

SKRIPSI

PENURUNAN KADAR BOD DAN COD PADA LIMBAH CAIR TAPIOKA MENGGUNAKAN METODE FILTRASI ANAEROBIK ALIRAN UPFLOW DENGAN MEDIA BATU DAN KERIKIL

Disusun Oleh
SUHARNY
02.26.016



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2009**

1998

REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF EDUCATION AND CULTURE
GENERAL DIRECTORATE OF HIGHER EDUCATION
JAYAPURA REGIONAL DIRECTORATE OF HIGHER EDUCATION

PTI MALANG
BERPUSATKAN
MILIK

027040
010000
000000

STUDY PROGRAM: POLITICAL SCIENCE
DEPARTMENT: POLITICAL SCIENCE
FACULTY: POLITICAL SCIENCE

000000

LEMBAR PERSETUJUAN

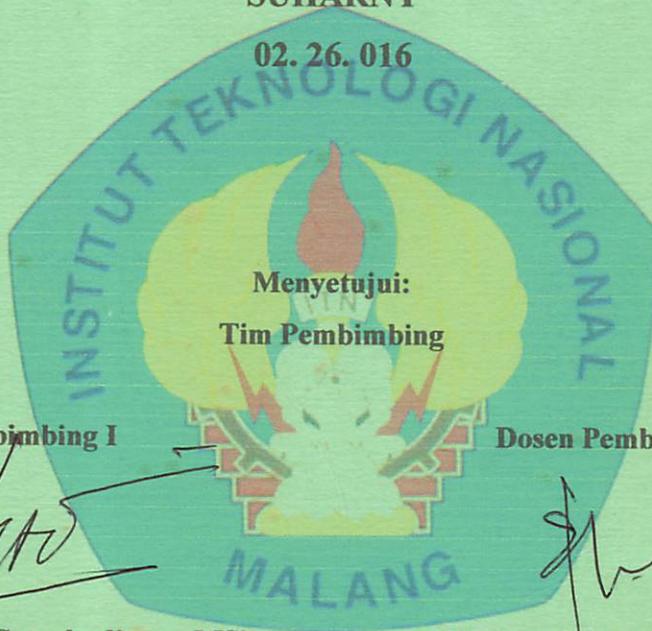
SKRIPSI

**PENURUNAN KADAR BOD DAN COD PADA LIMBAH
CAIR TAPIOKA MENGGUNAKAN METODE FILTRASI
ANAEROBIK ALIRAN UPFLOW DENGAN MEDIA
BATU DAN KERIKIL**

Oleh:

SUHARNY

02.26.016



Menyetujui:

Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSi
NIP. 131965844

Dosen Pembimbing II

Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP. P. 1030300382

Mengetahui

Ketua Jurusan/Prodi Teknik Lingkungan



Sudiro, ST. MT
NIP. 1039900327

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**PENURUNAN KADAR BOD DAN COD PADA LIMBAH
CAIR TAPIOKA MENGGUNAKAN METODE FILTRASI
ANAEROBIK ALIRAN UPFLOW DENGAN MEDIA
BATU DAN KERIKIL**

Oleh:

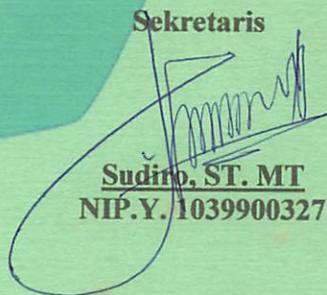
SUHARNY

02.26.016

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji pada Ujian komprehensif Skripsi Jurusan/Program Studi Teknik Lingkungan Jenjang Strata Satu (S-1), dan diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tanggal 25 Maret 2009.

Mengetahui :

Panitia Ujian Komprehensif Skripsi

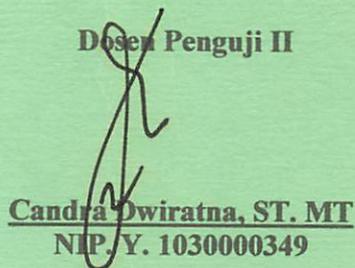


Dewan Penguji

Dosen Penguji I



Dosen Penguji II



Suharny., Hery Setyobudiarso, Evy Hendriarianti, 2009. **Penurunan BOD Dan COD Pada Limbah Cair Tapioka Menggunakan Metode Filtrasi Anaerobik Aliran Upflow Dengan Media Batu dan Kerikil**. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAKSI

Kondisi industri tapioka yang ada saat ini sering menimbulkan masalah lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan industri tersebut, sehingga sudah selayaknya diperhatikan dan dikendalikan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa beban hidrolis dan waktu detensi yang dapat menurunkan kandungan BOD dan COD pada air limbah tapioka yang paling optimal.

Penelitian ini dilakukan untuk mengolah limbah cair tapioka sebelum dibuang ke perairan. Metode yang digunakan adalah *filtrasi anaerobik aliran upflow*. (Penyaringan tanpa membutuhkan udara dengan aliran dari bawah ke atas). pengoperasian reaktor dilakukan secara batch dengan variasi beban hidrolis 1 m³/m².hari, 2 m³/m².hari dan 3 m³/m².hari serta waktu detensi 4 jam, 8 jam dan 12 jam.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan BOD tertinggi sebesar 77,80 % dan COD tertinggi sebesar 83,15 % dengan variasi beban hidrolis 1 m³/m².hari dan waktu detensi 12 jam.

Kata Kunci : Limbah Cair Tapioka, Aliran *Upflow*, *Filtrasi Anaerobik*, BOD, COD.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **” Penurunan Kadar BOD dan COD Pada Limbah Cair Tapioka Menggunakan Metode Filtrasi Anaerobik Aliran Upflow dengan Media Batu dan Kerikil”**. Skripsi ini diajukan untuk menyelesaikan Program Sarjana Teknik Lingkungan di ITN Malang.

Pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, Msc selaku dosen pembimbing I dalam pembuatan skripsi
2. Ibu Evy Hendrianti, ST.MMT. selaku dosen Pembimbing II dalam pembuatan skripsi.
3. Bapak Hardianto, ST.MT selaku dosen pembahas I dan selaku kepala Laboratorium teknik Lingkungan ITN Malang
4. Ibu Candra Dwi Ratna, ST. MT selaku dosen pembahas II dan selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan
5. Bapak Sudiro, ST, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan
6. Ibu Anis Artyani, ST. selaku dosen wali angkatan 2002
7. Teman – teman dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat hal – hal yang dapat dikembangkan lebih lanjut, untuk itu saya menyambut baik saran dan kritik demi kesempurnaan skripsi ini, saya juga berharap agar skripsi ini berguna bagi kita semua terutama teman – teman mahasiswa di Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.

Malang, Maret 2009

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAKSI.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR	v

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	I-1
1.2 Perumusan Masalah.....	I-3
1.3. Tujuan Penelitian.....	I-3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	I-3

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Air Limbah	II-4
2.2. Produksi Industri Tapioka.....	II-5
2.3. Limbah Industri tapioka.....	II-6
2.3.1. Karakteristik fisik air limbah.....	II-7
2.3.2. Karakteristik kimia air limbah.....	II-8
2.1.3. Karakteristik biologis air limbah	II-9
2.4. Pengolahan Limbah Cair secara Biologis.....	II-9
2.5. Proses Pengolahan Air Limbah Secara Anaerob	II-10
2.6. Pengolahan Air Limbah Dengan Filtrasi Anaerobik.....	II-11
2.7. Filtrasi	II-12
2.7.1. Jenis-jenis Filtrasi	II-12
2.7.2. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Proses Filtrasi	II-13
2.8. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroorganisme	II-15
2.8.1. Suhu	II-16

2.8.2. Kondisi Atmosfirik	II-16
2.8.3. pH.....	II-17
2.8.4. Tekanan Osmosa.....	II-17
2.9. Biological Oxygen Demand (BOD)	II-17
2.10. COD (Chemical Oxygen Demand)	II-20
2.11. Metode Pengolahan Data	II-22
2.11.1. Statistik Deskriptif dan inferensi	II-22
2.11.2. Analisis Data Statistik dalam Minitab	II-22
2.11.3. Keunggulan Minitab	II-23
2.11.4. Analisis Korelasi.....	II-24
2.11.5. Analisis Regresi	II-25
2.11.6. Analisis Anova	II-25

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian.....	III-27
3.2. Obyek Penelitian	III-27
3.3. Variabel Penelitian	III-27
3.3.1. Variabel Terikat.....	III-27
3.3.2. Variabel Bebas.....	III-27
3.4. Persiapan Alat dan Bahan Penelitian	III-27
3.4.1. Bahan Yang Digunakan Dalam Penelitian.....	III-27
3.4.2. Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian	III-27
3.5. Cara Kerja	III-28
3.5.1. Pengambilan Sampel.....	III-28
3.5.2. Penyiapan media filter	III-28
3.5.3. Analisis Pendahuluan.....	III-28
3.5.4. Pelaksanaan Percobaan	III-28
3.5.4.1. Tahap Pembenuhan(seeding)	III-28
3.5.4.2. Aklimatisasi	III-29
3.5.4.3. Tahap Oprasional	III-29
3.6. Metode Penelitian.....	III-30
3.6.1. Tahap Penelitian	III-30
3.6.1.1. Analisis Kandungan Permanganat value (PV) ...	III-30

3.6.1.2. Biological Oxygen Demand (BOD).....	III-30
3.6.1.3. Chemical Suspended Solid (COD)	III-30
3.7 Metode Statistik.....	III-30
3.8. Kerangka Penelitian.....	III-30

BAB IV. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik limbah cair Tapioka.....	IV-34
4.2. Penyisihan bahan organik pada tahap seeding dan aklimatisasi	IV-35
4.3. Analisis Deskriptif	IV-43
4.3.1. Analisis Deskriptif BOD	IV-43
4.3.2. Analisis Deskriptif COD	IV-45
4.4. Analisis ANOVA	IV-47
4.4.1. Analisis ANOVA BOD.....	IV-47
4.4.2. Analisis ANOVA COD.....	IV-48
4.5. Analisis Korelasi	IV-52
4.5.1. Analisis Korelasi BOD.....	IV-52
4.5.2. Analisis Korelasi COD.....	IV-53
4.6. Analisis Regresi.....	IV-54
4.6.1. Analisis Regresi BOD.....	IV-55
4.6.2. Analisis Regresi COD.....	IV-57
4.7. Pembahasan.....	IV-61
4.7.1. Konsentrasi BOD.....	IV-61
4.7.2. Konsentrasi COD.....	IV-63

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan	V-66
5.2 Saran	V-66

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik limbah cair pada berbagai industri tapioka.....	II-7
Tabel 4.1.	Hasil Analisis awal air limbah cair Tapioka	IV-34
Tabel 4.2	Persentase Penyisihan Materi Organik Pada Reaktor I.....	IV-36
Tabel 4.3	Persentase Penyisihan Materi Organik Pada Reaktor II	IV-38
Tabel 4.4	Persentase Penyisihan Materi Organik Pada Reaktor III	IV-40
Tabel 4.5	Data konsentrasi Akhir BOD	IV-43
Tabel 4.6.	Data Persentase Penyisihan Akhir BOD	IV-44
Tabel 4.7	Data konsentrasi Akhir COD.	IV-45
Tabel 4.8.	Data Persentase Penyisihan Akhir COD	IV-46
Tabel 4.9.	Uji Anova persen penyisihan BOD terhadap waktu detensi	IV-47
Tabel 4.10.	Uji Anova persen penyisihan BOD terhadap beban hidrolis	IV-48
Tabel 4.11.	Uji Anova persen penyisihan COD terhadap waktu detensi	IV-48
Tabel 4.12.	Uji Anova persen penyisihan COD terhadap beban hidrolis	IV-47
Tabel 4.13.	Hasil Uji Duncan Konsentrasi % Penyisihan BOD	IV-50
Tabel 4.14.	Hasil Uji Duncan Konsentrasi % Penyisihan COD	IV-51
Tabel 4.15.	Analisis Korelasi antara Persentase Penyisihan BOD dengan beban hidrolis ($m^3/m^2 \cdot \text{hari}$) dan waktu detensi (jam).....	IV-52
Tabel 4.16.	Analisis Korelasi antara Persentase Penyisihan COD dengan beban hidrolis ($m^3/m^2 \cdot \text{hari}$) dan waktu detensi (jam).....	IV-53
Tabel 4.17.	Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penyisihan BOD dengan beban hidrolis ($m^3/m^2 \cdot \text{hari}$) dan waktu detensi (jam)	IV-55
Tabel 4.18.	Hasil Uji Kelinearan Analisis Regresi Persentase	

Penyisihan BOD dengan beban hidrolis ($m^3/m^2 \cdot \text{hari}$) dan waktu detensi (jam)IV-55

Tabel 4.19. Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penyisihan COD dengan beban hidrolis ($m^3/m^2 \cdot \text{hari}$) dan waktu detensi (jam)IV-58

Tabel 4.20. Hasil Uji Kolinieran Analisis Regresi Persentase Penyisihan COD dengan beban hidrolis ($m^3/m^2 \cdot \text{hari}$) dan waktu detensi (jam)IV-58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.. Skema Zat padat	II-8
Gambar 3.1 Model Reaktor filtrasi anaerobik	IV-33
Gambar 4.1. Penyisihan Penyisihan bahan organik pada reaktor I.....	IV-37
Gambar 4.2. Penyisihan Penyisihan bahan organik pada reaktor II.....	IV-39
Gambar 4.3. Penyisihan Penyisihan bahan organik pada reaktor III	IV-41
Gambar 4.4. Grafik hubungan waktu detensi terhadap persen penyisihan BOD	IV-44
Gambar 4.4. Grafik hubungan waktu detensi terhadap persen penyisihan COD	IV-46

BAB I PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Dalam perkembangan industri dewasa ini, pembuangan limbah industri perlu mendapat perhatian yang lebih serius, karena setiap produksi yang menghasilkan produk pada umumnya akan menghasilkan limbah. Berdasarkan wujudnya limbah industri dapat dibagi menjadi limbah padat, limbah cair, dan limbah gas yang semuanya dapat menimbulkan pencemaran lingkungan.

Industri tapioka merupakan salah satu jenis industri hasil pertanian yang cukup banyak tersebar di Indonesia. Kondisi industri tapioka yang ada saat ini sering menimbulkan masalah lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan industri tersebut, sehingga sudah selayaknya diperhatikan dan dikendalikan. Apalagi sebagian besar industri tapioka berlokasi dekat pemukiman yang padat penduduk dan ditepi sungai. Sehingga sering terdengar keluhan dan kritikan dari masyarakat sekitar areal pabrik yang apabila tidak ditanggapi secara serius dapat menimbulkan kerusakan yang tidak diinginkan. Dalam pembuatannya, tepung tapioka berasal dari ketela pohon yang telah dikupas, dicuci bersih, diparut dan mengalami proses penyaringan untuk mendapatkan sari tepung kemudian dikeringkan. Proses pembuatan tepung tapioka ini akan dihasilkan limbah padat dan limbah cair. Limbah padat industri tapioka umumnya dimanfaatkan untuk pupuk dan pakan ternak, sedangkan limbah cair industri tapioka umumnya langsung dibuang ke sungai sehingga hal ini dapat menimbulkan pencemaran lingkungan karena kandungan organik limbah cair tapioka sangat tinggi. Adanya bahan – bahan organik dalam air limbah akan menyebabkan tingginya BOD dan COD dalam air limbah (Soeratmaja, 1982 dalam sarastuti, 2005). Hal ini dikarenakan adanya asam-asam organik pada limbah tapioka yang menyebabkan BOD dan COD tinggi dengan pH rendah sehingga dapat mengurangi kandungan oksigen di dalam air apabila limbah tapioka langsung dibuang ke dalam badan air.

Mengingat dampak negatif yang diakibatkan limbah cair tapioka tersebut maka perlu dilakukan pengolahan limbah cair tapioka sebelum dibuang ke perairan bebas. Ada beberapa metode pengolahan limbah yang dapat diterapkan pada industri tapioka misalnya dengan proses pengendapan pada beberapa kolam penampung, pemberian udara (aerasi) pada limbah cair tapioka, khusus pada penelitian ini digunakan metode filtrasi anaerobik. Media yang digunakan dalam penelitian ini ada dua jenis yakni batu dan kerikil. Batu dan kerikil ini dipilih sebagai media filter karena kedua jenis media ini mudah didapatkan dipasaran dan relatif murah. Pada penggunaan sistem filtrasi anaerobik (saringan anaerobik) media filter ditempatkan dalam suatu tangki dan limbah yang akan disaring dialirkan dari bawah ke atas. Pertimbangan dengan menggunakan metode Filtrasi Anaerobik secara *upflow* yaitu karena pengolahan anaerobik merupakan pengolahan yang tidak membutuhkan oksigen pada prosesnya (prabowo, 2000). Jenis pengolahan ini cocok diterapkan apabila limbah yang akan diolah mempunyai konsentrasi zat organik yang tinggi, aliran *upflow* yaitu aliran yang dapat meminimalkan terjadinya clogging atau penyumbatan pada aliran air limbah daripada sistem aliran kebawah (*down flow*). Dalam sistem *upflow* ini, konsentrasi air limbah dapat diturunkan dengan baik.

Penelitian Pudjningsih (1998) diketahui bahwa dengan menggunakan metode Filtrasi Anaerobik secara *Downflow* pada proses pengolahan limbah tempe dapat menurunkan BOD dari konsentrasi awal 9581 mg/l mengalami penurunan 3082,2 mg/l (67,83 %), COD dari konsentrasi 13717 mg/l mengalami penurunan 3204,3 mg/l (76,64 %), TSS dari konsentrasi awal 6325 mg/l mengalami penurunan 2203 mg/l (65,17 %).

Hasil penelitian tersebut, maka akan dilakukan penelitian untuk menurunkan konsentrasi BOD dan COD pada limbah cair tapioka dengan metode Filtrasi Anaerobik Secara *Upflow*.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah :

- Seberapa besarkah beban hidrolis dengan media batu dan kerikil untuk menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah cair tapioka.
- Bagaimanakah pengaruh waktu tinggal pada pengolahan limbah cair tapioka dalam menurunkan BOD dan COD dengan metode filtrasi anaerobik.

1.3. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Mengetahui berapa besarnya beban hidrolis dengan media batu dan kerikil dalam menurunkan BOD dan COD pada limbah cair industri tapioka sampai standart baku mutu yang ditetapkan.
- Mengetahui berapa besarnya pengaruh waktu tinggal pada pengolahan limbah cair tapioka dalam menurunkan BOD dan COD dengan metode filtrasi anaerobik.

1.4. RUANG LINGKUP PENELITIAN

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium
2. Parameter pokok yang akan dianalisis adalah kandungan BOD dan COD pada limbah cair tapioka.
3. Jenis media yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu dan kerikil.
4. Sampel limbah cair yang digunakan diambil dari air sisa penggumpalan dan penyaringan dari limbah tapioka
5. Dilakukan variasi beban hidrolis, dan waktu detensi.
6. Dilakukan pengukuran suhu dan pH pada sampel limbah cair tapioka
7. Metode yang digunakan adalah metode filtrasi anaerobik secara upflow.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Air Limbah

Air limbah merupakan air bekas yang sudah tidak terpakai lagi sebagai hasil dari adanya berbagai kegiatan manusia sehari – hari. Air limbah tersebut biasanya dibuang ke alam yaitu tanah dan badan air. Jumlah air limbah yang dibuang akan selalu bertambah dengan meningkatnya jumlah penduduk dengan segala kegiatannya. Apabila jumlah air limbah yang dibuang berlebihan, melebihi dari kemampuan alam untuk menerimanya maka akan terjadi kerusakan lingkungan.

Menurut *Metcalf & Eddy (1991)* batasan air limbah (*wastewater*) adalah kombinasi dari cairan dan sampah – sampah cair yang berasal dari pemukiman, perdagangan, perkantoran dan industri bersama – sama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada.

Jika air limbah yang tidak diolah dibiarkan terakumulasi, maka penguraian bahan – bahan organik dengan berbagai macam kandungannya dapat menghasilkan produksi gas – gas dengan bau yang tidak sedap. Dalam jumlah yang banyak air limbah mengandung berbagai mikroorganisme patogen atau penyebab penyakit pada manusia, air limbah juga mengandung senyawa – senyawa beracun. Sehingga perlu dilakukan penanganan atau pengolahan air limbah yang lebih seksama dan terpadu sebelum dibuang ke alam agar tidak mencemari lingkungan..

Sedangkan pengertian air limbah industri adalah air buangan yang berasal dari berbagai jenis kegiatan proses produksi suatu industri. Pada umumnya sulit dalam pengolahannya serta mempunyai variasi yang besar, zat – zat yang terkandung di dalamnya dapat berupa zat pelarut, mineral, logam berat, zat – zat organik, minyak, lemak, garam – garam, zat warna, nitrogen, sulfide, amoniak dan zat yang bersifat racun (toksik)

2.2. Produksi Industri Tapioka

Di Indonesia terdapat industri tapioka berkapasitas kecil, menengah dan besar yang beroperasi secara nasional. Industri tapioka skala kecil adalah industri yang menggunakan teknologi proses dan peralatan tradisional dengan kemampuan produksi sekitar 5 ton bahan baku perhari. Skala menengah adalah industri yang menggunakan teknologi proses dan peralatan yang lebih sederhana dibandingkan industri skala besar serta mempunyai kemampuan produksi sampai 20 ton bahan baku perhari. Skala besar adalah industri yang menggunakan teknologi proses produksi mekanis penuh dan mempunyai kemampuan produksi diatas 200 ton bahan baku perhari (Bapedal, 1996).

Jenis industri kecil mendapatkan bahan baku dari petani singkong. Tapioka yang dihasilkan masih kasar dan hanya dijual kepada pengecer tepung tapioka untuk proses lebih lanjut guna meningkatkan mutunya. Jenis industri menengah besar ini pun bahan mentahnya didapatkan dari petani dan hanya sedikit yang memiliki area pertanaman sendiri. Produksi tapioka yang dihasilkan merupakan produksi akhir yang siap dipasarkan kepada konsumen tepung tapioka.

Tepung tapioka dibedakan atas dua macam yaitu : tepung tapioka kasar dan tepung tapioka halus. Tepung tapioka yang diperoleh dari hasil pamarutan singkong sampai didapatkan pati dan sudah mengalami pengeringan, sedangkan tepung tapioka halus merupakan proses lanjutan dari tepung tapioka kasar dengan mengalami proses penggilingan (Tjiptadi Nasution, 1980 dalam Faizah, 2000).

Secara garis besar pengolahan singkong menjadi tepung tapioka merupakan rangkaian proses produksi yang diawali dengan pengupasan umbi singkong, pencucian imbi kupasan, pamarutan, pemerasan, penyaringan, pengendapan, pengeringan dan terakhir penggilingan. Proses pembuatan tepung tapioka meliputi pemilihan bahan baku, pencucian yang dilakukan dengan

pengadukan dalam air dengan bantuan “glebegan” atau saringan goyang pengendapan dan pengeringan patin (Bapedal, 1996).

2.3. Limbah Industri tapioka

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 tiga, yaitu : air limbah domestik, air limbah industri dan air hujan (Metcalf & Eddy, 1991)

Limbah cair industri tapioka berasal dari proses pencucian bahan baku, penyaringan bubur singkong (ekstraksi) dan pengendapan pati. Kualitas limbah cair tapioka dapat ditentukan dengan beberapa parameter uji antara lain nilai BOD₅, COD, padatan terlarut, padatan tersuspensi, sianida dan pH, serta beberapa parameter yang sangat sensitif dipandang dari segi visual seperti warna.

Terdapatnya bahan organik dalam jumlah yang banyak diperairan akan menimbulkan masalah yang berhubungan dengan kualitas air. Bahan organik akan distabilkan secara biologi dan melibatkan mikroba baik melalui sistem oksidasi aerobik maupun anaerobik (Metcalf dan Eddy, 1978).

Limbah industri tapioka yang dibiarkan terbuang di perairan akan menimbulkan 5 perubahan kualitas air yang di cemarinya :

- 1) Peningkatan zat padat berupa senyawa organik, sehingga timbul kenaikan limbah padatan, tersuspensi maupun terlarut.
- 2) Peningkatan kebutuhan oksigen oleh mikroba pembusuk senyawa organik dinyatakan dengan BOD.
- 3) Peningkatan kebutuhan proses kimiawi dalam air, dinyatakan dengan COD.
- 4) Peningkatan senyawa zat racun dalam air dan pembawa bau busuk dan menyebar keluar dari ekosistem akuatik.

- 5) Peningkatan derajat keasaman dinyatakan dengan pH akan merusak keseimbangan ekosistem akuatik/perairan terbuka.

Karakteristik Limbah Cair Pada Berbagai Industri Tapioka
(rata – rata)

Karakteristik	Satuan	Industri		
		Kecil	Menengah	Besar
Bahan baku	Ton/hari	5,00	20,00	200-600
Debit	m ³ /hari	22,00	80,00	1200,00
BOD	ppm	5055,82	5439,45	3075,84
COD	ppm	16202,30	25123,33	5158,78
MPT	ppm	3415,45	3442,00	1342,00
pH		5,50	4,50	5,00
Sianida (CN)	ppm	0,1265	0,117	0,200

Sumber : BPPI Semarang Laporan Teknologi Pengolahan Air Buangan Industri Tapioka

2.3.1 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.

1. Suhu

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

2. Kekeruhan

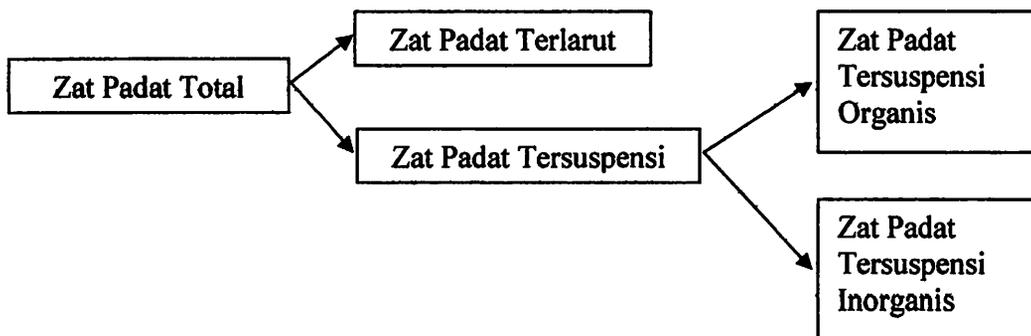
Tingginya limbah domestik mempunyai tingkat kekeruhan yang cukup tinggi, kekeruhan ini disebabkan adanya padatan tersuspensi, padatan terlarut dan padatan yang mengendap

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 organis dan inorganis, seperti dapat dilihat pada skema berikut ini :



Gambar 2.1 Skema Zat Padat

(Sumber: Alaerts dan Sumestri, 1987)

2.3.2. Karakteristik Kimiawi Air limbah

Beberapa karakteristik kimiawi air limbah adalah sebagai berikut :

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^+ .

2.3.3. 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

4. TOC (*Total Organic Compound*)

Merupakan pengujian yang dilakukan untuk menentukan jumlah organik

5. TSS (*Total Suspended Solid*)

Adalah jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron.

6. NH_3 (Amonia)

merupakan senyawa nitrogen yang menjadi NH_4 pada pH rendah dan disebut ammonium. Amoniak dalam air permukaan berasal dari air seni maupun tinja, juga berasal dari oksidasi zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari air buangan maupun air alam.

2.4. Pengolahan Limbah Cair Secara Biologis

Limbah cair dapat berasal dari masyarakat, industri dan pertanian yang mengandung nitrogen dan fosfor dengan konsentrasi tinggi. Komponen – komponen

tersebut tidak dapat secara langsung diendapkan sehingga perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut untuk menurunkan konsentrasi pencemarnya. Dekomposisi didefinisikan sebagai proses pemecahan bahan – bahan organik menjadi bentuk yang lebih sederhana, dimana dalam proses dekomposisi dibutuhkan mikroba sebagai agen pendegradasi. Proses pengolahan air limbah dengan cara biologis adalah memanfaatkan mikroorganisme (ganggang, bakteri, protozoa) untuk menguraikan senyawa organik dalam air limbah menjadi senyawa yang lebih sederhana. Proses ini dilaksanakan bila proses fisika atau kimia ataupun gabungan kedua proses tersebut tidak lagi memuaskan. Pengolahan secara biologis dilakukan melalui 3 cara yaitu pengolahan secara aerob, pengolahan secara anaerob dan pengolahan secara fakultatif. Pemilihan cara pengolahan tergantung pada karakteristik limbah, kondisi dan maksud serta tujuan pengolahan.

Menurut Sugiharto (1987), dalam dekomposisi bahan organik dianjurkan adanya mikroba yang heterogen yang tersusun atas bakteri, fungi ataupun algae yang dapat hidup berdampingan dan secara sinergis mampu mendegradasi bahan organik dengan baik. Dalam pertumbuhannya, mikroba memerlukan adanya substrat dan nutrien ini dapat dipenuhi dari bahan organik yang banyak terkandung dari limbah baik domestik maupun limbah industri. Semakin banyak kadar bahan organik terdegradasi yang terkandung dalam limbah maka semakin banyak pula kadar substrat dan nutrient yang tersedia, sehingga menyebabkan komposisi biomassa dan jumlah sel mikroba semakin meningkat, hal ini dijadikan acuan efektif tidaknya suatu sistem pengolahan limbah secara biologis.

2.5. Proses Pengolahan Air Limbah Secara Anaerob

Proses Anaerob adalah proses yang terjadi karena aktivitas mikroba dilakukan pada saat tidak terdapat oksigen bebas.

Beberapa alasan yang dipakai untuk penggunaan proses anaerobik dalam pengolahan limbah antara lain adalah tingginya laju reaksi dibanding dengan proses aerob, juga kegunaan dari hasil akhir, stabilisasi dari komponen organisme dan

memberikan karakteristik tertentu pada daya ikat air yang menyebabkan hasil dapat dikeringkan dengan mudah.

Faktor – faktor lingkungan yang mempengaruhi proses anaerobik antara lain :

1. pH

Pengaruh dari perubahan pH terhadap sistem sangat besar, oleh sebab itu perubahan pH yang terjadi harus selalu dimonitor. Jika pH dibawah 6,0 maka pembentukan metana terhenti dan lebih banyak asam berakumulasi, akibatnya akan menghentikan proses anaerobik. Dalam hal ini pH dan ukuran asam merupakan parameter operasional yang penting.

2. Kapasitas digester

Kapasitas digester secara umum didasarkan pada periode waktu tinggal rata-rata sel atau waktu penyimpanan padatan. Hal – hal yang mempengaruhi periode digestion yaitu debit rata-rata influent, dan volume tangki (reaktor). Korelasi debit dan volume tangki aerator dapat untuk menentukan waktu detensi sehingga kualitas air limbah yang diolah menjadi optimal.

3. Suhu

Suhu optimum untuk pembentukan metana sekitar 30⁰C hingga 40⁰C pada suhu diatas 40⁰C maka produksi metana akan menurun.

4. Nutrisi

Bahan-bahan organik biasanya mengandung nutrisi yang cukup baik untuk pertumbuhan mikroba. Pada proses anaerobik ini, media yang mempunyai kandungan nutrisi tertentu yang optimum akan sangat mempengaruhi proses. Perbandingan unsur nitrogen, karbon, dan fosfor layak untuk diperhitungkan yaitu besarnya dalam perbandingan karbon, nitrogen, dan fosfor, 150 : 55 : 1 bagian. Kekurangan unsur nitrogen atau fosfor dapat ditambah dari luar, yaitu dengan penambahan amonium fosfor atau amonium klorida (Jennie dan Rahayu, 1995).

2.6. Pengolahan Air Limbah Dengan Filtrasi Anaerobik

Penggunaan filter atau saringan telah dikenal luas guna menangani air yang akan digunakan untuk keperluan industri dan rumah tangga. Cara ini juga diterapkan untuk menangani air limbah yaitu dengan berbagai jenis media filter seperti pasir, batu, kerikil, antrasit dan lainnya (Betty dan Winiati 1995, dalam Yuliana Pudjningsih 1998).

Pada penggunaan sistem filtrasi anaerobik (saringan anaerobik) media filter ditempatkan dalam suatu tangki dan limbah yang akan disaring dialirkan dari bawah keatas

Keuntungan dari sistem ini adalah pemisahan sel yang relatif mudah dan waktu proses yang singkat. Sistem saringan anaerobik cocok digunakan untuk menangani air limbah dengan padatan yang terlalu tinggi yang akan menyebabkan penggumpalan lumpur yang mengakibatkan penyumbatan. Air limbah yang mengandung padatan tersuspensi juga merupakan pembatasan bagi penggunaan sistem ini. Metode ini sebaiknya digunakan untuk air buangan yang mengandung bahan organik yang daya larutannya tinggi (Jennie dan Winiati, 1995 dalam Yuliana Pudjningsih 1998).

2.7. Filtrasi

Filtrasi adalah suatu pemisahan padatan dan cairan dimana cairan ditempatkan melalui media berpori untuk memisahkan zat padat tersuspensi halus yang mungkin ada (Reynold, 1981).

2.7.1. Jenis – jenis filtrasi

Jenis proses filtrasi atau filter diklasifikasikan berdasarkan pada kecepatan air, arah aliran, tekanan yang bekerja pada media dan tingkat kekeruhan air baku.

- Berdasarkan kecepatan aliran dapat dibedakan menjadi :
 1. *Rapid Filtration*

Adalah proses pengolahan air bersih yang umumnya dilakukan sesudah proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi.
 2. *Slow Filtration*

Adalah proses pengolahan air bersih yang umumnya dilakukan untuk air permukaan tanpa unit koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi.
- Berdasarkan arah alirannya, dapat dibedakan menjadi :
 1. *Downflow Filter*

Adalah proses filtrasi dimana air mengalir secara vertikal/gravitasi dari atas ke bawah.
 2. *Upflow Filter*

Adalah proses filtrasi dimana air mengalir secara vertikal dari bawah ke atas.
 3. *Horizontal Filter*

Adalah proses filtrasi dimana air mengalir secara horizontal.
- Berdasarkan media dapat dibedakan menjadi :
 1. *Filter Single Media* (filter dengan satu jenis media)
 2. *Filter Dual Media* (filter dengan dua jenis media)
 3. *Filter Triple Media* (filter dengan tiga jenis media)
 4. *Flotofilter* (filter dengan media sintesis)
- Berdasarkan tekanan yang bekerja pada media dapat dibedakan menjadi :
 1. *Gravity Filter*

Adalah proses filtrasi dimana air mengalir melalui *filter bed* secara gravitasi.
 2. *Pressure Filter*

Adalah proses filtrasi dimana air mengalir melalui *filter bed* dengan tekanan.

2.7.2. Faktor- faktor Yang Mempengaruhi Proses Filtrasi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses filtrasi, diantaranya adalah :

1. Debit Filtrasi

Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan diperlukan keseimbangan antara debit filtrasi dengan kondisi media yang ada. Debit yang terlalu besar akan menyebabkan tidak berfungsinya filter secara efisien. Dengan adanya aliran yang terlalu cepat melewati ruang pori diantara butiran media akan menyebabkan berkurangnya waktu kontak antara permukaan butir media penyaring dengan air yang akan disaring. Sehingga proses filtrasi tidak dapat terjadi secara sempurna.

Kecepatan aliran yang terlalu tinggi melewati ruang antara butiran media menyebabkan partikel-partikel halus yang akan disaring lolos. Selain itu, dengan kecepatan aliran yang terlalu tinggi terjadi gesekan-gesekan butiran media yang dapat menyebabkan mengecilnya lubang pori sehingga mempercepat terjadinya penyumbatan (clogging).

Adanya kemampuan yang terbatas dari suatu media akan memberikan pengaruh dalam pertimbangan mendesain debit filtrasi. Dalam mendesain debit filtrasi perlu dipertimbangkan, baik dari tingkat efisiensi penyaringan yang dihasilkan, terpenuhinya batas standar kualitas air yang disyaratkan, kemudahan dalam pengoperasiannya dan juga nilai ekonomi.

2. Kedalaman, ukuran, dan material media.

Partikel tersuspensi yang terjadi melalui *influent* akan tertahan pada permukaan media filter karena adanya mekanisme filtrasi (straining). Oleh karena itu efisiensi filter merupakan fungsi karakteristik fisik dari *filter bed*, yang meliputi porositas dan rasiodari kedalaman media terhadap ukuran media.

Kedalaman dan ukuran media merupakan hal penting dalam perencanaan filter. Tebal tidaknya media akan menyebabkan lamanya pengaliran dan besarnya daya saring. Media yang terlalu besar biasanya mempunyai daya saring yang tinggi tetapi akan membutuhkan waktu pengaliran yang lama. Ditinjau dari segi biaya, media yang terlalu tebal tidak menguntungkan. Sebaliknya media yang tipis mempunyai waktu pengaliran yang pendek dan kemungkinan juga mempunyai daya saring yang rendah. Demikian pula dengan diameter butiran media berpengaruh pada porositas, *rate filtrasi* dan juga kemampuan daya saring, baik itu komposisinya, proporsinya maupun bentuk susunan dari diameter butiran.

3. Kualitas (kekeruhan) air baku

Kualitas (kekeruhan) air baku sangat mempengaruhi efisiensi filtrasi. Kekekruhan air baku yang terlalu tinggi menyebabkan ruang pori antara butiran media akan tersumbat. Oleh karena itu, dalam melakukan filtrasi harus dibatasi kadar kekeruhan air baku yang akan diolah. Jika kekeruhan air baku terlalu tinggi maka diperlukan pengolahan awal terlebih dahulu.

4. Tinggi muka air dan kehilangan tekanan

Tinggi muka air diatas media berpengaruh terhadap besarnya debit filtrasi yang mengalir. Muka air yang tinggi akan meningkatkan laju filtrasi (jika filter masih dalam keadaan bersih). Muka air diatas media akan naik jika terjadi *clogging* (terjadi saat filter dalam keadaan kotor). Selama proses filtrasi berlangsung, besarnya tekanan air yang ada di atas media berbeda dengan yang ada di dasar media. Perbedaan tekanan inilah yang sering disebut dengan *headloss* atau kehilangan tekanan. Besarnya kehilangan tekanan akan meningkat jika filter telah beroperasi dalam beberapa waktu tertentu sehingga filter semakin kotor dan menyebabkan perbedaan kehilangan tekanan selama proses filtrasi.

5. temperatur air

Perubahan temperatur air yang difiltrasi akan menyebabkan perubahan densitas, viskositas absolut dan viskositas kinematis pada air. Perubahan temperatur ini juga mempengaruhi daya tarik – menarik partikel - partikel halus penyebab kekeruhan, sehingga terjadi penambahan ukuran partikel tersebut yang dapat mempengaruhi efisiensi daya saring filter. Perubahan temperatur secara tidak langsung akan menyebabkan perbedaan kehilangan tekanan selama prose filtrasi.

2.8. 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 Rosaliana 2006).

2.8.1. 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 °C.
2. Mesofil, tumbuh dengan baik pada suhu 25 – 40 °C
3. Thermofil, dapat tumbuh dengan baik pada suhu 45-60°C. Spesies thermofil yang tumbuh baik pada kisaran suhu mesofil disebut eurithermal, atau thermofil fakultatif. Sedangkan kelompok yang hanya dapat tumbuh dengan baik pada suhu diatas 60°C disebut stenothermal atau thermofil obligat.

2.8.2. 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 bial 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.

2.8.3. 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.

2.8.4. 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 didinding sel yang kaku dapat membatasi jumlah air yang memasuki sel.

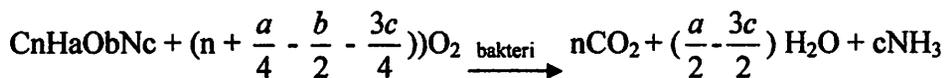
Apabila konsentrasi zat terlarut didalam sel jauh lebih rendah daripada di luar sel (lingkungan hipertonik) maka dapat terjadi dehidrasi sel. Aktifitas sel dapat terhambat karena air di dalam sel mengalir ke luar (palsmolisis).

2.9. 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 perlu ditambahkan benih bakteri. Untuk oksidasi atau zat organik yang khas, terutama dibeberapa 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 CO_2 air dan amoniak. Reaksi oksidasi dapat dituliskan sebagai berikut :



zat organik (Alaerts G dan Sumestri S. 1987)

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.

Analisis 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 MnSO₄ yang ditambahkan ke dalam larutan sehingga terjadi endapan MnO₂. Penambahan asam sulfat dan kalium iodida akan membebaskan iodin yang ekuivalen dengan oksigen terlarut. Iodin yang dibebaskan tersebut kemudian dianalisa dengan metode titrasi iodometris yaitu dengan larutan standar tiosulfat dengan indikator kanji.

Sedangkan prinsip analisis 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 konsentrasi oksigen terlarut dalam sampel.

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

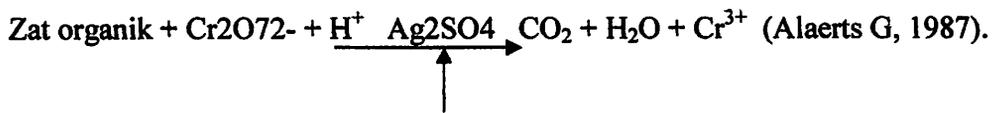
Sel bakteri memerlukan bahan organik dalam bentuk yang terlarut, sedangkan bentuk koloid atau yang tidak terlarut akan diserap oleh dinding sel yang selanjutnya akan diurai oleh enzim ekstraseluler, sehingga dapat ditransportasikan ke dalam sel (Reynold, 1982). Ketika air limbah memasuki reaktor, mikroorganisme 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 80-90% bahan organik dalam bentuk tersuspensi, dan aerasi kurang 1 jam akan menyisihkan 80-90% BOD₅

2.10. 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 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 CO_2 dan H_2O 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 $\text{mg O}_2/\text{l}$ atau biasanya cukup dengan menuliskan mg/l (G. Alaert, Sri Sumestri Santika, 1984)

2.11. 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).

2.11.1. 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 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).

2.11.2. Analisis Data Statistik dalam Minitab

Minitab merupakan salah satu program aplikasi statistika yang banyak digunakan untuk mempermudah pengolahan data statistik. Minitab menyediakan program – program untuk mengolah data statistik secara lengkap. Anda dapat mencari software-nya dalam website www.minitab.com. Seperti yang telah dijelaskan, komputer berperan sebagai alat Bantu untuk melakukan analisa data, sedangkan manusia berperan besar dalam mendesain dan menafsirkan output yang dihasilkan Minitab (Iriawan dan Astuti, 2006).

Program aplikasi statistika yang banyak digunakan adalah Minitab karena ia mempunyai keunggulan. Adapaun keunggulan Minitab dibandingkan program statistika lainnya (Iriawan dan Astuti, 2006) adalah :

- Pada Miniab 14, tampilan menu yang lebih lengkap dan disertai toolbar – toolbar akan memudahkan pengguna dalam menjalankan perintah.
- Minitab menyediakan StatGuide yang menjelaskan cara melakukan interpretasi table dan grafik statistika yang dihasilkan oleh Minitab dengan cara yang mudah dipahami.
- Ukuran worksheet dinamis dan memuat kolom sampai 4.000.
- Bahasa pemrograman macro lebih mudah. Minitab memiliki bahasa pemrograman macro yang sudah tersedia dalam Minitab versi sebelumnya. Bahasa pemrograman macro hampir mirip dengan bahasa pemrograman basic.
- Minitab 13 dan 14 mempunyai file Minitab Worksheet (MTW) dan Minitab Project (MPJ) yang digunakan untuk membedakan file worksheet dan file project.

Minitab versi sebelumnya hanya memiliki file Minitab Worksheet (WTW). File Minitab Project (MPJ) mempermudah penyimpanan semua pekerjaan dalam 1 project.

- Minitab 13 dan 14 menyediakan ReportPad agar mudah membuat laporan project yang telah dibuat.
- Dalam Minitab, pengguna bias membuat nama yang panjang pada file tanpa harus menyingkat nama file.
- Minitab 14 memiliki beberapa tambahan, khususnya dalam melakukan analisis pengendalian kualitas statistik, desain eksperimen, analisis regresi, analisis reliabilitas, dan beberapa tambahan dalam analisis data kategori.
- Minitab 13 dan 14 menyediakan metode Taguchi untuk desain robust yang banyak digunakan dalam desain eksperimen.

2.11.4. Analisis Korelasi

Koefisien korelasi Pearson berguna untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linear antara 2 variabel. Nilai korelasi berkisaran antara -1 sampai +1. Nilai korelasi negatif berarti hubungan antara 2 variabel adalah negatif. Artinya, apabila salah satu variabel menurun, maka variabel lainnya akan meningkat. Sebaliknya, nilai korelasi positif berarti hubungan antara kedua variabel adalah positif. Artinya, apabila salah satu variabel meningkat, maka variabel dikatakan berkorelasi kuat apabila makin mendekati 1 atau -1. Sebaliknya, suatu hubungan antara 2 variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol).

Hipotesis

Hipotesis untuk uji korelasi adalah :

$H_0 : \rho = 0$

$H_1 : \rho \neq 0$

Di mana ρ adalah korelasi antara 2 variabel.

Daerah Penolakan

$P\text{-Value} < \alpha$

Untuk membuat interpretasi analisis korelasi, ada beberapa hal yang harus diingat, yaitu :

1. Koefisien korelasi hanya mengukur hubungan linear. Jika ada hubungan non linear, maka koefisien korelasi akan bernilai 0.
2. Koefisien korelasi sangat sensitif terhadap nilai ekstrem.
3. Kita bisa membuat korelasi hanya jika variabel memiliki hubungan sebab akibat.

2.11.5. Analisis Regresi

Analisis regresi sangat berguna dalam berbagai penelitian antara lain :

- Model regresi dapat digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel respons dan variabel predictor.
- Model regresi dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh suatu atau beberapa variabel predictor terhadap variabel respons.
- Model regresi berguna untuk memprediksi pengaruh suatu variabel atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respons.

Model regresi memiliki variabel respons (y) dan variabel prediktor (x). Variabel respons adalah variabel yang dipengaruhi suatu variabel prediktor. Variabel respons sering dikenal variabel dependen karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian, variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respons dan sering disebut variabel independent karena penelitian bebas mengendalikannya (Iriawan dan Astuti, 2006).

2.11.6. Analisis ANOVA

Output analisis dalam Sub-subbab ditampilkan dalam window Session. Output memiliki 2 bagian utama, yaitu ANOVA dan output hasil uji perbandingan berpasangan. Output bagian pertama adalah ANOVA. Adapun hipotesis masalah adalah:

Hipotesis

$H_0 : = 0$ (rata-rata sample tiap perlakuan sama)

H1 : $\neq 0$ (ada perlakuan yang tidak rata –ratanya tidak sama)

Daerah penolakan

Hipotesis awal akan ditolak apabila nilai F melebihi F_{α} dimana α adalah banyak replikasi ditiap level faktor dan N adalah banyaknya seluruh pengamatan. Untuk mendapatkan nilai F Selain menggunakan nilai F_{α} , kita bisa pula menggunakan p – value. Hipotesis awal akan ditolak apabila p – value kurang dari (Iriawan dan Astuti, 2006).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan skala laboratorium.

3.2. Obyek Penelitian

Obyek penelitian adalah limbah cair industri tapioka

3.3. Variabel Penelitian

3.3.1. Variabel Terikat

Untuk menurunkan kadar :

- BOD
- COD

3.3.2. Variabel Bebas

- a) Variasi Beban Hidrolik : $1 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$, $2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$,
 $3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$.

Variasi berdasarkan Low Rate Filter antara $1 - 4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ (Marsono)

- b) Variasi waktu pengambilan sampel : 4 jam, 8 jam dan 12 jam

Berdasarkan perhitungan pada lampiran (Marsono)

3.4. Persiapan Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1. Bahan yang digunakan dalam penelitian

- Limbah cair industri tapioka
- Media batu dan kerikil

3.4.2. Alat yang digunakan dalam penelitian

1. Alat pengambilan sampel.

Pengambilan sampel air limbah industri tapioka dengan menggunakan jerigen

2. Alat pengolahan dengan filtrasi anaerobik.

- a. Bak Netralisasi (bak penampung limbah)
- b. 3 buah reaktor filtrasi anaerobik
- c. Media filter (batu dengan diameter 1 inci dan kerikil dengan diameter 0,5 inci).

3.5. Cara Kerja

3.5.1. Pengambilan sampel

Sampel diambil dari Industri Limbah Cair Tapioka

3.5.2. Penyiapan media filter

Media yang digunakan adalah media batu dengan diameter 1 inci dan kerikil dengan diameter 0,5 inci.

3.5.3. Analisa Pendahuluan

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

3.5.4. Pelaksanaan Percobaan

3.5.4.1 Tahap pembenihan (*seeding*)

Pembenihan dilakukan untuk memperoleh sejumlah mikroorganisme yang akan berperan dalam penguraian bahan organik dalam reaktor anaerobik. Identifikasi pada seeding dengan terbentuknya lapisan biofilm (lendir) pada media.

Pembenihan dilakukan langsung pada reaktor filtrasi anaerobik aliran upflow. Pembenuhan merupakan proses yang dilakukan untuk memperoleh sejumlah mikroorganisme aktif yang dapat berperan dalam penguraian bahan organik dalam reaktor anaerobik dengan melalui tahapan: Sebelum melakukan seeding, terlebih dahulu media (batu dan kerikil) dimasukkan dalam reaktor. Selanjutnya proses seeding dilakukan dengan cara memasukkan sampel limbah yang akan diolah ke dalam reaktor kemudian dilakukan pengoperasian reaktor disesuaikan dengan variabel penelitian (beban hidrolis = $1\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hari}$ (27,8 ml/mnt) dengan waktu detensi 4 jam, 8 jam dan 12, jam pada reaktor 1. $2\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hari}$ (55,5 ml/mnt) dengan waktu

detensi 4 jam, 8 jam dan 12 jam pada reaktor II, 3 m³/m².hari (88,8 ml/mnt) dengan waktu detensi 4 jam, 8 jam dan 12 jam pada reaktor III.)

3.5.4.2. Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan proses penyesuaian diri oleh mikroorganisme terhadap lingkungan barunya dan berakhir ketika proses adaptasi 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 reaktor filtrasi anaerobik. 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 ready* dicapai. Keadaan *steady ready* merupakan suatu kondisi dimana penyisihan zat organik yang dikonsumsi oleh mikroorganisme mendekati harga yang stabil atau konstan.

3.5.4.3. Tahap Operasional

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

Adapun cara pengoperasian reaktor Filtrasi Anaerobik dengan aliran *upflow* sebagai berikut :

- a. Pengaturan terhadap sampel limbah cair tapioka 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 = 1m³/m².hari (27,8 ml/mnt) dengan waktu detensi 4 jam, 8 jam dan 12, jam pada reaktor 1. 2 m³/m².hari (55,5 ml/mnt) dengan waktu detensi 4 jam, 8 jam dan 12 jam pada reaktor II, 3 m³/m².hari (88,8 ml/mnt) dengan waktu detensi 4 jam, 8 jam dan 12 jam pada reaktor III.
- c. Pengambilan sampel dalam waktu 4 jam 8 jam dan 12 jam.
- d. Effluen yang keluar dari proses filtrasi diambil selanjutnya dilakukan analisa kandungan BOD dan COD.

3.6. Metode Penelitian

3.6.1. Tahapan Penelitian

3.6.1.1. Analisa Kandungan Permanganat (bahan organik limbah)

Pemeriksaan PV (nilai permanganat) merupakan salah satu cara untuk menentukan kadar zat organik dalam sampel. Selama proses aklimatisasi metode ini yang dipakai untuk mengukur besarnya konsentrasi zat organik dalam limbah.

3.6.1.2. Biological Oxygen Demand (BOD)

Analisis BOD terlarut dilakukan untuk mengetahui besarnya BOD terlarut awal air limbah sebelum dilaksanakan penelitian, yang nantinya akan dibandingkan dengan BOD terlarut effluent sehingga dapat diketahui penyisihan BOD yang terjadi. Sampel yang digunakan untuk menganalisis BOD terlarut terlebih dahulu disaring agar sampel terbebas dari padatan tersuspensi maupun koloid. Metode analisis yang digunakan adalah APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998

3.6.1.3. Chemical Oxygen Demand (COD)

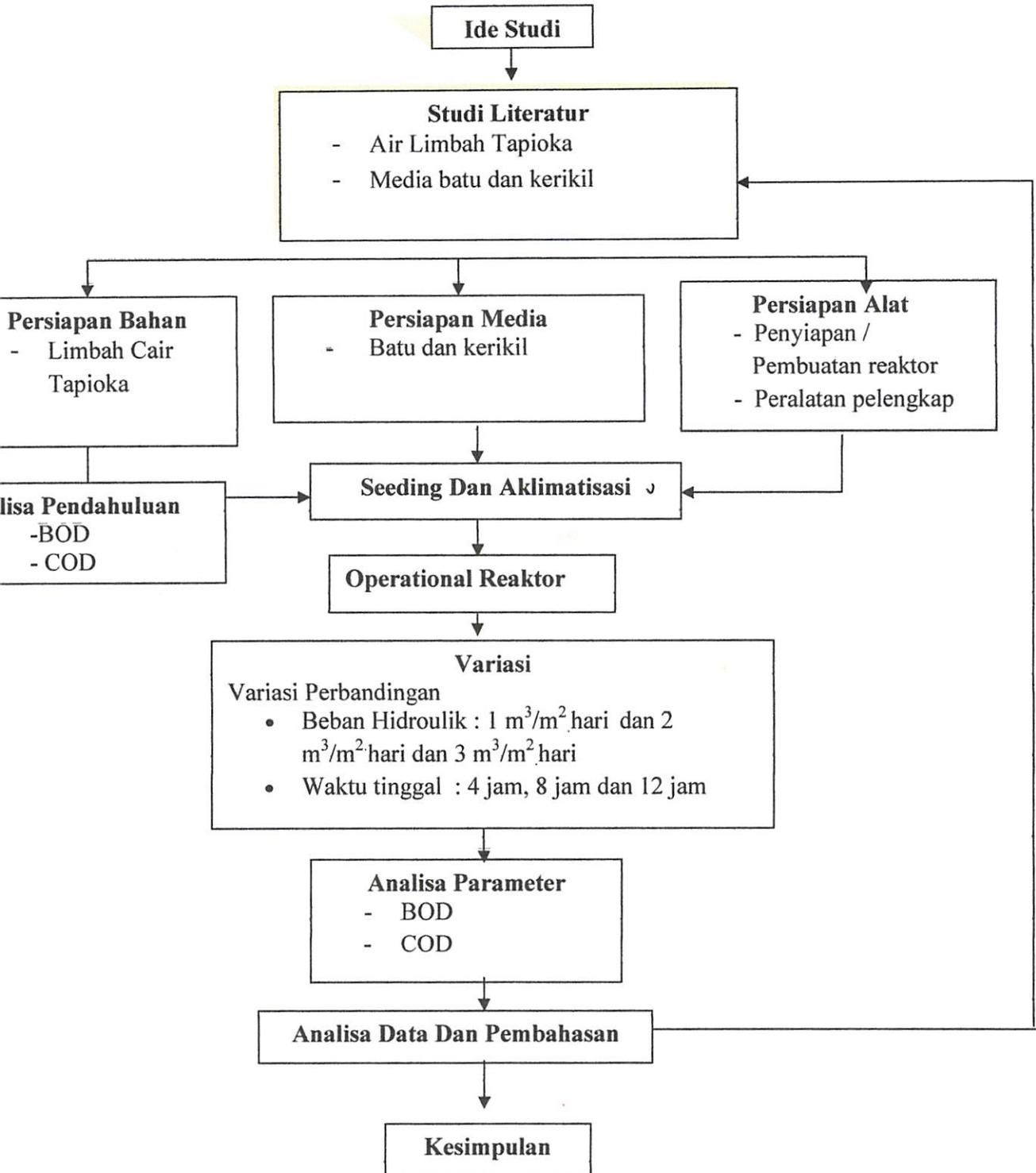
Pemeriksaan COD didasarkan pada jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang ada dalam air buangan. Pengukuran COD pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *closed reflux titrimetric* (metode dikromat) dari *Standard Method 5520 C*. Dengan menggunakan metode ini zat organik akan dioksidasi oleh K_2CrO_7 (kalium dikromat) dalam suasana asam pada suhu $150\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam. Metode analisa yang digunakan adalah QI/LKA/19 (Spektrofotometri).

3.7. Metode Statistik.

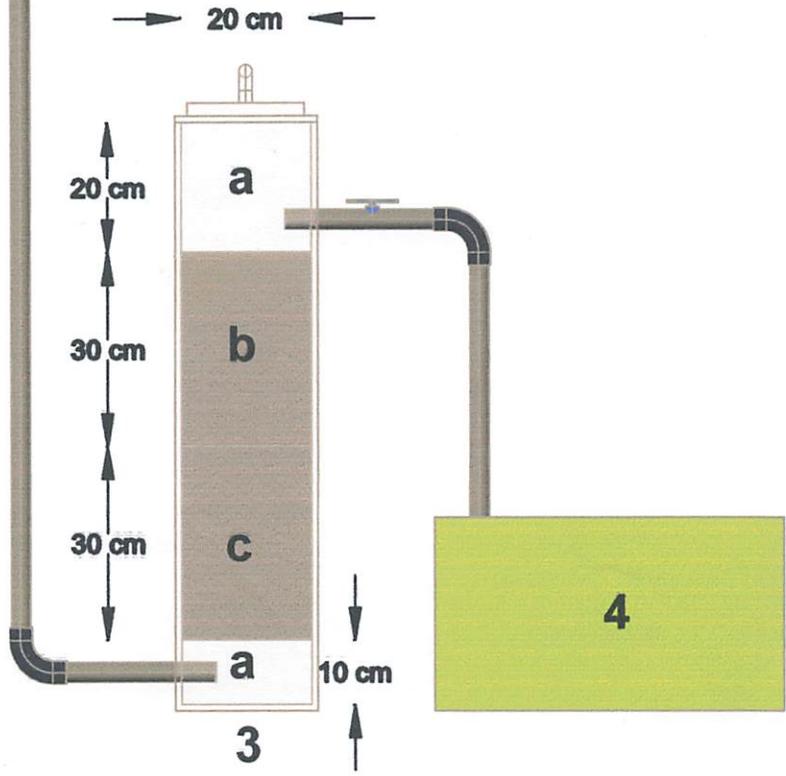
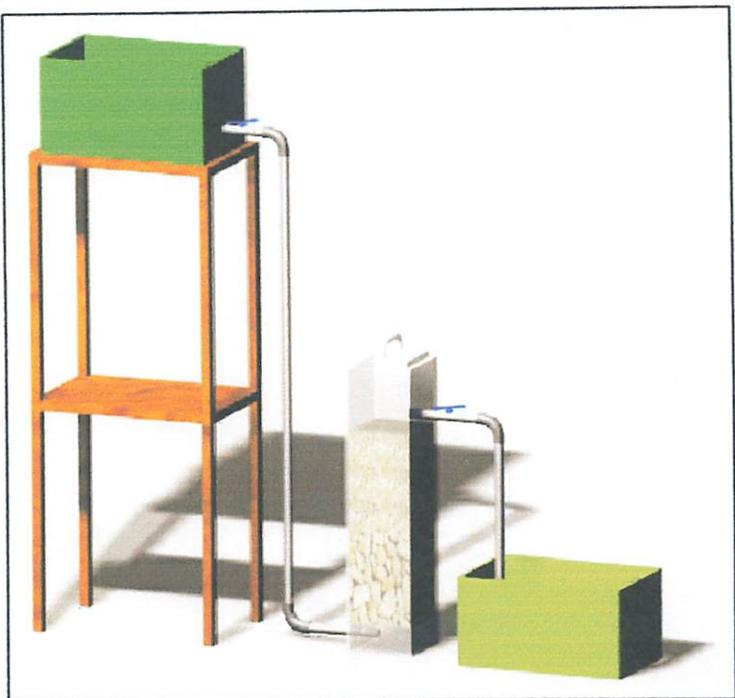
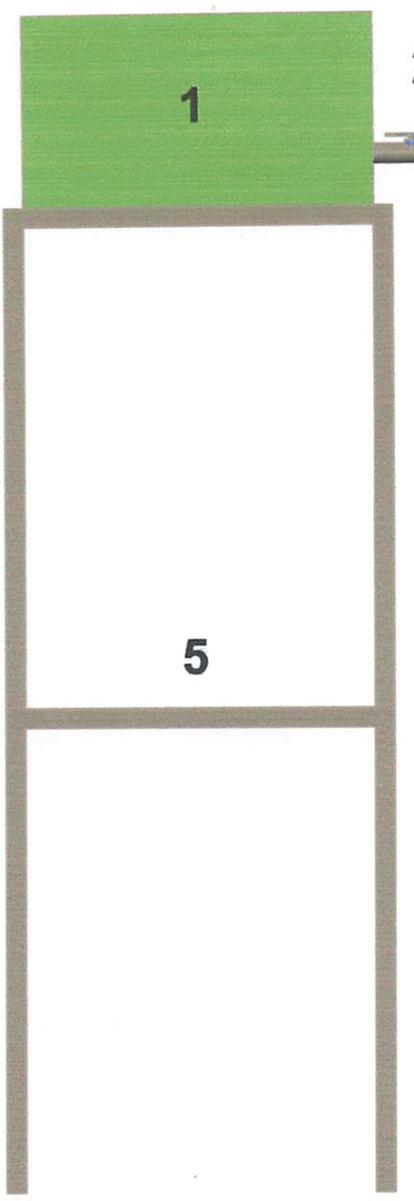
Analisis data statistik menggunakan Anova untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang nyata atau tidak (secara statistik) antara berbagai variasi percobaan (waktu detensi dan variasi beban hidrolik) terhadap penurunan BOD dan COD pada limbah cair tapioka dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Kemudian dilanjutkan dengan analisa korelasi untuk mengetahui derajat hubungan antar variabel bebas (waktu detensi dan beban hidrolik) dengan variabel terikat (penurunan BOD

dan COD) dan analisa regresi untuk menyatakan hubungan fungsional antara variabel bebas (waktu detensi dan beban hidrolis) dengan variabel terikat (penurunan BOD dan COD) ke dalam bentuk persamaan matematis.

3.8. Kerangka Penelitian



**Gambar Reaktor
Filtrasi Anaerobik**



terangan :

- Bak Penampung Limbah
- Valve
- Reaktor Filtrasi
- Bak Air Hasil Olahan
- Kayu Penyangga

- a. Tanpa Media
- b. Media Kerikil ($D = 0,5 \text{ inch}$)
- c. Media Batu ($D = 1 \text{ inch}$)

BAB IV
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Penelitian

4.1.1. Karakteristik Limbah Cair Tapioka

Dalam penelitian ini dilakukan analisa pendahuluan untuk memperoleh data karakteristik air limbah yang akan digunakan sebagai sampel penelitian. Berdasarkan analisa Laboratorium Kualitas Air Jasa Tirta I yang dilakukan, diperoleh data karakteristik limbah cair tapioka sebagai berikut :

**Tabel 4.1. Karakteristik Awal Limbah Cair Tapioka Kepanjen
Talang Agung**

Parameter	Karakteristik Awal	Baku Mutu Limbah Cair Tapioka Berdasarkan Surat Keputusan (SK) Gubernur Jawa Timur No.45 Tahun 2002
BOD	492.0 mg/l	150
COD	3032.5 mg/l	300
pH	6	6 – 9
Temperatur	25 ° C	

Sumber :Laboratorium Kualitas Air JasaTirta I

Berdasarkan Baku Mutu Limbah Cair Tapioka Surat Keputusan (SK) Gubernur Jawa Timur No.45 Tahun 2002, karakteristik awal limbah cair tapioka belum memenuhi standart, maka dilakukan penelitian untuk menurunkan BOD dan COD pada limbah cair tapioka menggunakan metode filtrasi anaerobik aliran upflow dengan media batu dan kerikil agar sesuai dengan standart baku mutu tersebut.

4.2. Penyisihan bahan Organik Pada Tahap 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 dan mampu untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah secara konstan.

Pengoperasian secara kontinyu merupakan proses start-up untuk mencapai tahap aklimatisasi. Analisis terhadap bahan organik dilakukan untuk mengetahui perkembangan penguraian bahan organik. Kegiatan ini dilakukan melalui pengukuran PV selama proses aklimatisasi sampai kondisi *steady-state* tercapai, kondisi *steady state* merupakan suatu kondisi dimana penyisihan zat organik yang dikonsumsi oleh mikroorganisme mendekati harga stabil atau konstan. Apabila penyisihan bahan organik selama tiga hari berturut – berturut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10 % maka dapat dikatakan bahwa kondisi telah *steady state*.

Untuk mengetahui penyisihan bahan organik digunakan rumus :

$$\bullet \quad \text{Penyisihan Bahan Organik} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

Keterangan :

- Nilai penyisihan (-) terjadi peningkatan bahan organik berarti tidak terjadi penyisihan bahan organik
- Nilai penyisihan (+) terjadi penurunan bahan organik

Contoh Perhitungan Untuk Reaktor 1 :

- Penyisihan Bahan Organik untuk hari ke 1

$$\begin{aligned} \text{Penyisihan Bahan Organik} &= \frac{33104.76 \text{ mg/l} - 24715.71 \text{ mg/l}}{33104.76 \text{ mg/l}} \times 100\% \\ &= 25.34 \% \end{aligned}$$

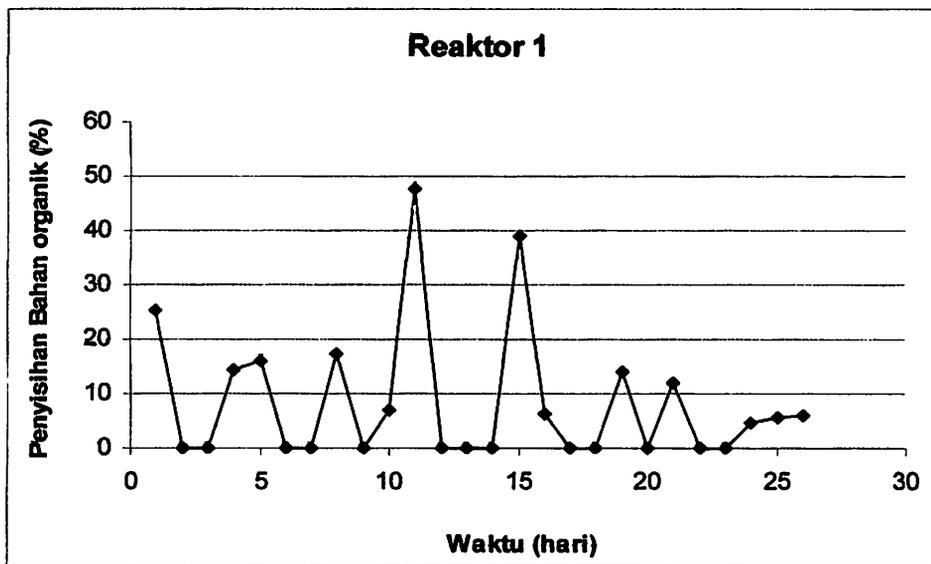
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka data konsentrasi akhir bahan organik pada proses aklimatisasi pada reaktor 1, 2, dan 3 dapat dilihat pada tabel 4.2, 4.3 dan tabel 4.4.

Tabel. 4.2. Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor 1 (Debit Air 27,8 ml/menit dan Waktu detensi 4 jam, 8 jam dan 12 jam)

Hari ke	Tanggal	Temperatur (° C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
	29 Mei	26	6	33104.76	0	0
1	30 Juni	25	6.89	24715.71	8389.05	25.34
2	31 Juni	25	7.32	25865.18	-1149.47	-
3	1 Juni	25	7.37	26738.46	-873.28	-
4	2 Juni	24	7.04	21527.5	5210.96	14.18
5	3 Juni	25	7.16	18071.25	3456.25	16.05
6	4 Juni	24	6.03	24626.2	-6554.95	-
7	5 Juni	25	7.3	28819.2	-4193	-
8	6 Juni	25	7.8	23863.44	4955.76	17.19
9	7 Juni	25	7.14	25865.18	-2001.74	-
10	8 Juni	24	6.62	24081.37	1783.81	6.89
11	9 Juni	25	7.27	12566.51	3727.26	47.81
12	10 Juni	25	7.26	27832.3	-7478.19	-
13	11 Juni	26	7.16	34128	-6295.7	-
14	12 Juni	24	7.28	35924.21	-1796.21	-
15	13 Juni	25	6.5	21922.5	14001.71	38.97
16	14 Juni	26	7.21	20540	1382.5	6.3
17	15 Juni	26	7.26	22425.8	-1885.8	-
18	16 Juni	24	7.17	23173.33	-747.53	-
19	17 Juni	25	7.38	19953.14	3220.19	13.89
20	18 Juni	25	7.18	20799.39	-826.25	-
21	19 Juni	26	7.05	18268.75	2510.64	12.08
22	20 Juni	26	7.27	18740.33	-471.58	-
23	21 Juni	24	7.17	19906	-1165.67	-
24	22 Juni	25	7.15	18960	946	4.75
25	23 Juni	25	7.16	17906.66	1053.34	5.55
26	24 Juni	25	7.07	16822.35	1084.31	6.05

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel 4.2. dan gambar 4.1. pada saat aklimatisasi terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Untuk penyisihan bahan organik terendah terjadi pada hari ke 24 sebesar 4.75 %. Sedangkan penyisihan bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 11 sebesar 47.81 %. Untuk penyisihan bahan organik dengan fluktuasi dibawah 10 % selama tiga hari berturut - turut terjadi pada hari ke 24 sampai hari ke 26 sebesar 4.75 % - 6.05 %, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 18960 mg/l - 16822.66 mg/l. Pada tahap ini dapat dikatakan kondisi *steady state* telah tercapai.



Gambar. 4.1. % Penyisihan bahan organik pada saat proses aklimatisasi

Tabel. 4.3. Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor 2 (Beban hidrolis 2 m³/m² dan Waktu detensi 8 jam)

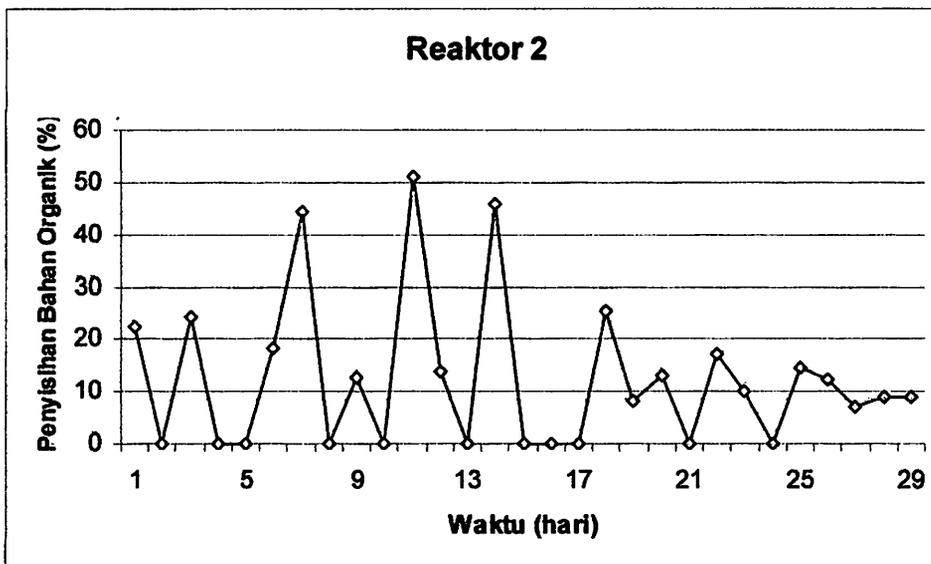
Hari ke	Tanggal	Temperatur (° C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
	29 Mei	26	6	33104.76	0	0
1	30 Mei	25	6.89	25748.14	7356.62	22.22
2	31 Mei	25	7.32	27808	-2059.86	-
3	1 Juni	25	7.37	21066.66	6741.34	24.24
4	2 Juni	24	7.04	35092.63	-14026	-
5	3 Juni	25	7.16	36589.47	-1496.84	-
6	4 Juni	24	6.03	29951.3	6638.17	18.14
7	5 Juni	25	7.3	16636.47	13314.83	44.45
8	6 Juni	25	7.8	24828.57	-8192.1	-
9	7 Juni	25	7.14	21725	3103.57	12.49
10	8 Juni	24	6.62	31456.36	-9731.36	-
11	9 Juni	25	7.27	15372.92	16083.39	51.12
12	10 Juni	25	7.26	13227.9	2145.07	13.95
13	11 Juni	26	7.16	24715.71	-11487.8	-
14	12 Juni	24	7.28	13342.22	11373.49	46.01
15	13 Juni	25	6.5	24602.85	-11260.6	-
16	14 Juni	26	7.21	26738.46	-2135.61	-
17	15 Juni	26	7.26	28966.66	-2228.2	-
18	16 Juni	24	7.17	21626.25	7340.41	25.34
19	17 Juni	25	7.38	19862.85	1763.4	8.15
20	18 Juni	25	7.18	17236.36	2626.49	13.22
21	19 Juni	26	7.05	18246.45	-1010.09	-
22	20 Juni	26	7.27	15133.87	3112.58	17.05
23	21 Juni	24	7.17	13618.09	1925.69	10.00
24	22 Juni	26	7.05	18174.64	-3628.36	-
25	23 Juni	26	7.36	15543.78	2630.86	14.47
26	24 Juni	24	7.19	13618.09	1925.69	12.38

Sumber : Hasil Penelitian

27	25 Juni	25	7.15	12640	978.09	7.18
28	26 Juni	25	7.16	11530.63	1109.37	8.77
29	27 Juni	25	7.07	10491.2	1039.43	9.01

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel 4.3. dan gambar 4.2. pada saat aklimatisasi terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Untuk penyisihan bahan organik terendah terjadi pada hari ke 27 sebesar 7.18 %. Sedangkan penyisihan bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 11 sebesar 51.12 %. Untuk penyisihan bahan organik dengan fluktuasi dibawah 10 % selama tiga hari berturut – turut terjadi pada hari ke 27 sampai hari ke 29 sebesar 7.18 % - 9.01 %, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 12640 mg/l - 10491.2 mg/l. Pada tahap ini dapat dikatakan kondisi *steady state* telah tercapai.



Gambar. 4.2. % Penyisihan bahan organik pada saat proses aklimatisasi

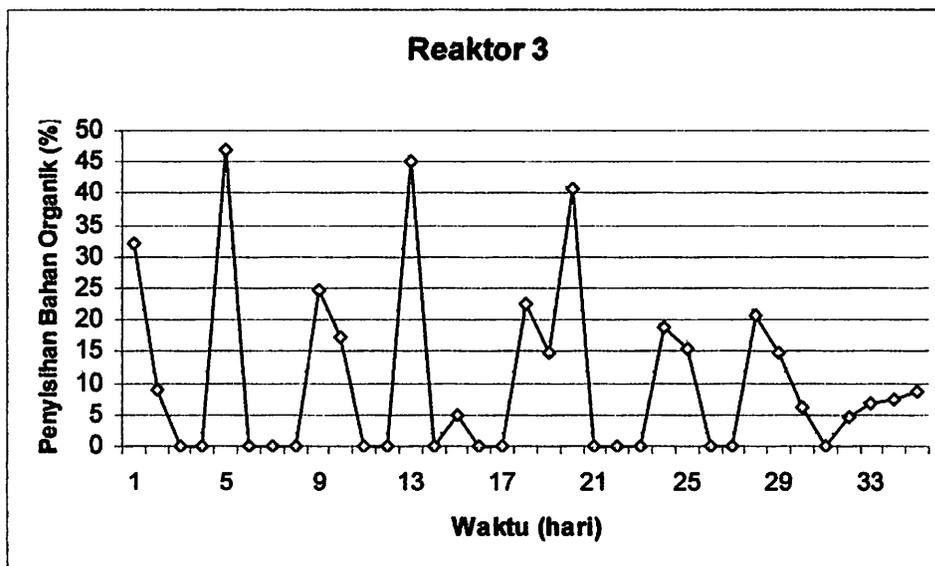
Tabel. 4.4 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor 3 (Beban hidrolis 3 m³/m² dan Waktu detensi 4 jam, 8 jam dan 12 jam)

Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
	29 Mei	26	6	33104.76	0	0
1	30 Mei	25	6.89	22425.8	10678.96	32.25
2	31 Mei	25	7.26	20447.05	-1978.75	8.82
3	1 Juni	25	7.53	35092.63	-14645.6	-
4	2 Juni	24	7.69	36423.75	-1330.52	-
5	3 Juni	25	7.55	19311.11	17111.9	46.98
6	4 Juni	24	7.56	23972.41	-4661.3	-
7	5 Juni	25	7.24	25514.07	-1541.66	-
8	6 Juni	25	7.44	27808	-2293.93	-
9	7 Juni	25	7.36	20970.9	6837.1	24.58
10	8 Juni	24	7.47	17332.12	3638.78	17.35
11	9 Juni	25	7.27	21725	-4392.88	-
12	10 Juni	25	7.38	23754.48	-2029.48	-
13	11 Juni	26	7.32	13052.17	10702.31	45.05
14	12 Juni	24	7.23	15458.37	2406.2	-
15	13 Juni	25	7.35	14697.67	760.7	4.92
16	14 Juni	26	7.06	16729.41	-2031.74	-
17	15 Juni	26	7.16	31600	-14870.6	-
18	16 Juni	24	7.14	24490	7110	22.5
19	17 Juni	25	7.32	20875.15	3614.85	14.76
20	18 Juni	25	7.14	12365.2	8509.94	40.76
21	19 Juni	26	7.38	12493.02	-127.81	-
22	20 Juni	26	7.06	12790.47	-297.45	-
23	21 Juni	24	7.45	22587.35	-9796.88	-
24	22 Juni	25	7.26	18362.55	4224.80	18.70
25	23 Juni	25	7.18	15513.07	2849.48	15.51
26	24 Juni	25	7.16	17601.53	-2088.46	-
27	25 Juni	24	7.14	21244.90	-3643.37	-

28	26 Juni	25	7.32	16875.15	4369.75	20.56
29	27 Juni	25	7.14	14365.20	2509.95	14.87
30	28 Juni	26	7.38	13493.02	872.18	6.07
31	29 Juni	26	7.06	13790.47	- 297,45	-
32	30 Juni	24	7.45	12199.06	591.41	4.62
33	1 Juli	25	7.26	11362.55	836.51	6.85
34	2 Juli	25	7.18	10513.07	849.48	7.47
35	3 Juli	25	7.16	9601.53	911.54	8.67

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel 4.4. dan gambar 4.3. pada saat aklimatisasi terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Untuk penyisihan bahan organik terendah terjadi pada hari ke 23 sebesar 4.62 %. Sedangkan penyisihan bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 5 sebesar 46.98 %. Untuk penyisihan bahan organik dengan fluktuasi dibawah 10 % selama tiga hari berturut – turut terjadi pada hari ke 33 sampai hari ke 35 sebesar 6.85 % - 8.67 %, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 11362.55 mg/l - 9601.53 mg/l. Pada tahap ini dapat dikatakan kondisi *steady state* telah tercapai.



Gambar. 4.3. % Penyisihan bahan organik pada saat proses aklimatisasi

Berdasarkan gambar 4.1 sampai gambar 4.3 terlihat terjadi fluktuasi peningkatan dan penurunan konsentrasi bahan organik pada tiap – tiap reaktor. Dimana reaktor 1 pada hari 24 – 26, reaktor 2 , 3 pada hari ke 27 – 29, dan reaktor 3 pada hari ke 33 – 35 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 karakteristik air limbah. Penyisihan bahan organik berfluktuasi pada saat aklimatisasi menunjukkan belum cukupnya populasi mikroorganisme yang tersedia untuk mengubah bahan organik limbah menjadi produk akhir (gas methan) serta belum mampunya mikroorganisme untuk beradaptasi dengan kondisi yang ada seperti konsentrasi dan komposisi substrat di dalam reaktor. 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 Widiyanto, (2005) 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). Kegiatan ini dilakukan sampai kondisi *steady state* dicapai, yaitu apabila penyisihan bahan organik yang dikonsumsi oleh mikroorgasnisme 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). 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 – 30⁰ C untuk temperatur.

4.3. Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk menganalisis data dengan cara mendeskriptifkan data yang telah terkumpul tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Dalam penelitian ini analisa deskriptif menggunakan rata-rata data atau mean sebagai ukuran pemusatan data.

4.3.1. Analisis Deskriptif BOD

Data hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa, filtrasi anaerobik dengan menggunakan media batu dan kerikil mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi BOD.

Tabel 4.5. Data Konsentrasi Akhir BOD

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Beban Hidrolik (m3/m2.hari)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir BOD (mg/l)			
				1	2	3	Rata-rata
1	492,0	1	4	181,93	181,63	182,26	181,94
2	492,0	1	8	145,36	146,25	146,45	146,02
3	492,0	1	12	108,12	109,65	109,92	109,23
4	492,0	2	4	193,60	193,43	194,34	193,79
5	492,0	2	8	160,94	160,33	161,09	160,78
6	492,0	2	12	120,37	120,69	121,22	120,75
7	492,0	3	4	220,10	221,34	221,24	220,89
8	492,0	3	8	174,03	174,38	175,66	174,69
9	492,0	3	12	140,39	140,25	141,11	140,58

Sumber : Hasil Penelitian diLaborarium Jasa Tirta I kota Malang

Untuk mengetahui persentase penyisihan BOD digunakan rumus :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

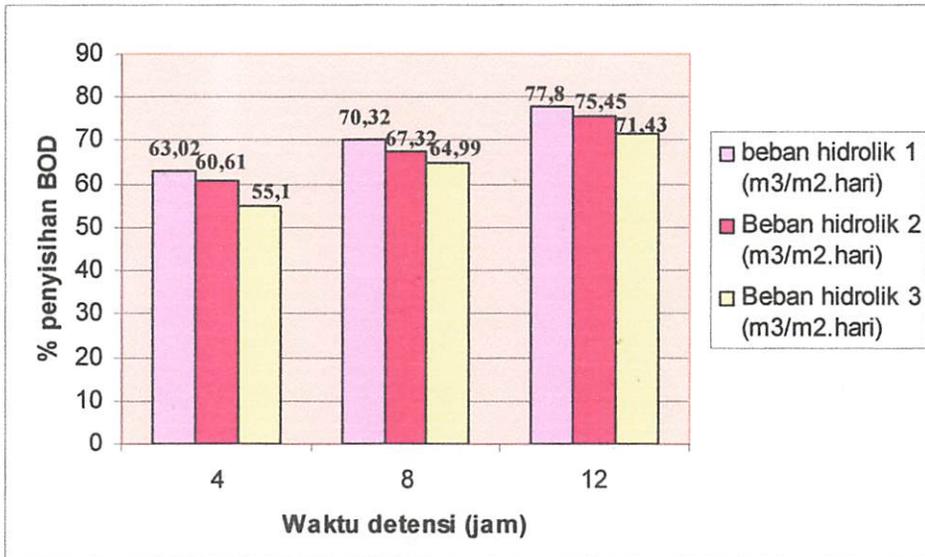
Hasil perhitungan % penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.6 dan gambar 4.4

Tabel 4.6 Data Persentase Penyisihan Akhir BOD

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Beban Hidrolik (m ³ /m ² .hari)	Waktu (jam)	Rata-rata konsentrasi BOD	Rata-rata Persentase penyisihan BOD (%)
1.	492.0	1	4	181,94	63,02
2.	492.0	1	8	146,02	70,32
3.	492.0	1	12	109,23	77,80
4.	492.0	2	4	193,79	60,61
5.	492.0	2	8	160,78	67,32
6.	492.0	2	12	120,75	75,45
7.	492.0	3	4	220,89	55,10
8.	492.0	3	8	174,69	64,99
9.	492.0	3	12	140,58	71,43

Sumber : Hasil Penelitian di Labotarium Jasa Tirta I kota Malang

Pada gambar 4.4 dapat dilihat bahwa persen penyisihan BOD terendah terjadi pada beban hidrolik 3 dengan waktu detensi (td) 4 jam sebesar 55,10 % dan tertinggi pada beban hidrolik 1 dengan waktu detensi (td) 12 jam sebesar 77,80 %.



Gambar 4.4. grafik Hubungan Waktu Detensi Terhadap Persen Penyisihan BOD

4.3.2. Analisis Deskriptif COD

Data hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa, filtrasi anaerobik dengan menggunakan media batu dan kerikil mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi BOD.

Tabel 4.7. Data Konsentrasi Akhir COD

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Beban Hidrolik (m3/m2.hari)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir COD (mg/l)			
				1	2	3	Rata-rata
1	3032.5	1	4	890,48	890,35	891,26	890,69
2	3032.5	1	8	720,23	721,36	721,66	721,08
3	3032.5	1	12	450,56	450,25	451,45	450,75
4	3032.5	2	4	970,73	971,63	971,09	971,15
5	3032.5	2	8	810,76	810,53	811,35	810,88
6	3032.5	2	12	512,67	513,83	513,93	513,47
7	3032.5	3	4	1122,12	1123,65	1123,92	1123,23
8	3032.5	3	8	850,42	851,39	851,33	851,04
9	3032.5	3	12	650,12	650,75	651,96	650,94

Sumber : Hasil Penelitian di Labotarium Jasa Tirta I kota Malang

Untuk mengetahui persentase penyisihan COD digunakan rumus :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan % penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.8 dan gambar 4.5

Tabel 4.8 Data Persentase Penyisihan Akhir COD

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Beban Hidrolik (m ³ /m ² .hari)	Waktu (jam)	Rata-rata konsentrasi COD	Rata-rata Persentase penyisihan COD (%)
1.	3032.5	1	4	890,69	70,62
2.	3032.5	1	8	721,08	76,22
3.	3032.5	1	12	450,75	85,13
4.	3032.5	2	4	971,15	67,97
5.	3032.5	2	8	810,88	73,26
6.	3032.5	2	12	513,47	83,06
7.	3032.5	3	4	1123,23	62,96
8.	3032.5	3	8	851,04	71,93
9.	3032.5	3	12	650,94	78,53

Sumber : Hasil Penelitian di Labotarium Jasa Tirta I kota Malang

Pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa persen penyisihan COD terendah terjadi pada beban hidrolik 3 dengan waktu detensi (td) 4 jam sebesar 62,96 % dan tertinggi pada beban hidrolik 1 dengan waktu detensi (td) 12 jam sebesar 85,13 %.



Gambar 4.5. grafik Hubungan Waktu Detensi Terhadap Persen Penyisihan COD

4.4. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh antara variasi beban hidrolis dan waktu detensi terhadap % penyisihan BOD dan COD, maka dilakukan analisa dengan menggunakan uji ANOVA. Dalam uji anova ini terdapat :

Hipotesis

H_0 : Ke - 9 rata - rata perlakuan adalah identik

H_1 : Ke - 9 rata - rata perlakuan adalah tidak identik

Pengambilan keputusan

Untuk nilai Probabilitas

- Jika probabilitas > 0,05, H_0 diterima
- Jika probabilitas < 0,05, H_0 ditolak

Untuk nilai F, berdasarkan pada perbandingan F hitung dengan F tabel

4.4.1. Analisa Anova BOD

➤ Hasil uji ANOVA persen penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.7 dan 4.8.

Tabel 4.9. Uji Anova persen penyisihan BOD terhadap waktu dtensi

One-way ANOVA: % penyisihan BOD, waktu detensi						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Factor	1	15844,4	15844,4	491,21	0,000	
Error	16	516,1	32,3			
Total	17	16360,5				

Tabel 4.10. Uji Anova persen penyisihan BOD terhadap beban hidrolis

One-way ANOVA: % penyisihan BOD, beban hidrolis						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Factor	1	19210,6	19210,6	721,38	0,000	
Error	16	426,1	26,6			
Total	17	19636,7				

Keputusan

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.9 dan 4.10 nilai probabilitas (P) dari variasi waktu detensi dan beban hidrolis berturut-turut adalah sebesar 0,000 dan 0,000. Karena nilai probabilitas < 0,05 maka H_0 ditolak. Artinya rata – rata persentase penyisihan konsentrasi BOD dalam sembilan perlakuan tersebut memang tidak identik.

2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.9 dan 4.10. nilai F hitung output dari variasi waktu detensi dan beban hidrolis berturut – turut adalah sebesar 491,21 dan 721,38. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 5,14. Karena nilai F hitung output > dari F tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Artinya ada perbedaan yang signifikan antara variasi waktu detensi dan beban hidrolis terhadap penyisihan BOD.

4.4.2. Analisa ANOVA COD

➤ Hasil uji ANOVA persen penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11. Uji Anova persen penyisihan COD terhadap waktu dtensi

One-way ANOVA: % penyisihan COD, waktu detensi						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Factor	1	19845,6	19845,6	634,55	0,000	
Error	16	500,4	31,3			
Total	17	20346,0				

Tabel 4.12. Uji Anova persen penyisihan COD terhadap beban hidrolis

One-way ANOVA: % penyisihan COD, beban hidrolis						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Factor	1	23593,7	23593,7	919,82	0,000	
Error	16	410,4	25,7			
Total	17	24004,1				

Keputusan

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.9 dan 4.10 nilai probabilitas (P) dari variasi waktu detensi dan beban hidrolis berturut – turut adalah sebesar 0,000 dan 0.000. Karena nilai probabilitas $< 0,05$ maka H_0 ditolak. Artinya rata – rata persentase penyisihan konsentrasi COD dalam sembilan perlakuan tersebut memang tidak identik.

2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.9 dan 4.10. nilai F hitung output dari variasi waktu detensi dan beban hidrolis berturut – turut adalah sebesar 634,55 dan 919,52. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 5,14. Karena nilai F hitung output $>$ dari F tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Artinya ada perbedaan yang signifikan antara variasi beban hidrolis, waktu detensi terhadap penyisihan COD.

4.5. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisa korelasi. Dalam analisa korelasi terdapat :

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

4.5.1. Analisa Korelasi BOD

➤ Uji Korelasi persen penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.15.

Tabel 4.15. Analisa Korelasi Antara persen penyisihan BOD Dengan Beban Hidrolik ($m^3/m^2 \cdot \text{hari}$) dan Waktu Detensi (jam)

Correlations: % penyisihan BOD, Waktu detensi, Beban hidrolik		
	% penyisihan	Waktu detensi
Waktu detensi	0.915 0.001	
Beban hidrol	-0.391 0.298	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Keputusan

Berdasarkan tabel 4.15. menunjukkan bahwa :

- Korelasi antara persen penyisihan BOD dengan waktu detensi adalah 0.915, hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada di interval 0.9 - 1 (Soleh 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu detensinya maka persen penyisihan BOD yang dihasilkan akan semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penyisihan BOD dan waktu detensi yang ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0.001 < 0,05$ maka korelasinya signifikan.
- Korelasi antara persentase penyisihan BOD dengan beban hidrolik adalah -0.391, hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah karena berada di inteval 0.2 – 0.4 (Soleh 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai negatif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika beban hidrolik semakin kecil maka persentase penyisihan BOD semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penyisihan BOD dan beban

hidrolik yang ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0.298 > 0,05$ maka korelasinya tidak signifikan

4.5.2. Analisa Korelasi COD

➤ Uji Korelasi persen penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16. Analisa Korelasi Antara persen penyisihan COD Dengan Beban Hidrolik ($m^3/m^2 \cdot \text{hari}$) dan Waktu Detensi (jam)

Correlations: % penyisihan COD, Waktu detensi, Beban hidrolik		
	% penyisihan	Waktu detensi
Waktu detensi	0.917 0.000	
Beban hidrol	-0.377 0.318	0.000 1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Keputusan

Berdasarkan tabel 4.16. menunjukkan bahwa :

- Korelasi antara persen penyisihan COD dengan waktu detensi adalah 0.917, hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah karena berada di interval $0.9 - 1$ (Soleh 2005). Hubungan kedua variabel tidak searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu detensinya maka persen penyisihan COD yang dihasilkan akan semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penyisihan COD dan waktu detensi yang ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0.000 > 0,05$ maka korelasinya signifikan.
- Korelasi antara persentase penyisihan COD dengan beban hidrolik adalah -0.377, hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah

karena berada di interval 0.2 – 0.4 (Soleh 2005). Hubungan kedua variabel tidak searah hal ini ditunjukkan dengan nilai negatif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika beban hidrolis semakin kecil maka persentase penyisihan COD semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan konsentrasi COD dan beban hidrolis yang ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0,318 > 0,05$ maka korelasinya tidak signifikan.

4.6. Analisa Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Pada analisa regresi terdapat uji kelinieran dan uji t, dalam uji t terdapat :

Hipotesis

H_0 : koefisien regresi tidak signifikan

H_1 : koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan

Untuk nilai t, berdasarkan pada perbandingan t hitung dengan t tabel

- Jika statistik hitung (angka F *output*) > statistik tabel (F tabel), H_0 ditolak.
- Jika statistik hitung (angka F *output*) < statistik tabel (F tabel), H_0 diterima

Untuk nilai Probabilitas

- Jika probabilitas > 0,05, H_0 diterima
- Jika probabilitas < 0,05, H_0 ditolak

4.6.1. Analisis Regresi BOD

➤ Uji Koefisien Regresi persen penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.17.

Tabel 4.17. Koefisien Regresi Persen Penyisihan BOD Dengan Beban Hidrolik (m^3/m^2 .hari) dan Waktu Detensi (jam)

Regression Analysis: % penyisihan versus Waktu detens, Beban hidrol					
The regression equation is persen penyisihan BOD = 58,6 + 1,91 waktu detensi - 3,27 beban hidrolik					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	58,5611	0,9850	59,45	0,000	
waktu detensi	1,91458	0,08365	22,89	0,000	
beban hidrolik	-3,2700	0,3346	-9,77	0,000	
S = 0,819567 R-Sq = 98,0% R-Sq(adj) = 97,7%					

Tabel 4.18. Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan BOD Dengan Beban Hidrolik (m^3/m^2 .hari) dan Waktu Detensi (jam)

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	416,06	208,03	309,71	0,000
Residual Error	6	4,03	0,67		
Total	8	420,09			

Pada tabel 4.17 dan 4.18 dapat kita ketahui :

A. Analisis regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 58,6 + 1,91X_1 - 3.27X_2$$

Dimana :

Y = % Penyisihan BOD

X₁ = Waktu Detensi

X₂ = Beban Hidrolik

Berdasarkan tabel 4.13. dapat disimpulkan bahwa :

- Konstanta sebesar 58,6 menyatakan bahwa jika salah satu variabel tidak ada yaitu X_1 (waktu detensi), X_2 (beban hidrolik) tidak ada, maka variabel Y (persentase penyisihan BOD) sebesar 58,6 %.
 - Koefisien regresi untuk variabel X_1 (waktu detensi) sebesar 1,91 menyatakan bahwa setiap penambahan waktu detensi 4 jam akan meningkatkan persen penyisihan BOD sebesar 1,91 %.
 - Koefisien regresi untuk variabel X_2 (beban hidrolik) sebesar -3,27 menyatakan bahwa setiap pengurangan beban hidrolik sebesar 1 m^3/m^2 .hari akan mengurangi persen penyisihan BOD sebesar 3,27 %.
- B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 98,0 %. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi BOD dipengaruhi oleh variasi waktu detensi dan beban hidrolik sedangkan sisanya 2 % penurunan penyisihan BOD dipengaruhi oleh faktor lain seperti pengaruh temperatur dan pH.
- C. Uji kelinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F hitung sebesar 309,71. Dari tabel distribusi F didapatkan 5,14. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penyisihan BOD dengan waktu detensi dan beban hidrolik adalah linier.
- D. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas.

Keputusan

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel
Jika statistik t hitung output < statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung output > t tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Berdasarkan tabel 4.17 statistik t hitung output untuk variasi waktu detensi 22,89; beban hidrolik -9,77 sedangkan t tabel 3,707. Untuk variasi waktu detensi statistik t hitung output > statistik t tabel maka H_1 diterima dan H_0 ditolak yang berarti koefisien regresi signifikan. Sedangkan untuk

variasi beban hidrolis statistik t hitung output < t tabel maka H_1 ditolak dan H_0 diterima yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.

- o Berdasarkan probabilitas

Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi waktu detensi 0,000; dan Beban hidrolis 0,000 atau probabilitasnya < 0,05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau koefisien regresi signifikan. Jadi variasi waktu detensi dan Beban hidrolis benar – benar berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi BOD

4.6.2. Analisa Regresi COD

- Uji Koefisien Regresi persen penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19. Koefisien Regresi Persen Penyisihan COD Dengan Beban Hidrolis ($m^3/m^2 \cdot \text{hari}$) dan Waktu Detensi (jam)

Regression Analysis: % penyisihan versus Waktu detens, Beban hidrol					
The regression equation is					
persentase penyisihan COD = 65,5 + 1,88 waktu detensi - 3,09 Beban hidrolis					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	65,536	1,298	50,49	0,000	
waktu detensi	1,8821	0,1102	17,07	0,000	
Beban hidrolis	-3,0917	0,4409	-7,01	0,000	
S = 1,08007 R-Sq = 97,3% R-Sq(adj) = 96,7%					

Tabel 4.20. Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan COD Dengan Beban Hidrolis ($m^3/m^2 \cdot \text{hari}$) dan Waktu Detensi (jam)

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	397,41	198,70	170,33	0,000
Residual Error	6	7,00	1,17		
Total	8	404,40			

Pada tabel 4.17 dan 4.18 dapat kita ketahui :

A. Analisis regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 65,5 + 1,88X_1 - 3,09X_2$$

Dimana :

Y = % Penyisihan COD

X₁ = Waktu Detensi

X₂ = Beban Hidrolik

Berdasarkan tabel 4.19. dapat disimpulkan bahwa :

- o Konstanta sebesar 65,5 menyatakan bahwa jika salah satu variabel tidak ada yaitu X₁ (waktu detensi), X₂ (beban hidrolik) tidak ada, maka variabel Y (persentase penyisihan COD) sebesar 65,5 %.
 - o Koefisien regresi untuk variabel X₁ (waktu detensi) sebesar 1,88 menyatakan bahwa setiap penambahan waktu detensi 4 jam akan meningkatkan persen penyisihan COD sebesar 1,88 %.
 - o Koefisien regresi untuk variabel X₂ (beban hidrolik) sebesar -3,09 menyatakan bahwa setiap pengurangan beban hidrolik sebesar 1 m³/m².hari akan mengurangi persen penyisihan BOD sebesar 3,09 %.
- B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r²) sebesar 97,3 %. Hal ini berarti persentase penurunan konsentrasi COD dipengaruhi oleh variasi waktu detensi dan beban hidrolik sedangkan sisanya 2,7 % penurunan penyisihan COD dipengaruhi oleh faktor lain seperti pengaruh temperatur dan pH.
- C. Uji kelinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F hitung sebesar 170,33. Dari tabel distribusi F didapatkan 5,14. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penyisihan COD dengan waktu detensi dan beban hidrolik adalah linier.
- D. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Keputusan

- o Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel

Jika statistik t hitung output $<$ statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung output $>$ t tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Berdasarkan tabel 4.19 statistik t hitung output untuk variasi waktu detensi 17,07; beban hidrolis -7,01 sedangkan t tabel 3,707. Untuk variasi waktu detensi statistik t hitung output $>$ statistik t tabel maka H_1 diterima dan H_0 ditolak yang berarti koefisien regresi signifikan. Sedangkan untuk variasi beban hidrolis statistik t hitung output $<$ t tabel maka H_1 ditolak dan H_0 diterima yang berarti koefisien regresi signifikan.

- o Berdasarkan probabilitas

Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi waktu detensi 0,000; dan Beban hidrolis 0,000 atau probabilitasnya $<$ 0,05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau koefisien regresi signifikan. Jadi variasi waktu detensi dan Beban hidrolis benar – benar berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan COD

4.7. Pembahasan

4.7.1. Konsentrasi BOD

Pada tabel 4.6 dan gambar 4.4 terlihat bahwa waktu detensi yang semakin lama, maka persentase penyisihan BOD semakin meningkat. Hal ini ditunjukkan dengan persentase penyisihan tertinggi terjadi pada waktu 12 jam yaitu sebesar 77,80 % dan persentase penyisihan terendah terjadi pada waktu 4 jam yaitu sebesar 55,10 %. Untuk beban hidrolis semakin kecil beban hidrolis maka persentase penyisihan BOD semakin meningkat. Hal ini ditunjukkan dengan persentase penyisihan tertinggi terjadi pada beban hidrolis 1 m³/m².hari yaitu sebesar 77,80 % dan persentase penyisihan terendah terjadi pada beban hidrolis 3 m³/m².hari yaitu sebesar 55,10 %

Pada tabel 4.11. terlihat nilai koefisien korelasi antara waktu detensi terhadap % penyisihan BOD yang diperoleh sebesar 0,915. nilai koefisien berada diantara 0,9 – 1 yang artinya hubungan kedua variabel sangat kuat (Soleh, 2005). Kemudian diperkuat dengan nilai R square 98,0 yang artinya 98,0 % penyisihan konsentrasi BOD dipengaruhi oleh variasi waktu detensi dan beban hidrolis. Persentase penyisihan meningkat dengan berkurangnya beban hidrolis. Pada tabel 4.11. terlihat nilai koefisien korelasi antara beban hidrolis terhadap persentase penyisihan BOD yang diperoleh sebesar -0,391. Nilai koefisien berada diantara 0,2 – 0,4 yang artinya hubungan kedua variabel lemah (Soleh, 2005).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu detensi maka semakin banyak mikroorganisme yang ada dalam air limbah tapioka, mikroorganisme yang tumbuh dan berkembang dalam air limbah tersebut mampu menguraikan bahan-bahan organik yang terdapat dalam air limbah tapioka sehingga dapat meningkatkan persentase penyisihan BOD (Sarastuti, 2005).

Waktu detensi yang semakin lama mempengaruhi persentase penyisihan BOD. Semakin lama waktu detensi, bakteri yang ada dalam air limbah telah mampu beradaptasi dengan air limbah dan memperoleh nutrisi untuk kelangsungan hidupnya sehingga bakteri semakin banyak dan mampu mendegradasi air limbah. Peningkatan

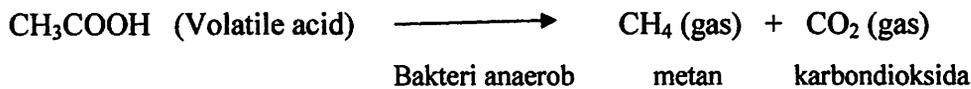
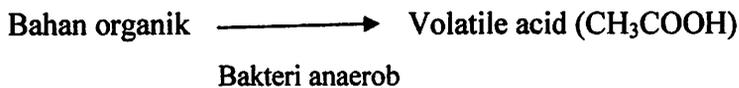
waktu akan memberikan kesempatan dan peningkatan kinerja mikroorganisme dalam pembentukan *slime* pada media filter dalam penurunan konsentrasi BOD (Santoso, 1997). Waktu tinggal yang cukup akan memberikan kesempatan difusi bahan organik, aktifitas biologis inilah yang akan menurunkan konsentrasi BOD atau dengan kata lain meningkatkan persentase penyisihan BOD (Made, 2005).

Bahan-bahan organik yang ada pada air limbah diuraikan oleh mikroorganisme yang menempel pada media filter. Bahan organik sebagai substrat akan diabsorpsi kedalam media menjadi biofilm. Tujuan dari adanya media adalah untuk menahan padatan biologis (biological solid) dalam reaktor baik sebagai mikroorganisme yang menempel pada media, maupun sebagai solid yang tertahan dalam rongga pori (Hickey 1991, dalam Deviyantie 2000).

Pada penelitian ini semakin kecilnya beban hidrolis maka semakin besar persentase penyisihan BOD, hal ini diakibatkan karena debit aliran sebesar 27,8 ml/menit sudah mampu menguraikan bahan organik oleh mikroorganisme. Karena beban hidrolis semakin besar maka debit air limbah yang dialirkan juga semakin besar sehingga akan terjadi sloughing yang menyebabkan mikroorganisme yang menempel pada media terkelupas sehingga persentase penyisihan BOD semakin kecil (Widianto, 2006)

Semakin besar beban hidrolis maka semakin menurun persen penyisihan BOD dan semakin kecil beban hidrolis maka persentase penyisihan BOD akan semakin meningkat. Debit pada influen reaktor besarnya tidak stabil karena terjadinya *clogging* pada reaktor sehingga *valve* pengatur debit pada reaktor sering diatur kembali agar debit influen tetap (Rosalia, 2006)

Pada proses filtrasi anaerobik penurunan konsentrasi BOD disebabkan oleh proses biologis. Air limbah yang dialirkan melewati lapisan media filter (batu dan kerikil) akan terjadi kontak dengan bakteri anaerobik. Bahan organik dalam air buangan dikonversi secara biologis oleh mikroorganisme dalam kondisi anaerobik. (Metcalf & Eddy, 1991). Pada proses anaerob akan menghasilkan gas metan. Terjadinya gas metan dalam reaktor ini secara biokimia adalah sebagai berikut :



(Sugiharto, 1987)

4.7.2. Konsentrasi COD

Pada tabel 4.8 dan gambar 4.5 terlihat bahwa waktu detensi yang semakin lama, maka persentase penyisihan COD semakin meningkat. Hal ini ditunjukkan dengan persentase penyisihan tertinggi terjadi pada waktu 12 jam yaitu sebesar 85,13 % dan persentase penyisihan terendah terjadi pada waktu 4 jam yaitu sebesar 62,96 %. Untuk beban hidrolis semakin kecil beban hidrolis maka persentase penyisihan BOD semakin meningkat. Hal ini ditunjukkan dengan persentase penyisihan tertinggi terjadi pada beban hidrolis 1 m^3/m^2 .hari yaitu sebesar 77,80 % dan persentase penyisihan terendah terjadi pada beban hidrolis 3 m^3/m^2 .hari yaitu sebesar 55,10 %

Pada tabel 4.12. terlihat nilai koefisien korelasi antara waktu detensi terhadap persentase penyisihan COD yang diperoleh sebesar 0,917. Nilai koefisien berada diantara 0,9 – 1 yang artinya hubungan kedua variabel sangat kuat (Soleh, 2005). Kemudian diperkuat dengan nilai R square sebesar 97,3 yang artinya 97,3 % penyisihan konsentrasi COD dipengaruhi oleh variasi waktu detensi dan beban hidrolis. Persentase penyisihan meningkat dengan berkurangnya beban hidrolis. Pada tabel 4.12. terlihat nilai koefisien korelasi antara beban hidrolis terhadap % penyisihan COD yang diperoleh sebesar -0,377. Nilai koefisien berada diantara 0,2 – 0,4 yang artinya hubungan kedua variabel lemah (Soleh, 2005).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu detensi maka semakin banyak mikroorganisme yang ada dalam air limbah tapioka, mikroorganisme yang tumbuh dan berkembang dalam air limbah tersebut mampu menguraikan bahan-bahan organik yang terdapat dalam air limbah tapioka sehingga dapat meningkatkan persentase penyisihan COD (Tri nila sarastuti, 2005).

Waktu detensi yang semakin lama mempengaruhi persentase penyisihan COD. Semakin lama waktu detensi, bakteri yang ada dalam air limbah telah mampu beradaptasi dengan air limbah dan memperoleh nutrisi untuk kelangsungan hidupnya sehingga bakteri semakin banyak dan mampu mendegradasi air limbah. Peningkatan waktu akan memberikan kesempatan dan peningkatan kinerja mikroorganisme dalam pembentukan *slime* pada media filter dalam penurunan konsentrasi COD (Bambang, 1997). Waktu tinggal yang cukup akan memberikan kesempatan difusi bahan organik, aktifitas biologis inilah yang akan menurunkan konsentrasi COD atau dengan kata lain meningkatkan persentase penyisihan COD (Suantari Made, 2005).

Penelitian ini semakin kecilnya beban hidrolis maka semakin besar persentase penyisihan COD, hal ini diakibatkan karena debit aliran sebesar 27,8 ml/menit sudah mampu menguraikan bahan organik oleh mikroorganisme. Karena beban hidrolis semakin besar maka debit air limbah yang dialirkan juga semakin besar sehingga akan terjadi *sloughing* yang menyebabkan mikroorganisme yang menempel pada media terkelupas sehingga persentase penyisihan COD semakin kecil (Widianto, 2006).

Semakin besar beban hidrolis maka semakin menurun persen penyisihan COD dan semakin kecil beban hidrolis maka persen penyisihan COD akan semakin meningkat. Debit pada influen reaktor besarnya tidak stabil karena *terjadinya clogging* pada reaktor sehingga *valve* pengatur debit pada reaktor sering diatur kembali agar debit influen tetap (Rosalia 2006)

Penelitian ini menggunakan limbah cair tapioka dengan metode filtrasi anaerobik, dimana selama proses penyaringan menghasilkan padatan yang berupa endapan. Zat padat tersuspensi merupakan salah satu komponen penting dalam air limbah karena dapat menyebabkan kekeruhan dan warna. Penghilangan padatan

dengan filtrasi terjadi karena air limbah melewati media yang berpori sehingga padatan tertahan dalam pori – pori media tersebut. Proses yang terjadi adalah absorpsi padatan dalam pori – pori media tersebut (Wood dalam Pancewardhani, 2004).

Padatan tersuspensi dapat dibagi menjadi padatan yang dapat mengendap dan yang tidak dapat mengendap (Benefield dan Randall, 1980). Pada umumnya 60 % dari padatan tersuspensi dalam air limbah adalah padatan yang dapat mengendap (Metcalf and Edy,2003).

Seperti halnya limbah cair tapioka merupakan padatan yang dapat mengendap, dimana limbah cair tapioka yang mengandung senyawa organik dan senyawa kimia, pada reaktor filtrasi anaerobik tidak semua tertahan oleh media filter ada sebagian senyawa organik dan senyawa kimia yang ikut terbawa keluar oleh effluen, sehingga penurunan COD tidak terlalu besar karena masih adanya senyawa-senyawa organik pada effluen reaktor filtrasi anaerobik seperti sianida (CN), lemak karbohidrat dan protein (Pudjiningsih, 1998).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut:

1. Beban hidrolisik $1 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ memberikan persen penyisihan BOD dan COD lebih baik dari pada beban hidrolisik $2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ dan $3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$. Waktu detensi 12 jam memberikan persen penyisihan BOD dan COD yang lebih baik dari pada waktu detensi 4 jam dan 8 jam.
2. a. *Filtrasi anaerobik* dapat menurunkan konsentrasi BOD pada limbah cair tapioka, dimana persentase penyisihan BOD tertinggi sebesar 77,80 % dengan variasi beban hidrolisik $1 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ dan waktu detensi 12 jam, persentase penyisihan terendah 62,96 % dengan variasi beban hidrolisik $1 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ dan waktu detensi 4 jam.
b. Untuk persentase penyisihan COD tertinggi sebesar 85,13 % dengan variasi beban hidrolisik $3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ dan waktu detensi 12 jam, persentase penyisihan terendah 55,10 % dengan variasi beban hidrolisik $1 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ dan waktu detensi 4 jam

5.2 Saran

1. Pada penelitian ini limbah cair tapioka yang diperoleh belum memenuhi baku mutu (nilai BOD dan COD), sehingga perlu dilakukan optimasi terhadap faktor penambahan beban hidrolisik dan waktu detensi.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai *Filtrasi anaerobik* dengan memvariasikan ketinggian dari media filtrasi.
3. Perlu dilakukan variasi terhadap penggunaan media yang lain.

4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai *filtrasi anaerobik* dengan parameter lain pada air limbah seperti nitrit, nitrat dan lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G dan Sumestri S. 1987. "*Metoda Penelitian Air*". Penerbit Usaha Nasional 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*. Bowo, D. M. 1994 . "*Teknik Pengolahan Air Limbah Secara Biologis*". Surabaya. ITS Surabaya.
- Djajadiningrat A.H, 1992, *Pengendalian Pencemaran Limbah Industri*, Jurusan Teknik Lingkungan ITB, Bandung.
- Iriawan Nur. 2006. *Mengolah Data statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*, Jakarta.
- Masduki, dan Slamet. 2002. "*Satuan Operasi Untuk Pengolahan Air*", Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya.
- Masduki, dan Slamet. 2000. "*Satuan Proses Untuk Pengolahan Air*", Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya.
- Metcalf and Eddy. 2003. *Waste water Engineering*. P ed. McGraw-MII, Inc. New York.
- Pancawardhani, 2004. *Uji Tumbuhan Heliconia Rostrata Dan Cyperus Papyrus Dalam Mereduksi COD Dan TSS Pada Air Limbah KM/WC dan Kantin Pusat ITS Surabaya*: Institut Teknologi sepuluh
- Prabowo, C, 2000. *Study Anaerobik Baffled Reaktor (ABR) Untuk Pengolahan Limbah Cair RPH Kedurus*. Tugas Akhir jurusan Teknik Lingkungan FTSP - ITS, Surabaya.
- Pudjiningih, Y (1998). *Pengolahan Air Limbah Tempe Untuk Menurunkan BOD, COD dan TSS dengan metode Filtrasi Anaerobik Aliran Downflow*.
- Reynolds, Tom D,. 1982, *Unit Operational And Processes In Environmental Engineering, Brooks/cole Engineering Division California*.

- Rosaliana (2006). ***Unjuk Kerja Biofilter Aerobic Aliran “Upflow’ Dengan Media Batu Apung (Studi Kasus: Penurunan BOD₅ Terlarut Pada Air Limbah Domestik***
- Santoso Singgih. 2001. ***Menguasai Statistik di Era Informasi Dengan SPSS 12***. PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Sarastuti, Tri Nila. 2005. ***Uji Efektifitas Bioflokulan Bacillus Substilus Guna Menurunkan Konsentrasi Kekeruhan, BOD₅, dan COD Pada Limbah Cair Industri Tapioka***. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITN Malang.
- Soleh, 2005. ***Ilmu Statistika : Pendekatan Teoritis dan Aplikasi Disertai Contoh Penggunaan SPSS***. Bandung; Rekayasa Teknik
- Sudarmadji. S. K. R. Kapti. 1988. ***Proses – Proses Mikrobiologi Pangan***. Jurnal Proyek Peningkatan / Pengembangan Perguruan Tinggi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Sudjana. 2002. ***Metoda Statistika Edisi Keenam***. Penerbit Tarsito Bandung.
- Sugiharto. 1987. ***Dasar – Dasar Pengolahan Air Limbah***. Universitas Indonesia – Press. Jakarta.
- Deviyantie, (2000) ***Studi Kinerja Upflow Anaerobic Biofilter Menggunakan Media Pecahan Genteng Untuk Penurunan COD dan TSS Pada Genangan Lindi Lpa Keputih Surabaya***
- W. I Putu (2006). ***Penurunan COD, TSS dan Warna Pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH) Menggunakan Anaerobik Baffled Reactor***. Skripsi. ITN Malang
- Trihadiningrum, Y., 1995, ***Mikrobiologi Lingkungan***, FTSP ITS Surabaya.

LAMPIRAN

Perhitungan

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN

Debit air limbah

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

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

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

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

$$Q = 27,8 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 0,0278 \text{ l/mnt}$$

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

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

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

$$Q = 55,5 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 0,0555 \text{ l/mnt}$$

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

$$Q = 3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \times (0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}) = 0,12 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,12 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{1 \cdot 10^6 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ mnt}} = 83,33 \text{ ml/mnt}$$

$$Q = 83,3 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 0,0833 \text{ l/mnt}$$

Perhitungan Waktu detensi dengan Pendekatan

- Beban Hidrolik $1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} = 27,8 \text{ ml/mnt} = 27,8 \text{ ml/mnt} \times \frac{1t}{1.10^6 \cdot \text{m}^3}$
 $= 27,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{mnt}$

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

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

$$V_{\text{efektif}}(\text{kerikil})$$

$$A = \text{Luas bed (m}^2\text{)} = 0,2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 0,06 \text{ m}^2$$

$$t = \text{tinggi reaktor (m)} = 0,3 \text{ m}$$

$$P = \text{Porositas} = 0,48 \dots \dots \dots (\text{Darmawan, B. 1998})$$

$$V_{\text{efektif}} = (0,06 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m}) \times 0,48$$

$$= 0,00864 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{efektif}}(\text{batu})$$

$$A = \text{Luas bed (m}^2\text{)} = 0,2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 0,06 \text{ m}^2$$

$$t = \text{tinggi reaktor (m)} = 0,3 \text{ m}$$

$$P = \text{Porositas} = 0,43 \dots \dots \dots (\text{Darmawan, B. 1998})$$

$$V_{\text{efektif}} = (0,06 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m}) \times 0,43$$

$$= 0,00774 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{efektif total}} = 0,00864 + 0,00774$$

$$= 0,01638$$

$$V_{\text{influen}} = P \times L \times T_{\text{influen}}$$

$$= 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$$

$$= 0,004 \text{ m}$$

$$V_{\text{tot}} = V_{\text{efektif total}} + V_{\text{influent}}$$

$$= 0,01638 \text{ m}^3 + 0,004 \text{ m}$$

$$V_{\text{tot}} = 0,02038 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Td di media} &= \frac{V_{\text{efektif}}}{Q} \\ &= \frac{0,01638 \text{ m}^3}{0,0000278 \text{ m}^3 / \text{mnt}} \end{aligned}$$

$$\text{Td di media} = 589,20 \text{ mnt} \times \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ mnt}} = 9,8 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Td di reaktor} &= \frac{V_{\text{tot}}}{Q} \\ &= \frac{0,02038 \text{ m}^3}{0,0000278 \text{ m}^3 / \text{mnt}} \\ &= 1020,8 \text{ mnt} \end{aligned}$$

$$\text{Td di reaktor} = 733,09 \text{ mnt} \times \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ menit}} = 12 \text{ jam}$$

$$\text{td} = \text{waktu detensi (hari)} = 12 \text{ jam}$$

$$= 12 \text{ jam} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 0,5 \text{ hari}$$

Cek Organic loading

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

Dimana Q = debit air limbah (m³/d)

S₀ = BOD influen (g/m³)

V = volume tangki (m³)

$$= \frac{0,04 \text{ m}^3 / \text{hr} \times 420 \text{ g} / \text{m}^3}{0,02 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ g} / \text{Kg}}$$

$$= 0,8 \text{ Kg BOD} / \text{ m}^3 \cdot \text{hari} < 1 \text{ Kg BOD} / \text{ m}^3 \cdot \text{hari} \text{ (OK, memenuhi kriteria)}$$

$$\text{(0,32 – 0,8 Kg BOD} / \text{ m}^3 \cdot \text{hari, Marsono)}$$

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

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

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

$V_{\text{efektif}}(\text{kerikil})$

$$A = \text{Luas bed (m}^2\text{)} = 0,2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 0,06 \text{ m}^2$$

$$t = \text{tinggi reaktor (m)} = 0,3 \text{ m}$$

$$P = \text{Porositas} = 0,48 \dots \dots \dots (\text{Darmawan, B. 1998})$$

$$\begin{aligned} V_{\text{efektif}} &= (0,06 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m}) \times 0,48 \\ &= 0,00864 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$V_{\text{efektif}}(\text{batu})$

$$A = \text{Luas bed (m}^2\text{)} = 0,2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 0,06 \text{ m}^2$$

$$t = \text{tinggi reaktor (m)} = 0,3 \text{ m}$$

$$P = \text{Porositas} = 0,43 \dots \dots \dots (\text{Darmawan, B. 1998})$$

$$\begin{aligned} V_{\text{efektif}} &= (0,06 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m}) \times 0,43 \\ &= 0,00774 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{efektif total}} &= 0,00864 + 0,00774 \\ &= 0,01638 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} V_{\text{tot}} &= V_{\text{efektif total}} + V_{\text{influent}} \\ &= 0,01638 \text{ m}^3 + 0,004 \text{ m} \end{aligned}$$

$$V_{\text{tot}} = 0,02038 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Td di media} &= \frac{V_{\text{efektif}}}{Q} \\ &= \frac{0,01638\text{m}^3}{0,0000555\text{m}^3 / \text{mnt}} \\ &= 295,1 \text{ mnt} \end{aligned}$$

$$\text{Td di media} = 295,1 \text{ mnt} \times \frac{1\text{Jam}}{60\text{mnt}} = 5 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ td di reaktor} &= \frac{V_{\text{tot}}}{Q} \\ &= \frac{0,02038\text{m}^3}{0,0000555\text{m}^3 / \text{mnt}} \\ &= 511,4 \text{ mnt} \end{aligned}$$

$$\text{td di reaktor} = 511,4 \text{ mnt} \times \frac{1\text{jam}}{60\text{menit}} = 8 \text{ jam}$$

$$\text{td} = \text{waktu detensi (hari)} = 6 \text{ jam}$$

$$= 6 \text{ jam} \times \frac{1\text{hari}}{24\text{jam}}$$

$$= 0,25 \text{ hari}$$

Cek Organic loading

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

Dimana Q = debit air limbah (m³/d)

S₀ = BOD influen (g/m³)

V = volume tangki (m³)

$$= \frac{0,08\text{m}^3 / \text{hr} \times 420\text{g} / \text{m}^3}{0,04\text{m}^3 \times 1000\text{g} / \text{Kg}}$$

$$= 0,8 \text{ Kg BOD} / \text{m}^3 \cdot \text{hari} < 1 \text{ Kg BOD} / \text{m}^3 \cdot \text{hari} \text{ (OK, memenuhi kriteria)}$$

$$\text{(0,32 – 0,8 Kg BOD} / \text{m}^3 \cdot \text{hari, Marsono)}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Hidrolik } 3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} &= 83,3 \text{ ml/mnt} = 83,3 \text{ ml/mnt} \times \frac{1\text{t}}{1.10^6 \cdot \text{m}^3} \\ &= 0,0000833 \text{ m}^3/\text{mnt} \end{aligned}$$

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

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

$$V_{\text{efektif}}(\text{kerikil})$$

$$A = \text{Luas bed (m}^2\text{)} = 0,2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 0,06 \text{ m}^2$$

$$t = \text{tinggi reaktor (m)} = 0,3 \text{ m}$$

$$P = \text{Porositas} = 0,48 \dots \dots \dots (\text{Darmawan, B. 1998})$$

$$\begin{aligned} V_{\text{efektif}} &= (0,06 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m}) \times 0,48 \\ &= 0,00864 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V_{\text{efektif}}(\text{batu})$$

$$A = \text{Luas bed (m}^2\text{)} = 0,2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 0,06 \text{ m}^2$$

$$t = \text{tinggi reaktor (m)} = 0,3 \text{ m}$$

$$P = \text{Porositas} = 0,43 \dots \dots \dots (\text{Darmawan, B. 1998})$$

$$\begin{aligned} V_{\text{efektif}} &= (0,06 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m}) \times 0,43 \\ &= 0,00774 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{efektif total}} &= 0,00864 + 0,00774 \\ &= 0,01638 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} V_{\text{effluent}} &= P \times L \times T_{\text{effluent}} \\ &= 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \\ &= 0,008 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{tot}} &= V_{\text{efektif total}} + V_{\text{influent}} + V_{\text{effluent}} \\ &= 0,01638 \text{ m}^3 + 0,004 \text{ m} + 0,008 \text{ m} \end{aligned}$$

$$V_{\text{tot}} = 0,02838 \text{ m}^3$$

$$\triangleright \text{Td di media} = \frac{V_{\text{efektif}}}{Q}$$

$$= \frac{0,01638\text{m}^3}{0,0000833\text{m}^3 / \text{mnt}}$$

$$= 196,64 \text{ mnt}$$

$$\text{Td di media} = 196,64 \text{ mnt} \times \frac{1\text{Jam}}{60\text{mnt}} = 3,3 \text{ jam}$$

$$\triangleright \text{td di reaktor} = \frac{V_{\text{tot}}}{Q}$$

$$= \frac{0,02838\text{m}^3}{0,0000833\text{m}^3 / \text{mnt}}$$

$$= 250,70 \text{ mnt}$$

$$\text{td di reaktor} = 250,70 \text{ mnt} \times \frac{1\text{jam}}{60\text{menit}} = 4 \text{ jam}$$

$$t = \text{waktu detensi (hari)} = 5 \text{ jam}$$

$$= 5 \text{ jam} \times \frac{1\text{hari}}{24\text{jam}}$$

$$= 0,21 \text{ hari}$$

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 (m^3)

$$= \frac{0,12\text{m}^3 / \text{hr} \times 420\text{g} / \text{m}^3}{0,06\text{m}^3 \times 1000\text{g} / \text{Kg}}$$

$$= 0,8 \text{ Kg BOD} / \text{m}^3 \cdot \text{hari} < 1 \text{ Kg BOD} / \text{m}^3 \cdot \text{hari} \text{ (OK, memenuhi kriteria)}$$

(0,32 – 0,8 Kg BOD/ $\text{m}^3 \cdot \text{hari}$, Marsono)

Cek Kecepatan

Diketahui

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

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

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{40032 \cdot 10^{-6} m^3/hari}{0,04 m^2} \\ &= 1 m^3/m^2 \text{ hari (OK, memenuhi kriteria)} \\ &\quad (1 - 4 m^3/m^2 \text{ hari, Ir. Bowo Djoko Marsono M. Eng)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= 2 \times Q_1 \\ &= 2 \times 40032 \cdot 10^{-6} m^3/hr \\ &= 0,08 \cdot m^3/m^2 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{2 \times Q_1}{A} \\ &= \frac{2 \times 40032 \cdot 10^{-6} m^3/hari}{0,04 m^2} \\ &= 2 m^3/m^2 \text{ hari (OK, memenuhi kriteria)} \\ &\quad (1 - 4 m^3/m^2 \text{ hari, Marsono)} \end{aligned}$$

$$Q_3 = 3 \times Q_1$$

$$= 3 \times 40032 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$= 0,120096 \cdot \text{m}^3 / \text{m}^2 \text{hari}$$

$$V = \frac{3 \times Q_1}{A}$$

$$= \frac{3 \times 40032 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{hari}}{0,04 \text{ m}^2}$$

$$= 3 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{hari} \text{ (OK, memenuhi kriteria)}$$

$$(1 - 4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{hari, Marsono})$$

LAMPIRAN B
METODE ANALISIS SAMPEL

A. Pemeriksaan Angka Permanganat (PV)

1. Metode

Titrasi permanganometri

2. Prinsip

Zat organik dioksidasi oleh KMnO_4 berlebih dalam suasana asam dan panas. Kelibahan 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 $70\text{ }^{\circ}C$
- Jika selama mendidih warna merah muda hilang, tambahkan lagi larutan $KMnO_4$ 0,01 N sampai warnanya stabil. (\pm 5 menit) (Dinginkan)
- Tambahkan 10 ml larutan baku $KMnO_4$ 0,01 N kemudian panaskan lagi hingga mendidih selama 10 menit, suhu $100^{\circ}C$.
- Setelah itu tambahkan 10 ml larutan baku asam oksalat 0,01 N (temperatur $80 - 70\text{ }^{\circ}C$)
- 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 :

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

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

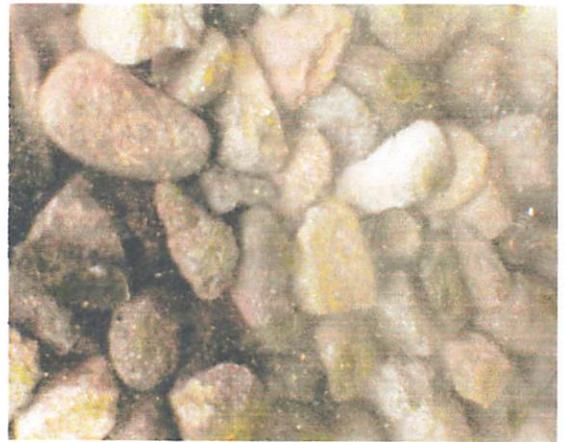
V_2 = ml larutan baku KMnO_4 yang digunakan untuk titrasi

N_1 = Normalitas larutan baku asam oksalat

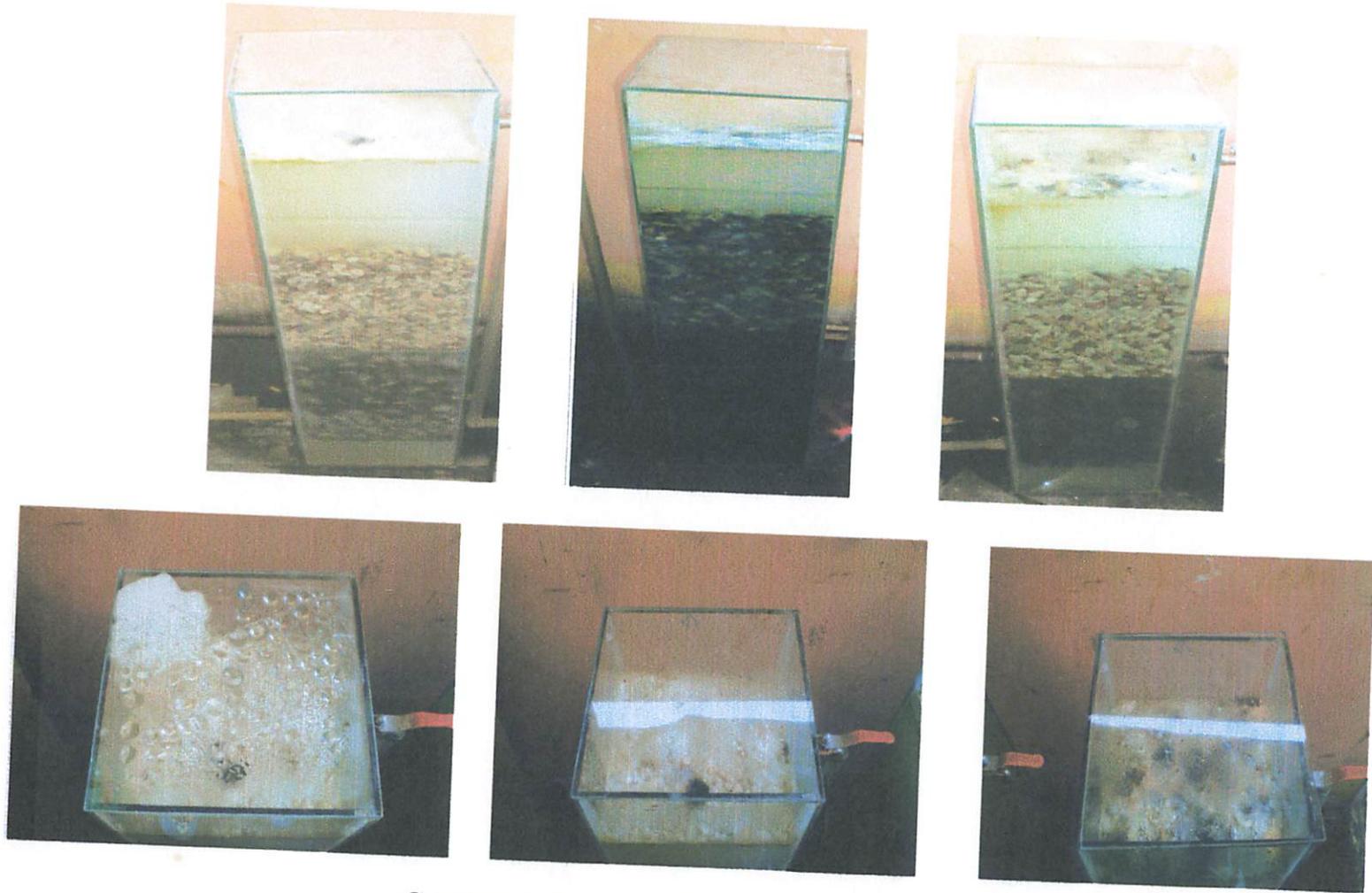
N_2 = Normalitas larutan baku KMnO_4 yang dicari

P : faktor pengenceran larutan uji

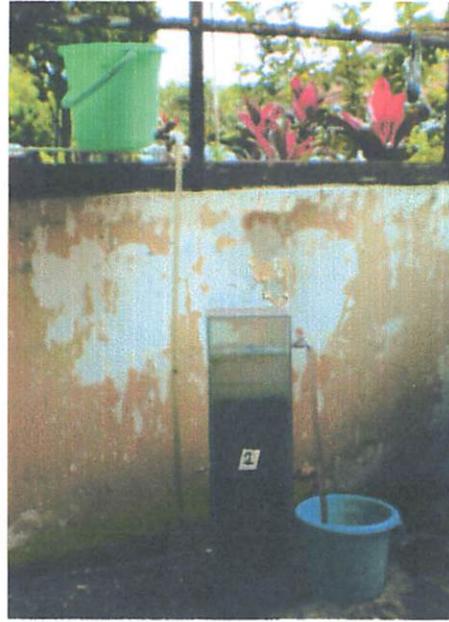
LAMPIRAN C
DOKUMENTASI PENELITIAN



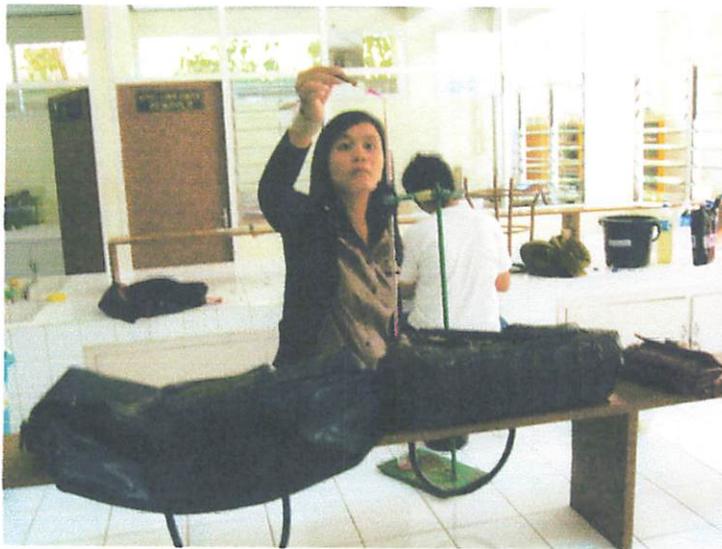
Gambar 1. Media Filtrasi



Gambar 2. Proses Seeding dan Aklimatisasi



Gambar 3. Tahap Operasional



Gambar 4. Analisa Angka Permanganat (PV)

LAMPIRAN D
MINITAB

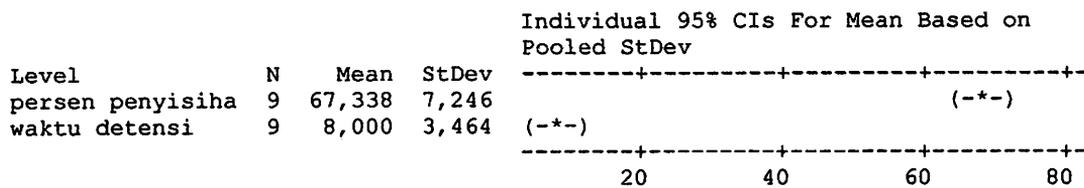
MINITAB

A. ANALISA UNTUK BOD

One-way ANOVA: persen penyisihan BOD; waktu detensi

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	15844,4	15844,4	491,21	0,000
Error	16	516,1	32,3		
Total	17	16360,5			

S = 5,679 R-Sq = 96,85% R-Sq(adj) = 96,65%

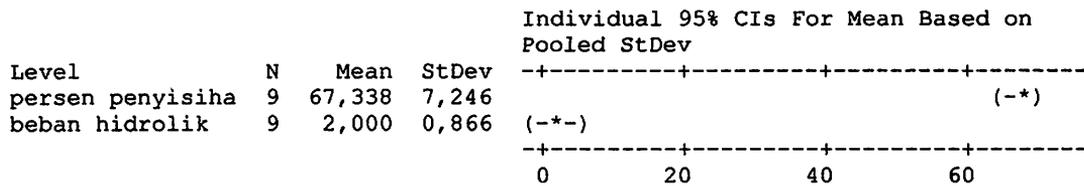


Pooled StDev = 5,679

One-way ANOVA: persen penyisihan BOD; beban hidrolis

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	19210,6	19210,6	721,38	0,000
Error	16	426,1	26,6		
Total	17	19636,7			

S = 5,160 R-Sq = 97,83% R-Sq(adj) = 97,69%



Pooled StDev = 5,160

Correlations: persen penyisihan BOD; waktu detensi; beban hidrolis

	persen penyisihan	waktu detensi
waktu detensi	0,915 0,001	
beban hidrolis	-0,391 0,298	0,000 1,000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Regression Analysis: persen penyis versus waktu detensi; beban hidrol

The regression equation is
 persen penyisihan BOD = 58,6 + 1,91 waktu detensi - 3,27 beban hidrol

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	58,5611	0,9850	59,45	0,000
waktu detensi	1,91458	0,08365	22,89	0,000
beban hidrol	-3,2700	0,3346	-9,77	0,000

S = 0,819567 R-Sq = 99,0% R-Sq(adj) = 98,7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	416,06	208,03	309,71	0,000
Residual Error	6	4,03	0,67		
Total	8	420,09			

Source	DF	Seq SS
waktu detensi	1	351,90
beban hidrol	1	64,16

Unusual Observations

Obs	waktu detensi	persen penyisihan BOD	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
7	4,0	55,100	56,409	0,546	-1,309	-2,14R

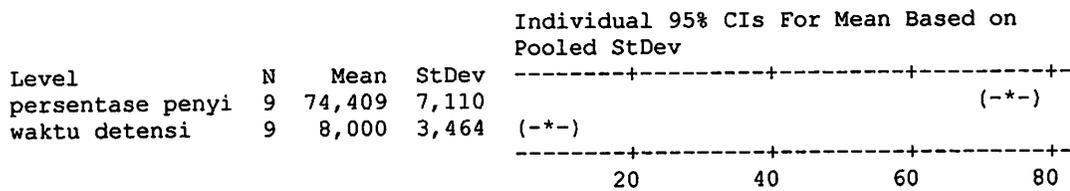
R denotes an observation with a large standardized residual.

B. ANALISA UNTUK COD

One-way ANOVA: persentase penyisihan COD; waktu detensi

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	19845,6	19845,6	634,55	0,000
Error	16	500,4	31,3		
Total	17	20346,0			

S = 5,592 R-Sq = 97,54% R-Sq(adj) = 97,39%

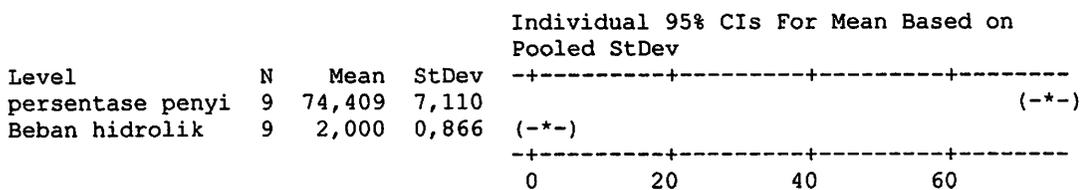


Pooled StDev = 5,592

One-way ANOVA: persentase penyisihan COD; Beban hidrolis

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	23593,7	23593,7	919,82	0,000
Error	16	410,4	25,7		
Total	17	24004,1			

S = 5,065 R-Sq = 98,29% R-Sq(adj) = 98,18%



Pooled StDev = 5,065

Correlations: persentase penyisihan COD; waktu detensi; Beban hidrolis

	persentase p	waktu detens
waktu detens	0,917	0,000
Beban hidrol	-0,377	0,000
	0,318	1,000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Regression Analysis: persentase p versus waktu detensi; Beban hidrol

The regression equation is
persentase penyisihan COD = 65,5 + 1,88 waktu detensi - 3,09 Beban hidrolik

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	65,536	1,298	50,49	0,000
waktu detensi	1,8821	0,1102	17,07	0,000
Beban hidrolik	-3,0917	0,4409	-7,01	0,000

S = 1,08007 R-Sq = 98,3% R-Sq(adj) = 97,7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	397,41	198,70	170,33	0,000
Residual Error	6	7,00	1,17		
Total	8	404,40			

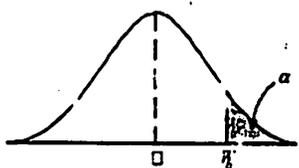
Source	DF	Seq SS
waktu detensi	1	340,05
Beban hidrolik	1	57,35

Tabel Distribusi

LAMPIRAN E
TABEL DISTRIBUSI

LAMPIRAN A2

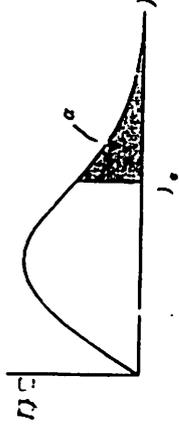
Tabel Distribusi t



df	α					
	0,25	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	1,000	3,078	5,314	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

LAMPIRAN A5

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



Df penyebct (v ₂)	Derajat bebas (df) pembilang (v ₁)								
	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	9,55	9,28	9,12	9,01	8,91	8,89	8,85	8,81
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00
5	6,01	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,83	4,82	4,77
6	5,09	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10
7	5,09	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68
8	5,11	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39
9	2,12	4,26	3,86	3,63	3,48,	3,37	3,29	3,23	3,18
10	4,06	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02
11	4,04	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,93	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	2,96	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	4,33	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37
22	4,31	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
35	4,09	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12
40	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04
45	3,94	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96
50	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88

LAMPIRAN F
STANDART BAKU MUTU

**BAKU MUTU LIMBAH CAIR
UNTUK INDUSTRI TEPUNG TAPIOKA**

Volume Limbah Cair Maximum per satuan produk
30 m³ / ton produk

Parameter	Kadar Maximum (mg/l)
BOD ₅	150
COD	300
TSS	100
CN	0,2
pH	6 – 9

Hasil analisis

LAMPIRAN G
HASIL ANALISIS

Nomor : 361 S/LKA MLG/XI/07

Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext. 02/PC/XI/2007/02
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

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

Tanggal Analisa : 01 Nopember 2007
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	492,0	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	COD	mg/L	3 032,5	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 1

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1

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 1 Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id



Nomor : 199 S/LKA MLG/VI/08

Halaman 2 dari 3

Page 2 of 3

Kode Contoh Uji : Ext. 171-182/PC/VI/2008/211
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

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

Tanggal Analisa : 25 Juni - 4 Juli 2008
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
I	BH 1a (Td 4 jam)				
1	BOD	mg/L	181,93	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	890,48	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
II	BH 1b (Td 4 jam)				
1	BOD	mg/L	181,63	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	890,35	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
III	BH 1c (Td 4 jam)				
1	BOD	mg/L	182,26	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	891,26	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
IV	BH 1a (Td 8 jam)				
1	BOD	mg/L	145,36	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	720,23	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
V	BH 1b (Td 8 jam)				
1	BOD	mg/L	146,25	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	721,36	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
VI	BH 1c (Td 8 jam)				
1	BOD	mg/L	146,45	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	721,66	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

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

LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id



Nomor : 199 S/LKA MLG/VI/08

Halaman 3 dari 3

Page 3 of 3

Kode Contoh Uji : Ext. 183-188/PC/VI/2008/211

Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -

Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Place of Analysis

Tanggal Analisa : 25 Juni - 4 Juli 2008

Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
VII	BH 1a (Td 12 jam)				
1	BOD	mg/L	108,12	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	450,56	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
VIII	BH 1b (Td 12 jam)				
1	BOD	mg/L	109,65	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	450,25	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
IX	BH 1c (Td 12 jam)				
1	BOD	mg/L	109,92	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	451,45	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-



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
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

LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id

YKAN

Laboratorium Pengujian
LP - 227 - IDN

Nomor : 205 S/LKA MLG/VII/08

Halaman 2 dari 3

Page 2 of 3

Kode Contoh Uji : Ext. 210-221/PC/VII/2008/224

Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -

Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Place of Analysis

Tanggal Analisa : 28 Juni – 7 Juli 2008

Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
I	BH 2a (Td 4 jam)				
1	BOD	mg/L	193,60	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	970,73	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
II	BH 2b (Td 4 jam)				
1	BOD	mg/L	193,43	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	971,63	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
III	BH 2c (Td 4 jam)				
1	BOD	mg/L	194,34	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	971,09	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
IV	BH 2a (Td 8 jam)				
1	BOD	mg/L	160,94	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	810,76	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
V	BH 2b (Td 8 jam)				
1	BOD	mg/L	160,33	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	810,53	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
VI	BH 2c (Td 8 jam)				
1	BOD	mg/L	161,09	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	811,35	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-



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
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



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id



Nomor : 205 S/LKA MLG/VII/08

Halaman 3 dari 3

Page 3 of 3

Kode Contoh Uji : Ext. 222-227/PC/VII/2008/224

Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -

Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Place of Analysis

Tanggal Analisa : 28 juni – 7 Juli 2008

Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
VII	BH 2a (Td 12 jam)				
1	BOD	mg/L	120,37	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	512,67	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
VIII	BH 2b (Td 12 jam)				
1	BOD	mg/L	120,69	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	513,83	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
IX	BH 2c (Td 12 jam)				
1	BOD	mg/L	121,22	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	513,93	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-



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
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



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
 E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id



Nomor : 205 S/LKA MLG/VII/08

Halaman 2 dari 3

Page 2 of 3

Kode Contoh Uji : Ext. 248-259/PC/VII/2008/238
 Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
 Sampling Method

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

Tanggal Analisa : 4 juli - 12 Juli 2008
 Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
I	BH 3a (Td 4 jam)				
1	BOD	mg/L	220,10	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	1122,12	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
II	BH 3b (Td 4 jam)				
1	BOD	mg/L	221,34	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	1123,65	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
III	BH 3c (Td 4 jam)				
1	BOD	mg/L	221,24	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	1123,92	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
IV	BH 3a (Td 8 jam)				
1	BOD	mg/L	174,03	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	850,42	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
V	BH 3b (Td 8 jam)				
1	BOD	mg/L	174,38	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	851,39	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
VI	BH 3c (Td 8 jam)				
1	BOD	mg/L	175,66	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	851,33	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

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



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860. Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id



Nomor : 205 S/LKA MLG/VII/08

Halaman 3 dari 3

Page 3 of 3

Kode Contoh Uji : Ext. 260-265/PC/VII/2008/238

Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -

Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Place of Analysis

Tanggal Analisa : 4 Juli - 12 Juli 2008

Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
VII	BH 3a (Td 12 jam)				
1	BOD	mg/L	140,39	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	650,12	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
VIII	BH 3b (Td 12 jam)				
1	BOD	mg/L	140,25	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	650,75	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
IX	BH 3c (Td 12 jam)				
1	BOD	mg/L	141,11	APHA. Ed. 20. 5210 B,1998	-
2	COD	mg/L	651,96	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
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

PERSEMBAHAN_KU

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan segala nikmat, Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan jalan terang bagi umatnya

Alhamdulillah akhirnya aku bisa menyelesaikan skripsiku ini dengan penuh perjuangan. Rasa syukur kuucapkan kepadamu Ya Allah SWT atas segala anugerah yang kau berikan kepada hambamu ini.

Kupersembahkan Skripsiku ini untuk Keluargaku Tersayang yang sangat berarti dalam hidupku ini !!

Terimakasih ayah, ibu, yang senantiasa mendoakanku serta membimbingku dalam segala hal, sehingga anakmu ini bisa menjadi lebih baik,

© *Ayah...terimakasih atas semua jerih payah yang telah ayah berikan agar anakmu ini bisa menjadi orang yang berguna, maafkan atas segala kesalahan yang telah kupertuak. Aku selalu menyayangi ayah.....*

© *Ibu... Terima kasih atas semua yang telah ibu berikan untuk anakmu ini. Semua nasehat dari ibu sangat membantuku untuk bisa menjadi "Orang". Beribu maaf kuucapkan atas segala kesalahan yang telah anakmu perbuat. Aku selalu menyayangi ibu.....*

Merupakan anugerah bagiku memiliki keluarga yang sangat menyayangiku,

➤ *Kak Sukri N Rina terima kasih atas semua bantuan kakak. Kakak selalu memberikan semangat buat ku. Sekarang aku dah jadi Sarjana bantuin aku cari kerja ya kak he.....3X buat hilmi jadilah anak yang berbakti ma orang tua y biar kelak bisa seperti bapaknya oce,,,,,*

➤ Kakak basri N suci makasih atas nasehatnya selama ini aku akan belajar untuk dewasa kok kak kan sudah sarjana he..... 3x

➤ Kakakku yang istimewa jadilah suami dan bapak yang baek Biar Rani ntar lebih tinggi dari tantenya, Iparku Sri makasih dah menggantikanku merawat ayah dan ibuku. "

➤ Ma' sister, kamu satu2nya saudara cewe'ku jadi apapun masalahmu merupakan masalahku juga, terima kasih ya atas semua bantuanmu buat aku, aku y tau mau bilang apalagi ma km soalnya km selalu ngertiin ak baik disaat sedih maupun senang, pesannya hanya satu ikuti kata hatimu disaat kamu akan berbuat sesuatu, aku yakin ap yg mnjd kptsimu adalah yg terbaik buasme oCE,,,,,,,,

➤ Buat Rani N khalia kalian br2 adalah ponakanku yang cantik N cantik belajar yang rajin y biar bisa jd sarjana kayak tante oce,,,,,,,,

➤ Buat manjengku yang GR@ kamu adalah sumber inspirasiku, selama ini km adlh brnyk membntuku dr penelitian ampe ak ujian kompre mkasih y maroghebu kamu 22/11/2007 disampingku dsaat aku senang maupun sedih, semoga km sering menjengkelkan (KR) Km sk buat ak mrH), syg cpt desekkan skripsimu biar km cpt kerja N km bs cpt pauhin ap yg mnjd janyimu oce,,,,,,,, Syg 2 bln ke smpt dan skrg kt hrs berpisah (Pelan jrk Jauh) tp ak tetap proya kok ma km kl dihatimu em ada stu orang ruok yaitu ak (Bny GR@ y kan Syg?????) yg semgt y syg krja skripsimu ak akn selalu bantu bwt do'a kok key,,,,,

➤ Sahibku tercinta Bacok, mengenalmu adalah suatu keindahan, moga s'gala mimpimu kan jadi kenyataan, km adlh shbtku yang plng ngrtiin ak dsaat ak sdih km sllu mghiburku dsaat ak slah mlgkgh km sllu musehatiku, semgt y say ngipah skripsimu biar cpt wad biar kt bs maen2 N shopping bareng dmtm he,,,,,,,,, 3x, oh y kl km ush m sar jgn bp undg gw y say

➤ Put Gank play GroupQ (Teguh, Agung, Rafie Jun N) makasih y atas bantuan, do'a, smgt dr kalian, akhirnya ak bs nyusl klan y jd sarjana

