhir ketika proses adaptasi sejumlah bakteri aktif dengan air limbah telah menunjukkan kestabilan. Aklimatisasi dilakukan bersama-sama dengan proses seeding, karena air limbah yang digunakan untuk proses seeding sama dengan air limbah yang akan diolah oleh biofilter. Setelah proses seeding dan aklimatisasi barulah dilakukan pengukuran parameter dari effluen secara berkala. Analisa terhadap bahan organik dilakukan untuk mengetahui perkembangan penguraian bahan organik. Kegiatan ini dilakukan melalui pengukuran permanganat value (PV) selama aklimatisasi sampai kondisi *steady state* dicapai. Keadaan *steady state* merupakan suatu kondisi dimana penyisihan zat organik yang dikonsumsi oleh mikroorganisme mendekati harga yang stabil atau konstan.

3.5.2.3. Tahap Operasional

Prosedur pengoperasian ini dilakukan setelah reaktor dalam kondisi *Steady-state*, yaitu tahap *seeding* dan *aklimatisasi* selesai

Adapun cara pengoperasian reaktor Aerobik Biofilter dengan aliran *upflow* sebagai berikut :

- a. Pengaturan terhadap sampel limbah cair rumah Rumah makan "X" Malang yang akan digunakan yaitu mengatur pH influen (pH dikontrol 6,5 – 7,5)
- b. Mengatur beban hidrolis air limbah yang masuk dengan menggunakan valve yaitu sebesar beban hidrolis = $1\text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ ($27,8\text{ ml/mnt}$) debit udara 37 l/mnt dengan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8, jam pada reaktor I. $1\text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ ($27,8\text{ ml/mnt}$) debit udara $75,4\text{ l/mnt}$ dengan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam pada reaktor II, $2\text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ ($55,5\text{ ml/mnt}$) debit udara 37 l/mnt dan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam pada reaktor III, $2\text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ ($55,5\text{ ml/mnt}$) debit udara $75,4\text{ l/mnt}$ dan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam pada reaktor IV, Pengambilan sampel 8.8 jam dan 4.4 jam.
- c. Effluen yang keluar dari Biofilter diambil dan dianalisis sesuai dengan parameter utama (BOD, COD).

3.6. Metode Penelitian

3.6.1. Metode Analisis Hasil Percobaan

3.6.1.1. Permanganat

Pemeriksaan PV merupakan salah satu cara untuk menentukan kadar zat organik dalam sampel. Selama proses aklimatisasi metode ini yang dipakai untuk mengukur konsentrasi zat organik.

3.6.1.2. Biological Oxygen Demand (BOD)

Analisis BOD_5 terlarut dilakukan untuk mengetahui besarnya BOD_5 terlarut awal air limbah sebelum dilaksanakan penelitian, yang nantinya akan dibandingkan dengan BOD_5 terlarut effluent sehingga dapat diketahui penyisihan BOD_5 yang terjadi. Sampel yang digunakan untuk menganalisis BOD_5 terlarut terlebih dahulu disaring agar sampel terbebas dari padatan tersuspensi maupun koloid.

BAB III Metode Penelitian

3.6.1.3. Chemical Oxygen Demand (COD)

Pemeriksaan COD didasarkan pada jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang ada dalam air buangan. Pengukuran COD pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *closed reflux titrimetric* (metode dikromat) dari *Standard Method 5520 C*. Dengan menggunakan metode ini zat organik akan dioksidasi oleh K_2CrO_7 (kalium dikromat) dalam suasana asam pada suhu $150\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam.

3.7. Metode Statistik

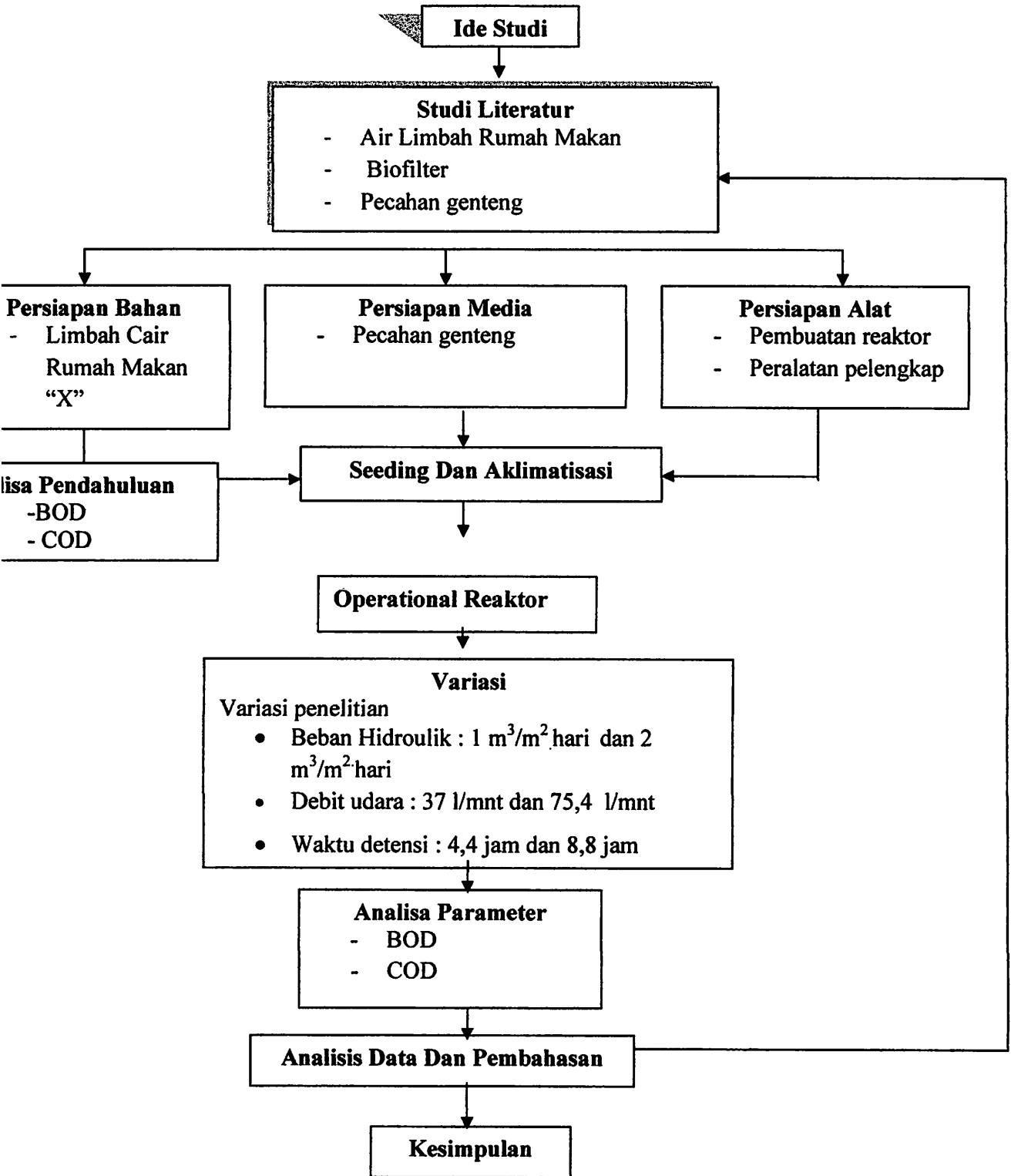
Hasil percobaan yang didapat dilakukan analisis data dengan metode :

Analisa Anova bertujuan untuk mengetahui tingkat keterkaitan suatu variabel terhadap variabel lain.

Analisa Korelasi bertujuan Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel bebas dan terikat.

Analisa regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel bebas dapat memprediksi variabel tidak bebas.

3.8 Kerangka Penelitian



BAB IV
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik limbah cair rumah makan “X” Malang

Dalam penelitian ini di lakukan analisis pendahuluan untuk memperoleh data karekteristik air limbah yang akan digunakan sebagai sampel influen *Aerobik Biofilter*. Berdasarkan analisis laboratorium yang dilakukan, diperoleh data karekteristik air limbah cair rumah makan “X” Malang sebagai berikut :

Tabel 4.1. Hasil analisis awal air Limbah Cair Rumah makan “X” Malang

PARAMETER	HASIL	Baku mutu (Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Propinsi Jawa Timur,2002)
BOD	12001,1 mg/l	150 mg/l
COD	68462,5 mg/l	300 mg/l
Temperatur	24,5 °C	40 °C
pH	6,62	6-9

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan analisis awal nilai pH,suhu dan DO air limbah berada pada kisaran untuk pengolahan aerobik, hal ini berarti kondisi lingkungan atau air limbah sesuai untuk pertumbuhan bakteri aerobik.

4.2 Penyisihan bahan organik pada tahap seeding dan aklimatisasi

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan,maka data konsentrasi akhir bahan organik pada penelitian reaktor A beban hidroulik $1\text{m}^3/\text{m}^2$.hari, debit udara 37 l/mnt dengan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8, jam. Pada reaktor B beban hidroulik $1\text{m}^3/\text{m}^2$.hari, debit udara 75,4 l/mnt dengan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam,reaktor C

BAB IV Analisis Data Dan Pembahasan

beban hidroulik $2 \text{ m}^3/\text{m}^2$.hari, debit udara 37 l/mnt dan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam. Reaktor D beban hidroulik $2 \text{ m}^3/\text{m}^2$.hari, debit udara 75,4 l/mnt dan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam

Tabel 4.2 Penyisihan bahan organik pada reaktor A (Beban hidroulik $1\text{m}^3/\text{m}^2$.hari. Debit udara 37 l/mnt dan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam)

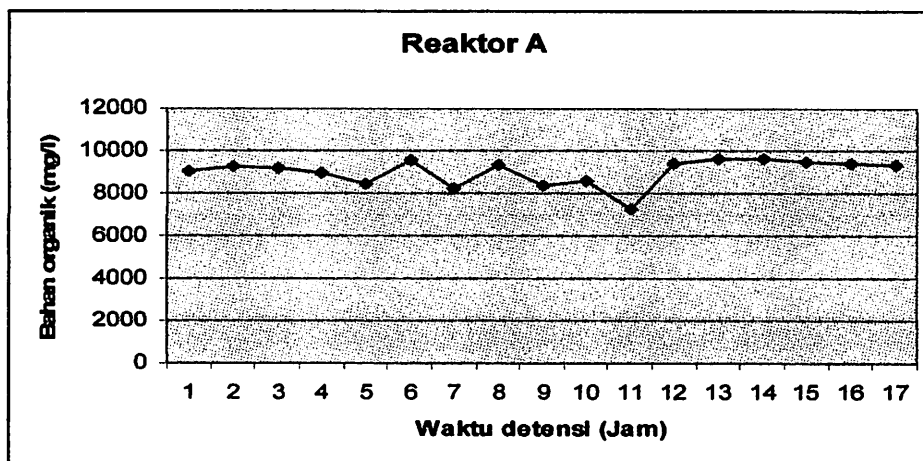
Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	DO	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	1-Jun-08	24,1	6,68	2,79	9028,57	-828,8	8,32
2	2-Jun	24,6	6,73	2,8	9294,1	265,53	-
3	3-Jun	24,6	6,7	2,82	9154,7	-139,3	1,49
4	4.jun	24,7	6,65	2,76	8930,4	-224,3	2,45
5	5-Jun	24,8	6,58	2,66	8460,3	470,1	-
6	6-Jun	24,4	6,87	2,9	9542,46	1082,1	-
7	7-Jun	25	6,52	2,64	8201,6	-2137,2	13,9
8	8-Jun	24,5	6,8	2,8	9365	1163,4	-
9	9-Jun	24,9	6,54	2,65	8393,75	-971,25	10,37
10	10-Jun	24,9	6,61	2,68	8612,5	218,7	-
11	11-Jun	25,01	6,46	2,56	7239,9	-1372,6	15,93
12	12-Jun	24,9	6,83	2,87	9429,9	2190	-
13	13-Jun	25,01	6,9	2,95	9626,4	196,5	-
14	14-Jun	24,2	6,88	2,93	9605	-21	0,22
15	15-Jun	24,3	6,69	2,82	9507,9	-97,6	1,01
16	16-Jun	24,4	6,85	2,84	9413	-94	0,98
17	17-Jun	24,5	6,75	2,82	9347	-66	0,7

Sumber : Hasil Penelitian

Ket : Nilai selisih (-) terjadi penurunan konsentrasi bahan organik

Nilai selisih (+) terjadi peningkatan konsentrasi bahan organik

Berdasarkan Tabel 4.2. penyisihan bahan organik pada reaktor A terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Untuk peningkatan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 7 sebesar 8201,6 mg/l dan peningkatan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 13 sebesar 9626,4 mg/l. Sedangkan untuk penurunan bahan organik dibawah 10 % terjadi pada hari ke 14 sampai hari ke 17 sebesar 0,22 % – 0,7 %, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 9605 mg/l – 9347 mg/l, pada tahap ini kondisi *steady state* telah tercapai dimana selisih penurunan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10%. Dari Tabel 4.2. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar. 4.1. Penyisihan bahan organik pada reaktor

Tabel 4.3 Penyisihan bahan organik pada reaktor B (Beban hidroulik 1m³/m².hari, debit udara 75,4 l/mnt dan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam)

Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	DO	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	18-Jun-08	25	6,34	2,8	9339	-689	6,87
2	19-Jun	25,3	6,4	2,77	9112	-227	2,43
3	20-Jun	24,7	6,61	2,93	10257	1145	-
4	21-Jun	25	6,53	2,8	9577,2	-679,8	6,6
5	22-Jun	24,6	6,48	2,93	10205,2	628	-
6	23-Jun	24,4	6,42	2,95	10787,5	582,3	-
7	24-Jun	24,8	6,54	2,86	9962,6	-824,5	7,65
8	25-Jun	24,5	6,4	2,9	10345,8	366,9	-
9	26-Jun	24,7	6,89	2,88	9978,9	100,4	7,04
10	27-Jan	24,9	6,93	2,81	9592,8	-386,5	3,86
11	28-Jun	24,92	6,72	2,82	9492,4	-123,2	1,04
12	29-Jun	25,1	6,68	2,79	9369,2	-223,68	2,33
13	30-Jun	25,2	6,77	2,78	9153,1	-222,88	2,31

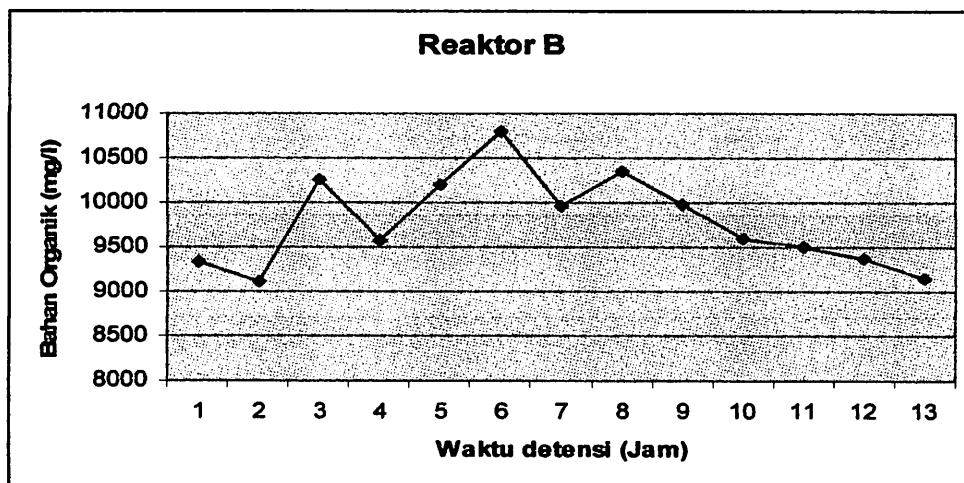
Sumber : Hasil Penelitian

Ket : Nilai selisih (-) terjadi penurunan konsentrasi bahan organik

Nilai selisih (+) terjadi peningkatan konsentrasi bahan organik

Berdasarkan Tabel 4.3. penyisihan bahan organik pada reaktor B terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Untuk peningkatan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 2 sebesar 9112 mg/l dan peningkatan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 6 sebesar 10787,5 mg/l. Sedangkan untuk penurunan bahan organik dibawah 10 % terjadi pada hari ke 9 sampai hari ke 13 sebesar 7,04 % – 2,31 %, pada tahap ini kondisi *steady state* telah tercapai dimana selisih penurunan bahan organik

selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10%. Dari Tabel 4.3. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar. 4.2. Penyisihan bahan organik pada reaktor B

Tabel 4.4 Penyisihan bahan organik pada reaktor C (Beban hidroulik $2m^3/m^2$.hari debit udara 37 l/mnt dan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam)

Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	DO	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	1-Jun-08	24,2	6,7	2,78	9027,57	-882,43	8,9
2	2-Jun	24,8	6,75	2,81	9290,1	262,53	-
3	3-Jun	24,9	6,72	2,8	9159,7	-130,4	1,4
4	4.jun	24,7	6,68	2,75	8934,4	-225,3	2,45
5	5-Jun	24,8	6,6	2,66	8467,1	-467,3	5,23
6	6-Jun	24,4	6,88	2,91	9544,56	1077,46	-
7	7-Jun	25	6,55	2,66	8211,6	-1322,96	13,9
8	8-Jun	24,3	6,9	2,84	9366	1154	-
9	9-Jun	24,6	6,59	2,65	8383,75	-982,25	11,74
10	10-Jun	24,4	6,68	2,68	8611,5	227,75	-

BAB IV Analisis Data Dan Pembahasan

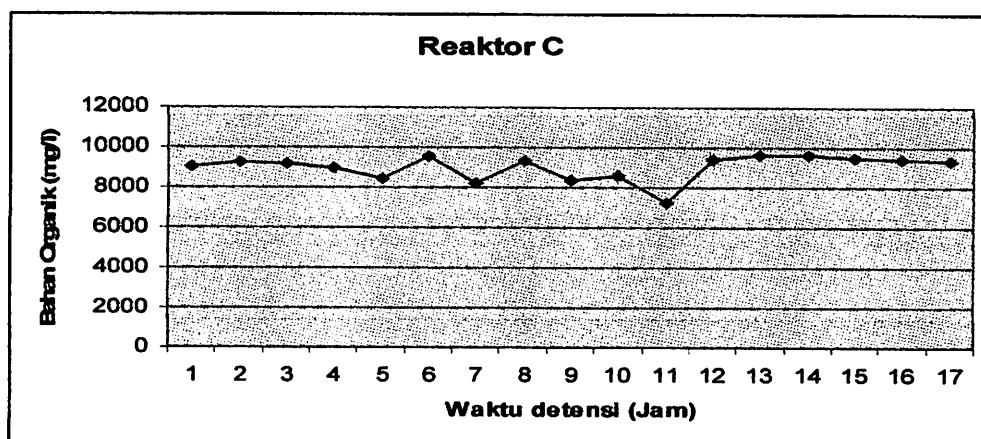
11	11-Jun	25	6,44	2,57	7240	-1371,5	15,92
12	12-Jun	24,8	6,84	2,88	9428,9	188,9	-
13	13-Jun	25,2	6,8	2,98	9626,9	198	-
14	14-Jun	24,4	6,91	2,94	9607	21	0,22
15	15-Jun	24,5	6,70	2,82	9509,2	-102,2	1,01
16	16-Jun	24,4	6,87	2,84	9418,2	-91	0,95
17	17-Jun	24,6	6,78	2,81	9350	-68,2	0,7

Sumber : Hasil Penelitian

Ket : Nilai selisih (-) terjadi penurunan konsentrasi bahan organik

Nilai selisih (+) terjadi peningkatan konsentrasi bahan organik

Berdasarkan Tabel 4.4. penyisihan bahan organik pada reaktor C terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Untuk peningkatan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 7 sebesar 8211,6 mg/l dan peningkatan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 13 sebesar 9626,9 mg/l. Sedangkan untuk penurunan bahan organik dibawah 10 % terjadi pada hari ke 14 sampai hari ke 17 sebesar 0,22 % – 0,7 %, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 9607 mg/l – 9350 mg/l, pada tahap ini kondisi *steady state* telah tercapai dimana selisih penurunan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10%. Dari Tabel 4.4. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar. 4.3. Penyisihan bahan organik pada reaktor C

Tabel 4.5 Penyisihan bahan organik pada reaktor D (Beban hidroulik $2\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$, debit udara $75,4 \text{ l/mnt}$ dan waktu detensi $4,4 \text{ jam}$ dan $8,8 \text{ jam}$)

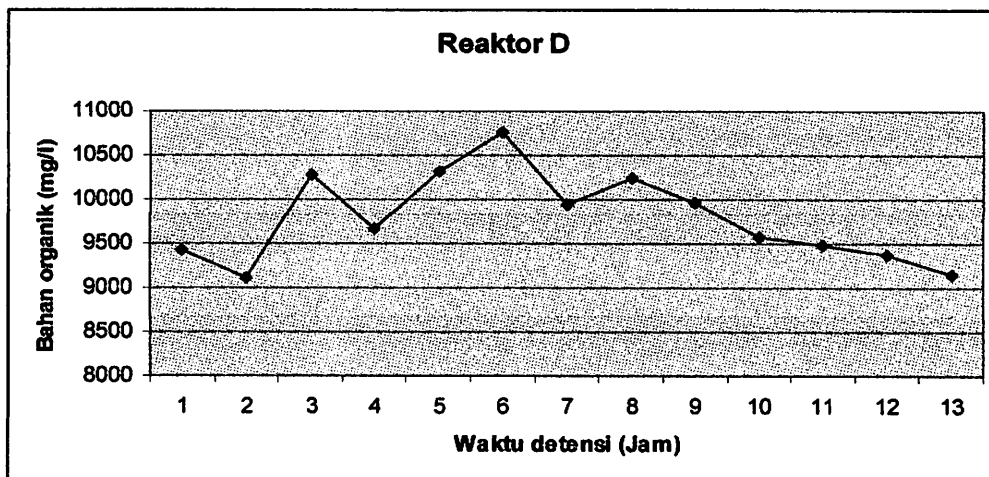
Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	DO	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	18-Jun-08	25	6,4	2,7	9419	-626	6,2
2	19-Jun	25,4	6,45	2,71	9120	-299	3,1
3	20-Jun	24,8	6,58	2,85	10275	8045	-
4	21-Jun	25,1	6,53	2,8	9667,8	-607,2	5,9
5	22-Jun	24,6	6,42	2,93	10315,2	647,4	-
6	23-Jun	24,5	6,39	2,92	10750,5	435,2	-
7	24-Jun	24,5	6,54	2,86	9942,6	-807,9	7,51
8	25-Jun	24,6	6,4	2,9	10245,8	303,2	-
9	26-Jun	24,7	6,78	2,85	9971,8	-274	2,6
10	27-Jan	24,8	6,91	2,75	9582,8	-389	3,9
11	28-Jun	24,92	6,72	2,78	9482,4	-120,3	1,04
12	29-Jun	25,3	6,68	2,8	9362,1	-223,68	2,33
13	30-Jun	25,2	6,71	2,78	9143,8	-218,3	2,31

Sumber : Hasil Penelitian

Ket : Nilai selisih (-) terjadi penurunan konsentrasi bahan organik

Nilai selisih (+) terjadi peningkatan konsentrasi bahan organik

Berdasarkan Tabel 4.5. penyisihan bahan organik pada reaktor D terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Untuk peningkatan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 2 sebesar 9120 mg/l dan peningkatan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 6 sebesar $10750,5 \text{ mg/l}$. Sedangkan untuk penurunan bahan organik dibawah 10% terjadi pada hari ke 9 sampai hari ke 13 sebesar $2,6 \%$ – $2,31 \%$, pada tahap ini kondisi steady state telah tercapai dimana selisih penurunan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10% . Dari Tabel 4.5. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar. 4.4. Penyisihan bahan organik pada reaktor D

Berdasarkan Tabel 4.2. sampai Tabel 4.5. terlihat terjadi fluktuasi peningkatan dan penurunan konsentrasi bahan organik pada tiap-tiap reaktor. Dan pada reaktor A hari ke 14-17, reaktor B pada hari 11-13, reaktor C 14-17 dan reaktor D pada hari 9-13 pada tiap reaktor telah dapat dicapai penurunan konsentrasi bahan organik dibawah 10 % atau pada tahap ini kondisi *steady state* telah tercapai.

Proses aklimatisasi membutuhkan waktu yang lama dan cukup sulit, karena massa mikroorganisme yang besar harus dikembangkan dan beradaptasi dengan karekteristik air limbah. Penyisihan bahan organik yang berfluktuasi pada saat aklimatisasi menunjukkan belum cukupnya populasi mikroorganisme yang tersedia. Peningkatan konsentrasi bahan organik pada tahap aklimatisasi di karenakan juga terjadinya kematian mikroorganisme yang tidak mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ada. Menurut pendapat Grady dan Lim, 1980 dalam Rosalia 2006 pada saat mikroorganisme mati, mereka akan mengeluarkan isi selnya ke media tempat mereka hidup, isi sel ini yang dapat terukur sebagai bahan organik.

Nilai yang stabil pada penyisihan bahan organik menunjukkan telah terbentuknya mikroorganisme yang mampu untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah dan mampu beradaptasi dengan kondisi yang ada seperti konsentrasi dan komposisi substrat di dalam reaktor (Prabowo, 2000 dalam Widiyanto 2006). Kegiatan ini dilakukan sampai kondisi *steady state* dicapai, yaitu apabila penyisihan bahan organik yang dikonsumsi

oleh mikroorganismen mendekati harga yang stabil atau konstan. Apabila selisih penurunan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10 % maka dapat dikatakan bahwa kondisi telah *steady state* (Prastiwi, 2004 dalam Widiyanto 2006). Hal ini ditunjukkan melalui pengukuran bahan organik selama kondisi aklimatisasi pada effluent sehingga diperoleh angka pengolahan yang konstan dengan penyisihan dibawah 10%. Selain itu selama proses kondisi pH dan temperatur air limbah dijaga pada kisaran 6,5 – 7,5 untuk pH dan 20 – 30 ° C karena pada kisaran tersebut mikroorganismen bisa tumbuh.

4.3. Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi BOD dan COD maka `data konsentrasi akhir BOD dan COD setelah diujikan dengan alat *aerobic biofilter* dengan menggunakan media pecahan genteng dengan variasi Beban hidroulik $1\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ dan 55,5 ml/mnt dan variasi debit udara 37 l/mnt dan 75,4 l/mnt serta waktu detensi 8,8 jam dan 4,4 jam dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Data Konsentrasi Akhir BOD

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Beban hidroulik ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$)	Debit Udara (l/mnt)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir BOD (mg/l)			
					1	2	3	Rata-rata
1.	12.001	1	37	8,8	5123,9	5124,3	5124,6	5124,6
2.	12.001	1	37	4,4	6767,8	6768,5	6764,66	6766,96
3.	12.001	1	75,4	8,8	4287,2	4286,77	4286,33	4286,76
4.	12.001	1	75,4	4,4	7368,6	7367,9	7368,2	7368,23
5.	12.001	2	37	8,8	4856,5	4855,87	4859,24	4857,20
6.	12.001	2	37	4,4	6256,4	6258,3	6254,87	6256,52
7.	12.001	2	75,4	8,8	4136,71	4137,55	4138,28	4137,51
8.	12.001	2	75,4	4,4	7051,51	7059,83	7058,44	7058,59

Sumber : Hasil Penelitian diLaborarium Jasa Tirta I kota Malang

4.4. Analisis Penurunan BOD**4.4.1. Analisis Deskriptif**

Dari data hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa, aerobik biofilter dengan menggunakan media pecahan genteng mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi BOD. Untuk mengetahui persentase penurunan BOD pada setiap variasinya digunakan rumus:

$$\% \text{Penurunan} = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

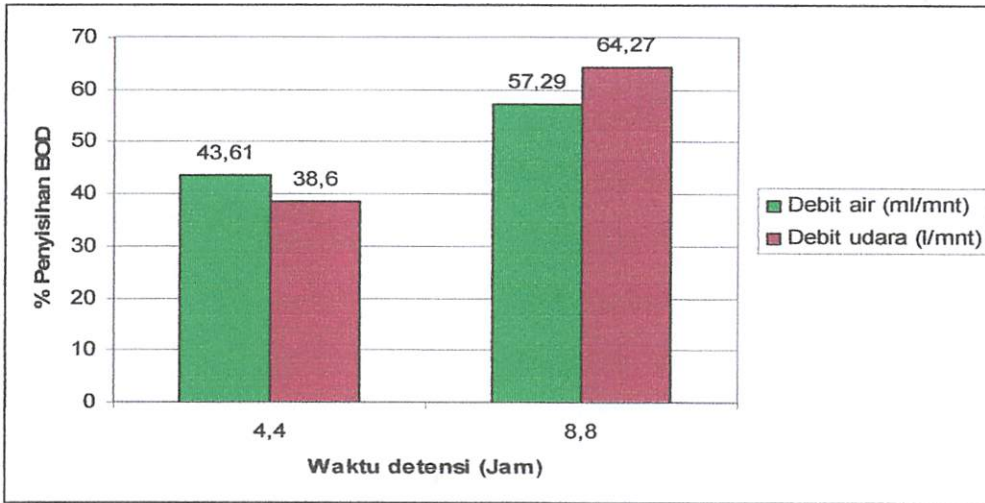
Perhitungan persentase penyisihan BOD dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7. Data persentase penyisihan BOD

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Beban hidroulik (m ³ /m ² .hari)	Debit Udara (l/mnt)	Waktu (jam)	Rata-rata konsentrasi BOD	Rata-rata Persentase penyisihan BOD (%)
1.	12.001	1	37	8,8	5124,6	57,29
2.	12.001	1	37	4,4	6766,96	43,61
3.	12.001	1	75,4	8,8	4286,76	64,27
4.	12.001	1	75,4	4,4	7368,23	38,6
5.	12.001	2	37	8,8	4857,20	59,52
6.	12.001	2	37	4,4	6256,52	47,86
7.	12.001	2	75,4	8,8	4137,51	65,52
8.	12.001	2	75,4	4,4	7058,59	41,17

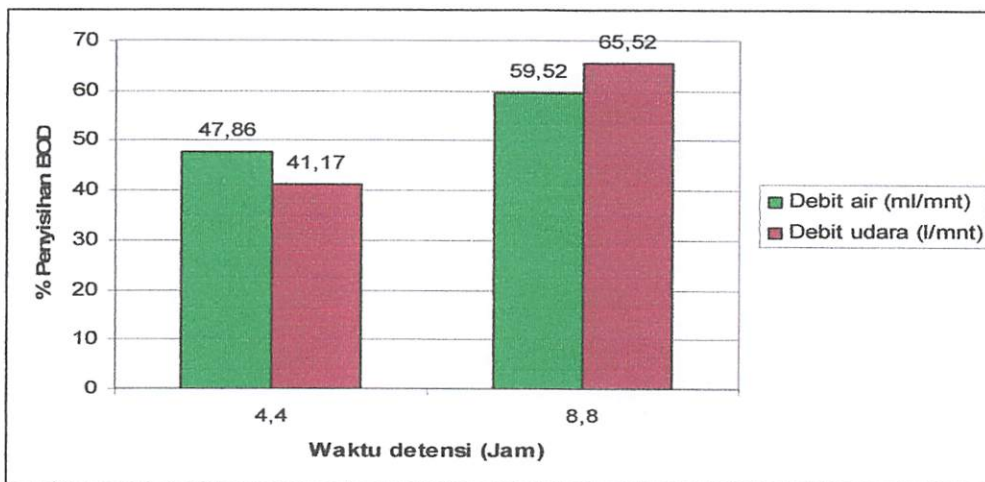
Sumber : Hasil Penelitian di Labotarium Jasa Tirta I kota Malang

Dari perhitungan persentase penyisihan BOD dapat diplotkan kegrafik seperti pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4



Gambar 4.5 Grafik persentase penyisihan BOD (Beban hidroulik 1 m³/m².hari, debit udara 37 l/mnt dan 75,4 ml/mnt dengan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam)

Berdasarkan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir BOD untuk persentase penurunan terendah sebesar 38,6 % dengan Beban hidroulik 1m³/m².hari dan debit udara 75,4 l/mnt dengan waktu detensi 4,4 jam untuk persentase penurunan tertinggi sebesar 64,27 % dengan Beban hidroulik 1m³/m².hari debit udara 37 l/mnt dengan waktu detensi 8,8 jam.



Gambar 4.6 Grafik persentase penyisihan BOD Beban hidroulik 2 m³/m².hari, debit udara 37 l/mnt dan 75,4ml/mnt dengan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam)

Berdasarkan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir BOD untuk persentase penurunan terendah sebesar 41,17 % dengan Beban hidroulik $2 \text{ m}^3/\text{m}^2$.hari dan debit udara 75,4 l/mnt dengan waktu detensi 4,4 jam untuk persentase penurunan tertinggi sebesar 65,52% dengan beban hidroulik $2 \text{ m}^3/\text{m}^2$.hari dan debit udara 75,4 l/mnt dengan waktu detensi 8,8 jam

4.4.2. Analisis statistik

Untuk analisis statistik pada penelitian ini akan menggunakan bantuan program minitab 14.

4.4.2.1 Analisis ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam penurunan konsentrasi BOD maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA (analisis varian). Hasil uji tersebut dapat dilihat dalam Tabel 4.8

Tabel 4.8. Hasil Uji ANOVA pengaruh variasi perlakuan terhadap penurunan konsentrasi BOD, waktu detensi, debit air, debit udara

source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	12238	4079	21.51	0.000
Error	28	5309	190		
Total	31	17546			

- Keterangan :- DF : Derajat bebas - SS : Variasi residual
 - MS : Mean square error - F : Nilai statistik uji
 - P : Nilai probabilitas

Pada Tabel 4.8 merupakan hasil uji ANOVA satu faktor. ANOVA satu faktor ini untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara persentase penurunan konsentrasi BOD diantara kelompok perlakuan.

Hipotesis

H_0 : Kedelapan perlakuan adalah identik

H_1 : Kedelapan perlakuan adalah tidak identik

BAB IV Analisis Data Dan Pembahasan

Pengambilan keputusan

Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima

Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Keputusan

- Nilai Probabilitas

Dengan nilai probabilitas $0,000 < 0,05$ maka H_0 ditolak. Artinya rata – rata persentase penurunan konsentrasi BOD dalam kedelapan perlakuan tersebut memang tidak identik.

- Nilai F

Berdasarkan Tabel 4.8. nilai F hitung sebesar 21,51 dan jika dilihat pada Tabel distribusi F, nilai F Tabel adalah 4,46. Karena nilai F hitung lebih besar daripada F Tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas 0,000, maka H_0 ditolak. Artinya kedelapan perlakuan adalah tidak identik atau berbeda nyata.

Untuk melihat konsentrasi akhir BOD yang paling besar dan perbedaannya dalam setiap perlakuan digunakan uji Duncan. Perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9 Hasil uji Duncan persentase penyisihan BOD

Duncan ^{ab}

D DU W	N	Subset							
		1	2	3	4	5	6	7	8
d1du2w1	3	38,6							
d2du2w1	3		41,17						
d1du1w1	3			43,61					
d2du1w1	3				47,86				
d1du1w2	3					57,29			
d2du1w2	3						59,52		
d1du2w2	3							64,27	
d2du2w2	3								65,52
Sig		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogenous subsets are displayed.

Based on Type III of squares

The error term is mean Square (Error) = 190

BAB IV Analisis Data Dan Pembahasan

- a. Uses Harmonic mean Sample size = 3.00
- b. Alpha = 0.5

Keterangan :

- d1du2w1 = Beban hidrolik 1 m³/m².hari , debit udara 75,4 l/mnt, waktu detensi 4,4 jam
- d2du2w1 = Beban hidrolik 2 m³/m².hari , debit udara 75,4 l/mnt, waktu detensi 4,4 jam
- d2du1w2 = Beban hidrolik 2 m³/m².hari , debit udara 37 l/mnt, waktu detensi 8,8 jam
- d1du1w1 = Beban hidrolik 1 m³/m².hari , debit udara 37 l/mnt, waktu detensi 4,4 jam
- d1du1w2 = Beban hidrolik 1 m³/m².hari , debit udara 37 l/mnt, waktu detensi 8,8 jam
- d2du1w2 = Beban hidrolik 2 m³/m².hari , debit udara 37 l/mnt, waktu detensi 8,8 jam
- d1du2w2 = Beban hidrolik 1 m³/m².hari , debit udara 75,4 l/mnt, waktu detensi 8,8 jam
- d2du2w2 = Beban hidrolik 2 m³/m².hari , debit udara 75,4 l/mnt, waktu detensi 8,8 jam

Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata. Konsentrasi akhir BOD tertinggi saat perlakuan d2du2w2 = Beban hidrolik 2 m³/m².hari , debit udara 75,4 l/mnt, waktu detensi 8,8 jam. Sedangkan Konsentrasi akhir BOD terendah d1du2w1 = Beban hidrolik 1 m³/m².hari , debit udara 75,4 l/mnt, waktu detensi 4,4 jam

4.4.3. Analisis Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisis korelasi. Hasil analisis korelasi dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Korelasi antara Persentase Penurunan BOD dengan waktu detensi (jam) debit udara (l/mnt) , dan Beban hidroulik (m³/m².hari)

waktu detens	% penyisihan	waktu detens	debit udara
	0.941		
	0.000		
debit udara	0.016	0.000	
	0.970	1.000	
Beban hidroulik	0.016	0.000	1.000
	0.970	1.000	*

Hipotesis

H_0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel

H_1 : Ada korelasi antara dua variabel

Pengambilan keputusan

Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima

Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.11. menunjukkan bahwa :

- Korelasi antara persentase penurunan konsentrasi BOD dengan waktu detensi 0.941, Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat dan positif karena berada diantara 0.9 dengan 1 (Achmad Z. S, 2005).. Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi. Hal tersebut berarti bahwa semakin lama waktu detensi maka persentase penurunan BOD akan semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan BOD dengan waktu detensi yang ditunjukkan dengan nilai 0,000 ($<0,05$) maka korelasinya nyata (signifikan).
- Korelasi antara persentase penurunan konsentrasi BOD dengan debit udara 0,016 Hal ini menunjukkan tidak terdapat hubungan antara kedua peubah, hubungan antara kedua variabel karena berada pada angka $< 0,2$ (Achmad Z. S, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi yang berarti semakin besar debit udara maka persentase penurunan konsentrasi BOD meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan konsentrasi BOD dan debit udara yang ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0.970 > 0,05$ maka korelasinya tidak signifikan.
- Korelasi antara persentase penurunan konsentrasi BOD dengan debit 0,016 Hal ini menunjukkan tidak terdapat hubungan antara kedua peubah, hubungan antara

kedua variabel karena berada pada angka $< 0,2$ (Achmad Z. S, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi yang berarti semakin besar debit udara maka persentase penurunan konsentrasi BOD meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan konsentrasi BOD dan Beban hidroulik yang ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0.970 > 0,05$ maka korelasinya tidak signifikan.

4.4.4 Analisis Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan dan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan 4.12 berikut

Tabel 4.11 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan BOD dengan waktu detensi (jam) debit udara (l/mnt) , dan Beban hidroulik ($m^3/m^2.hari$)

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	23.502	6.526	3.60	0.016	
waktu detensi	4.2818	0.6884	6.22	0.002	1.0
debit udara	0.00833	0.07888	0.11	0.920	1.0

S = 4.28344 R-Sq = 88.6% R-Sq (adj) = 84.0%

Keterangan : - S = Standar deviasi model.

- R-Sq (R^2) = Koefisien determinasi.
- R-Sq (adj) = Koefisien determinasi yang disesuaikan.
- T = Nilai statistik.
- P = Nilai probabilitas

Tabel 4.12. Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi BOD dengan waktu detensi, (jam) debit udara (l/mnt) , dan Beban hidroulik ($1m^3/m^2.hari$)

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	710.10	355.05	19.35	0.004
Residual Error	5	91.74	18.35		
Total	7	801.84			

Pada Tabel 4.11 dan 4.12 dapat kita ketahui

A. Dari analisis regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 23.502 + 4.2818 X_1 + 0.00833 X_2$$

Dimana :

Y = % Penyisihan BOD

X_1 = waktu detensi

X_2 = debit udara

Berdasarkan Tabel 4.11. dapat disimpulkan bahwa :

- Konstanta sebesar 23.502 menyatakan bahwa jika variasi waktu detensi, debit udara dan Beban hidroulik konstan maka persentase penurunan kandungan BOD adalah 23.502 % .
 - Koefisien regresi untuk variabel X_1 (waktu detensi) sebesar 4.2818 menyatakan bahwa setiap penambahan waktu detensi sebesar 4.2818 jam akan menambah persentase penurunan konsentrasi BOD sebesar 4.2818 %.
 - Koefisien regresi untuk variabel X_2 (debit udara) sebesar 0.00833 menyatakan menyatakan bahwa setiap penambahan debit udara 0.00833 l/mnt akan meningkatkan persentase penurunan BOD sebesar 0.00833 %.
- B. Dari hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 88,6%. Hal ini berarti proses penurunan konsentrasi BOD dipengaruhi oleh variasi debit udara dan waktu detensi sedangkan sisanya 11,4 % penurunan konsentrasi BOD dipengaruhi oleh faktor lain seperti pH, temperatur, dan pengoperasionalan reaktor.
- C. Dari uji kelinieran untuk analisis regresi atau F test, didapat nilai F hitung sebesar 19,35 Dari Tabel distribusi F didapatkan 5,99, Karena F hitung lebih besar dari F Tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penurunan BOD dengan debit udara, dan waktu detensi adalah linier.

D. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Hipotesis

H_0 = koefisien regresi tidak signifikan

H_1 = koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan

Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima

Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Keputusan

- Dengan membandingkan statistik hitung dengan statistik Tabel

Jika statistik t hitung $<$ statistik t Tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung $>$ t Tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Berdasarkan Tabel 4.11 statistik t hitung untuk variasi waktu detensi 6.22, debit udara 0.11 sedangkan t Tabel 2,132. Untuk variasi waktu detensi statistik t hitung $>$ dari t Tabel berarti koefisien regresi signifikan, untuk debit udara t hitung lebih kecil dari t Tabel, maka koefisien regresi tidak signifikan.

- Berdasarkan probabilitas

Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi waktu detensi 0,002 dan debit udara 0,920 atau probabilitasnya $< 0,05$ sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau koefisien regresi signifikan. Jadi variasi waktu detensi dan debit udara benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi BOD

4.5. Analisis Penurunan COD**4.5.1. Analisis Deskriptif**

Dari data hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa, aerobik biofilter dengan menggunakan media pecahan genteng mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi COD.

Tabel 4.13. Data Konsentrasi Akhir COD

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Beban hidroulik (m ³ /m ² .hari)	Debit Udara (l/mnt)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir COD (mg/l)			
					1	2	3	Rata-rata
1	68.462,5	1	37	8,8	34258,92	34276,21	34256,42	34263,85
2	68.462,5	1	37	4,4	43416,58	43446,69	3432,27	43431,65
3	68.462,5	1	75,4	8,8	31586	31584,41	31586,25	31585,55
4	68.462,5	1	75,4	4,4	40876,54	40875,44	40855,28	40869,08
5	68.462,5	2	37	8,8	39476,21	39458,98	39464,54	39465,57
6	68.462,5	2	37	4,4	45568,81	45678,23	45676,57	45641,20
7	68.462,5	2	75,4	8,8	35213,56	35216,5	35214,41	35114,82
8	68.462,5	2	75,4	4,4	42884,91	42879,21	42880,53	42881,55

Sumber : Hasil Penelitian di Labotarium Jasa Tirta I kota Malang

Untuk mengetahui persentase penurunan COD pada setiap variasinya digunakan rumus:

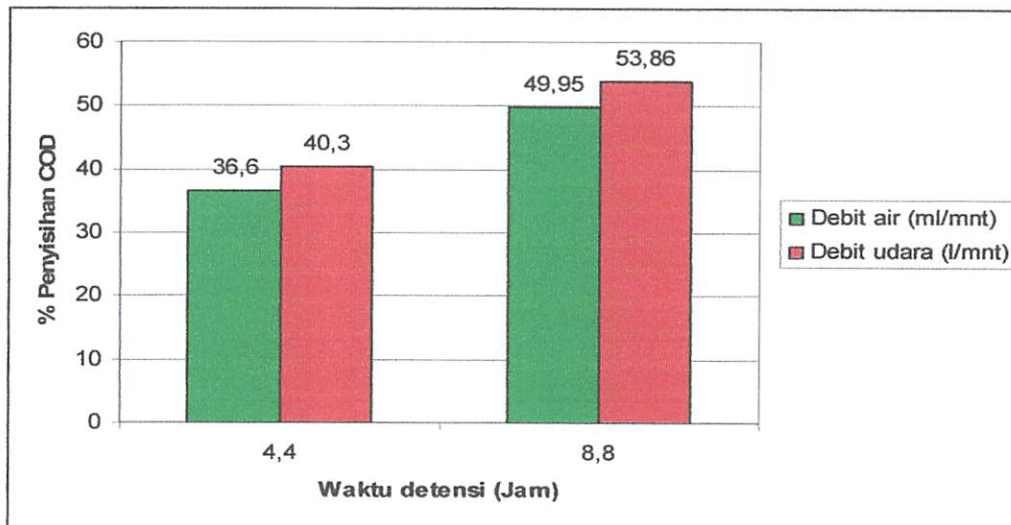
$$\% \text{Penurunan} = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Perhitungan persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.14

Tabel 4.14 Data persentase penyisihan COD

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Beban hidroulik (m ³ /m ² .hari)	Debit Udara (l/mnt)	Waktu (jam)	Rata-rata konsentrasi COD	Rata-rata Persentase penyisihan COD (%)
1	68.462.5	1	37	8,8	34263,85	49,95
2	68.462.5	1	37	4,4	43431,65	36,6
3	68.462.5	1	75,4	8,8	31585,55	53,86
4	68.462.5	1	75,4	4,4	40869,08	40,3
5	68.462.5	2	37	8,8	39465,57	42,35
6	68.462.5	2	37	4,4	45641,20	33,3
7	68.462.5	2	75,4	8,8	35114,82	48,7
8	68.462.5	2	75,4	4,4	42881,55	37,36

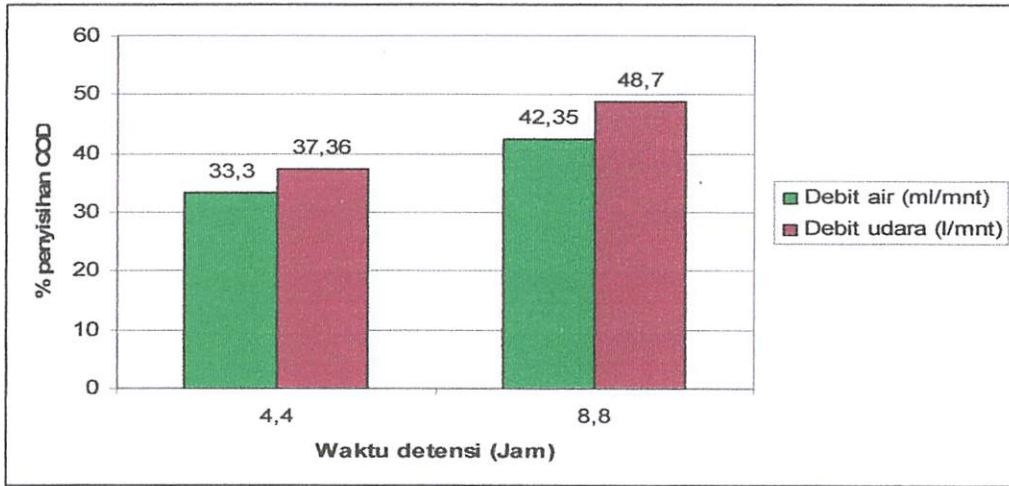
Hasil penelitian pada Tabel 4.15 diplotkan pada grafik seperti pada Gambar 4.5 dan 4.6



Gambar 4.7 Grafik persentase penyisihan COD (Beban hidroulik 1 m³/m².hari, debit udara 37 l/mnt dan 75,4ml/mnt dengan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam)

Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa persentase penurunan terendah COD terendah 36,6 % dengan Beban hidroulik 1m³/m².hari dan debit udara 37 l/mnt

dengan waktu detensi 4,4 jam. Sedangkan persentase COD tertinggi 53,86 % dengan Beban hidroulik $1\text{m}^3/\text{m}^2$.hari dan debit udara 75,4 l/ mnt dengan waktu detensi 8,8 jam.



Gambar 4.8 Grafik persentase penyisihan COD (Beban hidroulik $2\text{ m}^3/\text{m}^2$.hari, debit udara 37 l/mnt dan 75,4ml/mnt dengan waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam)

Berdasarkan Gambar 4.6 menunjukkan bahwa persentase penurunan terendah COD terendah 33,3 % dengan Beban hidroulik $2\text{ m}^3/\text{m}^2$.hari serta debit udara 37 l/mnt dengan waktu detensi 4,4 jam. Sedangkan persentase COD tertinggi 48,7 % dengan Beban hidroulik $1\text{m}^3/\text{m}^2$.hari dan debit udara 75,4 l/ mnt dengan waktu detensi 8,8 jam.

4.5.2. Analisis ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam penurunan konsentrasi COD maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA (analisis varian). Hasil uji tersebut dapat dilihat dalam Tabel 4.14.

Tabel 4.15 Hasil Uji ANOVA Pengaruh Variasi Perlakuan Terhadap Penyisihan konsentrasi COD, waktu detensi, debit air, debit udara

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	10807	3602	20.71	0.000
Error	28	4871	174		
Total	31	15679			

- Keterangan : - DF : Derajat bebas - SS : Variasi residual
 - MS : Mean square error - F : Nilai statistik uji
 - P : Nilai probabilitas

Pada Tabel 4.15. merupakan hasil uji ANOVA satu faktor. ANOVA satu faktor ini untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara persentase penurunan konsentrasi COD diantara kelompok perlakuan.

Hipotesis

H_0 : Kedelapan perlakuan adalah identik

H_1 : Kedelapan perlakuan adalah tidak identik

Pengambilan keputusan

Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima

Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Keputusan

1. Nilai Probabilitas

Dengan nilai probabilitas $0,000 < 0,05$ maka H_0 ditolak. Artinya rata – rata persentase penurunan konsentrasi COD dalam kedelapan perlakuan tersebut memang tidak identik.

2. Nilai F

Berdasarkan Tabel 4.15. nilai F hitung sebesar 20,71 dan jika dilihat pada Tabel distribusi F, nilai F Tabel adalah 4,46. Karena nilai F hitung lebih besar daripada F Tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas 0,000, maka H_0 ditolak. Artinya kedelapan perlakuan adalah tidak identik atau berbeda nyata.

Tabel 4.16 Hasil uji Duncan konsentrasi akhir COD

Duncan ^{ab}

D DU W	N	Subset							
		1	2	3	4	5	6	7	8
d2du1w1	3	33,3							
d1du1w1	3		36,6						
d2du2w1	3			37,36					
d1du2w1	3				40,3				
d2du1w2	3					42,35			
d2du2w2	3						48,7		
d1du1w2	3							49,95	
d1du2w2	3								53,86
Sig		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogenous subsets are displayed.

Based on Type III of squares

The error term is mean Square (Error) = 174

- a. Uses Harmonic mean Sample size = 3.00
- b. Alpha = 0.5

Keterangan :

d2du1w1 = Beban hidrolik 2 m³/m².hari , debit udara 37 l/mnt, waktu detensi 4,4 jam

d1du1w1 = Beban hidrolik 1 m³/m².hari , debit udara 37 l/mnt, waktu detensi 4,4jam

d2du2w1 = Beban hidrolik 2 m³/m².hari , debit udara 75,4 l/mnt, waktu detensi 4,4 jam

d1du2w1 = Beban hidrolik 1 m³/m².hari , debit udara 75,4 l/mnt, waktu detensi 4,4 jam

d2du1w2 = Beban hidrolik 2 m³/m².hari , debit udara 37 l/mnt, waktu detensi 8,8 jam

d2du2w2 = Beban hidrolik 2 m³/m².hari , debit udara 7,54 l/mnt, waktu detensi 8,8 jam

d1du1w2 = Beban hidrolik 1 m³/m².hari , debit udara 37 l/mnt, waktu detensi 8,8 jam

d1du2w2 = Beban hidrolik 1 m³/m².hari , debit udara 75,4 l/mnt, waktu detensi 8,8 jam

Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata. Konsentrasi akhir COD tertinggi saat perlakuan d1du2w2 = Beban hidrolik 1 m³/m².hari , debit udara 75,4 l/mnt, waktu detensi 8,8 jam Sedangkan Konsentrasi akhir COD terendah d2du1w1 = Beban hidrolik 2 m³/m².hari , debit udara 37 l/mnt, waktu detensi 4,4 jam

4.5.3. Analisis Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisis korelasi. Hasil analisis korelasi dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17. Korelasi antara Persentase Penurunan COD dengan waktu detensi (jam) debit udara (l/mnt) , dan Beban hidroulik (m³/m².hari)

% Penyisihan	waktu detens	debit udara		
waktu detens	0.854			
	0.007			
debit udara	0.302	0.000		
	0.467	1.000		
Beban hidroulik	0.302	0.000	1.000	
	0.467	1.000	*	

- Korelasi antara persentase penurunan konsentrasi COD dengan waktu detensi 0,854 , Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat dan positif karena berada diantara 0,7 dengan 0,9 (Achmad Z. S, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi. Hal tersebut berarti bahwa semakin lama waktu detensi maka persentase penurunan COD akan semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan COD dengan waktu detensi yang ditunjukkan dengan nilai 0,006 (<0,05) maka korelasinya nyata (signifikan).
- Korelasi antara persentase penurunan konsentrasi COD dengan debit udara 0,302 yang menunjukkan Hubungan kedua peubah lemah karena memiliki nilai antara 0,2 s/d 0,4 (Achmad Z. S, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin besar debit udara maka persentase penurunan konsentrasi COD meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan konsentrasi COD dan debit

udara yang ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0.467 > 0,05$ maka korelasinya tidak signifikan.

- Korelasi antara persentase penurunan konsentrasi BOD dengan Beban hidroulik 0,302 yang menunjukkan Hubungan kedua peubah lemah karena memiliki nilai antara 0,2 s/d 0,4 (Achmad Z. S, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin besar Beban hidroulik maka persentase penurunan konsentrasi COD meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan konsentrasi COD dan debit udara yang ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0.467 > 0,05$ maka korelasinya tidak signifikan

4.5.4. Analisis Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan dan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel – Tabel 4.18 dan 4.19 berikut

Tabel 4.18. Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan COD dengan waktu detensi (jam) debit udara (l/mnt) , dan Beban hidroulik ($1m^3/m^2.hari$).

The regression equation is					
% Penyisihan COD = 20.2 + 2.57 waktu detensi + 0.104 debit udara					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	20.204	5.412	3.73	0.014	
waktu detensi	2.5739	0.5709	4.51	0.006	1.0
debit udara	0.10430	0.06541	1.59	0.172	1.0
S = 3.55221 R-Sq = 82.1% R-Sq(adj) = 74.9%					

Keterangan : - S = Standar deviasi model.

- R-Sq (R^2) = Koefisien determinasi.
- R-Sq (adj) = Koefisien determinasi yang disesuaikan.
- T = Nilai statistik.
- P = Nilai probabilitas.

Tabel 4.19. Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi COD dengan waktu detensi (jam) debit udara (l/mnt) , dan Beban hidroulik (m³/m².hari)

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	285.73	142.86	11.28	0.014
Residual Error	5	63.33	12.67		
Total	7	349.06			

A. Dari analisis regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 20.204 + 2.5739X_1 + 0.10430 X_2$$

Dimana :

Y = % Penyisihan COD

X₁ = waktu detensi

X₂ = debit udara

Berdasarkan Tabel 4.18. dapat disimpulkan bahwa :

- Konstanta sebesar 20.204 menyatakan bahwa jika variasi waktu detensi, debit udara konstan maka persentase penurunan kandungan BOD adalah 20.204 % .
- Koefisien regresi untuk variabel X₁ (waktu detensi) sebesar 2.5739 menyatakan bahwa setiap penambahan waktu detensi sebesar 2.5739 jam akan menambah persentase penurunan konsentrasi COD sebesar 2.5739 %.
- Koefisien regresi untuk variabel X₂ (debit udara) sebesar 0.10430 menyatakan bahwa setiap penambahan debit udara 0.10430 l/mnt akan meningkatkan persentase penurunan COD sebesar 0.10430 %.

B. Dari hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r²) sebesar 82,1 % hal ini berarti persentase penurunan konsentrasi COD dipengaruhi oleh variasi debit udara dan waktu detensi sedangkan sisanya 82,1 % penurunan

konsentrasi COD dipengaruhi oleh faktor lain seperti pH, temperatur dan pengoperasionalan reaktor.

- C. Dari uji kelinieran untuk analisis regresi atau F test, didapat nilai F hitung sebesar 11.28. Dari Tabel distribusi F didapatkan 5,99. Karena F hitung lebih besar dari F Tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penurunan COD dengan debit udara, waktu detensi adalah linier.
- D. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Hipotesis

H_0 = koefisien regresi tidak signifikan

H_1 = koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan

Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima

Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Keputusan

- Dengan membandingkan statistik hitung dengan statistik Tabel

Jika statistik t hitung $<$ statistik t Tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung $>$ t Tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Berdasarkan Tabel 4.18 statistik t hitung untuk variasi waktu detensi 4,51, debit udara 1,59 sedangkan t Tabel 2,132. Untuk variasi waktu detensi statistik t hitung $>$ statistik t Tabel maka H_0 diterima dan H_1 ditolak yang berarti koefisien regresi tidak signifikan. Sedangkan variasi debit udara statistik t hitung $<$ statistik t Tabel yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.

- Berdasarkan probabilitas

Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi waktu detensi 0,006 dan debit udara 0,172 atau probabilitasnya $< 0,05$ sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau koefisien regresi signifikan. Jadi variasi waktu detensi dan debit udara benar – benar berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi COD

4.6. Pembahasan

4.6.1. Penurunan Konsentrasi BOD

Dari hasil penelitian yang sudah diperoleh, *aerobic biofilter* aliran *upflow* dengan variasi debit udara (l/mnt), dan Beban hidroulik (ml/mnt) dan waktu detensi terbukti dapat menurunkan konsentrasi BOD. Berdasarkan Tabel 4.7 Persentase penyisihan BOD terendah 38,6 % dengan Beban hidroulik 1 m^3/m^2 .hari dan debit udara 75,4 l/mnt dengan waktu detensi 4,4 jam, untuk penyisihan tertinggi sebesar 65,52 % dengan Beban hidroulik 2 m^3/m^2 .hari dan debit udara 75,4 l/mnt dengan waktu detensi 8,8 jam

Penyisihan kandungan BOD pada *aerobik biofilter* terjadi karena adanya proses biologis oleh lapisan biofilm pada media biofilter yang terdiri dari sekumpulan mikroorganismenya yang dapat berupa bakteri, jamur dan alga. Ketika air limbah melintasi permukaan *biofilm*, material organik dalam air limbah bersama-sama dengan oksigen dan nutrient akan terdifusi ke dalam *biofilm* dan dioksidasi oleh mikroorganismenya *heterotopy* (Slamet dan Masduki, 2000). Proses oksidasi oleh bakteri *heterotopy* ditujukan untuk mendapatkan energi dan untuk pembentukan sel baru. Debit pada influen reaktor biofilter besarnya tidak stabil karena *terjadinya clogging* pada reaktor biofilter sehingga *valve* pengatur debit pada reaktor biofilter sering diatur kembali agar debit influen tetap. Peningkatan aktivitas biologis akan mempertebal lapisan *slime* yang dapat meningkatkan penyisihan BOD. Peningkatan waktu akan memberikan kesempatan dan peningkatan kinerja mikroorganismenya dalam pembentukan *slime* pada media filter dalam penurunan konsentrasi BOD (Santoso 1997 dalam Matilda 2000). Waktu

tinggal yang cukup akan memberikan kesempatan difusi bahan organik, aktifitas biologis inilah yang akan menurunkan konsentrasi BOD atau dengan kata lain meningkatkan persentase penyisihan BOD (Suantari Ni Made, 2005). Hal lain yang dapat menurunkan konsentrasi BOD adalah proses aerasi pada reaktor *aerobic biofilter* yang mensuplai udara dari aerator sebesar 37 l/mnt dan 75,4 l/mnt. Pada penelitian aerasi ini berfungsi untuk menambah konsentrasi oksigen pada air limbah, dimana oksigen tersebut sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam proses oksidasi bahan organik, kehadiran oksigen terlarut dalam jumlah yang cukup sangat diperlukan untuk proses oksidasi dan sintesa sel, secara umum kadar O₂ terlarut untuk proses aerobik harus dijaga minimal 2 mg O₂/lt (Slamet dan Masduki, 2000)

Penurunan konsentrasi BOD disebabkan oleh proses biologis akibat limbah yang dialirkan melewati lapisan media filter (pecahan genteng) dimana terdapat kontak dengan bakteri aerobik yang tumbuh dan tinggal dalam media tersebut. Karakteristik media (ukuran dan porositas) berpengaruh terhadap penurunan BOD, tujuan dari adanya media adalah untuk menahan padatan biologis (*biological solid*) dalam reaktor baik sebagai *fixed film* yang menempel pada media, sebagai solid yang tertahan dalam rongga pori. Pada proses *fixed film*, surface area, volume rongga dan karakteristik lain dari media mempengaruhi efisiensi. Peningkatan area permukaan (surface area) akan menghasilkan konsentrasi biomassa yang tinggi dalam reaktor.

Menurut Hickey (1991) dalam Vivien (2000) biofilter 3x lebih cepat pada media tanah liat yang dibakar daripada media PVC/bahan gelas. Hal ini yang mengakibatkan salah satu penurunan BOD sehingga media pecahan genteng berpotensi sebagai media penurunan BOD. Kennedy dan droste (1991) dalam Vivien (2000) mempelajari media berpori dan tidak berpori untuk mengawali kolonisasi oleh bakteri. untuk bahan tidak berpori disimpulkan bahwa celah permukaan bahan mempunyai peranan penting dalam pembentukan *biofilm*. Sedangkan pada bahan berpori, ukuran pori dan perbandingan porositas penting untuk karakteristik media. Studi lain menyebutkan bahwa kekasaran permukaan,

total porositas ditambah ukuran pori dan mode reproduksi dari mikroba tertentu dapat mempengaruhi kecepatan kolonisasi dan kinerja reaktor *fixed film* (Messing, 1982 dalam Vivien 2000). Hal ini yang mengakibatkan salah satu penurunan konsentrasi BOD.

Ketiga variasi Beban hidroulik, debit udara dan waktu detensi mempengaruhi konsentrasi BOD. Hal ini dapat dilihat pada hasil analisis data yang menunjukkan bahwa pengaruh variasi Beban hidroulik, debit udara dan waktu detensi dapat mempengaruhi penurunan konsentrasi BOD yang signifikan (Tabel 4.11) kemudian diperkuat dengan nilai R square sebesar 88,6% yang artinya 88,6% penurunan konsentrasi BOD dipengaruhi oleh debit udara dan waktu detensi

Adapun hasil persamaan regresi yang diperoleh adalah $Y = 23.502 + 4.2818 X_1 + 0.00833 X_2$ (Tabel 4.11) dimana diketahui bahwa seberapa besar pengaruh variabel X terhadap Y (variabel X_1 = waktu detensi , X_2 debit udara, Y= konsentrasi akhir BOD)

4.6.2. Penurunan Konsentrasi COD

Dari hasil penelitian yang sudah diperoleh, *aerobik biofilter* aliran *upflow* dengan variasi Beban hidroulik, debit udara dan waktu detensi terbukti dapat menurunkan konsentrasi COD. Berdasarkan Tabel 4.13 Persentase penyisihan COD terendah 33,3 % dengan Beban hidroulik $2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ serta debit udara 37 l/mnt dengan waktu detensi 4,4 jam, untuk penyisihan tertinggi 53,86 % dengan Beban hidroulik $1 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ dan debit udara 75,4 l/ mnt dengan waktu detensi 8,8 jam. Peningkatan waktu detensi akan memberikan kesempatan kontak air limbah sehingga memperbesar persentase penyisihan COD. Karakteristik ukuran media dan porositas berpengaruh terhadap penurunan COD, tujuan dari adanya media adalah untuk menahan padatan biologis (*biological solid*) dalam reaktor baik sebagai *fixed film* yang menempel pada media, sebagai solid yang tertahan dalam rongga pori.

Debit udara yang diberikan (variasi debit udara 37 l/mnt dan 75,4 l/mnt) dengan Beban hidroulik (1 m³/m².hari dan 2 m³/m².hari) serta waktu detensi 4,4 jam dan 8,8 jam berpengaruh pada penurunan konsentrasi COD dimana fungsi utama aerasi ini untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air. Selain karena adanya suplai udara dari aerator, adanya fitoplankton (*mikroalgae*) yang melekat pada media yang dapat menambah konsentrasi DO, proses fotosintesis akan terjadi dengan menghasilkan oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan organik/COD.

Reaktor *aerobik biofilter* dengan media pecahan genteng dapat mengurangi kadar COD pada limbah rumah makan, dimana peningkatan waktu detensi berarti pula penambahan waktu kontak antar limbah dengan *biofilm*. Adapun hasil persamaan regresi yang diperoleh adalah $Y = 20.204 + 2.5739X_1 + 0.10430 X_2$ (Tabel 4.19) dimana diketahui bahwa seberapa besar pengaruh variabel X terhadap Y (variabel X_1 = waktu detensi , X_2 debit udara, Y= konsentrasi akhir COD)

Kedua variasi yaitu, debit udara dan waktu detensi mempengaruhi penurunan konsentrasi COD. Hal ini dapat dilihat pada analisis data yang menunjukkan bahwa pengaruh Beban hidroulik, debit udara dan waktu detensi mempengaruhi penurunan COD yang signifikan (Tabel regresi 4.19 dan 4.20). Kemudian diperkuat dengan nilai R square sebesar 82,1% yang artinya 82,1% penurunan konsentrasi COD dipengaruhi oleh debit udara dan waktu detensi

Berdasarkan hasil penelitian maka direkomendasikan bahwa reaktor *aerobik biofilter* aliran dapat digunakan untuk menurunkan BOD dan COD dengan efisiensi sebesar penurunan untuk BOD 65,52 % dan COD 53,86 %. Syarat-syarat yang perlu diperhatikan antara lain :

- Beban Hidroulik 1 m³/m².hari dan 2 m³/m².hari
- Debit udara 37 l/mnt dan 75,4 l/mnt
- Porositas media pecahan genteng 0,44
- Volume total (vol.efektif + Vol.influent + Vol.effluent) adalah 0,0148 m³

- Tinggi reaktor 65 cm, terdiri dari 5 cm vol.influent, 50 cm vol.efektif dan 10 cm vol.effluent.

Perlu diketahui bahwa pemilihan jenis media yang digunakan sangat penting, karena pada media pecahan genteng berfungsi menahan padatan biologis (*biological solid*) dalam reaktor baik sebagai *fixed film* yang menempel pada media, sebagai solid yang tertahan dalam rongga pori. Selain itu, arah aliran *upflow* mampu menghambat terjadinya penyumbatan (*clogging*) kecepatan yang rendah pada liran ini digunakan untuk mencegah keluarnya biomassa dari reaktor (Metcalf & Eddy, 2003), reaktor *aerobic biofilter* tidak memerlukan area yang luas dan menghasilkan *effluent* yang dapat menurunkan BOD dan COD. Kekurangan yang terjadi yaitu apabila debit pada influen reaktor *aerobic biofilter* besarnya tidak stabil karena terjadinya *clogging* pada bak penampung limbah sehingga *valve* pengatur debit pada bak penampung limbah sering diatur kembali agar debit influen berjalan lancar.

Dari pembahasan diatas dapat bahwa disebutkan bahwa persentase penyisihan BOD lebih baik dari COD, dimana persentase penyisihan BOD terendah 38,6 %, sedangkan yang tertinggi 65,52 %, untuk COD penyisihan terendah 33,3 %, sedangkan yang tertinggi 53,86 %.

Pada penelitian ini terdapat kesalahan dalam pengambilan sampel pada *effluen* sehingga hasilnya menyimpang (*error*) dari teoritis, menurut Alaerts dan S. Santika, 1984 analisis COD lebih teliti dan ketepatan tes COD adalah sampai 3 kali lebih tinggi dari tes BOD, sehingga pengujian COD sering digunakan untuk menggantikan BOD. Data COD dapat diinterpretasikan menjadi data BOD melalui perhitungan dengan faktor korelasi yang telah diketahui.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian ini terdapat faktor kesalahan dimana proses pengambilan sampel yang salah sehingga nilai kandungan BOD lebih tinggi dari COD, padahal menurut Alaerts dan S. Santika, 1984 bahwa analisis COD lebih teliti. Ketepatan tes COD adalah sampai 3 kali lebih tinggi dari tes BOD. Proses oksidasi zat organik menjadi CO_2 dan H_2O berlangsung sempurna sehingga nilai COD akan lebih besar dari pada nilai BODnya.

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Media pecahan genteng efektif dalam menurunkan BOD dan COD.
2. *Aerobik biofilter* dapat menurunkan BOD dan COD pada limbah cair rumah makan . Persentase penurunan BOD tertinggi sebesar 65,52 %, pada beban hidrolik $2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$, debit udara 75,4 l/mnt dengan waktu detensi 8,8, jam. Untuk COD penurunan COD tertinggi sebesar 53,86 %, pada beban hidroulik $2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$, debit udara 75,4 l/mnt dengan waktu detensi 8,8, jam.

5.2 Saran

1. Pada penelitian ini, limbah cair rumah makan yang diperoleh belum memenuhi standart baku mutu (nilai BOD dan COD) sehingga perlu dilakukan optimasi terhadap optimasi penambahan debit air, debit udara dan waktu detensi.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai *aerobic biofilter* dengan memvariasikan ketinggian dari reaktor.
3. Perlu dilakukan variasi lagi terhadap penggunaan media yang lain serta parameter seperti nitrit, nitrat dan lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G., Santika., Sri S 1987., *Metoda Penelitian Air*, Usaha Nasional Surabaya.
- Slamet, A dan Masduqi, A. 2002.” *Satuan Operasi Untuk Pengolahan Air*, Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya.
- Badan Pengendali Dampak Lingkungan, 2002. *Keputusan Gubernur Jawa Timur No.45 Tahun 2002 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur*.
- Iriawan, N dan Astuti, S.P (2006). *Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Andi. Yogyakarta.
- Matilda (2000). *Penurunan BOD dan COD Pada Lindi TPA Supit Urang Dengan Anaerobik Biofilter Dengan Media Kerikil Dan Kolom Enceng Gondok*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
- Metcalf and Eddy. 2003. *Waste Water Engineering*. P ed. McGraw-Mll, Inc. New York
- Reynold, Tom D. 1982, *Unit Operation And Proseses In Environmental Engineering*, Brooks/cole Engineering Division, California.
- Rosalia (2006). *Unjuk Kerja Biofilter Aerobic Aliran “Upflow’ Dengan Media Batu Apung (Studi Kasus: Penurunan BOD₅ T erlarut Pada Air Limbah Domestik*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya.
- Slamet, Agus dan Masduqi. Ali, 2000. *Satuan Proses*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.Surabaya.
- Suantari, Ni Made. 2005. *Uji Kemampuan Roughing Filter Aliran Horizontal Terhadap Penurunan Kadar Sulfur (S), Besi (Fe), dan Kekeruhan Pada Air Panas*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
- Sugiharto (1987). *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Soleh, Zanbar Achmad, 2005. *Ilmu Statistika: Pendekatan Teoritis dan Aplikatif Disertai Contoh Penggunaan SPSS*. Rekayasa sains. Bandung.
- Syed R. Qosim. *Waste Water Treatment Plants*, The University Of Texas At Arlington

Vivien Deviyantie (2000) ***Studi Kinerja Upflow Anaerobic Biofilter Menggunakan Media Pecahan Genteng Untuk Penurunan COD dan TSS Pada Genangan Lindi Lpa Keputih Surabaya.*** Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya

Wahjono, Heru Dwi. 2000. ***Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri.***

Widyanto, I Putu (2006). ***Penurunan COD, TSS Dan Warna Pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH) Menggunakan Anaerobic Baffled Reaktor.*** Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN

Debit air limbah

Untuk beban hidrolis sebesar $1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$

Surface hidrolis loading = $\frac{Q}{A}$ (Metcalf & Eddy, 2003)

$Q = 1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \times (0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}) = 0,04 \text{ m}^3/\text{hari}$

$= 0,04 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{1 \cdot 10^6 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ mnt}} = 27,77 \text{ ml/mnt}$

$Q = 27,8 \text{ ml/mnt}$ (Lampiran A1)

Untuk beban hidrolis sebesar $2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$

$Q = 2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \times (0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}) = 0,08 \text{ m}^3/\text{hari}$

$= 0,08 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{1 \cdot 10^6 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ mnt}} = 55,5 \text{ ml/mnt}$

$Q = 55,5 \text{ ml/mnt}$ (Lampiran A1)

Perhitungan Waktu detensi dengan Pendekatan

- Beban Hidrolis $1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} = 27,8 \text{ ml/mnt} = 27,8 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ lt}}{1 \cdot 10^6 \cdot \text{m}^3}$
 $= 27,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{mnt}$

$V_{ef} = (A \times t) \times P$

Dimana $V_{ef} = \text{Vol. efektif (m}^3\text{)}$

$A = \text{Luas bed (m}^2\text{)} = 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 0,04 \text{ m}^2$

$t = \text{tinggi reaktor (m)} = 0,5 \text{ m}$

$P = \text{Porositas} = 0,44$(Darmawan, B. 1998 dalam Vivien Deviyantie (2000))

$V_{efektif} = (0,04 \text{ m}^2 \times 0,5 \text{ m}) \times 0,44$
 $= 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

$V_{inf} = P \times L \times T$
 $= 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,05 \text{ m}$
 $= 0,002 \text{ m}$

$V_{eff} = P \times L \times T$
 $= 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$
 $= 0,004 \text{ m}$

Perhitungan

$$\begin{aligned}V_{\text{tot}} &= V_{\text{ef}} + V_{\text{inf}} + V_{\text{ef}} \\ &= 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 + 0,002 \text{ m} + 0,004 \text{ m} \\ V_{\text{tot}} &= 0,0148 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{➤ Td di media} &= \frac{V_{\text{efektif}}}{Q} \\ &= \frac{8,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{0,0000278 \text{ m}^3 / \text{mnt}}\end{aligned}$$

$$\text{Td di media} = 316,54 \text{ mnt} \times \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ mnt}} = 5,2 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned}\text{➤ td di reaktor} &= \frac{V_{\text{tot}}}{Q} \\ &= \frac{0,0148 \text{ m}^3}{0,0000278 \text{ m}^3 / \text{mnt}} \\ &= 532,32 \text{ mnt}\end{aligned}$$

$$\text{td di reaktor} = 532,32 \text{ mnt} \times \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ menit}} = 8,8 \text{ jam} \dots \dots \dots (\text{lampiran A3})$$

$$\begin{aligned}t = \text{waktu detensi (hari)} &= 8,8 \text{ jam} \\ &= 8,8 \text{ jam} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \\ &= 0,36 \text{ hari}\end{aligned}$$

Cek Organic loading

$$\text{Organic loading rate} = \frac{Q \times S_0}{V}$$

Dimana Q = debit air limbah (m^3/d)
 S_0 = BOD influen (g/m^3)
 V = volume tangki aerasi (m^3)

$$= \frac{0,040032 \text{ m}^3 / \text{hr} \times 12001 \text{ g} / \text{m}^3}{0,87 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ g} / \text{Kg}}$$

Perhitungan

$$= 0,5 \text{ Kg BOD/ m}^3 \cdot \text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Hidrolik } 2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} &= 55,5 \text{ ml/mnt} = 55,5 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ t}}{1.10^6 \cdot \text{m}^3} \\ &= 0,000055 \text{ m}^3/\text{mnt} \end{aligned}$$

$$V_{ef} = (A \times t) \times P$$

Dimana $V_{ef} = \text{Vol. efektif (m}^3\text{)}$

$$A = \text{Luas bed (m}^2\text{)}$$

$$= 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 0,04 \text{ m}^2$$

$$t = \text{tinggi reaktor (m)} = 0,5 \text{ m}$$

$$P = \text{Porositas} = 0,44 \dots \dots \dots (\text{Darmawan, B. 1998 dalam Vivien Deviyantie (2000)})$$

$$\begin{aligned} V_{\text{efektif}} &= (0,04 \text{ m}^2 \times 0,5 \text{ m}) \times 0,44 \\ &= 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{inf}} &= P \times L \times T \\ &= 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \\ &= 0,002 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{eff}} &= P \times L \times T \\ &= 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \\ &= 0,004 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{tot}} &= V_{ef} + V_{\text{inf}} + V_{\text{eff}} \\ &= 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 + 0,002 \text{ m} + 0,004 \text{ m} \end{aligned}$$

$$V_{\text{tot}} = 0,0148 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Td di media} &= \frac{V_{\text{efektif}}}{Q} \\ &= \frac{8,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{0,000055 \text{ m}^3 / \text{mnt}} \\ &= 159 \text{ mnt} \end{aligned}$$

Perhitungan

$$T_d \text{ di media} = 159 \text{mnt} \times \frac{1 \text{hr}}{24 \text{jam}} = 2,6 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{td di reaktor} &= \frac{V_{tot}}{Q} \\ &= \frac{0,0148 \text{ m}^3}{0,0000555 \text{m}^3 / \text{mnt}} \\ &= 266 \text{ mnt} \end{aligned}$$

$$\text{td di reaktor} = 266 \text{ mnt} \times \frac{1 \text{jam}}{60 \text{menit}} = 4,4 \text{ jam} \dots\dots\dots (\text{lampiran A3})$$

$$\begin{aligned} t = \text{waktu detensi (hari)} &= 4,4 \text{ jam} \\ &= 4,4 \text{ jam} \times \frac{1 \text{hari}}{24 \text{jam}} \\ &= 0,18 \text{ hari} \end{aligned}$$

Cek Organic loading

$$\text{Organic loading rate} = \frac{Q \times S_o}{V} \dots\dots\dots \text{Metcalf and Eddy. 2003.}$$

- Dimana
- Q = debit air limbah (m³/d)
 - S_o = BOD influen (g/m³)
 - V = volume tangki aerasi (m³)

$$= \frac{0,07992 \text{m}^3 / \text{hr} \times 12001 \text{g} / \text{m}^3}{1,69 \text{m}^3 \times 1000 \text{g} / \text{Kg}}$$

$$= 0,56 \text{Kg BOD} / \text{m}^3 \cdot \text{hari}$$

Cek Kecepatan

Diketahui

$$\begin{aligned} Q_1 &= 27,8 \text{ ml/mnt} = 27,8 \text{ ml/mnt} \times \frac{1L}{1000ml} \\ &= 27,8 \cdot 10^{-3} \frac{l}{mnt} \times \frac{10^{-3} m^3}{1l} \times \frac{60mnt}{1jam} \times \frac{24 jam}{hr} \\ &= 40032 \cdot 10^{-6} m^3/hr \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \\ &= 0,04 m^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} La &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{40032 \cdot 10^{-6} m^3/hari}{0,04 m^2} \end{aligned}$$

$$= 1 m^3 / m^2 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= 2x La \\ &= 2 \times 40032 \cdot 10^{-6} m^3/hr \\ &= 0,08 \cdot m^3 / m^2 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} La &= \frac{2xQ_1}{A} \\ &= \frac{2x 0,08 m^3/hari}{0,04 m^2} \end{aligned}$$

$$= 2 m^3 / m^2 \text{ hari}$$

Perhitungan

Perhitungan debit udara

$$(1) \text{Diket : } Q = 40032 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{BOD}_5 \text{ influen (} S_o \text{)} = 12001 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD}_5 \text{ effluen (} S \text{)} = 150 \text{ mg/l}$$

$$\text{Temperatur} = 24 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$C'_{sw} \text{ 24 }^\circ\text{C} = \text{kelarutan oksigen ditangki aerasi} = 8,5 \text{ mg/l}$$

$$C_{sw} = 9,15 \text{ mg/l}$$

$$C = \text{oksigen terlarut minimum yang dipertahankan dalam tangki aerasi} = 1.5 \text{ mg/l}$$

$$\alpha = \text{faktor koreksi oksigen transf (0,8-0,9)} = 0,9$$

$$\beta = \text{Salinity surface tension factor (0,9 untuk air buangan)}$$

$$F_a = \left(1 - \frac{\text{ketinggian (m)}}{9450}\right)$$

$$= \left(1 - \frac{667 \text{ (m)}}{9450}\right)$$

$$= 0,93$$

$$X = 2000 \text{ mg VSS/L}$$

$$\theta_c = 10 \text{ hr}$$

$$\text{Ketinggian} = 667 \text{ m}$$

$$Y = 0,5$$

$$K_d = 0,06 \dots \dots \dots \text{Syed R. Qosim}$$

$$\text{Berat jenis udara} = 1,3 \text{ kg/m}^3$$

$$\% \text{ Brt. udara} = 0,21$$

$$f = 70\%$$

- Perhitungan Volume tangki aerasi

$$V = \frac{Y(S_o - s)}{x(1/\theta_c) + kd}$$

$$= \frac{0,5 \times 40032 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{hari} (12001 \text{ mg/l} - 150 \text{ mg/l})}{2000 \text{ mg/l} (0,1 + 0,04) \text{ l/hr}}$$

$$= 0,87 \text{ m}^3$$

Perhitungan

- $F/M = \frac{Q \cdot S_o}{V \cdot X}$

$$= \frac{0,040032 \text{ m}^3 / \text{hr} \cdot 12001 \text{ g} / \text{m}^3}{0,87 \text{ m}^3 \times 2000 \text{ g} / \text{m}^3}$$

$$= 0,27 \text{ hr}$$

- $VL = \frac{Q \cdot S_o}{V}$

$$= \frac{0,040032 \text{ m}^3 / \text{hr} \cdot 12001 \text{ g} / \text{m}^3}{0,87 \text{ m}^3}$$

$$= 552,21 \text{ g.BOD} / \text{m}^3 \cdot \text{hr}$$

$$Y_{\text{obs}} = \frac{Y}{1 + kd \cdot \theta_c} = \frac{0,1}{1 + 0,04 / \text{hr} \times 10 \text{ hari}} = 0,07$$

- Produksi lumpur

$$P_x = Y_{\text{obs}} \cdot Q (S_o - s) / 1000 \text{ Kg/hr}$$

$$= \frac{0,07 \cdot 40032 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{hr} (12001 \text{ g} / \text{m}^3 - 150 \text{ g} / \text{m}^3)}{1000 \text{ Kg} / \text{hr}}$$

$$= 0,033 \text{ Kg/hari}$$

- Kebutuhan oksigen hari:

$$\text{Kg O}_2 / \text{hari} = \frac{Q (S_o - S)}{1000 \cdot f} - 1,42 P_x$$

$$= \frac{40032 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{hr} (12001 \text{ g} / \text{m}^3 - 150 \text{ g} / \text{m}^3)}{1000 \cdot 0,7} - 1,42 \times 0,0033 \text{ Kg/hari}$$

$$= 0,624 \text{ Kg/hr}$$

Perhitungan

Perhitungan standar oksigen requirement (SOR)

$$\begin{aligned} \text{SOR kg/hr} &= \frac{N}{[(C''_{sw} \cdot \beta \cdot f_a - C) / C_{sw}](1,024)^{T-20} \cdot \alpha} \\ &= \frac{0,624 \text{ Kg/hr}}{[(8,5 \text{ mg/l} \times 0,9 \times 0,93 - 1,5 \text{ mg/l}) / 9,15 \text{ mg/l}](1,024)^{24-20} \cdot 0,95} \\ &= \frac{0,624 \text{ Kg/hr}}{0,8} \\ &= 0,78 \text{ kg/hr} \end{aligned}$$

Kebutuhan debit udara :

$$\begin{aligned} Q \text{ udara} &= \frac{\text{SOR}}{B_j \cdot \text{udara} \times \% \text{brt. udr}} \\ Q \text{ udara} &= \frac{0,78 \text{ Kg/hr}}{1,3 \text{ kg/m}^3 \times 0,21} \\ &= 2,85 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

Asumsi bahwa efisiensi difusi udara = 8%

$$\text{Debit udara teoritis} = \frac{2,85 \text{ m}^3/\text{hr}}{0,08} = 35,71 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Direncanakan kebutuhan debit udara = 150% x Keb.udara teoritis

Sehingga

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan udara} &= 1,5 \times 35,71 \text{ m}^3/\text{hr} \\ &= 53,57 \text{ m}^3/\text{hr} \\ &= 53,57 \text{ m}^3/\text{hr} \times \frac{1 \cdot 10^6 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ mnt}} = 37.202 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} \\ &= 37 \text{ l/mnt} \dots\dots\dots(\text{Lampiran A2}) \end{aligned}$$

(2) Diket : $Q = 79920 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{hari}$

BOD₅ influen = 12001 mg/l

BOD₅ effluen = 150 mg/l

Temperatur = 24 °C

C_{sw} 24 °C = kelarutan oksigen di tangki aerasi = 8,5 mg/l

Perhitungan

$$C_{sw} = 9,15 \text{ mg/l}$$

$$C = \text{Oksigen terlarut minimum yang dipertahankan dalam tangki aerasi} = 1.5 \text{ mg/l}$$

$$A = \text{Faktor koreksi oksigen transf (0,8-0,9)} = 0,9$$

$$\beta = \text{Salinity surface tension factor (0,9 untuk air buangan)}$$

$$F = \left(1 - \frac{\text{ketinggian (m)}}{9450}\right)$$

$$= \left(1 - \frac{667 \text{ (m)}}{9450}\right)$$

$$= 0,93$$

$$X = 2000 \text{ mg VSS/L}$$

$$\theta = 10 \text{ hr}$$

$$\text{Ketinggian} = 667 \text{ m}$$

$$\text{Freeboard} = 0,1 \text{ m}$$

$$K_d = 0,06$$

$$\text{Berat jenis udara} : 1,3 \text{ kg/m}^3$$

$$\% \text{ brt. udara} = 0,21$$

$$f = 70\%$$

- Perhitungan Volume tangki aerasi

$$\begin{aligned} V &= \frac{Y(S_o - s)}{x(1/\theta_c) + kd} \\ &= \frac{0,5 \times 79920 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{hari} (12001 \text{ mg/l} - 150 \text{ mg/l})}{2000 \text{ mg/l} (0,1 + 0,04) \text{ l/hr}} \\ &= 1,69 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- $$F/M = \frac{Q \cdot S_o}{V \cdot X}$$
$$= \frac{0,07992 \text{ m}^3 / \text{hr} \cdot 12001 \text{ g/m}^3}{1,69 \text{ m}^3 \times 2000 \text{ g/m}^3}$$
$$= 0,28 \text{ Kg/hr}$$

- $$V_L = \frac{Q \cdot S_o}{V}$$

Perhitungan

$$= \frac{0,07992 \text{ m}^3 / \text{hr} \cdot 12001 \text{ g} / \text{m}^3}{1,69 \text{ m}^3}$$

$$= 567,52 \text{ g.BOD} / \text{m}^3 \cdot \text{hr}$$

$$Y_{\text{obs}} = \frac{Y}{1 + kd \cdot \theta_c} = \frac{0,1}{1 + 0,04 / \text{hr} \times 10 \text{ hari}} = 0,07$$

- Produksi lumpur

$$P_x = Y_{\text{obs}} \cdot Q (S_o - s) / 1000 \text{ Kg/hr}$$

$$= \frac{0,07 \cdot 79920 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{hr} (12001 \text{ g} / \text{m}^3 - 150 \text{ g} / \text{m}^3)}{1000 \text{ Kg} / \text{hr}}$$

$$= 0,066 \text{ Kg/hr}$$

- Kebutuhan oksigen hari:

$$\text{Kg O}_2 / \text{hari} = \frac{Q (S_o - S)}{f} - 1,42 P_x$$

$$= \frac{79920 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{hr} (12001 \text{ kg} / \text{m}^3 - 150 \text{ kg} / \text{m}^3)}{1000 \cdot 0,7} - 1,42 \times 0,066 \text{ Kg/hari}$$

$$= 1,25 \text{ Kg/hari}$$

Perhitungan standar oksigen requirement (SOR)

$$\text{SOR kg/hr} = \frac{N}{[(C''_{sw} \cdot \beta \cdot f_a - C) / C_{sw}] (1,024)^{T-20} \cdot \alpha}$$

$$= \frac{1,25 \text{ Kg/hr}}{[(8,5 \text{ mg} / \text{l} \times 0,9 \times 0,93 - 1,5 \text{ mg} / \text{l}) / 9,15 \text{ mg} / \text{l}] (1,024)^{24-20} \cdot 0,95}$$

$$= \frac{0,416 \text{ Kg/hr}}{0,8}$$

$$= 1,57 \text{ kg/hr}$$

Kebutuhan debit udara :

$$Q_{\text{udara}} = \frac{1,57 \text{ Kg/hr}}{1,3 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 0,21}$$

$$= 5,78 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

Perhitungan

Asumsi bahwa efisiensi difusi udara = 8%

$$\text{Debit udara teoritis} = \frac{5,78 \text{ m}^3/\text{hr}}{0,08} = 72,34 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Direncanakan kebutuhan debit udara = 150% x Keb.udara teoritis

Sehingga

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan udara} &= 1,5 \times 72,34 \text{ m}^3/\text{hr} \\ &= 108,51 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 108,51 \text{ m}^3/\text{hr} \times \frac{1 \cdot 10^6 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ mnt}} = 75.358 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} \\ &= 75,4 \text{ l/mnt} \dots\dots\dots(\text{Lampiran A2}) \end{aligned}$$

LAMPIRAN B
ANALISA MATERI ORGANIK
REAKTOR

DATA PENELITIAN UNTUK ANALISA MATERI ORGANIK

REAKTOR A

No	Tanggal	Tempeartur (°C)	pH	Do	Zat organik (mg/l)				% Penyisihan materi organik			
					1	2	3	r	1	2	3	r
1.	1-Jun-08	24,1	6,68	2,79	9028,28	9028,61	9028,75	9028,57	8,18	8,37	8,41	8,32
2.	2-Jun	24,6	6,73	2,8	9294	9294,20	9294,08	9294,1	2,88	2,96	2,98	-2,94
3.	3-Jun	24,6	6,7	2,82	9154,9	9154,8	9154,30	9154,7	1,47	1,5	1,43	1,49
4.	4.jun	24,7	6,65	2,76	8930,5	8930,61	8930,8	8930,4	2,6	2,71	2,03	2,45
5.	5-Jun	24,8	6,58	2,66	8460,3	8461,01	8460	8460,3	5,35	5,25	5,18	5,26
6.	6-Jun	24,4	6,87	2,9	9542,50	9542,80	9542,05	9542,46	-12,76	-12,92	12,7	-12,79
7.	7-Jun	25	6,52	2,64	8201,42	8201,6	8201,8	8201,6	13,7	13,91	14,09	13,9
8.	8-Jun	24,5	6,8	2,8	9364,85	9365,06	9365,1	9365	-14,16	-14,21	-14,15	-14,18
9.	9-Jun	24,9	6,54	2,65	8993,91	8993	8394,18	8393,75	11,03	10,05	10,04	10,37
10	10-Jun	24,9	6,61	2,68	8612,45	8612,04	8613,11	8612,5	-2,51	-2,7	-2,61	-2,6
11.	11-Jun	25,01	6,46	2,56	7241,2	7239,75	7238,7	7239,9	15,78	16,05	15,98	15,93
12.	12-Jun	24,9	6,83	2,87	9431,1	9429,66	9429,2	9429,9	-30,18	-30,30	-30,25	-30,24
13	13-Jun	25,01	6,9	2,95	9626,68	9626,11	9626,6	9626,4	-2,05	-2,09	-2,10	-2,08
14.	14-Jun	24,2	6,88	2,93	9606,04	9605,15	9604	9605	0,24	0,19	0,25	0,22
15.	15-Jun	24,3	6,69	2,82	9508,1	9507,85	95077	9507,9	1,02	1,011	1,015	1,01
16.	16-Jun	24,4	6,85	2,84	9413,15	9413,01	9412,83	9413	0,9799	0,99	0,98	0,98
17.	17-Jun	24,5	6,75	2,82	9346,70	9347,30	9347,04	9347	0,68	0,74	0,70	0,7

DATA PENELITIAN UNTUK ANALISA MATERI ORGANIK**REAKTOR B**

No	Tanggal	Tempeartur (°C)	pH	Do	Zat organik (mg/l)				% Penyisihan materi organik			
					1	2	3	r	1	2	3	r
1	18-Jun-08	25	6,34	2,8	9338,02	9339,05	9339,87	9339	6,95	6,78	6,87	6,87
2	19-Jun	25,3	6,4	2,77	9113,01	9112	9112,22	9112	2,58	2,11	2,61	2,43
3	20-Jun	24,7	6,61	2,93	10257,8	10257,9	10257	10257	-12,35	-12,68	-12,66	-12,56
4	21-Jun	25	6,53	2,8	9577,4	9577,2	9577,08	9577,2	6,91	6,74	6,42	6,6
5	22-Jun	24,6	6,48	2,93	10204,97	10206,32	1204,5	10205,2	-6,65	-6,69	-6,6	-6,5
6	23-Jun	24,4	6,42	2,95	10787,1	10787,66	10787,55	10787,5	-5,63	-5,74	-5,71	-5,7
7	24-Jun	24,8	6,54	2,86	9961,91	9962,8	9963,10	9962,6	7,5	7,92	7,55	7,65
8	25-Jun	24,5	6,4	2,9	10345,4	10346,8	10345,22	10345,8	-3,78	-3,94	-3,88	-3,84
9	26-Jun	24,7	6,89	2,88	9979,44	9978,86	9978,42	9978,9	7,11	7,01	7,02	7,04
10	27-Jan	24,9	6,93	2,81	9592,66	9591,91	9592,8	9592,8	3,75	3,94	3,89	3,86
11	28-Jun	24,92	6,72	2,82	9492,24	9492,8	9492,62	9492,4	1	1,08	1,04	1,04
12	29-Jun	25,1	6,68	2,79	9369,91	9368,75	9369,8	9369,2	2,35	2,43	2,22	2,33
13	30-Jun	25,2	6,77	2,78	9153,32	9153	9153,2	9153,1	2,35	2,31	2,295	2,31

DATA PENELITIAN UNTUK ANALISA MATERI ORGANIK

REAKTOR C

No	Tanggal	Tempeartur (°C)	pH	Do	Zat organik (mg/l)				% Penyisihan materi organik			
					1	2	3	r	1	2	3	r
1.	1-Jun-08	24,2	6,7	2,78	9027,28	9027,76	9027,71	9027,57	8,02	8,9	8,77	8,9
2.	2-Jun	24,8	6,75	2,81	9290,2	9090,1	9290	9290,1	-2,80	-2,91	-3,01	-2,9
3.	3-Jun	24,9	6,72	2,8	9158,98	9159,88	9159,92	9159,7	1,44	1,42	1,34	1,4
4.	4.jun	24,7	6,68	2,75	8934,4	8934,5	8934,3	8934,4	2,4608	2,45	2,45	2,45
5.	5-Jun	24,8	6,6	2,66	8467,22	8467	8467,08	8467,1	5,15	5,26	5,28	5,23
6.	6-Jun	24,4	6,88	2,91	9544,88	9544,41	9544,23	9544,56	-12,74	-12,70	-12,73	-12,72
7.	7-Jun	25	6,55	2,66	8211,66	8211,5	8211,61	8211,6	13,902	13,89	13,909	13,9
8.	8-Jun	24,3	6,9	2,84	9366,04	9366,22	9363	9366	-14	-14,11	-14,05	-14,05
9.	9-Jun	24,6	6,59	2,65	8383,68	8383,78	8383,80	8383,75	11,82	11,76	11,71	11,74
10	10-Jun	24,4	6,68	2,68	8611,7	8611	8611,8	8611,5	-2,78	-2,71	-2,65	-2,71
11.	11-Jun	25	6,44	2,57	7240,99	7240,11	7240,05	7240	15,915	15,921	15,93	15,92
12.	12-Jun	24,8	6,84	2,88	9428,78	9428,8	9248,96	9428,9	-30,3	-30,25	-30,14	-30,23
13	13-Jun	25,2	6,8	2,98	9626,8	9626,9	9626,8	9626,9	0,0000198	0,00002	0,00002	0,00002
14.	14-Jun	24,4	6,91	2,94	9606,50	9607,2	9606,50	9607	0,21	0,22	0,23	0,22
15.	15-Jun	24,5	6,70	2,82	9508,8	9509,04	9509,6	9509,2	1,01	1	1,03	1,01
16.	16-Jun	24,4	6,87	2,84	9418,21	9418,18	9419,2	9418,2	0,9498	0,952	0,951	0,95

17.	17-Jun	24,6	6,78	2,81	9349,02	9350,03	9350	9350	0,71	0,71	0,7	0,7
-----	--------	------	------	------	---------	---------	------	------	------	------	-----	-----

DATA PENELITIAN UNTUK ANALISA MATERI ORGANIK

REAKTOR D

No	Tanggal	Tempeartur (^o C)	pH	Do	Zat organik (mg/l)				% Penyisihan materi organik			
					1	2	3	r	1	2	3	r
1	18-Jun-08	25	6,4	2,7	9419,2	9418,8	9419,10	9419	6,19	6,16	6,24	6,2
2	19-Jun	25,4	6,45	2,71	9119,75	9120,6	9120,08	9120	3	3,08	3,25	3,1
3	20-Jun	24,8	6,58	2,85	10275,2	10275,1	10275,98	10275	-12,87	12,7	12,5	-12,66
4	21-Jun	25,1	6,53	2,8	9607,99	9607,6	9607,8	9667,8	5,86	5,95	5,98	5,9
5	22-Jun	24,6	6,42	2,93	10315,61	1031,51	10315,03	10315,2	-7,52	-7,28	-7,3	-7,36
6	23-Jun	24,5	6,39	2,92	10750,84	10750,3	10750,4	10750,5	-4,15	-4,4	-4,11	-4,21
7	24-Jun	24,5	6,54	2,86	9942,8	9942,58	9942,4	9942,6	7,48	7,51	7,55	7,51
8	25-Jun	24,6	6,4	2,9	10245,9	10245,48	10245,88	10245,8	-3,33	-3,4	-3,42	-3,04
9	26-Jun	24,7	6,78	2,85	9971,4	9971,95	9971,88	9971,8	2,59	2,67	2,6	2,6
10	27-Jan	24,8	6,91	2,75	95828	95827,87	95828,3	9582,8	3,91	3,93	3,92	3,9
11	28-Jun	24,92	6,72	2,78	9482,62	9482,52	9482,32	9482,4	1,039	1,042	1,043	1,04

12	29-Jun	25,3	6,68	2,8	9362,01	9362,1	9362,4	9362,1	2,45	2,31	2,33	2,33
13	30-Jun	25,2	6,71	2,78	9143,9	9143,72	9143,5	9143,8	2,33	2,32	2,3	2,31

METODE ANALISIS SAMPEL

LAMPIRAN C

A. Pemeriksaan Angka Permanganat (PV)

1. Metode

Titration permanganometri

2. Prinsip

Zat organik dioksidasi oleh KMnO_4 berlebih dalam suasana asam dan panas. Kelebihan KMnO_4 .

3. Pereaksi

a. Larutan KMnO_4 0,1 N

3,16 gram KMnO_4 dilarutkan dalam air destilasi lalu diencerkan hingga volumenya tepat 1 liter.

b. Larutan KMnO_4 0,01 N

100 ml larutan KMnO_4 0,1N dipipet, kemudian diencerkan dengan air destilasi hingga volumenya tepat 1 liter.

c. Larutan asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 0,1 N

6,3 gram asam oksalat ditimbang dengan teliti, kemudian dilarutkan dalam air destilasi. Masukkan ke dalam labu ukur 1 liter.

d. Larutan asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 0,01 N

100 ml larutan asam oksalat 0,1 N dipipet dan dimasukkan kedalam labu ukur 1 liter.

e. Larutan H_2SO_4 8 N bebas zat organik

222 ml H_2SO_4 pekat tuangkan sedikit demi sedikit ke dalam labu ukur 1000 ml yang sebelumnya telah di isi air suling. Dinginkan dan encerkan sampai 1 liter dalam labu ukur tersebut. Pindahkan ke gelas piala dan tetesi dengan larutan KMnO_4 0,01 N sampai berwarna merah muda. Panaskan pada temperatur 80°C selama 10 menit, bila warna merah muda hilang selama pemanasan tambah kembali larutan KMnO_4 sampai warna stabil.

4. Cara Kerja

➤ **Pembebasan labu elenmeyer dari zat organik**

- 100 ml air keran dimasukkan ke dalam labu elenmeyer dan tambahkan beberapa batu didih.
- Tambahkan 5 ml H_2SO_4 8 N dan tetes demi tetes larutan KMnO_4 0,01 N sampai cairan berwarna merah muda.
- Panaskan diatas hot plate dan biarkan mendidih selama 10 menit.
- Jika selama mendidih warna merah muda hilang, tambahkan lagi larutan KMnO_4 0,01 N sampai warnanya tidak hilang. Lalu buang cairan dalam elenmeyer. (Dinginkan)

➤ **Pemeriksaan zat organik**

- 100 ml contoh air dimasukkan ke dalam labu elenmeyer bebas zat organik
- Tambahkan 5 ml H_2SO_4 8 N dan tetes demi tetes larutan KMnO_4 0,01 N sampai cairan berwarna merah muda.
- Panaskan diatas hot plate dan biarkan mendidih pada suhu 70°C
- Jika selama mendidih warna merah muda hilang, tambahkan lagi larutan KMnO_4 0,01 N sampai warnanya stabil. (± 5 menit) (Dinginkan)
- Tambahkan 10 ml larutan baku KMnO_4 0,01 N kemudian panaskan lagi hingga mendidih selama 10 menit, suhu 100°C .
- Setelah itu tambahkan 10 ml larutan baku asam oksalat 0,01 N (temperatur $80 - 70^\circ\text{C}$)
- Selanjutnya titrasi dengan larutan baku KMnO_4 0,01 N sampai menunjukkan warna merah muda.
- Catat volume KMnO_4 0,01 N yang dibutuhkan (10 ml + ml titrasi), apabila pemakaian larutan baku KMnO_4 lebih dari 7 ml (titrasi), ulangi analisa dengan cara mengencerkan larutan uji.
- Untuk nalisa secara duplo, apabila terdapat perbedaan pemakaian larutan baku KMnO_4 lebih dari 0,1 ml, ulangi pengujian, apabila kurang atau sama dengan 0,1 ml rata-ratakan hasilnya.

5. Standarisasi KMnO_4

- Ukur 100 ml air suling secara duplo dan masukan dalam labu elenmeyer 250 ml, panaskan sampai suhu $\pm 70^\circ\text{C}$ (Dinginkan)
- Tambahkan 5 ml H_2SO_4 8 N bebas zat organik
- Tambahkan 10 ml larutan baku asam oksalat 0,01 N
- Titrasi dengan larutan baku KMnO_4 sampai menunjukkan warna merah muda
- Catat volume KMnO_4 yang dibutuhkan untuk titrasi, apabila perbedaan pemakaian larutan baku atau = 0,1 ml maka hasilnya di rata-rata (nilai yang di dapat pada standarisasi KMnO_4 di gunakan untuk perhitungan normalitas larutan baku KMnO_4)

6. Perhitungan

Perhitungan nilai permanganat dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Mg/l KMnO}_4 = \left[\left\{ (10 + A)B - (0,1) \right\} \times 316 \right] \times P$$

Dengan Penjelasan:

A : ml larutan baku KMnO_4 yang digunakan dalam titrasi (total)

B : Normalitas larutan baku KMnO_4

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

Dengan penjelasan

V_1 = ml larutan baku asam Oksalat

V_2 = ml larutan baku KMnO_4 yang digunakan untuk titrasi

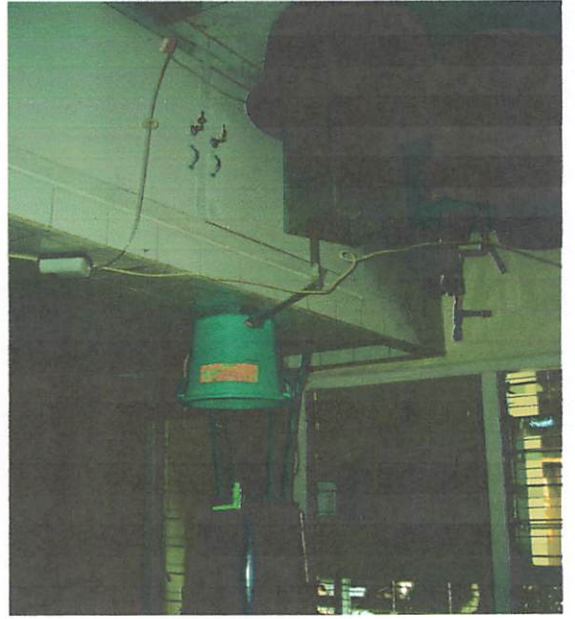
N_1 = Normalitas larutan baku asam oksalat

N_2 = Normalitas larutan baku KMnO_4 yang dicari

P : faktor pengenceran larutan uji

LAMPIRAN D
DOKUMENTASI PENELITIAN

Gambar 2. Tahap Operasional



Gambar 1. Proses Seeding and klimatisasi





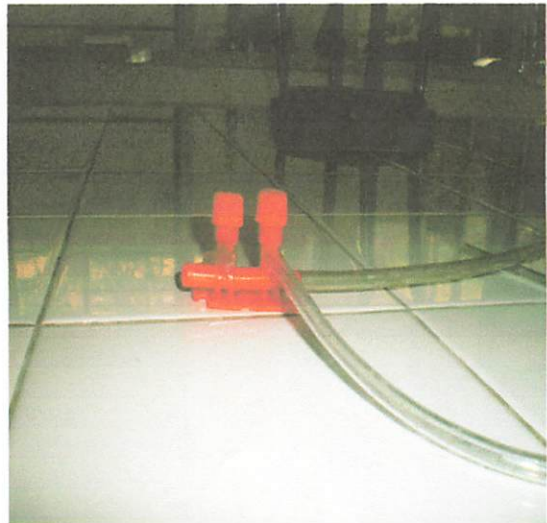
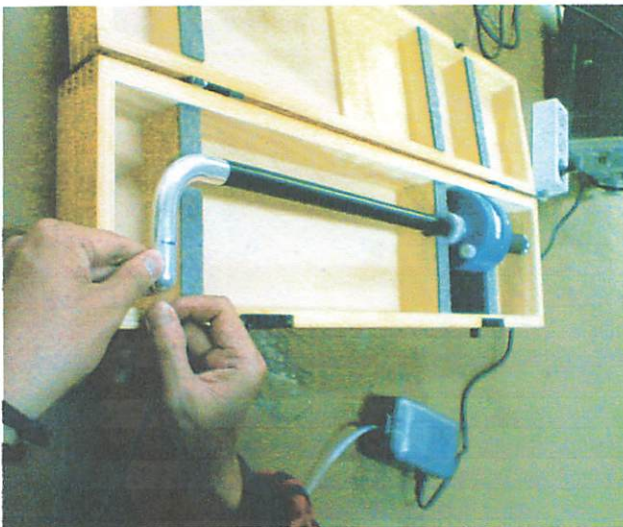
(gambar 3. Analisis kimia menggunakan (PV)



Gambar 4. Analisa pH



Gambar 5. Analisa Do



Gambar 6. Validasi flowmeter

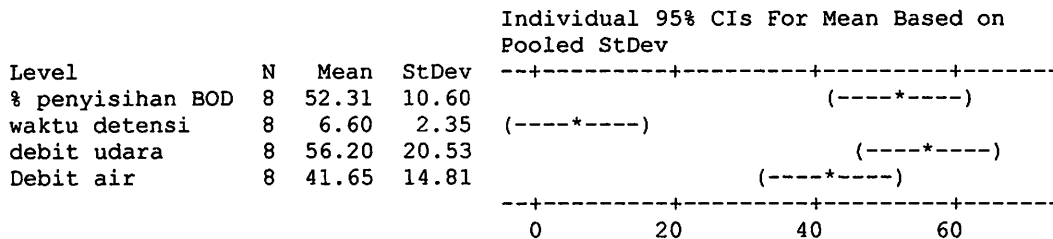
OUTPUT MINITAB

LAMPIRAN E
OUTPUT MINITAB

One-way ANOVA: % penyisihan BOD, waktu detensi, debit udara, Debit air

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	12238	4079	21.51	0.000
Error	28	5309	190		
Total	31	17546			

S = 13.77 R-Sq = 69.74% R-Sq(adj) = 66.50%



Pooled StDev = 13.77

Regression Analysis: % penyisihan versus waktu detens, debit udara, ...

- * Debit air is highly correlated with other X variables
- * Debit air has been removed from the equation.

The regression equation is
 % penyisihan BOD = 23.5 + 4.28 waktu detensi + 0.0083 debit udara

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	23.502	6.526	3.60	0.016	
waktu detensi	4.2818	0.6884	6.22	0.002	1.0
debit udara	0.00833	0.07888	0.11	0.920	1.0

S = 4.28344 R-Sq = 88.6% R-Sq(adj) = 84.0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	710.10	355.05	19.35	0.004
Residual Error	5	91.74	18.35		
Total	7	801.84			

Source	DF	Seq SS
waktu detensi	1	709.89
debit udara	1	0.20

Correlations: % penyisihan BOD, waktu detensi, debit udara, Debit air

	% penyisihan	waktu detens	debit udara
waktu detens	0.941		

	0.000		
debit udara	0.016	0.000	
	0.970	1.000	
Debit air	0.016	0.000	1.000
	0.970	1.000	*

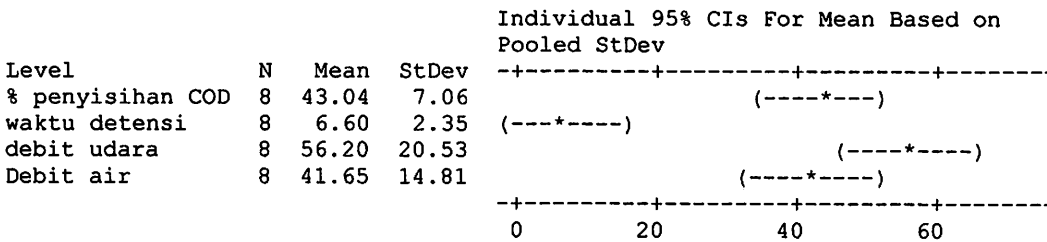
Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Results for: Worksheet 6

One-way ANOVA: % penyisihan COD, waktu detensi, debit udara, Debit air

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	10807	3602	20.71	0.000
Error	28	4871	174		
Total	31	15679			

S = 13.19 R-Sq = 68.93% R-Sq(adj) = 65.60%



Pooled StDev = 13.19

Correlations: % Penyisihan COD, waktu detensi, debit udara, Debit air

	% Penyisihan	waktu detensi	debit udara
waktu detensi	0.854		
	0.007		
debit udara	0.302	0.000	
	0.467	1.000	
Debit air	0.302	0.000	1.000
	0.467	1.000	*

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Regression Analysis: % Penyisihan versus waktu detens, debit udara, ...

- * Debit air is highly correlated with other X variables
- * Debit air has been removed from the equation.

The regression equation is

$$\% \text{ Penyisihan COD} = 20.2 + 2.57 \text{ waktu detensi} + 0.104 \text{ debit udara}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	20.204	5.412	3.73	0.014	
waktu detensi	2.5739	0.5709	4.51	0.006	1.0
debit udara	0.10430	0.06541	1.59	0.172	1.0

S = 3.55221 R-Sq = 82.1% R-Sq(adj) = 74.9%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	288.59	144.30	11.44	0.014
Residual Error	5	63.09	12.62		
Total	7	351.68			

Source	DF	Seq SS
waktu detensi	1	256.51
debit udara	1	32.08

Hasil uji Duncan persentase penyisihan BOD

Duncan ^{ab}

D_DU_W	N	Subset							
		1	2	3	4	5	6	7	8
d1du2w1	3	38.6							
d2du2w1	3		41.17						
d1du1w1	3			43.61					
d2du1w1	3				47.86				
d1du1w2	3					57.29			
d2du1w2	3						59.52		
d1du2w2	3							64.27	
d2du2w2	3								64.27
Sig		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Based on Type III of squares

The error term is mean Square (Error) = 190

a. Uses Harmonic mean Sample size = 3.00

b. Alpha = 0.5

Hasil uji Duncan persentase penyisihan COD

Duncan ^{ab}

D_DU_W	N	Subset							
		1	2	3	4	5	6	7	8
d2du1w1	3	33.3							
d1du1w1	3		36.6						
d2du2w1	3			37.36					
d1du2w1	3				40.3				
d2du1w2	3					42.35			
d2du2w2	3						48.7		
d1du1w2	3							49.95	
d1du2w2	3								53.86
Sig		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogenous subsets are displayed.

Based on Type III of squares

The error term is mean Square (Error) = 174

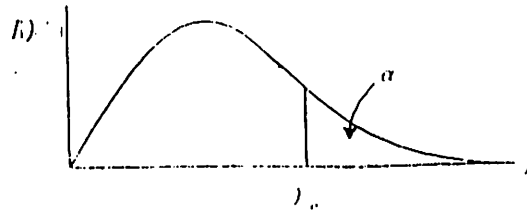
a. Uses Harmonic mean Sample size = 3.00

b. Alpha = 0.5

TABEL DISTRIBUSI

**LAMPIRAN F
TABEL DISTRIBUSI**

Tabel Distribusi F ($\alpha = 0,05$)

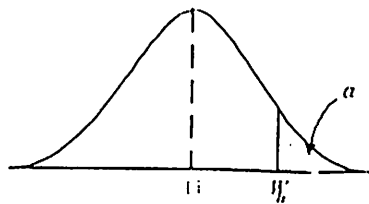


ν_1	Derajat bebas (df) pembilang (ν_2)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5
2	18,51	19,0	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38
3	10,13	9,35	9,28	9,17	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81
4	7,71	6,94	6,89	6,79	6,66	6,16	6,09	6,04	6,00
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77
6	5,99	5,14	4,76	4,57	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10
7	5,59	4,74	4,35	4,17	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68
8	5,32	4,46	4,07	3,89	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39
9	5,12	4,26	3,86	3,67	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18
10	4,96	4,10	3,71	3,52	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02
11	4,84	3,98	3,59	3,40	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90
12	4,75	3,89	3,49	3,29	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80
13	4,67	3,81	3,41	3,19	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54
17	4,45	3,59	3,20	2,97	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,69	2,57	2,49	2,42	2,37
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21
40	4,12	3,28	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96
∞	3,84	3,00	2,66	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88

lanjutan Tabel ...

v_2	Derajat bebas (df) pembilang (v_1)								
	10	12	15	20	30	40	60	120	∞
1	241,9	243,9	245,9	248,0	250,1	251,1	252,2	253,3	254,3
2	19,40	19,41	19,43	19,45	19,46	19,47	19,48	19,49	19,50
3	8,79	8,74	8,70	8,66	8,62	8,59	8,57	8,55	8,53
4	5,96	5,91	5,86	5,80	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63
5	4,74	4,68	4,62	4,56	4,50	4,46	4,43	4,40	4,36
6	4,06	4,00	3,94	3,87	3,81	3,77	3,74	3,70	3,67
7	3,64	3,57	3,51	3,44	3,38	3,34	3,30	3,27	3,23
8	3,35	3,28	3,22	3,15	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93
9	3,14	3,07	3,01	2,94	2,86	2,83	2,79	2,75	2,71
10	2,98	2,91	2,85	2,77	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
11	2,85	2,79	2,72	2,65	2,57	2,53	2,49	2,45	2,40
12	2,75	2,69	2,62	2,54	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
13	2,67	2,60	2,53	2,46	2,38	2,34	2,30	2,25	2,21
14	2,60	2,53	2,46	2,39	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
15	2,54	2,48	2,40	2,33	2,25	2,20	2,16	2,11	2,07
16	2,49	2,42	2,35	2,28	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
17	2,45	2,38	2,31	2,23	2,15	2,10	2,06	2,01	1,96
18	2,41	2,34	2,27	2,19	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
19	2,38	2,31	2,23	2,16	2,07	2,03	1,98	1,93	1,88
20	2,35	2,28	2,20	2,12	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
21	2,32	2,25	2,18	2,10	2,01	1,96	1,92	1,87	1,81
22	2,30	2,23	2,15	2,07	1,98	1,94	1,89	1,84	1,78
23	2,27	2,20	2,13	2,05	1,96	1,91	1,86	1,81	1,76
24	2,25	2,18	2,11	2,03	1,94	1,89	1,84	1,79	1,73
25	2,24	2,16	2,09	2,01	1,92	1,87	1,82	1,77	1,71
26	2,22	2,15	2,07	1,99	1,90	1,85	1,80	1,75	1,69
27	2,20	2,13	2,06	1,97	1,88	1,84	1,79	1,73	1,67
28	2,19	2,12	2,04	1,96	1,87	1,82	1,77	1,71	1,65
29	2,18	2,10	2,03	1,94	1,85	1,81	1,75	1,70	1,64
30	2,16	2,09	2,01	1,93	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40	2,08	2,00	1,92	1,84	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
60	1,99	1,92	1,84	1,75	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
120	1,91	1,83	1,75	1,66	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25
∞	1,83	1,75	1,67	1,57	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

TABEL DISTRIBUSI t



df	α					
	0,25	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	1,000	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	0,816	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,765	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,741	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	0,727	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	0,718	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,711	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	0,706	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	0,703	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	0,700	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,697	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,695	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	0,694	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,692	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,691	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	0,690	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	0,689	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,688	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	0,688	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,687	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	0,686	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	0,686	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	0,685	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	0,685	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	0,684	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	0,684	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	0,684	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	0,683	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	0,683	1,311	1,669	2,045	2,462	2,756
30	0,683	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
40	0,681	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
60	0,679	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	0,677	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
∞	0,674	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

ujian Tabel

df	α							
	0,0025	0,0010	0,0005	0,00025	0,00010	0,00005	0,00025	0,00001
1	127,321	318,309	636,619	1.273,239	3.183,099	6.366,198	12.732,395	31.830,989
2	14,089	22,327	31,598	44,705	70,700	99,992	141,416	233,603
3	7,453	10,214	12,924	16,326	22,204	28,000	35,298	47,928
4	5,598	7,173	8,610	10,306	13,034	15,544	18,522	23,332
5	4,773	5,893	6,869	7,976	9,678	11,178	12,893	15,547
6	4,317	5,208	5,959	6,788	8,025	9,082	10,261	12,032
7	4,029	4,785	5,408	6,082	7,063	7,885	8,782	10,103
8	3,833	4,501	5,041	5,618	6,442	7,120	7,851	8,907
9	3,690	4,297	4,781	5,291	6,010	6,594	7,215	8,102
10	3,581	4,144	4,587	5,049	5,694	6,211	6,757	7,527
11	3,497	4,025	4,437	4,863	5,453	5,921	6,412	7,098
12	3,428	3,930	4,318	4,716	5,263	5,694	6,143	6,756
13	3,372	3,852	4,221	4,597	5,111	5,513	5,928	6,501
14	3,326	3,787	4,141	4,499	4,985	5,363	5,753	6,287
15	3,286	3,733	4,073	4,417	4,880	5,239	5,607	6,109
16	3,252	3,686	4,015	4,346	4,791	5,134	5,484	5,960
17	3,223	3,646	3,965	4,286	4,714	5,044	5,379	5,832
18	3,197	3,610	3,922	4,233	4,648	4,966	5,288	5,722
19	3,174	3,579	3,883	4,187	4,590	4,897	5,209	5,627
20	3,153	3,552	3,850	4,146	4,539	4,837	5,139	5,543
21	3,135	3,527	3,819	4,110	4,493	4,784	5,077	5,469
22	3,119	3,505	3,792	4,077	4,452	4,736	5,022	5,402
23	3,104	3,485	3,768	4,048	4,415	4,693	4,972	5,343
24	3,090	3,467	3,745	4,021	4,382	4,654	4,927	5,290
25	3,0778	3,450	3,725	3,997	4,352	4,619	4,887	5,241
26	3,067	3,435	3,707	3,974	4,324	4,587	4,850	5,197
27	3,057	3,421	3,690	3,954	4,299	4,558	4,816	5,157
28	3,047	3,408	3,674	3,935	4,275	4,530	4,784	5,120
29	3,038	3,396	3,659	3,918	4,254	4,506	4,756	5,086
30	3,030	3,385	3,646	3,902	4,234	4,482	4,729	5,054
40	2,971	3,307	3,551	3,788	4,094	4,321	4,544	4,835
50	2,937	3,261	3,496	3,723	4,014	4,228	4,438	4,711
60	2,915	3,232	3,460	3,681	3,962	4,169	4,370	4,631
70	2,899	3,211	3,435	3,651	3,926	4,127	4,323	4,576
80	2,887	3,195	3,416	3,629	3,899	4,096	4,288	4,535
90	2,878	3,183	3,402	3,612	3,878	4,072	4,261	4,503
100	2,871	3,174	3,390	3,598	3,862	4,053	4,240	4,478
	2,867	3,169	3,381	3,481	3,719	3,891	4,056	4,265

LAMPIRAN G
STANDART BAKU MUTU

Nomor : 197 S / LKA MLG / VI / 06

Halaman 2 dari 3
Page 2 of 3

Kode Contoh Uji : Ext 56-68 S /LKA MLG / VI / 08
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 17-24 Juni 2008
Testing Date(s)

HASIL ANALISA Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
I	BH 1a 37 l/mnt (Td 4,4)				
	BOD	mg/L	6767,8	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	43416,58	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
II	BH 1b 37 l/mnt (Td 4,4)				
	BOD	mg/L	6768,5	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	43446,69	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
III	BH 1c 37 l/mnt (Td 4,4)				
	BOD	mg/L	6764,66	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	3432,27	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
IV	BH 1a 37 l/mnt (Td 8,8)				
	BOD	mg/L	5123,9	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	34258,92	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
V	BH 1b 37 l/mnt (Td 8,8)				
	BOD	mg/L	5124,3	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	34276,21	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
VI	BH 1c 37 l/mnt (Td 8,8)				
	BOD	mg/L	5124,6	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	34256,42	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
VII	BH 2a 37 l/mnt (Td 4,4)				
	BOD	mg/L	6256,4	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	45568,81	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
VIII	BH 2b 37 l/mnt (Td 4,4)				
	BOD	mg/L	6258,3	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	43446,69	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
IX	BH 2c 37 l/mnt (Td 4,4)				
	BOD	mg/L	6254,87	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	3432,27	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 197 S / LKA MLG / VI / 06

Halaman 3 dari 3
Page 3 of 3

Kode Contoh Uji : Ext 56-68 S /LKA MLG / VI / 08
Sample Code
Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method
Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis
Tanggal Analisa : 17-24 Juni 2008
Testing Date(s)

HASIL ANALISA Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
X	BH 2a 37 l/mnt (Td 8,8)				
	BOD	mg/L	4856,5	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	39476,21	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
XI	BH 2b 37 l/mnt (Td 8,8)				
	BOD	mg/L	4855,87	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	39458,98	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
XII	BH 2c 37 l/mnt (Td 8,8)				
	BOD	mg/L	4859,24	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	39464,54	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-



Nomor : 212 S / LKA MLG / VI / 06

Halaman 2 dari 3
Page 2 of 3

Kode Contoh Uji : Ext 94-106 S /LKA MLG / VI / 08
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : : 1 -10 Juli 2008
Testing Date(s)

HASIL ANALISA Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
I	BH 1a 75,4 l/mnt (Td4,4)				
	BOD	mg/L	7368,6	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	40876,54	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
II	BH 1b 75,4 l/mnt (Td4,4)				
	BOD	mg/L	7367,9	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	40875,44	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
III	BH 1c 75,4 l/mnt (Td4,4)				
	BOD	mg/L	7368,2	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	40855,28	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
IV	BH 1a 75,4 l/mnt (Td8,8)				
	BOD	mg/L	4287,2	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	31586	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
V	BH 1b 75,4 l/mnt (Td8,8)				
	BOD	mg/L	4286,77	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	31584,41	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
VI	BH 1c 75,4 l/mnt (Td8,8)				
	BOD	mg/L	4286,33	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	31586,25	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
VII	BH 2a 75,4 l/mnt (Td4,4)				
	BOD	mg/L	7051,51	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	42884,91	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
VIII	BH 2b 75,4 l/mnt (Td4,4)				
	BOD	mg/L	7059,83	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	42879,21	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
IX	BH 2c 75,4 l/mnt (Td4,4)				
	BOD	mg/L	7058,44	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	42880,53	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-



Atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 212 S / LKA MLG / VI / 06

Halaman 3 dari 3
Page 3 of 3

Kode Contoh Uji : Ext 104-122 S /LKA MLG / VI / 08
Sample

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tanggal Analisa : : 1 -10 Juli 2008
Testing Date(s)

HASIL ANALISA Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
X	BH 2a 75,4 l/mnt (Td4,4)				
	BOD	mg/L	4136,71	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	35213,56	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
XI	BH 2b 75,4 l/mnt(Td4,4)				
	BOD	mg/L	4137,55	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	35216,5	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
XII	BH 2c 75,4 l/mnt (Td4,4)				
	BOD	mg/L	4138,28	APHA.Ed.20.5210 B, 1998	-
	COD	mg/L	35214,41	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

Lampiran VIII

BAKU MUTU LIMBAH CAIR (TERMASUK PENGOLAH LIMBAH TERPUSAT/KAWASAN INDUSTRI)						
No	Parameter	Satuan	Golongan Baku Mutu Limbah Cair			
			I	II	III	IV
A	FISIKA					
1	Temperatur	°C	35	38	40	45
2	Zat Padat terlarut	mg/l.	1500	2000	4000	5000
3	Zat Padat tersuspensi	mg/l.	100	200	200	500
B	KIMIA					
1	PH		6,5	6,9	6,9	6,9
2	Besi (Fe)	mg/L	5	10	15	20
3	Mangan (Mn)	mg/L	0,5	2	5	10
4	Barium (Ba)	mg/l.	1	2	3	5
5	Tembaga (Cu)	mg/l.	1	2	3	5
6	Seng (Zn)	mg/l.	5	10	15	20
7	Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/l.	0,05	0,1	0,5	2
8	Krom Total (Cr tot)	mg/l.	0,1	0,5	1	2
9	Cadmium (Cd)	mg/L	0,01	0,05	0,1	1
10	Raksa (Hg)	mg/L	0,001	0,002	0,005	0,01
11	Timbal (Pb)	mg/l.	0,1	0,5	1	3
12	Timah Putih (Sn)	mg/l.	2	3	5	5
13	Arsen (As)	mg/l.	0,05	0,1	0,5	1
14	Selenium (Se)	mg/l.	0,01	0,05	0,5	1
15	Nikel (Ni)	mg/l.	0,1	0,2	0,5	1
16	Kobalt (Co)	mg/l.	0,2	0,4	0,6	1
17	Sianida (CN)	mg/l.	0,05	0,1	0,5	1
18	Sulfida (H ₂ S)	mg/l.	0,01	0,06	0,1	1
19	Fluorida (F)	mg/l.	1,5	15	20	30
20	Klorin Bebas (Cl ₂)	mg/l.	0,02	0,03	0,04	0,05
21	Amoniak Bebas (NH ₃ -N)	mg/l.	0,5	1	5	20
22	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	10	20	30	50
23	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	0,06	1	3	5
24	BOD ₅	mg/L	30	50	150	300
25	COD	mg/L	80	100	300	600
26	Detergent an ionik	mg/L	0,5	1	10	15
27	Phenol	mg/l.	0,01	0,05	1,2	
28	Minyak dan Lemak	mg/l.	1	5	15	20
29	PCB	mg/l.	NIHIL	NIHIL	NIHIL	NIHIL

(Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Propinsi Jawa Timur 2002 Lampiran II)

Keterangan

Golongan Baku Mutu:

- Golongan I = Sumber air baku pengolahan air minum
- Golongan II = untuk perikanan dan peternakan
- Golongan III = untuk pertanian, PLTA
- Golongan IV = tidak untuk kesemua kategori di atas

SEMBAR PERSEMBAHAN

Assalamualikum..wr,wb..... Akhirnya selesai juga n tutup buku deh...Syukur alhamdulillah kupersembahkan pada Raja dari segala Tuhan yaitu ALLAH SWT penguasa alam semesta, KAU selalu berada ditiap langkahku hidup, setitik keajaiban telah KAU berikan pada hambamu yang lemah ini, disaat segala sesuatu keterbatasan dan ketidakmampuku kau selalu memberi pertolongan pada hambamu ini, sembah sujudku dan rasa syukur selalu Kupanjatkan padaMU ya ALLAH ...

To keluargaku tersayang..."

***.. **IBUKU CAYANG...** yang selalu memberikan kepercayaan, rasa tanggung jawab, mandiri dan jangann menyerah bahwa "AKU BISA" akhirnya kubuktikan dg menyelesaikan SKRIPSI ini...maafin ipung y klo buanyak buandel puoll, sering minta duit n sering abizin pulsa,hahaha...Cucuran keringatmu untuk menyelesaikan sekolah anak2mu akhirnya usai sudah,doa disetiap waktu Sholat dan dukungan secara materi dan rasa kasih sayangmu yang tidak akan pernah habis, ipung selalu berusaha membalas jasa2mu walaupun itu susah tapi setidaknya bisa balas dengan rasa patuh dan taat...(masak C...),hehe..33x. *** **(AIm)** Ayahku yang sudah dialam baka...akhirnya lulus yah...Ayahku yang selalu berada dan hangat dalam tubuhku dan menjadi pemicu semangat "JANGAN MENYERAH" dan harus lebih baik dari hari kemarin, ipung selau ngikutin jejak ayah... **Big bos Seri Saifurrahman, SE.** Ya...walaupun agak galak otoriter tapi semua itu demi keutuhan dan keberhasilan keluarga n selalu terjaga kehangatan keluarga, muakasih banyak mas da ngasih duit,hehehe...petuah, saran, spirit spiritual yang selalu kuserap, jangan khawatir mas... **Mbak Cuayang (Dianna Rohmawati, ST)**, Jangan ngomel lagi y....ipung da selesai neh,haha. Thnk buanyak y mbak da kasih petuah bijak,hehehe n da mnta duit klo kepepet. Oai lengkap deh dkluarga dari FTI n FTSP n Ekonomi (bentuk pabrik yuk...)hihi. **Mbak Butet** "wah klo g lulus bakal kene ceramah n omelan lagi deh....ampun mbak....,mbak g buat kue n pentol lagi neh, kangen butan pentolnya yang muaknyoz puol...**Mas Kasim** " mas muakasih banyak y doa n dana IMFnya....,mas ntar ikut keSubang yak lo mudik lagi..**Malaikat2 kecilQ** (Alya, rina dan Sasha)' wah repot ne Om asuh kalian habis kalian nakal tapi bikin jadi Om masih muda lagi n g Stres deh...hahaha, Ntuk **IBU ANGKATQ** thn ni nanda sempatin krmh Bunda.

My friend **Society EX 82** : YE.. koprall 82 akhrnya lu2s jg. Pm (uda lulus Pak haji, suwon akeh y...),bima, semprol, yoni, Dr mambo, Edi, erid, isro', ulhaq, randa n Sir Chojin.++CD house (m.wati) cpt bsr y Bumi...

MD 1/56 : veteran 82 , we will ROCK with **Inspired,3 second** n **Heroin** (wah iklan deh...)mkn g mkn yng pntg kumpul ...**BuDI** (cepat slskan TA, ojo suwe2 ingt umur n oRtu, klo g skg kpn lagi).

Agus (ojo diajarin yg mcm2 tmn2 y...,jaga kekompakan n solidaritasnya), Di2t (anggota Stifler mke bnyk y...computer, print n kamarnya yang tak acak2...), And@n9 (Slmt berpuzing ria dg TA, hahaha cpt smbh y Ayahmu,oia sorry kmrn g liat Soudrenaline tp ntar ko ad konser g bkal absen deh). Entol (da brsh kan computer dari Virus), Kebo (woei klo dinasehatin didengerin y), Radix (hei adik beta wisuda dulu y, adik jg tmn2 y...). n Puh mke bnyk Kue tarnya...

To Konsultan Bumi Palapa

"M.bobby (mffn gngg anak buahnya y..., m.Set, m.Wa2n, b.ulum, m.ika, m.ariel, m.ariz, m.vita, devi, zainal dll deh..)

TO PEJUANG DAN VETERAN '02"

Chia (cpt smbh n klo bth bntuan g usah sungkan, muakasih bnyk ats sglnya), Rofik (kutu kupret thnk bnyk da ngacak2 kamarmu print n bukunya y...), Teguh (woei akhrny qT lu2 bareng kan pkoknya g ada yang tak mungkin kan..., muakasih bnyk y..), tink (dewa ATM klo g ad ATMmu bkal mati deh...), Jun (hdp mikroorganisme n woei jeng shopping aj neh....)Bu Ren (wah jd asisten pribadi b.tuani)...uhui...lu2s bareng deh...!!!"Pejuang '02'. Encok (woei jeng mffn q duluan yaaa sedih c g bs sm2 tp srng2 aj liat Film "Laskar Pelangi", Ifan (suwon akeh y...,hebat km fan ttp tegar n konsisten y.), gang tHomaz (Ina, ti2s candra minus ting aj yg da wisuda ojo depresi, Impossible is Nothing deh.), timo (ayo mnm Es degan lg), Bily (jgn illfill asisitensi), bacok (budeh hjr terus proposalX...), zombic, Om (cpt slskan Om)iwana, ko2, zul, cholik, sepin, lastri. Pi2ng (wah q duluan y sedih c g bs wisuda 1 gang kyk dulu, mke bnyk sgl bntk bantuan ya...eits..ingat brp org yg ngirain qt saudara?sampai kpnpn qt ttp jd saudara), Yus (tega bgt boeing ORTu, hayo cpt slskn!!!). ang "01"Evelin,eka, mini, doddy,bayu, Erwin, nesta, beiby, apay, n mas pay.03,04,05,06,07,08 dst slmt berjuang ayo kalian jgn mls n sll Save My Word y..

To klrng besar PSM "VCC"

q tmbh & brkmbg berkat kamu n kita, trlll bnyk kenangan pahit n mns, trrl bnyk kisah n trll bnyk foto n lokasi yg qt tuju baik local n interlokal).. andre, andreas, deddy, varchan, Yuda, aank, adi, jo, jack,M'oppy, tanti, desnila, ocha, deny, sinta, ade, anya, erlina, mila,toni, philip ,iwana, oneng, ola, m.supri dll n PSM yg laen muakasih y... Viva La Musica.

Semua pihak yg blm disebutkan mke bnyk n mffN klo q pny salah yEE...Salam satu Jiwa Bumi Arema....

Wassalam

Agung Badruz Zaman

