

SKRIPSI

**UJI KEMAMPUAN REAKTOR FILTER HYBRID AEROBIK
ALIRAN *UPFLOW* DENGAN MEDIA BATU APUNG UNTUK
PENURUNAN COD, BOD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR
INDUSTRI KERTAS DI MALANG**

**Disusun oleh :
UMDATUR ROSIDAH
03.26.036**



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

2009

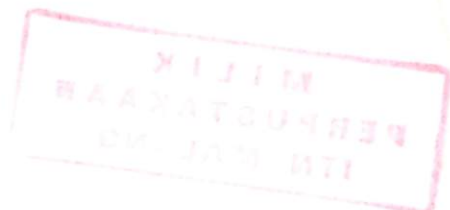
SKRIPSI

DI KEMAMPUAN REAKTOR FILTER HYBRID AEROBIC
ALIRAN UPFLOW DENGAN MEDIA BATU APUNG UNTUK
PENCUKUTAN COD, SOD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR
INDUSTRI KERTAS DI MALANG

Disusun oleh :

REZZATIYAH ROSIDAH

03.25.218



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2009

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**UJI KEMAMPUAN REAKTOR FILTER *HYBRID* AEROBIK
ALIRAN *UPFLOW* DENGAN MEDIA BATU APUNG
UNTUK PENURUNAN COD, BOD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR
INDUSTRI KERTAS DI MALANG**

Oleh :

UMDATUR ROSIDAH

03.26.036

**Menyetujui,
Tim Pembimbing**

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

DR. Ir. Hery Setyobudiarso, MSc
NIP. 131 965 844

Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP. Y. 103 030 0382

**Mengetahui,
Ketua Jurusan/Prodi Teknik Lingkungan**



Candra Dwi Ratna, ST. MT
NIP. Y. 103 000 0349

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**UJI KEMAMPUAN REAKTOR FILTER *HYBRID* AEROBIK
ALIRAN *UPFLOW* DENGAN MEDIA BATU APUNG
UNTUK PENURUNAN COD, BOD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR
INDUSTRI KERTAS DI MALANG**

Oleh :

UMDATUR ROSIDAH

03.26.036

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan/Program Studi Teknik Lingkungan Jenjang Strata Satu (S-1), dan diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tanggal 10 Oktober 2009.

**Mengetahui,
Panitia Ujian Komprehensif Skripsi**

Ketua

Sekretaris



Ir. Agus Santoso, MT
NIP. Y. 101 870 0155

Candra Dwi Ratna, ST. MT
NIP. Y. 103 000 0349

Dewan Penguji,

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Hardianto, ST. MT
NIP. Y. 103 000 0350

Candra Dwi Ratna, ST. MT
NIP. Y. 103 000 0349

Rosidah, U., Setyobudiarso, H., Hendriarianti, E., 2009. Uji Kemampuan Reaktor Filter *Hybrid* Aerobik Aliran *Upflow* Dengan Media Batu Apung Untuk Penurunan COD, BOD Dan TSS Pada Limbah Cair Industri Kertas Di Malang. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAKSI

Industri kertas menghasilkan limbah cair dengan kadar COD, BOD dan TSS yang cukup tinggi. Limbah cair tersebut, apabila langsung dibuang ke badan air penerima dapat menyebabkan timbulnya bau busuk/berkurangnya nilai estetika dan gangguan kesehatan pada manusia dan makhluk hidup yang ada pada ekosistem tersebut. Mengingat besarnya biaya pengolahan air limbah maka peneliti mencari alternatif yang relatif murah dan mudah dengan efisiensi yang tinggi dalam pengoperasiannya dan ramah lingkungan yaitu dengan reaktor filter *hybrid* aerobik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan reaktor filter *hybrid* aerobik aliran *upflow* dengan media batu apung untuk penurunan COD, BOD dan TSS pada industri kertas. Reaktor filter *hybrid* aerobik ini merupakan reaktor kombinasi dari sistem pertumbuhan mikroba tersuspensi dan melekat.

Penelitian ini dilakukan dengan variasi waktu detensi 4, 6, dan 8 jam dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur (30%:70%, 50%:50%, 70%:30%). Pelaksanaan penelitian dimulai dengan tahap *seeding* dan aklimatisasi, selanjutnya dilakukan operasional reaktor filter *hybrid* aerobik aliran *upflow* dengan media batu apung. Metode analisis yang digunakan untuk mengetahui nilai konsentrasi COD, BOD dan TSS berturut-turut adalah titrasi redoks, iodometri dan gravimetri.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi COD tertinggi sebesar 75,66%, BOD tertinggi sebesar 72,08% dan TSS tertinggi sebesar 80,61% terjadi pada variasi perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur 70% : 30% dan waktu detensi 8 jam. Untuk konsentrasi akhir BOD dan TSS berturut-turut sebesar 55,33 mg/l dan 66,67 mg/l telah memenuhi standar baku mutu limbah cair. Sedangkan untuk konsentrasi akhir COD sebesar 359,67 mg/l belum memenuhi standar baku mutu limbah cair.

Kata Kunci : Filter *Hybrid* Aerobik, Aliran *Upflow*, Batu Apung, COD, BOD, TSS, Limbah Cair Industri Kertas.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Uji Kemampuan Reaktor Filter *Hybrid* Aerobik Aliran *Upflow* Dengan Media Batu Apung untuk Penurunan COD, BOD dan TSS pada Limbah Cair Industri Kertas Di Malang ”** ini tepat pada waktunya.

Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, kerja sama dan bimbingan dari semua pihak. Dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak DR. Ir. Hery Setyobudiarso, MSc, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
2. Ibu Evy Hendrianti, ST. MMT, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
3. Bapak Hardianto ST. MT, selaku dosen pembahas dan Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
4. Ibu Candra Dwiratna, ST. MT, selaku dosen pembahas dan Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
5. Dosen-dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
6. Teman-teman Teknik Lingkungan dan semua pihak yang telah membantu dan memberi dukungan dalam penyusunan skripsi ini.

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

Akhirnya penyusun berharap Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater, khususnya para rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang dan masyarakat luas pada umumnya.

Malang, Oktober 2009

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GRAFIK	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Permasalahan	I-3
1.3 Rumusan Masalah	I-4
1.4 Tujuan Penelitian	I-4
1.5 Ruang Lingkup	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Industri Kertas	II-1
2.1.1 Proses Pembuatan Kertas	II-1
2.1.2 Limbah Cair Kertas	II-2
2.1.2.1 Karakteristik Fisik air limbah	II-3
2.1.2.2 Karakteristik Kimiawi Air limbah	II-5
2.1.2.3 Karakteristik Biologis Air limbah	II-6
2.2 Pengolahan Air Buangan Secara Biologi	II-10
2.1.3 Proses Reaktor Pertumbuhan Terlekat (<i>Attached Growth Reactor</i>)	II-11
2.1.4 Proses Reaktor Pertumbuhan Tersuspensi (<i>Suspended Growth Reactor</i>)	II-14
2.3 Proses Reaktor Hybrid	II-18
2.4 Media Batu Apung	II-20

2.5 Metode Pengolahan Data	II-21
2.5.1 Statistika Deskriptif dan Inferensi	II-21
2.5.2 Analisis Korelasi	II-22
2.5.3 Analisis Regresi	II-23
2.5.4 Pengantar Desain Eksperimen	II-23
2.5.4.1 Langkah-langkah dalam Desain Eksperimen	II-24
2.5.4.2 Analysis of Variance	II-24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-1
3.1 Jenis Penelitian	III-1
3.2 Obyek Penelitian	III-1
3.3 Variabel Penelitian	III-1
3.4 Spesifikasi Alat Dan Bahan Yang Direncanakan	III-2
3.4.1 Reaktor Filter Hybrid Aerobik	III-2
3.4.2 Bahan Yang Digunakan Dalam Penelitian	III-3
3.5 Cara Kerja	III-3
3.5.1 Pengambilan Sampel	III-3
3.5.2 Penyiapan Media Filter	III-3
3.5.3 Analisis Pendahuluan	III-3
3.5.4 Pelaksanaan Percobaan	III-3
3.5.4.1 Tahap Pembenihan (<i>seeding</i>)	III-3
3.5.4.2 Aklimatisasi	III-4
3.5.4.3 Tahap Operasional	III-4
3.6 Metode Penelitian	III-5
3.6.1 Metode Analisis Parameter Uji	III-5
3.6.1.1 <i>Permanganat</i>	III-5
3.6.1.2 <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	III-5
3.6.1.3 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	III-5
3.6.1.4 <i>Total Suspended Solids</i> (TSS)	III-5
3.7 Metode Statistik	III-6
3.8 Kerangka Penelitian	III-7

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	IV-1
4.1. Karakteristik Limbah Cair Industri Kertas Di Malang	IV-1
4.2. Jumlah Mikroorganisme Pada Tahap <i>Seeding</i>	IV-2
4.3. Penyisihan Bahan Organik Pada Tahap Aklimatisasi	IV-5
4.4. Analisis Deskriptif	IV-12
4.4.1 Analisis Deskriptif COD	IV-12
4.4.2 Analisis Deskriptif BOD	IV-14
4.4.3 Analisis Deskriptif TSS	IV-15
4.5 Analisis Korelasi	IV-17
4.5.1 Analisis Korelasi COD	IV-18
4.5.2 Analisis Korelasi BOD	IV-19
4.5.3 Analisis Korelasi TSS	IV-20
4.6 Analisis Regresi	IV-21
4.6.1 Analisis Regresi COD	IV-23
4.6.2 Analisis Regresi BOD	IV-26
4.6.3 Analisis Regresi TSS	IV-28
4.7 Analisis Anova	IV-31
4.7.1 Analisis Anova COD	IV-31
4.7.2 Analisis Anova BOD	IV-33
4.7.3 Analisis Anova TSS	IV-34
4.8 Pembahasan	IV-36
BAB V PENUTUP	V-1
5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
Lampiran Perhitungan	
Lampiran Metode Analisis Sampel	
Lampiran Dokumentasi Penelitian	
Lampiran Data Penelitian	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Baku Mutu Limbah Cair Industri Kertas	II-2
Tabel 4.1 Hasil analisis awal air limbah Industri Kertas Di Malang	IV-1
Tabel 4.2 Jumlah Mikroorganisme Pada Reaktor 30 %: 70 %	IV-2
Tabel 4.3 Jumlah Mikroorganisme Pada Reaktor 50% : 50 %	IV-3
Tabel 4.4 Jumlah Mikroorganisme Pada Reaktor 70% : 30 %	IV-4
Tabel 4.5 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor 30 % : 70%	IV-6
Tabel 4.6 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor 50 % : 50 %	IV-8
Tabel 4.7 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor 70 % : 30%	IV-9
Tabel 4.8 Data Konsentrasi Akhir COD	IV-12
Tabel 4.9 Data Persentase Penyisihan Akhir COD	IV-13
Tabel 4.10 Data Konsentrasi Akhir BOD	IV-14
Tabel 4.11 Data Persentase Penyisihan Akhir BOD	IV-14
Tabel 4.12 Data Konsentrasi Akhir TSS	IV-15
Tabel 4.13 Data Persentase Penyisihan Akhir TSS	IV-16
Tabel 4.14 Analisis Korelasi Antara persen penyisihan COD Dengan Waktu Detensi (jam) Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur	IV-18
Tabel 4.15 Analisis Korelasi Antara persen penyisihan BOD Dengan Waktu Detensi (jam) Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur	IV-19
Tabel 4.16 Analisis Korelasi Antara persen penyisihan TSS Dengan Waktu Detensi (jam) Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur	IV-20
Tabel 4.17 Analisis Regresi Antara persen penyisihan COD Dengan Waktu Detensi(jam) Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur	IV-23
Tabel 4.18 Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan COD Dengan Waktu Detensi (jam) Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur	IV-23

Tabel 4.19 Analisis Regresi Antara persen penyisihan BOD Dengan Waktu Detensi (jam) Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur	IV-26
Tabel 4.20 Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan BOD Dengan Waktu Detensi (jam) Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Filter Dengan Ruang Lumpur	IV-26
Tabel 4.21 Analisis Regresi Antara persen penyisihan TSS Dengan Waktu Detensi (jam) Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Lumpur Dengan Ruang Filter	IV-28
Tabel 4.22 Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan TSS Dengan Waktu Detensi (jam) Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Media Lumpur	IV-29
Tabel 4.23 Uji Anova persen penyisihan COD terhadap waktu detensi	IV-31
Tabel 4.24 Uji Anova persen penyisihan COD terhadap perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur	IV-32
Tabel 4.25 Uji Anova persen penyisihan BOD terhadap waktu detensi	IV-33
Tabel 4.26 Uji Anova persen penyisihan BOD terhadap perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur	IV-33
Tabel 4.27 Uji Anova persen penyisihan TSS terhadap waktu detensi	IV-34
Tabel 4.28 Uji Anova persen penyisihan TSS terhadap perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur	IV-35

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Jumlah Mikroorganisme Pada Saat <i>Seeding</i> Reaktor 30% : 70 %	IV-2
Grafik 4.2 Jumlah Mikroorganisme Pada Saat <i>Seeding</i> Reaktor 50% : 50 %	IV-3
Grafik 4.3 Jumlah Mikroorganisme Pada Saat <i>Seeding</i> Reaktor 70% : 30 %	IV-4
Grafik 4.4 % Penyisihan bahan organik pada saat aklimatisasi reaktor 30% : 70%	IV-7
Grafik 4.5 % Penyisihan bahan organik pada saat aklimatisasi reaktor 50% : 50%	IV-9
Grafik 4.6 % Penyisihan bahan organik pada saat aklimatisasi reaktor 70% : 30%	IV-10
Grafik 4.7 Hubungan Waktu Detensi Terhadap Persen Penyisihan COD	IV-13
Grafik 4.8 Hubungan Waktu Detensi Terhadap Persen Penyisihan BOD	IV-15
Grafik 4.9 Hubungan Waktu Detensi Terhadap Persen Penyisihan TSS	IV-16
Grafik 4.10 Penyisihan COD, BOD Dan TSS	IV-17

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Zat Padat	II-4
Gambar 3.1 Reaktor Filter <i>Hybrid</i> Aerobik	III-2
Gambar 3.2 Kerangka Penelitian	III-7

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Perhitungan

Lampiran Metode Analisis Sampel

Lampiran Dokumentasi Penelitian

Lampiran Data Penelitian

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri kertas yang ada di Indonesia saat ini cukup banyak seiring dengan meningkatnya pemakaian kertas oleh masyarakat. Bahan baku utama dari pembuatan kertas adalah kayu. Proses produksi yang terjadi pada industri kertas ada beberapa tahap, yaitu tahap persiapan kayu, pembuburan kayu (*pulping*), pencucian (*washing*), dan *paper making*. Beberapa proses tersebut hasil sampingnya adalah berupa limbah cair. Adapun kandungan yang terdapat didalamnya adalah COD, BOD dan TSS, (Hadi, 2005). Kandungan-kandungan tersebut bila keberadaanya melebihi baku mutu air limbah cair yang telah ditetapkan dapat menimbulkan pencemaran pada badan air penerima, misalnya dapat menyebabkan timbulnya bau busuk/berkurangnya nilai estetika dan gangguan kesehatan pada manusia dan makhluk hidup yang ada pada ekosistem tersebut. Penanganan limbah cair pada industri kertas umumnya adalah dengan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah), tetapi dari segi ekonomi pembangunan IPAL membutuhkan dana yang cukup besar dan memerlukan lahan yang cukup luas.

Salah satu alternatif pengolahan limbah cair adalah dengan menggunakan pengolahan secara biologi aerobik. Pengolahan secara biologi dimaksudkan untuk menyisihkan zat-zat organik terlarut, koloid dan tersuspensi, sehingga sangat baik untuk mengolah limbah yang mengandung COD, BOD dan TSS. Pada proses pengolahan secara aerobik terdapat dua pertumbuhan mikroba yaitu pertumbuhan mikroba tersuspensi (*suspended growth*) dan pertumbuhan mikroba terlekat (*attached growth*). Kelebihan dari pertumbuhan mikroba terlekat (*attached growth*) adalah resiko yang cukup kecil dari efek ketekanan biomass (*washout*) dalam reaktor akibat gangguan proses karena biomassa akan melekat pada media filter meskipun ada kejutan pada karakteristik limbah, sedangkan kelebihan dari pertumbuhan mikroba

tersuspensi (*suspended growth*) adalah jumlah massa yang dihasilkan lebih tinggi dan relatif mudah dikendalikan. Dengan alasan tersebut peneliti mencoba untuk melakukan kombinasi proses pengolahan tersebut dalam satu reaktor yang selanjutnya disebut reaktor *hybrid*. Reaktor *hybrid* saat ini menjadi salah satu alternatif pilihan dalam mengolah limbah karena mempunyai kinerja yang lebih tinggi dan mampu menyisihkan bahan organik dalam waktu yang relatif cepat. Karena pada reaktor *hybrid* ini dilakukan aerasi maka disebut reaktor *hybrid* aerobik. Pertimbangan dengan menggunakan aliran *upflow* yaitu karena resiko adanya *clogging* atau penyumbatan sangat kecil dan aliran ini mempunyai efektifitas yang tinggi dalam penggunaan media, karena larutan akan mengalami kontak secara merata pada setiap bagian dari media dalam kolom. Pemilihan media batu apung dalam penelitian ini karena mudah didapatkan di pasaran dan relatif murah, memiliki rongga yang acak dan menghasilkan luas permukaan yang besar (Droste, 1997). Pada penelitian yang dilakukan oleh Nurhayati (2001) dengan metode *hybrid* anaerobik filter aliran *upflow* media PVC pada limbah buatan dengan konsentrasi COD (300-400) mg/l diperoleh efisiensi penurunannya (65,38-80,33)%. Sedangkan penelitian yang dilakukan Hidayat (2004) dengan proses koagulasi-flokulasi menggunakan biokoagulan biji moringa oleifera dapat menurunkan konsentrasi COD dan BOD pada limbah cair industri kertas sebesar 75 % dan 81,49 %.

Oleh karena itu, reaktor filter *hybrid* aerobik aliran *upflow* dengan media batu apung diharapkan dapat menurunkan kandungan COD, BOD dan TSS pada limbah cair industri kertas.

1.2 Permasalahan

Kandungan yang terdapat pada limbah cair industri kertas antara lain COD, BOD dan TSS. Sehingga untuk menurunkan konsentrasinya diperlukan suatu pengolahan yang tepat yaitu proses aerobik dengan metode *hybrid*. Parameter desain dari reaktor *hybrid* adalah ruang lumpur dan ruang media. Dalam proses ini akan dipakai media filter yaitu batu apung. Media batu apung yang paling efektif dalam menurunkan kandungan material organik pada pengolahan limbah cair industri dibandingkan dengan batu merah, pecahan genteng dan kerikil dengan diameter yang sama.

Desain operasional dari reaktor *hybrid* cukup sederhana dengan efektifitas yang cukup tinggi. Reaktor filter *hybrid* aerobik aliran *upflow* dapat bekerja dengan baik apabila diketahui jumlah suplai oksigen yang dibutuhkan, ketinggian ruang lumpur, ukuran dan tebal media, ketinggian ruang media, kecepatan dan debit air/filtrasi. Aliran *downflow* yang umumnya dipakai selama ini memiliki kekurangan seperti beban filtrasi menjadi besar, kecepatan penyaringan relatif rendah sehingga memerlukan ruang yang luas dan proses pencucian filter secara manual.

Penurunan konsentrasi BOD akan baik apabila beberapa parameter diperhatikan misalnya pH, temperatur, mikroorganisme, tekanan barometer udara, dan kelarutan oksigen. Sedangkan penyisihan TSS dipengaruhi oleh gradien kecepatan yang dilakukan untuk mencampur air limbah dengan flok biologi, debit limbah, dan waktu detensi. Penurunan konsentrasi COD dipengaruhi oleh kontak air limbah dengan oksigen dan waktu detensi.

Untuk mempercepat pertumbuhan mikroba dan untuk memperoleh sejumlah mikroorganisme aktif pada saat proses *seeding* tetap menggunakan limbah cair asli pabrik kertas.

Dengan pertimbangan diatas, diharapkan pengolahan limbah cair industri kertas yang mengandung COD, BOD dan TSS dengan menggunakan reaktor filter *hybrid* aerobik aliran *upflow* media batu apung dapat menghasilkan effluen dengan kualitas yang baik serta biaya yang tetap terjangkau.

1.3 Rumusan Masalah

Seberapa besarkah kemampuan reaktor filter *hybrid* aerobik aliran *upflow* dengan media batu apung untuk penurunan COD, BOD dan TSS pada limbah cair industri kertas di Malang.

1.4 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui kemampuan reaktor filter *hybrid* aerobik aliran *upflow* dengan media batu apung untuk penurunan COD, BOD dan TSS pada limbah cair industri kertas di Malang.

1.5 Ruang Lingkup

1. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Penelitian ini menggunakan reaktor filter *hybrid* aerobik untuk penurunan kadar COD, BOD dan TSS.
3. Sampel yang akan digunakan adalah limbah cair industri kertas di Malang.
4. Jenis alirannya adalah *upflow*.
5. Media yang digunakan adalah batu apung.
6. Variasi yang dilakukan adalah variasi waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Kertas

2.1.1 Proses Pembuatan Kertas

Bahan baku pembuatan kertas adalah serat selulosa dari kayu, kertas bekas, bagase, jerami padi, jerami goni, jerami rami atau jerami gandum. Bahan baku non selulose adalah soda kostik, natrium sulfat, kapur, klorin, tanah liat, resin, alum, zat pewarna dan getah. Proses pembuatan kertas umumnya dibagi dalam beberapa tahapan yaitu :

✓ Tahap Persiapan

Bahan baku dipotong menjadi serpihan kecil, kemudian dicuci dan disaring untuk menghilangkan debu yang melekat.

✓ Pembuburan Kayu (*Pulping*)

Tahapan *pulping* dilakukan pengadukan dengan kecepatan tertentu untuk membuat bubur kayu.

✓ Pencucian (*Washing*)

Pencucian *pulp* secara efisien sangat penting dilakukan untuk memastikan kebutuhan maksimal zat kimia dalam proses *pulping* dan mengurangi jumlah limbah organik yang terbawa oleh *pulp*.

✓ *Paper Making*

Pulp kemudian dibawa ke mesin pembuat kertas dimana akan dibentuk lembaran *pulp* pada *screen*. Air dihilangkan dari lembaran dengan kombinasi panas, vakum, dan tekanan yang diberikan pada bagian penggulung (*roller*).

2.1.2 Limbah Cair Kertas

Dalam proses produksinya industri kertas membutuhkan air dalam jumlah yang sangat besar. Air limbah industri kertas berasal dari air bekas bilasan kayu, proses *pulping*, dan pencucian *pulp*. Sehingga air limbah industri kertas mengandung padatan tersuspensi, senyawa organik koloid terlarut serat hemisellulosa, gula, lignin, alkohol, terpentin, zat pengurai serat, perekat pati dan zat sintetis yang menghasilkan BOD, COD dan TSS cukup tinggi.

Limbah cair kertas yang tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan gangguan terhadap lingkungan dan kehidupan. Beberapa gangguan yang timbul sebagai efek dari limbah cair kertas adalah sebagai berikut :

1. Gangguan terhadap kesehatan
(Menimbulkan resiko terpaparnya masyarakat oleh buangan zat kimia berbahaya dari limbah industri yang mencemari lingkungan)
2. Gangguan terhadap kehidupan biotik
(Membunuh ikan, kerang dan invertebrata lainnya)
3. Gangguan terhadap estetika

Adapun standar baku mutu untuk limbah cair industri kertas di Jawa Timur sesuai Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 tahun 2002, seperti terlihat pada tabel 2.1:

Tabel 2.1 Standar Baku Mutu Limbah Cair Industri Kertas

BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK INDUSTRI KERTAS					
Produk Kertas	Volume Max (m³/ton)	Parameter			
		Kadar Maximum (mg/l)			
		BOD₅	COD	TSS	Pb*
A. Produk Pulp					
• Kraft dikelantang	80	100	300	100	-
• Pulp larut	90	100	300	100	-
• Kraft yang tidak dikelantang	50	75	200	60	-
• Kimia mekanik dan ground wood	60	50	120	75	-

• Semi kimia	70	100	200	100	-
• Pulp soda	80	100	300	100	-
• Deinking Pulp (dari kertas bekas)	60	100	300	100	0,1
B. Produk sampai Kertas					
• Kertas Halus	130	100	250	100	0,1
• Kertas Kasar	90	80	200	80	-
• Kertas Sigaret	170	60	185	70	-
• Kertas Lain yang dikelantang	95	80	160	80	0,1
C. Produk Kertas					
• Kertas Halus	50	70	150	70	0,1
• Kertas Kasar	40	70	150	70	-
• Kertas Sigaret	80	30	70	35	-
• Kertas Lain yang dikelantang	35	70	150	70	0,1
pH	6-9				

Catatan:

1. Kertas Halus berarti kertas halus yang dikelantang seperti kertas cetak dan kertas tulis.
 2. Kertas kasar berarti kertas kasar berwarna coklat seperti linerboard, kertas karton berwarna coklat atau karton.
 3. Kertas Lain berarti kertas yang dikelantang selain yang tercantum dalam golongan halus, seperti kertas koran.
- * Parameter Pb khusus untuk industri yang melakukan proses deinking dalam pembuatan Pulp untuk memenuhi sebagian atau seluruh kebutuhan pulpnya.

2.1.2.1 Karakteristik fisik air limbah

Karakteristik fisik air limbah mudah terlihat dan relatif mudah diukur oleh orang awam. Berikut ini sifat-sifat fisik yang umum dianalisis pada air limbah.

1. Suhu

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

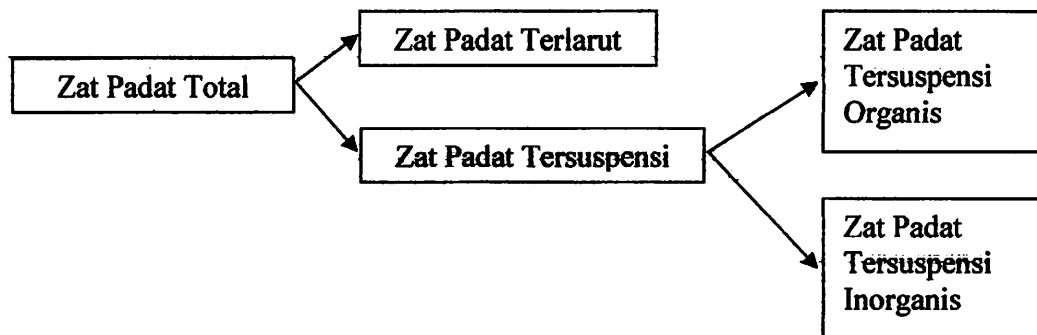
2. Kekerusuhan

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. 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 Santika, 1987)

5. *Total Suspended Solids* (TSS)

TSS merupakan jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan (Sugiharto, 1987). TSS dapat diklasifikasikan menjadi zat padat terapung yang selalu bersifat organis dan zat padat terendap yang dapat bersifat organis dan inorganis (Alaerts dan Santika, 1987). Pada umumnya material yang terlingkup dalam TSS berupa tanah liat, kwarts, protein, sisa tanaman dan bakteri.

Limbah yang mengandung TSS tinggi dapat merusak ekosistem perairan sebagai badan air penerima. Material TSS dapat menghalangi

sinar matahari menembus lapisan perairan, sehingga proses fotosintesis menurun yang menyebabkan konsentrasi oksigen menurun pula. Konsentrasi oksigen yang menurun mengakibatkan kematian pada makhluk hidup perairan tersebut dan hal ini akan meningkatkan proses eutrofikasi.

2.1.2.2 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 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^+ (Sutrisno, 2004).

4. Pb

Kandungan logam berat sangat penting dalam analisis air limbah. Analisis Pb dilakukan dengan metode spektrometri. Spektrometri biasanya dilakukan dengan AAS.

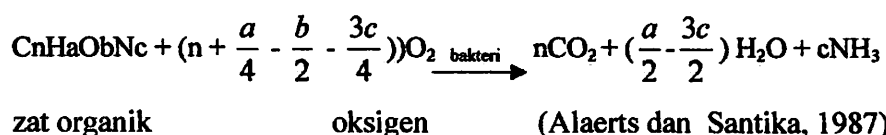
2.1.2.3 Karakteristik Biologis Air limbah

1. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*).

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 dibebberapa 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 analisis BOD air tersebut.

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



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 organis. 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 analisis 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 dianalisis 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.

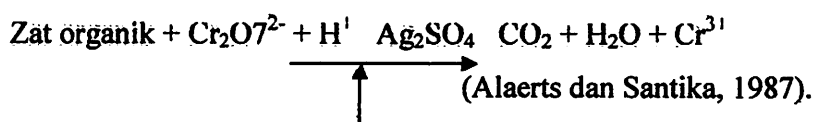
Ada 5 jenis gangguan yang umumnya terdapat pada analisis BOD yaitu nitrifikasi, zat beracun yang dapat mematikan mikroorganisme, pemasukan udara pada botol BOD, kekurangan nutrisi dan kekurangan bakteri yang dibutuhkan proses tersebut.

Sel bakteri memerlukan bahan organik dalam bentuk yang terlarut, sedang 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 daripada 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.

2. 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 CO₂ dan H₂O berlangsung sempurna sehingga nilai COD akan lebih besar dari pada nilai BODnya. Satu keterbatasan pengujian COD adalah ketidakmampuannya membedakan antara zat organik "biodegradable"

dengan yang "non biodegradable". Namun keuntungan pengujian COD yaitu membutuhkan waktu yang cukup cepat (± 3 jam) dibandingkan dengan pengujian BOD yang berlangsung selama 5 hari. Oleh karena itu, dalam keadaan tertentu pengujian COD sering digunakan untuk menggantikan BOD. Data COD dapat diinterpretasikan menjadi data BOD melalui perhitungan dengan faktor korelasi yang telah diketahui. Satuan nilai COD adalah mgO_2/l atau biasanya cukup dengan menuliskan mg/l (Alaerts dan Santika, 1987)

3. DO (*Dissolved Oxygen*).

Merupakan parameter yang penting untuk mengukur tingkat pencemaran air.

4. Mikrobiologi/ Bakteriologi.

Merupakan organisme yang penting untuk diketahui, terlebih dalam merencanakan suatu pengolahan biologis, dan juga untuk mengetahui bakteri-bakteri yang dapat membahayakan kesehatan manusia.

2.2. Pengolahan Air Buangan Secara Biologi

Proses pengolahan biologi merupakan pengolahan air limbah dengan memanfaatkan aktivitas pertumbuhan mikroorganisme yang berkontak dengan air limbah, sehingga mikroorganisme tersebut dapat menggunakan bakteri organik pencemar yang ada sebagai bahan makanan dalam kondisi lingkungan tertentu dan mendegradasi atau menstabilisasinya menjadi bentuk yang lebih sederhana (Metcalf & Eddy, 2003). Mekanisme seperti ini terjadi pula di alam seperti sungai dan danau yang ditandai oleh adanya proses purifikasi di sungai dan danau tersebut.

Tujuan dari proses pengolahan biologis adalah untuk mengkonversikan komponen organik *biodegradable* (dapat diurai dan dikonsumsi oleh mikroba) menjadi suatu biomasa mikroba yang dapat dipisahkan dengan proses pemisahan padatan-cairan seperti pengendapan (*sedimentasi*) dan pengapungan (*flotation*).

Secara umum polutan dalam air utamanya terdiri dari bahan organik terlarut dan tidak terlarut, berbagai bentuk nitrogen dan fosfat, serta bahan lain yang tidak larut dan tidak bereaksi (*inert material*) (Slamet dan Masduqi, 2000).

Berdasarkan kehadiran oksigen di dalam proses maka pada dasarnya ada dua sistem pengolahan air buangan secara biologis yaitu pengolahan air buangan secara *aerob* (ada oksigen) dan *anaerob* (tidak ada oksigen). Masing-masing jenis pengolahan tersebut baik *aerob* maupun *anaerob* dapat dibagi lagi berdasarkan sistem pertumbuhan mikroorganismenya yaitu sistem pertumbuhan mikroorganisme tersuspensi (*suspended growth system*) misalnya proses lumpur aktif, sistem pertumbuhan mikroorganisme terlekat (*attached growth system*) misalnya proses biofilter, dan kombinasi dari *suspended* dan *attached growth*.

2.2.1 Proses Reaktor Pertumbuhan Terlekat (*Attached Growth Reactor*)

Reaktor pertumbuhan lekat atau bioreaktor film, merupakan reaktor yang dilengkapi dengan media (*support*) sebagai tempat pertumbuhan mikroorganisme. Media tersebut dapat terbuat dari plastik, batu atau material lain yang sejenis. Dalam operasional media bisa terendam semuanya maupun sebagian, atau hanya dilewati air limbah saja (tidak terendam sama sekali).

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

Proses biologis dalam reaktor *biofilter* sebagian besar berhubungan dengan komposisi lapisan *biofilm* atau *slime*, yang menempel pada permukaan media. Ketika air limbah melintasi permukaan biofilm, material organik dalam air limbah bersama-

sama dengan oksigen dan nutrien, akan terdifusi ke dalam biofilm dan dioksidasi oleh mikroorganisme *heterotop*. Proses oksidasi oleh bakteri *heterotop* ditujukan untuk mendapatkan energi dan untuk pembentukan sel baru. Substrat yang masuk dapat menambah ketebalan *biofilm*, sejalan dengan bertambahnya *film*, penetrasi oksigen ke dalam *biofilm* akan semakin terbatas. Ketebalan *biofilm* tergantung pada jumlah material organik dan oksigen yang tersedia untuk pertumbuhan mikroorganisme. Ketebalan *biofilm* memiliki keterbatasan sampai nutrien mampu menjangkau mikroorganisme yang terletak pada lapisan yang paling dalam. Pada saat tertentu, ketebalan *biofilm* akan mencapai ketebalan maksimum dimana pada kondisi ini, sumber makanan tidak mampu terdifusi sampai ke lapisan yang paling dalam. Akibat terhentinya suplai makanan, maka mikroorganisme pada lapisan paling dalam (yang menempel pada permukaan media) akan mengalami tahap respirasi *endogenous*, dimana mikroorganisme yang berada dalam keadaan lapar akan memanfaatkan sitoplasmanya untuk mempertahankan hidup. Pada kondisi seperti ini, mikroorganisme akan kehilangan kemampuan untuk menempel pada media, sehingga mikroorganisme akan terlepas dan terbawa keluar dari sistem *biofilter* bersama dengan aliran air. Mekanisme pengelupasan ini dikenal dengan “*Sloughing*”. Selain itu, *sloughing* juga dapat disebabkan oleh adanya kondisi hidrodinamik, misalnya debit air limbah yang terlalu besar yang dapat menyebabkan terlepasnya mikroorganisme dari media.

Faktor- faktor Yang Mempengaruhi Proses *Biofilter*

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses *biofilter*, diantaranya adalah :

1. Temperatur

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

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

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

2. Oksigen Terlarut

Konsentrasi oksigen terlarut memberikan pengaruh pada laju pertumbuhan bakteri aerobik dalam pengolahan secara biologis, kehadiran oksigen terlarut dalam jumlah yang cukup yang sangat diperlukan untuk proses oksidasi dan sintesa sel. Oksigen dalam proses oksidasi digunakan sebagai elektron akseptor. Secara umum kadar oksigen terlarut untuk proses aerobik harus dijaga minimum 2 mg O_2 /lt (Slamet dan Masduki, 2000).

3. Pengaruh pH

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

4. Beban Hidrolik

Beban hidrolik (*hidroulic loading*) digunakan untuk menjelaskan debit atau kapasitas pengolahan per satuan volume atau persatuan luas permukaan unggun (*filter bed*), yang lebih dikenal dengan istilah beban hidrolik permukaan (*surface hydrolic loading*). Beban hidrolik merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi efisiensi oksidasi oleh mikroorganisme. Beban hidrolik akan berpengaruh secara langsung pada waktu kontak dan waktu tinggal air limbah secara keseluruhan di dalam reaktor. Waktu tinggal yang pendek tidak akan mengoptimalkan proses pada seluruh jenis bakteri penyusun *biofilm*. Waktu tinggal akan bertambah sesuai dengan bertambahnya jumlah *biofilm* didalam reaktor. Pada sistem *Trickling Filter* agar oksidasi senyawa korban dan nitrogen organik berlangsung baik, beban hidrolik yang diisyaratkan sebesar 1-4 m^3/m^2 . Hari (Metcalf & Eddy, 2003)

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

Keterangan : Q = Debit air ($m^3/hari$)

A = Luas penampang *bed* (m^2)

5. Beban Organik

Laju pengurangan zat organik dalam sistem pengolahan limbah secara biologis dikategorikan berdasarkan pada konsentrasi BOD yang ada di dalam air limbah. Secara umum kategori ini dibagi dua yaitu pengolahan dengan laju rendah (*low-rate treatment*) dan pengolahan dengan laju cepat (*high-rate treatment*). Pengolahan dengan beban organik yang rendah umumnya dipergunakan untuk pengolaahan limbah domestik dan reduksi nitrogen yaitu sebesar 0,07 -0,22 Kg BOD/ m^3 hari (Metcalf & Eddy, 2003). Sedangkan pengolahan dengan beban organik tinggi biasanya digunakan untuk memberikan laju removal nutrien yang cukup tinggi per satuan volume media filter. Secara umum beban organik berkisar antara 1 Kg BOD/ m^3 hari.

2.2.2 Proses Reaktor Pertumbuhan Tersuspensi (*Suspended Growth Reactor*)

Pada reaktor pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth reactor*), mikroorganismenya tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi dalam fase cair. Proses *suspended growth*, sebagai contoh Lumpur aktif, adalah suspensi mikroorganismenya, baik mati atau aktif, dalam air limbah yang mengandung zat organik maupun anorganik tersuspensi dan terlarut. Proses Lumpur aktif merupakan proses biologis aerobik yang memanfaatkan reaksi metabolisme mikroorganismenya untuk mencapai kualitas efluen yang diinginkan dengan menyisihkan zat yang dinyatakan sebagai kebutuhan oksigen (ASCE, 1998 dalam Irene, 2001).

Seperti telah diuraikan diatas, bahwa proses Lumpur aktif adalah merupakan salah satu bentuk pengolahan air limbah secara biologi. Sekitar tahun 1880, telah dikenal bahwa air limbah yang diaerasi dapat tereduksi bau dan menurunkan kadar

polusi serta menghasilkan lumpur (Veenstra, S. and Polpraset, C., 1995 dalam Irene 2001). Lumpur yang dihasilkan dirangsang agar dapat menguraikan air limbah secara biologis. Lumpur inilah yang kemudian dikenal dengan Lumpur aktif.

Fenomena lumpur yang dapat menguraikan air limbah menjadi bersih ini, kemudian dikembangkan menjadi metode pengolahan air limbah dengan proses Lumpur aktif. Proses Lumpur aktif modern pertama kali dikembangkan di Inggris pada tahun 1914 oleh Ardern dan Lockett (Metcalf and Eddy, 2003).

Beberapa komponen yang harus dipenuhi pada proses *suspended growth* adalah:

- Reaktor yang dirancang baik tunggal maupun multipel dirancang untuk waktu tinggal hidrolis 0,5 – 24 jam.
- Sumber oksigen berasal dari atmosfer atau gas yang mengandung oksigen.
- Perlengkapan untuk pengadukan.
- Perlengkapan untuk resirkulasi.

Beberapa Parameter Penting dalam Proses Lumpur Aktif

1. F/M rasio

Yaitu perbandingan antara substrat (F;*food*) terhadap mikroorganisme (M). Dalam proses Lumpur aktif konvensional, dapat berjalan dengan baik apabila F/M ratio berkisar 0,2 – 0,5 kg BOD/kg MLSS, sedangkan untuk *activated sludge* kombinasi dengan *biofilter*, F/M rasio yang baik berkisar 1,0-1,5 kg BOD/kg MLSS (Metcalf and Eddy, 2003). F/M rasio dirumuskan sebagai berikut :

$$F/M = Q \cdot S_o / V \cdot X$$

Dimana: Q = debit air limbah yang diolah (l/detik).

S_o = Konsentrasi substrat (mg BOD/l).

X = Konsentrasi mikroorganisme (mg MLSS/l).

V = Volume tangki aerasi (L).

2. Umur Lumpur (θ_c)

Umur Lumpur yaitu jumlah massa mikroorganisme sebagai Lumpur aktif dibagi jumlah massa mikroorganisme yang dikeluarkan dari tangki aerasi setiap satuan waktu. Acuan yang digunakan dalam proses Lumpur aktif, umur lumpur berkisar 5-15 hari. Umur Lumpur dirumuskan sebagai berikut (Metcalf and Eddy, 2003) :

$$\theta_c = V \cdot X / Q_w \cdot X$$

Dimana: θ_c =Umur lumpur (hari).

V =Volume bak aerasi (l/hari).

X =MLSS (mg/l).

Q_w =Debit air dan lumpur yang dibuang (l/hari).

3. Waktu Detensi (θ) atau *Hidrolic Resident Time* (HRT)

Waktu detensi yaitu lamanya air limbah tinggal dalam aerasi. Secara matematis dapat diketahui dari volume tangki aerasi dibagi dengan debit air limbah yang diolah. Umumnya waktu detensi didasarkan pada debit limbah dengan mengabaikan resirkulasi, SRT atau F/M, sehingga perumusan HRT dapat dicari dari perumusan :

$$\theta = V / Q$$

Dimana : θ = Waktu detensi.

V = Volume reaktor.

Q = debit limbah.

4. *Volumetric Loading* (VL)

Volumetric loading atau *organic loading*, yaitu kg BOD per meter kubik air limbah per hari. Dengan kata lain merupakan beban reaktor dalam mengolah beban organik per satuan waktu (hari). *Organic loading* untuk pengolahan Lumpur aktif konvensional berkisar 0,3-0,6 kg BOD/m³ (Metcalf and Eddy, 2003)

$$VL = Q \cdot S_o / V$$

Dimana : VL = *Volumetrik Loading* (kgBOD/m³ . hari).

V = Volume reaktor (m^3).

Q = Debit air limbah yang masuk bak aerasi ($m^3/hari$).

S_o = Konsentrasi Substrat ($kg\ BOD/m^3$).

5. Produksi Lumpur (P_x)

Produksi lumpur yaitu banyaknya lumpur yang dihasilkan dan yang harus dibuang setiap hari. Produksi lumpur dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Metcalf and Eddy, 2003) :

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

Dimana : P_x = Produksi lumpur ($kg/hari$).

Y_{obs} = Koefisien yield observasi $Y_{obs} = \frac{Y}{1 + kd \cdot \theta_c}$.

S_o = Konsentrasi BOD pada influen (mg/l).

S = Konsentrasi BOD pada efluen (mg/l).

6. Kebutuhan Oksigen (O_2)

Kebutuhan oksigen yaitu kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk respirasi mikroorganisme dan oksidasi yang lainnya. Kebutuhan oksigen dapat diformulasikan sebagai berikut (Metcalf and Eddy, 2003) :

$$Kg\ O_2/hari = \frac{Q(S_o - S)}{1000 \cdot f} - 1,42P_x$$

Dimana : O_2 = Kebutuhan oksigen ($kg/hari$).

S_o = Konsentrasi BOD pada influen (mg/l).

S = Konsentrasi BOD pada efluen (mg/l).

P_x = Produksi lumpur.

Q = Debit air limbah yang diolah ($m^3/hari$).

f = Faktor konfersi ke BOD *ultimate*.

1,42 = Konstanta kebutuhan oksigen yang diperhitungkan.

7. Resirkulasi

Resirkulasi diperlukan untuk menjaga keberadaan *biomassa* dalam reaktor. Resirkulasi dapat digunakan untuk mengatur nilai F/M dan umur lumpur.

Kebanyakan instalasi pengolahan Lumpur aktif dirancang sehingga memungkinkan resirkulasi bervariasi dari 10 -100% debit limbah.

8. Efisiensi Penurunan (Removal)

Removal adalah prosentasi penghilangan substrat (BOD, N dan lain-lain) yang terjadi setelah mengalami proses pengolahan. Efisiensi *removal* bervariasi tergantung jenis reaktor dan perlakuannya. Rumus perhitungan sebagai berikut :

$$E = \frac{(S_o - S)}{S_o} \times 100$$

Dimana : E = Efisiensi penurunan substrat (%).

S_o = Eonsentrasi substrat pada influen (mg/l).

S = Konsentrasi substrat pada efluen (mg/l).

2.3 Proses Reaktor *Hybrid*

Pengolahan air limbah dengan reaktor *hybrid* merupakan inovasi-inovasi yang saat ini dikembangkan. Upaya penggabungan proses *suspended growth* dengan *attached growth* dalam satu reaktor dikenal dengan proses *hybrid* (Chen, et al., 1997., Muller, N., 1998., Ouyang, et al., 1999. Hamoda, et al., 2000). Pengolahan ini dipilih untuk menggabungkan kelebihan dari masing-masing jenis reaktor antara lain (Irfai, 2003):

Kelebihan dan kelemahan sistem *attached growth reactor*:

1. Kurang sensitif terhadap *shock loading*.
2. Sangat stabil dalam operasi.
3. Relatif murah operasional dan perawatannya.
4. Mampu mengoksidasi beban BOD dalam fraksi yang signifikan.
5. Dapat menimbulkan masalah bau dan gangguan lalat.
6. Memerlukan area yang lebih luas.

Kelebihan dan kelemahan *sistem suspended growth reactor*.

1. Mampu menghasilkan efluen dengan kualitas lebih baik.

2. Membutuhkan area yang lebih sedikit.
3. Memberikan respon yang cepat terhadap tindakan kontrol.
4. Pengoperasian yang lebih sulit.
5. Produksi lumpur yang lebih banyak.

Penggabungan kedua sistem reaktor tersebut sebagai upaya untuk memperoleh sistem pengolahan limbah yang memberikan kinerja terbaik dengan biaya ekonomis. Tujuan utama pada proses *hybrid* yaitu untuk mendapatkan ketahanan reaktor terhadap beban organik dan stabilitas proses pada *attached growth* serta mendapatkan kualitas efluen yang baik pada *suspended growth*. Jenis-jenis reaktor yang menggunakan sistem kombinasi antara lain :

1. *Submerged biological filter* (SBF). Atau disebut *biological aerated filter*, *upflow biotowers*, *contact aerator*. Waktu detensi 1,5-2,5 jam, efluen BOD 15 mg/l, reduksi nitrogen ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) sebesar 93-95%.
2. *Actifated biofilter* (ABF), merupakan *trickling filter high-rate*, pembebanan 4-5 kali lebih tinggi dari filter konvensional. Pembebanan umumnya 3,21-4 kg/m^3 .hari untuk removal BOD 60-65%.
3. *Trickling filter solid contact* (TF/SC), removal BOD sebesar 60-85%. Pada *contact tank suspended growth* dilakukan aerasi kurang dari satu jam.
4. *Roughing filter activated sludge*. Reaktor ini dioperasikan dengan beban organik yang tinggi. *Trickling filter* dipakai untuk stabilisasi terutama untuk *shock loading*. Sedangkan *activated sludge* untuk mengolah beban organik yang lolos dari *trickling filter*.
5. *Biofilter Activated sludge* (BF/AS), hampir mirip dengan ABR kecuali setelah *trickling filter* digunakan bak aerasi. Nilai F/M yang dipakai 1-1,5, nilai ini lebih tinggi dari bak aerasi lumpur aktif konvensional tanpa *biofilter*.

Penggunaan proses *hybrid* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan pemakaian proses *suspended* atau *atteched growth* secara sendiri-sendiri. Beberapa keunggulan Proses *Hybrid* (Irene, 2001) adalah:

1. Memiliki kinerja yang lebih tinggi, hal ini ditunjukkan dengan adanya penyisihan zat organik yang lebih besar dalam waktu yang relatif singkat. Penyisihan yang tinggi ini disebabkan adanya biomassa yang tertahan di dalam reaktor lebih banyak. Jumlah biomassa yang ada merupakan *biomassa* tersuspensi dan *biofilm*. Oleh karena itu penyisihan zat organik merupakan fungsi peningkatan biomassa, maka peningkatan biomassa akan meningkatkan efisiensi penyisihan. Meningkatkan kemungkinan penyisihan berbagai tipe polutan organik. Di dalam reaktor hibrid memungkinkan bertumbuhnya berbagai tipe bakteri terutama *slow grower*. Kemungkinan polutan yang bersifat *slowly biodegradable* dapat didegradasi pada reaktor ini.
2. Mempertinggi kemungkinan terjadinya proses nitrifikasi. *Biofilm* yang ada dalam reaktor tidak banyak dipengaruhi oleh siklus lumpur dan HRT sehingga umur lumpur *biofilm* lebih lama dibanding dengan proses Lumpur aktif. Dengan adanya *biofilm* dalam reaktor yang merupakan bakteri *slow grower* memungkinkan terjadinya proses nitrifikasi. Jadi, adanya *biofilm* dapat meningkatkan efisiensi proses nitrifikasi.
3. Lumpur yang dihasilkan lebih sedikit dan fraksi organik lebih kecil. Ini disebabkan lumpur *biofilm* menunjukkan mineralisasi yang lebih tinggi karena umur lumpur dan HRT yang lebih lama di dalam reaktor. Jumlah lumpur yang lebih sedikit dan lebih rendahnya fraksi organik memungkinkan penanganan lumpur lebih mudah dan lebih murah.

2.4 Media Batu Apung

Batu apung (*pumice*) adalah jenis batuan yang berwarna terang, mengandung buih yang terbuat dari gelembung berdinding gelas, dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat batu apung merupakan salah satu jenis batu lelehan yang kaya akan silika dan mempunyai struktur porous, yang terjadi karena keluarnya uap gas-gas yang larut didalamnya pada waktu terbentuk.

Batuan ini terbentuk dari magma asam oleh aksi letusan gunung api yang mengeluarkan materialnya ke udara, kemudian mengalami transportasi secara horizontal dan terakumulasi sebagai batuan *piroklastik*. Batu apung mempunyai sifat *vesicular* yang tinggi, mengandung jumlah sel yang banyak (berstruktur selular) akibat ekspansi buih gas alam yang terkandung di dalamnya, dan pada umumnya terdapat sebagai bahan lepas atau fragmen-fragmen dalam breksi gunung api. Sedangkan mineral-mineral yang terdapat dalam batu apung adalah *feldspar*, kuarsa, *obsidian*, *kristobalit*, dan *tridimit*.

Didasarkan pada cara pembentukan, distribusi ukuran partikel (fragmen), dan material asalnya, batu apung diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu: sub-areal, sub-*aqueous*, *new ardante*, dan hasil endapan ulang (*redeposit*).

Sifat kimia dan fisika batu apung antara lain, yaitu: mengandung oksida SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O , K_2O , MgO , CaO , TiO_2 , SO_3 , dan Cl , hilang pijar (*Loss of Ignition*) 6%, pH 5, bobot isi ruah 480 – 960 kg/cm^3 , peresapan air (*water absorption*) 16,67%, berat jenis 0,8 gr/cm^3 , hantaran suara (*sound transmission*) rendah, rasio kuat tekan terhadap beban tinggi, konduktifitas panas (*thermal conductivity*) rendah, dan ketahanan terhadap api sampai dengan 6 jam. Keterdapatan batu apung selalu berkaitan dengan rangkaian gunung api berumur Kuartar sampai Tersier. Penyebaran meliputi daerah Serang, Sukabumi, Pulau Lombok, dan Pulau Ternate.

2.5 Metode Pengolahan Data

2.5.1 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).

2.5.2 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 untuk uji korelasi adalah :

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

Di mana 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.

2.5.3 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 mempredisikan pengaruh suatu variabel atau beberapa variabel *predictor* terhadap variabel *respons*.

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

Kedua variabel dihubungkan dalam bentuk persamaan matematika. Secara umum, bentuk persamaan regresi dinyatakan sebagai berikut:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \epsilon$$

2.5.4 Pengantar Desain Eksperimen

Desain eksperimen berperan penting dalam mengembangkan proses dan dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan dalam proses agar kinerja proses meningkat. Desain eksperimen dapat didefinisikan sebagai suatu uji atau rentetan uji dengan mengubah-ubah variabel input (faktor) suatu proses sehingga bisa diketahui penyebab perubahan output (respon).

2.6.4.1 Langkah-langkah dalam Desain Eksperimen

Desain eksperimen memerlukan tahap-tahap penting yang berguna agar desain mengarah pada hasil yang diinginkan. Berikut adalah langkah-langkah melakukan desain eksperimen (Iriawan dan Astuti, 2006):

- a. Mengenal permasalahan.
- b. Memilih faktor dan level.
- c. Menentukan faktor dan level.
- d. Memilih metode desain eksperimen.
- e. Melaksanakan eksperimen.
- f. Analisis data.
- g. Membuat suatu keputusan.

2.5.4.2 *Analysis of Variance* (ANOVA)

Analysis of Variance atau sering dikenal sebagai ANOVA digunakan untuk menyelidiki hubungan antara variabel *respons* (dependen) dengan 1 atau beberapa variabel *predictor* (independen). ANOVA sama dengan regresi, tetapi skala data variabel independen adalah data kategori yaitu skala ordinal atau nominal. Lebih lanjut ANOVA tidak mempunyai nominal (Iriawan dan Astuti, 2006).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan skala laboratorium.

3.2. Obyek Penelitian

Obyek penelitian adalah limbah cair industri kertas di Malang.

3.3. Variabel Penelitian

a. Variabel Respon (Y)

- COD.
- BOD.
- TSS.

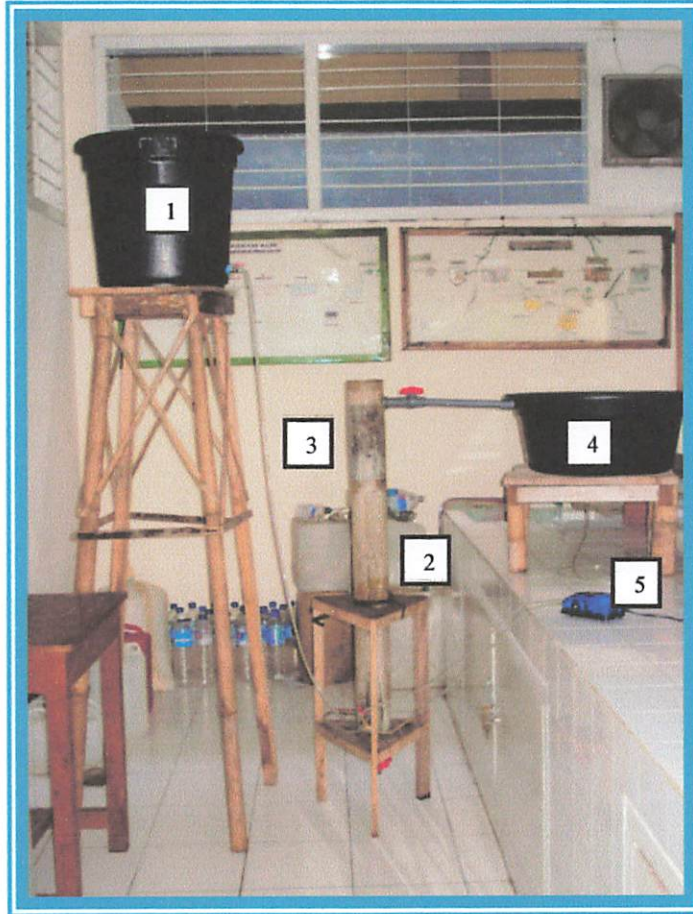
Ketiga parameter di atas merupakan bagian dari parameter yang harus dianalisis sesuai standar baku mutu yang telah ditetapkan dalam Keputusan Gubernur Jawa Timur no.45 tahun 2002.

b. Variabel Prediktor (X)

- Waktu detensi : 4 jam, 6 jam, 8 jam (Hasil perhitungan; Lampiran A).
- Variasi perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ketinggian ruang sludge/lumpur : (30%:70%, 50%:50%, 70%:30%) (Rekomendasi untuk ketinggian media filter 30%-70% dari ketinggian reaktor (Young, 1991, dalam Nurhayati, 2001).

3.4 Spesifikasi Alat dan Bahan yang direncanakan

3.4.1. Reaktor Filter *Hybrid* Aerobik



Gambar 3.1 Reaktor Filter *Hybrid* Aerobik

Keterangan :

- 1. Bak Influen**
- 2. Ruang Lumpur**
- 3. Ruang Media Filter**
- 4. Bak Penampung Sementara**
- 5. Aerator**

3.4.2. Bahan Yang Digunakan Dalam Penelitian

- a. Limbah cair industri kertas di Malang.
- b. Media batu apung.

3.5 Cara Kerja

3.5.1. Pengambilan sampel

Sampel diambil dari limbah cair industri kertas di Malang.

3.5.2 Penyiapan media filter

Media yang digunakan adalah media batu apung dengan diameter 2-3 cm (dipilih acak, Hickey, 1991 dalam Rosalia, 2004, merekomendasikan ukuran media 1-4 cm).

3.5.3. Analisis Pendahuluan

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

3.5.4 Pelaksanaan Percobaan

3.5.4.1. Tahap Pembenuhan (*seeding*)

Pembenuhan merupakan proses yang dilakukan untuk memperoleh sejumlah mikroorganisme aktif yang dapat berperan dalam penguraian bahan organik dalam reaktor filter *hybrid* aerobik. Identifikasi pada *seeding* apabila konsentrasi MLSS telah menunjukkan nilai yang diinginkan yaitu 1500-4000 mg/l (Slamet dan Masduki, 2000).

Pembenuhan dilakukan langsung pada reaktor dari model yang dibuat. Sebelum melakukan *seeding*, terlebih dahulu media dimasukkan dalam reaktor. Seeding dilakukan secara *batch* dengan cara memasukkan sampel limbah yang akan diolah ke dalam reaktor.

Pada tahap pembenuhan, ditambah glukosa sebagai sumber substrat dengan tujuan agar mikroba lebih cepat berkembang biak karena molekul glukosa lebih cepat diurai oleh mikroba.

3.5.4.2. Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan proses penyesuaian diri oleh mikroorganisme terhadap lingkungan barunya dan berakhir ketika proses adaptasi sejumlah bakteri aktif dengan air limbah telah menunjukkan kestabilan. Analisis 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. 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*.

Analisis *permanganat value* (PV) dilakukan tiap hari pada efluen air limbah tiap reaktor, dan tiap reaktor memiliki debit air limbah yang sama pada tahap aklimatisasi ini yaitu $1,13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{jam}$. Setelah proses *seeding* dan aklimatisasi barulah dilakukan pengukuran parameter dari efluen secara berkala.

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 Filter *Hybrid* Aerobik dengan aliran *Upflow* sebagai berikut :

- a. Pengaturan terhadap sampel air limbah cair industri kertas di Malang yang akan digunakan yaitu mengatur pH influen (pH dikontrol 6,5-7,5).
- b. Mengatur beban hidrolis air limbah yang masuk dengan menggunakan valve yaitu $2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$ (18,87 ml/mnt) pada reaktor I, $3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$ (28,29 ml/mnt) pada reaktor II, $3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$ (37,72 ml/mnt) pada reaktor III.
- c. Pengambilan sampel 4 jam, 6 jam, 8 jam.
- d. Efluen yang keluar dari filter *hybrid* aerobik diambil dan dianalisis sesuai dengan parameter utama (BOD, COD dan TSS).

3.6. Metode Penelitian

3.6.1. Metode Analisis Parameter Uji

3.6.1.1. Permanganat

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

3.6.1.2. Biological Oxygen Demand (BOD)

Analisis BOD₅ terlarut dilakukan untuk mengetahui besarnya BOD₅ terlarut awal dari air limbah sebelum dilaksanakan penelitian, yang nantinya akan dibandingkan dengan BOD₅ terlarut efluen sehingga dapat diketahui penyisihan BOD₅ yang terjadi. Sampel yang digunakan untuk menganalisis BOD₅ terlarut terlebih dahulu disaring agar sampel terbebas dari padatan tersuspensi maupun koloid. Metode analisis yang digunakan adalah metode iodometri.

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 titrasi redoks. Dengan menggunakan indikator ferroin sebagai pereaksinya.

3.6.1.4. Total Suspended Solids (TSS)

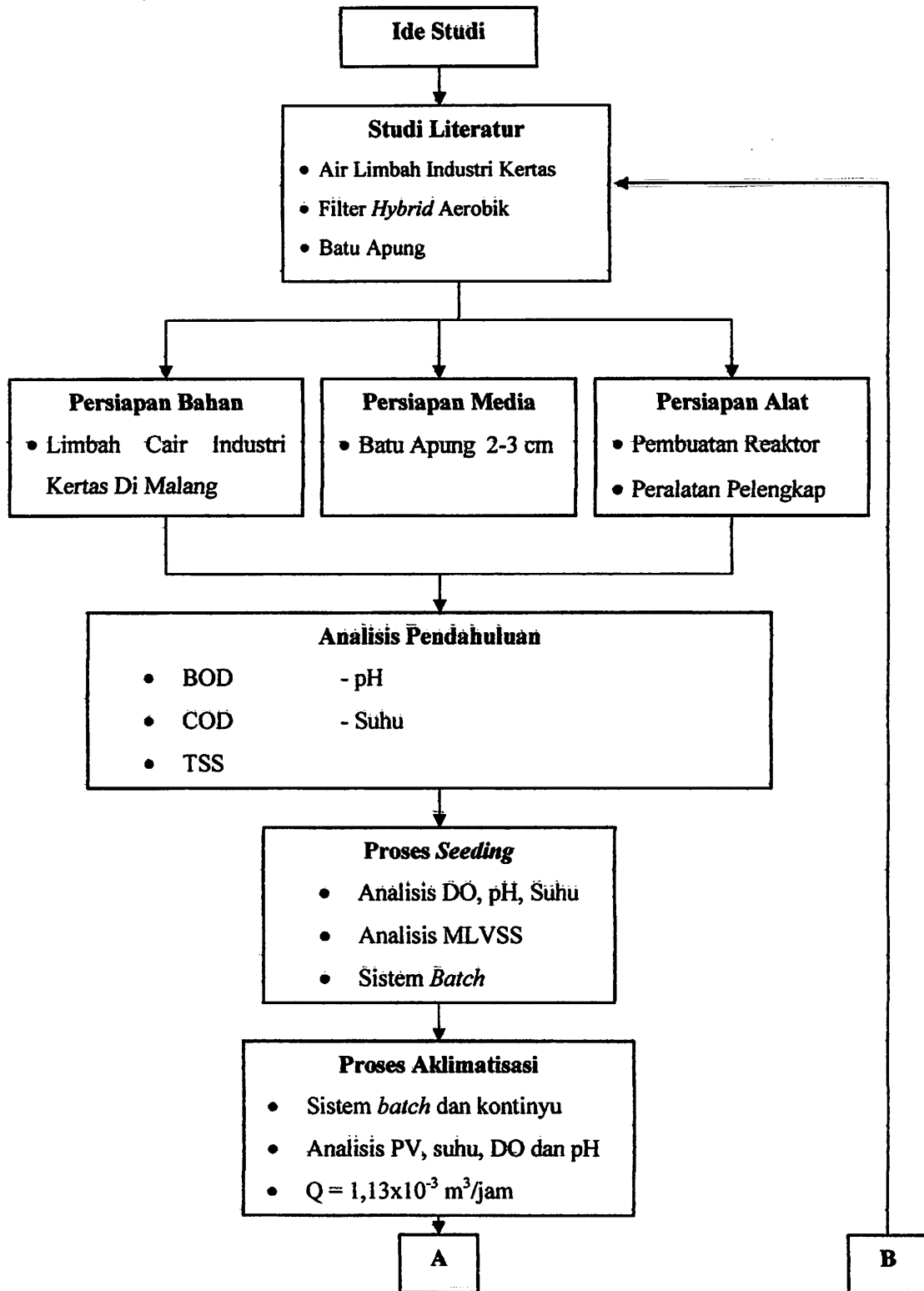
Bila zat padat dalam sampel dipisahkan dengan menggunakan filter kertas atau filter *fiber glass* (serabut kaca) dan kemudian zat padat yang tertahan pada filter dikeringkan pada suhu 150⁰ C. Metode analisis yang digunakan adalah metode gravimetri.

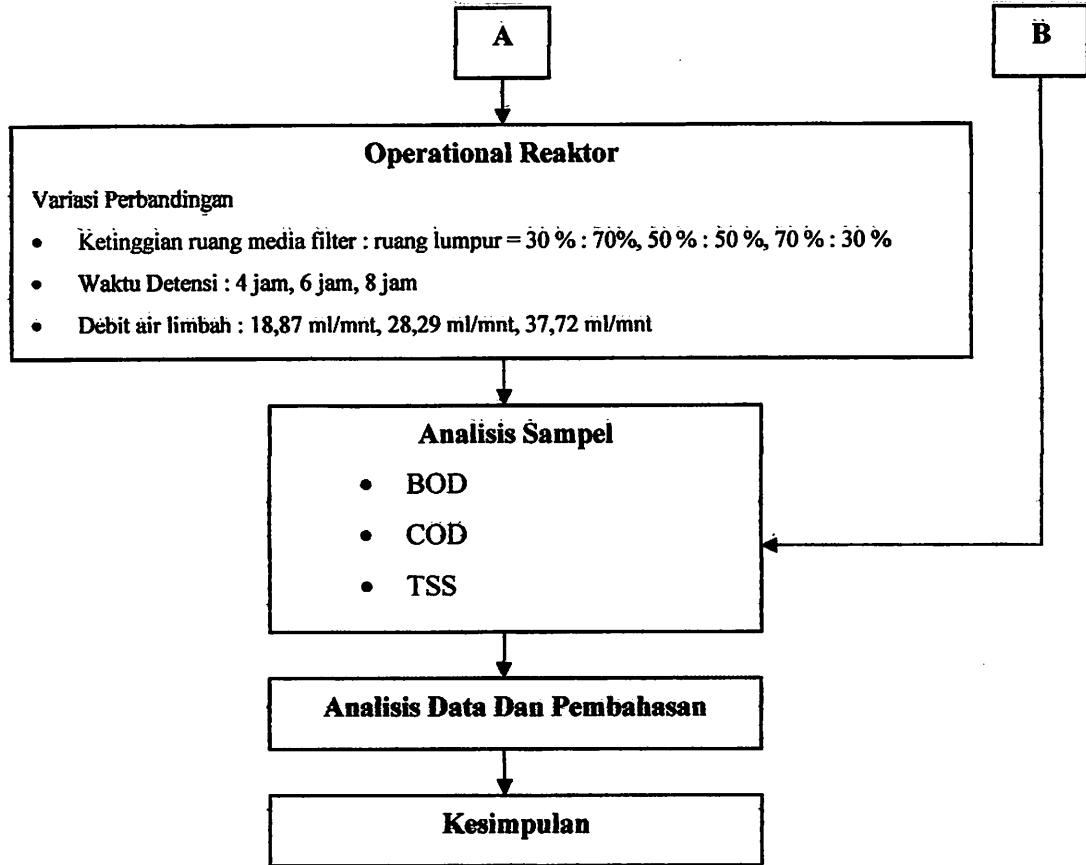
3.7. Metode Statistik

Dari hasil percobaan yang dapat dilakukan analisa data dengan metode :

- Analisis Korelasi bertujuan untuk mengetahui derajat hubungan antar variabel prediktor (waktu detensi dan variasi perbandingan ketinggian antara ruang media filter dengan ruang lumpur) dengan variabel respon (penurunan BOD, COD dan TSS).
- Analisis Regresi bertujuan untuk menyatakan hubungan fungsional antara variabel prediktor (waktu detensi dan variasi perbandingan ketinggian antara ruang media filter dengan ruang lumpur) dengan variabel respon (penurunan BOD, COD dan TSS) ke dalam bentuk persamaan matematis.
- Analisis Anova bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang nyata atau tidak (secara statistik) antara berbagai variasi percobaan (waktu detensi dan variasi perbandingan ketinggian antara ruang media filter dengan ruang lumpur) terhadap penurunan BOD, COD dan TSS pada limbah cair kertas.

3.8. Kerangka Penelitian





Gambar 3.2 Kerangka Penelitian

BAB IV
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Limbah Cair Industri Kertas Di Malang

Dalam penelitian ini di lakukan analisa pendahuluan untuk memperoleh data karakteristik air limbah yang akan digunakan sebagai sampel influen reaktor filter *hybrid* aerobik. Berdasarkan analisa Laboratorium Kualitas Air Jasa Tirta I Malang yang dilakukan, diperoleh data karakteristik air limbah industri kertas sebagai berikut:

Tabel 4.1. Hasil Analisis Awal Air Limbah Industri Kertas Di Malang

No	Parameter	Karakteristik Awal	Baku Mutu Limbah Cair Kertas Berdasarkan Surat Keputusan (SK) Gubernur Jawa Timur No.45 Tahun 2002
1.	Temperatur, °C	27,5	-
2.	pH	5,9	6-9
3.	BOD, mg/l	198,2	70
4.	COD, mg/l	1478,0	150
5.	TSS, mg/l	343,8	70

Sumber :Laboratorium Kualitas Air JasaTirta I Malang.

Berdasarkan Baku Mutu Limbah Cair Kertas sesuai Surat Keputusan (SK) Gubernur Jawa Timur No.45 Tahun 2002, karakteristik awal limbah cair kertas belum memenuhi standar, maka dilakukan penelitian untuk menurunkan BOD, COD dan TSS pada limbah cair kertas menggunakan metode filter *hybrid* aerobik aliran *upflow* dengan media batu apung.

4.2. Jumlah Mikroorganisme Pada Tahap *Seeding*

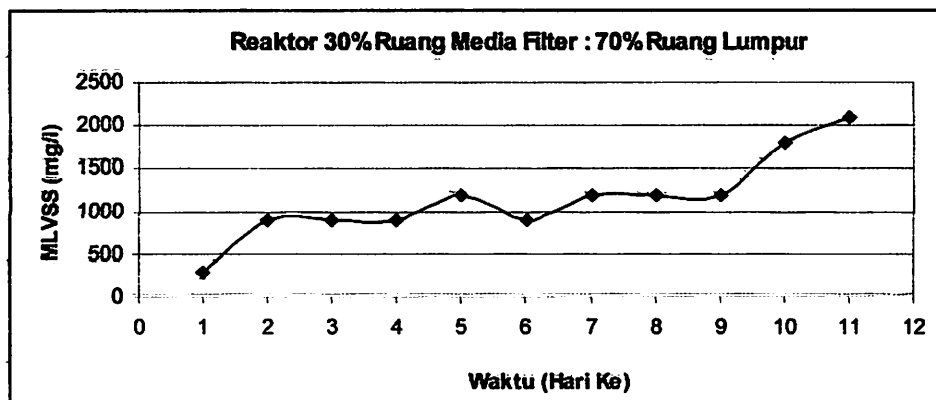
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka data konsentrasi mikroorganisme pada reaktor 30% Ruang media filter : 70% Ruang lumpur, 50% Ruang media filter : 50% Ruang lumpur dan 70% Ruang media filter : 30% Ruang lumpur dapat dilihat pada tabel 4.2., 4.3., dan tabel 4.4.

Tabel. 4.2. Jumlah Mikroorganisme Pada Reaktor 30 %: 70 %

Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	DO (mg/l)	MLSS (mg/l)	MLVSS (mg/l)
1	17 April	26,1	6,89	3,85	400	300
2	18 April	26,0	7,54	2,80	1200	900
3	19 April	25,5	7,31	5,23	1200	900
4	20 April	25,5	7,35	5,50	1200	900
5	21 April	25,2	7,38	5,17	1600	1200
6	22 April	24,9	7,47	5,84	1200	900
7	23 April	25,0	7,64	5,88	1600	1200
8	24 April	25,1	7,50	5,60	1600	1200
9	25 April	25,1	7,53	5,63	1600	1200
10	26 April	25,3	7,59	5,93	2400	1800
11	27 April	24,9	7,50	6,12	2800	2100

Sumber : Hasil Penelitian.

Berdasarkan tabel 4.2. dan gambar 4.1. dapat dilihat bahwa pada retensi waktu 1 hari sampai 11 hari terjadi peningkatan nilai MLVSS. Untuk jumlah mikroorganisme terkecil terjadi pada hari ke 1 sebesar 300 mg/l. Sedangkan jumlah mikroorganisme terbesar terjadi pada hari ke 11 sebesar 2100 mg/l.



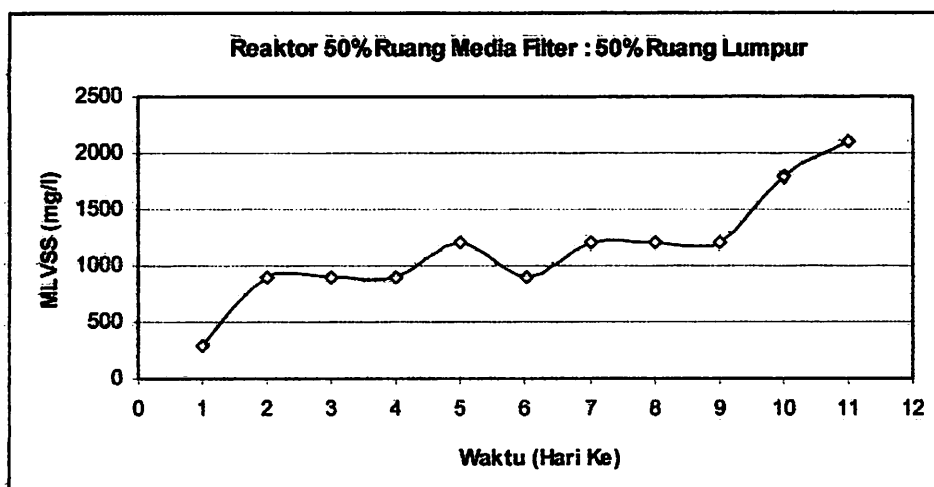
Gambar. 4.1. Jumlah Mikroorganisme Pada Saat *Seeding* Reaktor 30% : 70 %

Tabel. 4.3. Jumlah Mikroorganisme Pada Reaktor 50% : 50 %

Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	DO (mg/l)	MLSS (mg/l)	MLVSS (mg/l)
1	17 April	26,0	7,23	3,13	400	300
2	18 April	26,1	7,13	2,30	1200	900
3	19 April	25,5	7,05	5,67	1200	900
4	20 April	25,1	7,47	5,78	1200	900
5	21 April	25,2	7,45	5,83	1600	1200
6	22 April	25,0	7,58	5,79	1600	1200
7	23 April	25,1	7,53	6,04	2000	1500
8	24 April	25,2	7,50	6,13	2000	1500
9	25 April	25,1	7,67	5,64	2400	1800
10	26 April	25,2	7,48	6,14	2400	1800
11	27 April	24,9	7,66	5,98	2800	2100

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel 4.3. dan gambar 4.2. dapat dilihat bahwa pada retensi waktu 1 hari sampai 11 hari terjadi peningkatan nilai MLVSS. Untuk jumlah mikroorganisme terkecil terjadi pada hari ke 1 sebesar 300 mg/l. Sedangkan jumlah mikroorganisme terbesar terjadi pada hari ke 11 sebesar 2100 mg/l.



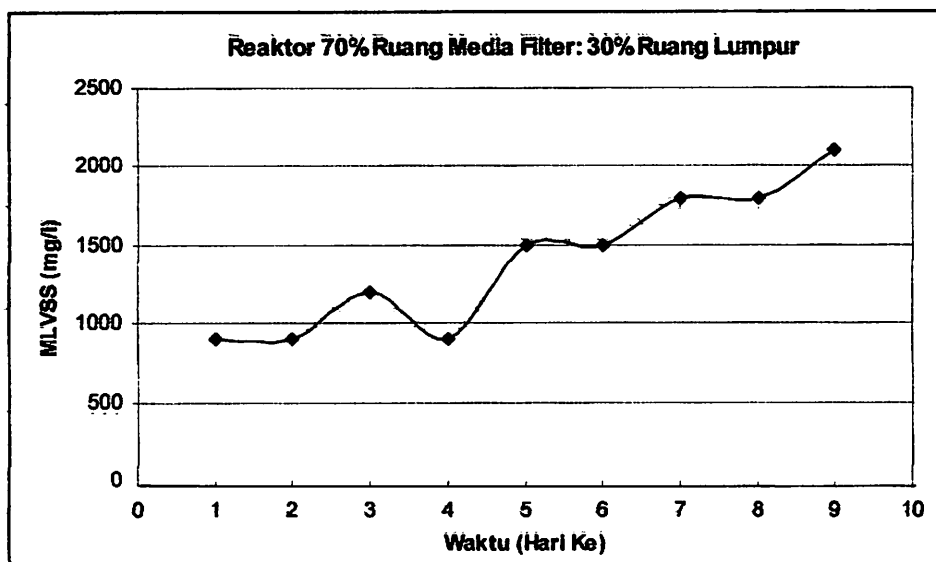
Gambar. 4.2. Jumlah Mikroorganisme Pada Saat *Seeding* Reaktor 50% : 50 %

Tabel. 4.4. Jumlah Mikroorganisme Pada Reaktor 70% : 30 %

Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	DO (mg/l)	MLSS (mg/l)	MLVSS (mg/l)
1	17 April	26,1	7,16	3,72	1200	900
2	18 April	26,1	7,20	1,07	1200	900
3	19 April	25,5	7,16	6,26	1600	1200
4	20 April	25,3	7,35	6,01	1200	900
5	21 April	25,2	7,80	5,99	2000	1500
6	22 April	24,9	7,78	6,13	2000	1500
7	23 April	24,9	7,58	6,14	2400	1800
8	24 April	25,1	7,27	5,88	2400	1800
9	25 April	25,1	7,63	5,96	2800	2100
10	26 April	25,3	7,49	6,23	-	-
11	27 April	24,9	7,58	6,11	-	-

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel 4.4. dan gambar 4.3. dapat dilihat bahwa pada retensi waktu 1 hari sampai 9 hari terjadi peningkatan nilai MLVSS. Untuk jumlah mikroorganisme terkecil terjadi pada hari ke 1 sebesar 900 mg/l. Sedangkan jumlah mikroorganisme terbesar terjadi pada hari ke 9 sebesar 2100 mg/l.



Gambar. 4.3. Jumlah Mikroorganisme Pada Saat *Seeding* Reaktor 70% : 30 %

Proses diatas (tabel 4.2. dan gambar 4.1, tabel 4.3. dan gambar 4.2, tabel 4.4. dan gambar 4.1) dinamakan proses pertumbuhan mikroorganisme. Pada tahap awal, yaitu waktu yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan barunya. Selanjutnya bakteri telah berkembang biak dengan cepat. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang baik antara lain pH, temperatur, cadangan makanan, dan proses aerasi yang layak/cukup. Selain itu, retensi waktu juga sangat penting. Karena selama itu sel mikroba mengalami pembelahan atau perkembangbiakan. Proses *seeding* selesai apabila pertumbuhan mikroba meningkat dan konstan, atau nilai MLVSS telah mencapai kisaran 2000 mg/l atau nilai MLSS antara 1500 mg/l-4000 mg/l.

4.3. 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 :

- 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 30 % Ruang Media Filter : 70% Ruang Lumpur :

- Penyisihan Bahan Organik untuk hari ke 3.

$$\begin{aligned} \text{Penyisihan Bahan Organik} &= \frac{61,62 \text{ mg/l} - 46,37 \text{ mg/l}}{61,62 \text{ mg/l}} \times 100\% \\ &= 24,75 \%. \end{aligned}$$

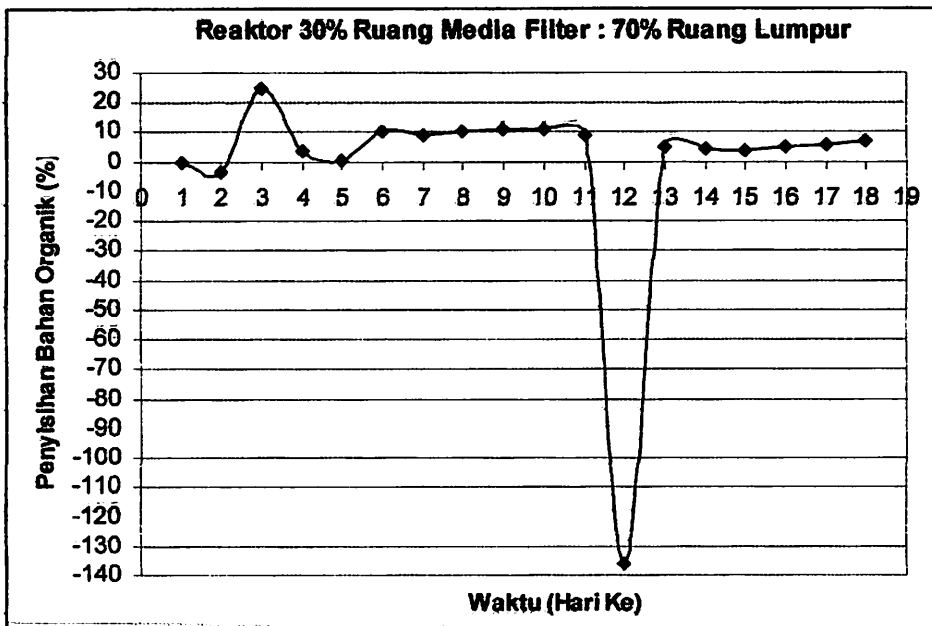
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka data konsentrasi akhir bahan organik pada proses aklimatisasi pada reaktor 30% Ruang media filter : 70% Ruang lumpur, 50% Ruang media filter : 50% Ruang lumpur dan 70% Ruang media filter : 30% Ruang lumpur dapat dilihat pada tabel 4.5, 4.6 dan tabel 4.7.

Tabel. 4.5. Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor 30 % : 70%

Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	DO	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	18 April	26,0	7,54	2,80	59,41	0	0
2	19 April	25,5	7,31	5,23	61,62	-2,21	-
3	20 April	25,5	7,35	5,50	46,37	15,25	24,75
4	21 April	25,2	7,38	5,17	44,53	1,84	3,97
5	22 April	24,9	7,47	5,84	44,24	0,29	0,65
6	23 April	25,0	7,64	5,88	39,60	4,64	10,49
7	24 April	25,1	7,50	5,60	36,04	3,56	8,98
8	25 April	25,1	7,53	5,63	32,30	3,74	10,38
9	26 April	25,3	7,59	5,93	28,74	3,56	11,02
10	27 April	24,9	7,50	6,12	25,67	3,07	10,68
11	28 April	-	-	-	23,40	2,27	8,84
12	29 April	24,7	7,35	2,38	55,25	-31,85	-
13	30 April	25,8	7,21	5,08	52,58	2,67	4,83
14	01 Mei	24,8	7,04	5,33	50,32	2,26	4,30
15	02 Mei	24,8	7,35	4,67	48,52	1,80	3,58
16	03 Mei	25,0	7,27	3,95	46,10	2,42	4,98
17	04 Mei	25,0	7,38	3,66	43,50	2,60	5,64
18	05 Mei	25,0	7,41	3,43	40,56	2,94	6,76

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel 4.5. dan gambar 4.4. pada saat aklimatisasi terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Pada awal aklimatisasi diperlakukan secara *batch* selama 11 hari, dan terjadi peningkatan konsentrasi bahan organik pada hari ke 2 sebesar 61,62 mg/l. Sedangkan penurunan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 5 sebesar 44,24 mg/l dan penurunan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 3 sebesar 46,37 mg/l. Pada hari ke 12 dimulai perlakuan secara kontinyu, sehingga konsentrasi bahan organik mengalami peningkatan sebesar 55,25 mg/l. Sedangkan penurunan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 15 sebesar 48,52 mg/l dan penurunan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 18 sebesar 40,56 mg/l. Untuk penyisihan bahan organik terendah terjadi pada hari ke 5 sebesar 0,65 %, sedangkan penyisihan bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 3 sebesar 24,75 %. Untuk penyisihan bahan organik dengan fluktuasi dibawah 10 % selama tiga hari berturut - turut terjadi pada hari ke 16 sampai hari ke 18 sebesar 4,98 % - 6,76 %, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 46,10 mg/l – 40,56 mg/l. Pada tahap ini dapat dikatakan kondisi *steady state* telah tercapai.



Gambar. 4.4. % Penyisihan bahan organik pada saat aklimatisasi reaktor 30% : 70%

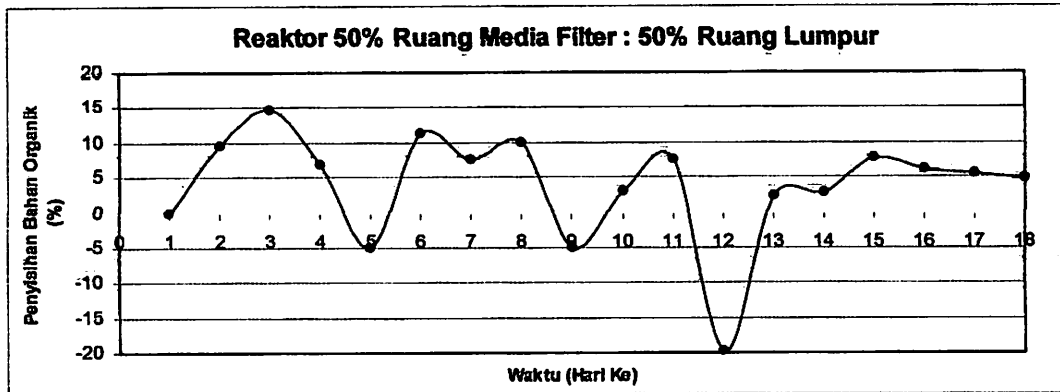
Tabel. 4.6. Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor 50 % : 50 %

Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	DO	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	18 April	26,1	7,13	2,30	53,87	0	0
2	19 April	25,5	7,05	5,67	48,79	5,08	9,4
3	20 April	25,1	7,47	5,78	41,60	7,19	14,74
4	21 April	25,2	7,45	5,83	38,74	2,86	6,88
5	22 April	25,0	7,58	5,79	40,67	-1,93	-
6	23 April	25,1	7,53	6,04	36,08	4,59	11,29
7	24 April	25,2	7,50	6,13	33,38	2,70	7,48
8	25 April	25,1	7,67	6,13	30,09	3,29	9,85
9	26 April	25,2	7,48	6,14	31,58	-1,49	-
10	27 April	24,9	7,66	5,98	30,65	0,93	2,94
11	28 April	-	-	-	29,54	1,11	7,39
12	29 April	24,7	7,00	2,65	35,37	-5,83	-
13	30 April	25,8	7,29	3,33	34,53	0,84	2,37
14	01 Mei	24,9	7,15	3,83	33,53	1,00	8,22
15	02 Mei	24,9	7,26	3,62	30,96	2,60	7,66
16	03 Mei	25,0	7,13	3,37	28,80	2,16	6,17
17	04 Mei	25,0	7,26	3,12	27,23	1,57	5,55
18	05 Mei	25,0	7,30	2,95	25,91	1,32	4,85

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel 4.6. dan gambar 4.5. pada saat aklimatisasi terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Pada awal aklimatisasi diperlakukan secara *batch* selama 11 hari, dan terjadi peningkatan konsentrasi bahan organik terendah pada hari ke 5 sebesar 40,67 mg/l, serta peningkatan konsentrasi bahan organik tertinggi pada hari ke 9 sebesar 31,58 mg/l. Sedangkan penurunan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 11 sebesar 29,54 mg/l dan penurunan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 3 sebesar 41,60 mg/l. Pada hari ke 12 dimulai perlakuan secara kontinyu, sehingga konsentrasi bahan organik mengalami peningkatan sebesar 35,37 mg/l. Sedangkan penurunan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 13 sebesar 34,53 mg/l dan penurunan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 15 sebesar 30,96 mg/l. Untuk penyisihan bahan organik terendah terjadi pada hari ke 13 sebesar 3,28 %. Sedangkan penyisihan bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 3 sebesar 14,74 %. Untuk penyisihan bahan organik

dengan fluktuasi dibawah 10 % selama tiga hari berturut - turut terjadi pada hari ke 16 sampai hari ke 18 sebesar 6,17 % - 4,85 %, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 28,80 mg/l – 25,91 mg/l. Pada tahap ini dapat dikatakan kondisi *steady state* telah tercapai.



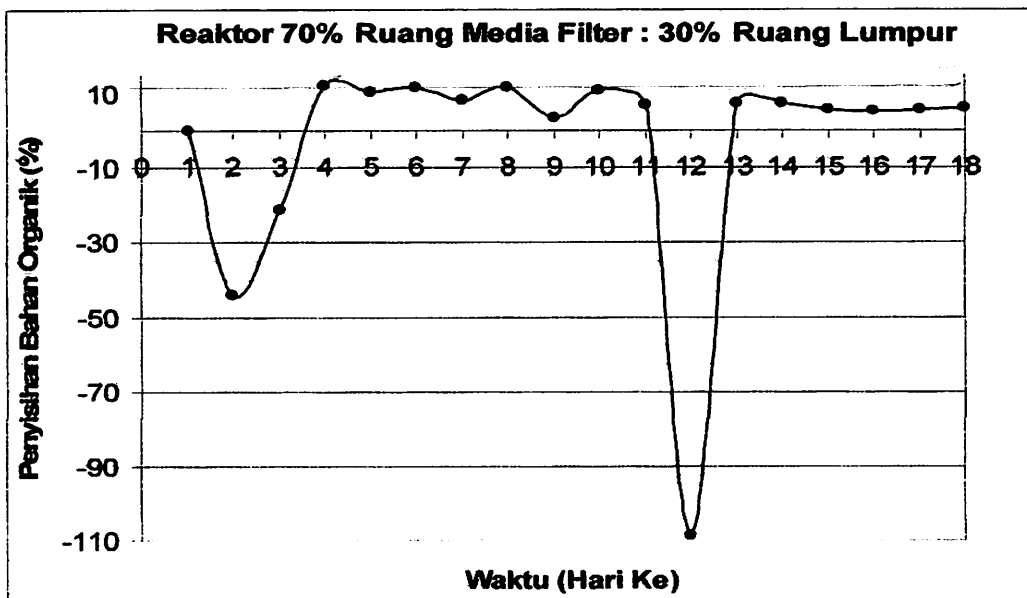
Gambar. 4.5. % Penyisihan bahan organik pada saat aklimatisasi reaktor 50% : 50%

Tabel. 4.7. Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor 70 % : 30%

Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	DO	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	18 April	26,1	7,20	1,07	36,41	0	0
2	19 April	25,5	7,16	6,26	52,45	-16,04	-
3	20 April	25,3	7,35	6,01	63,62	-11,17	-
4	21 April	25,2	7,80	5,99	56,05	7,57	11,90
5	22 April	25,0	7,78	6,13	50,37	5,68	10,13
6	23 April	24,9	7,58	6,14	44,52	5,85	11,61
7	24 April	25,1	7,27	5,88	40,95	3,57	8,10
8	25 April	25,1	7,63	5,96	36,30	4,65	11,36
9	26 April	25,3	7,49	6,23	32,73	3,57	3,57
10	27 April	24,9	7,58	6,11	29,30	3,43	10,48
11	28 April	-	-	-	27,36	1,94	6,62
12	29 April	24,7	6,70	2,81	57,14	-29,78	-
13	30 April	25,8	6,80	3,98	53,07	4,07	7,13
14	01 Mei	25,0	7,27	4,90	49,23	3,84	7,24
15	02 Mei	24,9	7,30	3,91	46,60	2,63	5,34
16	03 Mei	25,0	7,29	3,58	44,31	2,29	4,91
17	04 Mei	25,0	7,33	3,40	41,80	2,51	5,66
18	05 Mei	25,0	7,45	3,26	39,23	2,57	6,15

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel 4.7. dan gambar 4.6. pada saat aklimatisasi terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Pada awal aklimatisasi diperlakukan secara *batch* selama 11 hari, dan terjadi peningkatan konsentrasi bahan organik terendah pada hari ke 3 sebesar 63,62 mg/l, serta peningkatan konsentrasi bahan organik tertinggi pada hari ke 2 sebesar 52,45 mg/l. Sedangkan penurunan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 11 sebesar 27,36 mg/l dan penurunan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 4 sebesar 56,05 mg/l. Pada hari ke 12 dimulai perlakuan secara kontinyu, sehingga konsentrasi bahan organik mengalami peningkatan sebesar 57,14 mg/l. Sedangkan penurunan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 16 sebesar 44,31 mg/l dan penurunan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 13 sebesar 53,07 mg/l. Untuk penyisihan bahan organik terendah terjadi pada hari ke 9 sebesar 3,57 %. Sedangkan penyisihan bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 4 sebesar 11,90 %. Untuk penyisihan bahan organik dengan fluktuasi dibawah 10 % selama tiga hari berturut - turut terjadi pada hari ke 16 sampai hari ke 18 sebesar 4,91 % - 6,15 %, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 44,31 mg/l – 39,23 mg/l. Pada tahap ini dapat dikatakan kondisi *steady state* telah tercapai.



Gambar. 4.6. % Penyisihan bahan organik pada saat aklimatisasi reaktor 70% : 30%

Berdasarkan gambar 4.4 sampai gambar 4.6 terlihat terjadi fluktuasi peningkatan dan penurunan konsentrasi bahan organik pada tiap – tiap reaktor. Dan pada hari ke 16 - 18 pada tiap reaktor telah dapat dicapai penurunan konsentrasi bahan organik dibawah 10 % atau pada tahap ini kondisi *steady state* telah tercapai.

Proses aklimatisasi membutuhkan waktu yang lama dan cukup sulit, karena massa mikroorganisme yang besar harus dikembangkan dan beradaptasi dengan karakteristik air limbah. Penyisihan bahan organik berfluktuasi pada saat aklimatisasi menunjukkan belum cukupnya populasi mikroorganisme yang tersedia 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 mikroorganismenya 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%.

4.4. 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 analisis deskriptif menggunakan rata-rata data atau mean sebagai ukuran pemusatan data.

4.4.1 Analisis Deskriptif COD

Data hasil penelitian yang diperoleh tentang konsentrasi akhir COD menunjukkan bahwa, filter *hybrid* aerobik aliran *upflow* dengan media batu apung mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi COD. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8. Data Konsentrasi Akhir COD

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Reaktor	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir COD (mg/l)			
				1	2	3	Rata-rata
1	1478,0	30 % : 70 %	4	615	615	616	615,33
2	1478,0	30 % : 70 %	6	503	506	507	505,33
3	1478,0	30 % : 70 %	8	461	460	462	461,0
4	1478,0	50 % : 50 %	4	595	594	597	595,33
5	1478,0	50 % : 50 %	6	458	455	460	457,67
6	1478,0	50 % : 50 %	8	402	401	404	402,33
7	1478,0	70 % : 30 %	4	579	582	580	580,33
8	1478,0	70 % : 30 %	6	436	439	439	438,0
9	1478,0	70 % : 30 %	8	359	360	360	359,67

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Lingkungan Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang

Untuk mengetahui persentase penyisihan COD digunakan rumus :

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

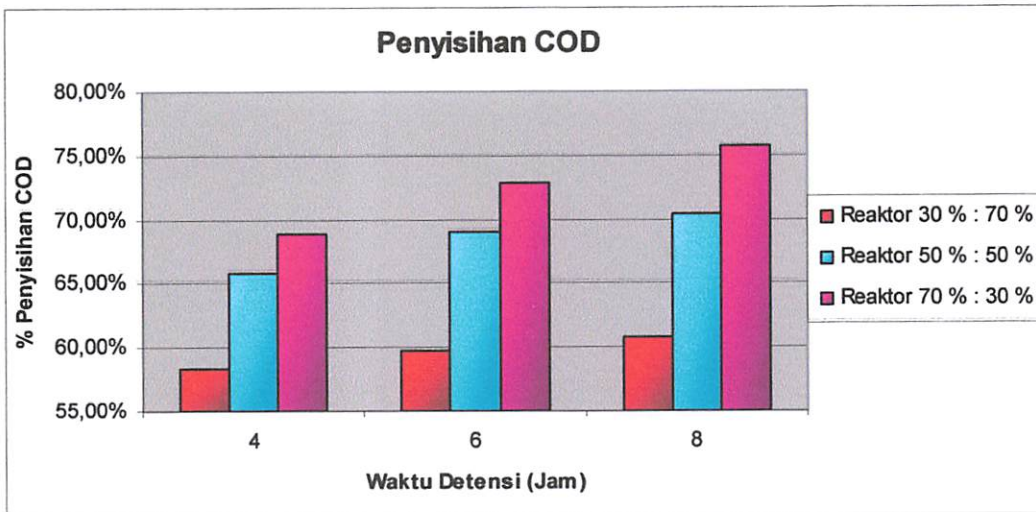
Hasil perhitungan % penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.9 dan gambar 4.7

Tabel 4.9 Data Persentase Penyisihan Akhir COD

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Reaktor	Waktu (jam)	Konsentrasi COD	Persentase penyisihan COD (%)
1.	1478,0	30 % : 70 %	4	615,33	58,37
2.	1478,0	30 % : 70 %	6	505,33	65,81
3.	1478,0	30 % : 70 %	8	461,0	68,81
4.	1478,0	50 % : 50 %	4	595,33	59,72
5.	1478,0	50 % : 50 %	6	457,67	69,03
6.	1478,0	50 % : 50 %	8	402,33	72,78
7.	1478,0	70 % : 30 %	4	580,33	60,74
8.	1478,0	70 % : 30 %	6	438,0	70,37
9.	1478,0	70 % : 30 %	8	359,67	75,66

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Lingkungan Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang

Pada gambar 4.7 dapat dilihat bahwa persen penyisihan COD terendah terjadi pada reaktor 30 % ruang media filter : 70% ruang lumpur dengan waktu detensi (td) 4 jam sebesar 58,37 % dan tertinggi pada reaktor 70 % ruang media filter : 30% ruang lumpur dengan waktu detensi (td) 8 jam sebesar 75,66 %.



Gambar 4.7. Hubungan Waktu Detensi Terhadap Persen Penyisihan COD

Sumber : Pengolahan Data (Persentase Penyisihan Akhir COD)

4.4.2 Analisis Deskriptif BOD

Data hasil penelitian yang diperoleh tentang konsentrasi akhir BOD menunjukkan bahwa, filter *hybrid* aerobik aliran *upflow* dengan media batu apung mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi BOD. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10. Data Konsentrasi Akhir BOD

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Reaktor	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir BOD (mg/l)			
				1	2	3	Rata-rata
1	198,2	30 % : 70 %	4	113	114	114	113,67
2	198,2	30 % : 70 %	6	96	97	99	97,33
3	198,2	30 % : 70 %	8	84	84	85	84,33
4	198,2	50 % : 50 %	4	82	81	81	81,33
5	198,2	50 % : 50 %	6	77	78	77	77,33
6	198,2	50 % : 50 %	8	71	70	70	70,33
7	198,2	70 % : 30 %	4	79	80	80	79,67
8	198,2	70 % : 30 %	6	63	65	65	64,33
9	198,2	70 % : 30 %	8	55	55	56	55,33

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Lingkungan Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang

Untuk mengetahui persentase penyisihan BOD digunakan rumus :

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

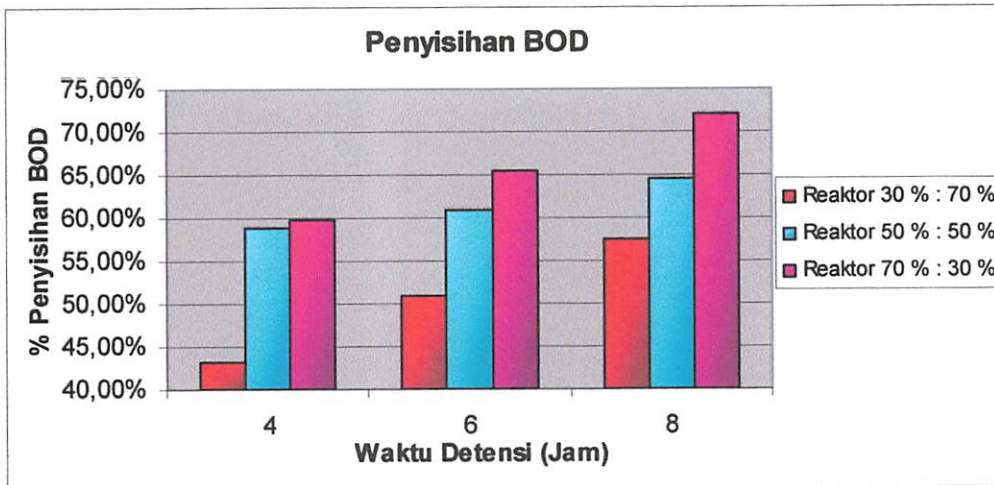
Hasil perhitungan % penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.11 dan gambar 4.8

Tabel 4.11 Data Persentase Penyisihan Akhir BOD

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Reaktor	Waktu (jam)	Konsentrasi BOD	Persentase penyisihan BOD (%)
1.	198,2	30 % : 70 %	4	113,67	42,65
2.	198,2	30 % : 70 %	6	97,33	50,89
3.	198,2	30 % : 70 %	8	84,33	57,45
4.	198,2	50 % : 50 %	4	81,33	58,96
5.	198,2	50 % : 50 %	6	77,33	60,98
6.	198,2	50 % : 50 %	8	70,33	64,52
7.	198,2	70 % : 30 %	4	79,67	59,80
8.	198,2	70 % : 30 %	6	64,33	65,54
9.	198,2	70 % : 30 %	8	55,33	72,08

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Lingkungan Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.

Pada gambar 4.8 dapat dilihat bahwa persen penyisihan BOD terendah terjadi pada reaktor 30 % ruang media filter : 70% ruang lumpur dengan waktu detensi (td) 4 jam sebesar 42,65 % dan tertinggi pada reaktor 70 % ruang media filter : 30% ruang lumpur dengan waktu detensi (td) 8 jam sebesar 72,08 %.



Gambar 4.8. Hubungan Waktu Detensi Terhadap Persen Penyisihan BOD
 Sumber : Pengolahan Data (Persentase Penyisihan Akhir BOD)

4.4.3 Analisis Deskriptif TSS

Data hasil penelitian yang diperoleh tentang konsentrasi akhir TSS menunjukkan bahwa, filter *hybrid* aerobik aliran *upflow* dengan menggunakan media batu apung mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi TSS. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12. Data Konsentrasi Akhir TSS

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Reaktor	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)			
				1	2	3	Rata-rata
1	343,8	30 % : 70 %	4	136	136	135	135,67
2	343,8	30 % : 70 %	6	117	118	118	117,67
3	343,8	30 % : 70 %	8	102	102	101	101,67
4	343,8	50 % : 50 %	4	128	129	129	128,67
5	343,8	50 % : 50 %	6	106	105	105	105,33
6	343,8	50 % : 50 %	8	87	86	88	87,0
7	343,8	70 % : 30 %	4	111	111	110	110,67
8	343,8	70 % : 30 %	6	73	75	75	74,33
9	343,8	70 % : 30 %	8	66	67	67	66,67

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Lingkungan Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.

Untuk mengetahui persentase penyisihan TSS digunakan rumus :

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

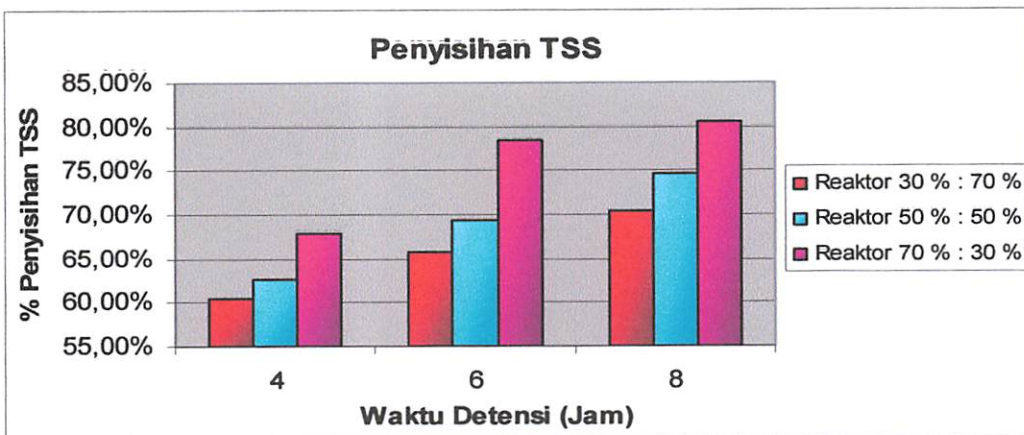
Hasil perhitungan % penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.13 dan gambar 4.9

Tabel 4.13 Data Persentase Penyisihan Akhir TSS

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Reaktor	Waktu (jam)	Rata-rata konsentrasi TSS	Rata-rata Persentase penyisihan TSS(%)
1.	343,8	30 % : 70 %	4	135,67	60,54
2.	343,8	30 % : 70 %	6	117,67	65,77
3.	343,8	30 % : 70 %	8	101,67	70,43
4.	343,8	50 % : 50 %	4	128,67	62,57
5.	343,8	50 % : 50 %	6	105,33	69,36
6.	343,8	50 % : 50 %	8	87,0	74,69
7.	343,8	70 % : 30 %	4	110,67	67,81
8.	343,8	70 % : 30 %	6	74,33	78,38
9.	343,8	70 % : 30 %	8	66,67	80,61

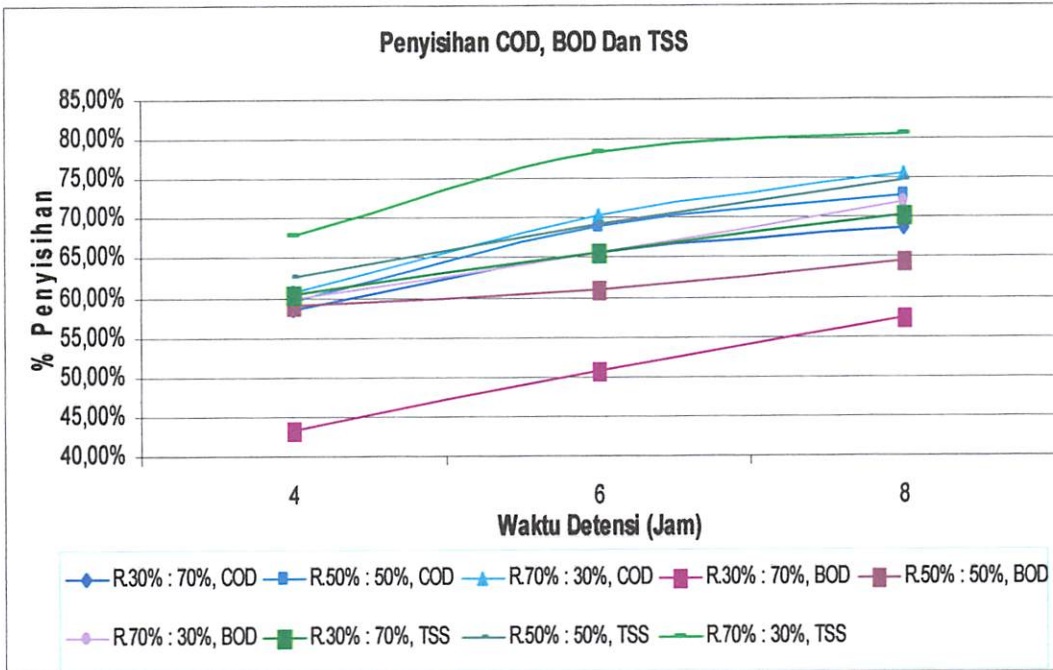
Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Lingkungan Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.

Pada gambar 4.9 dapat dilihat bahwa persen penyisihan TSS terendah terjadi pada reaktor 30 % ruang media filter : 70% ruang lumpur dengan waktu detensi (td) 4 jam sebesar 60,54 % dan tertinggi pada reaktor 70 % ruang media filter : 30% ruang lumpur dengan waktu detensi (td) 8 jam sebesar 80,61 %.



Gambar 4.9. Hubungan Waktu Detensi Terhadap Persen Penyisihan TSS

Sumber : Pengolahan Data (Persentase Penyisihan Akhir TSS)



Gambar. 4.10. Penyisihan COD, BOD Dan TSS

4.5 Analisis Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisis korelasi. Dalam analisis 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 Analisis Korelasi COD

➤ Uji Korelasi persen penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14. Analisis Korelasi Antara Persen Penyisihan COD Dengan Waktu Detensi (jam) Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur

Correlations: % penyisihan COD, Waktu Detensi, Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur		
	COD	Waktu Detensi
Waktu Detensi	0,913 0,001	
Variasi Perbandingan Ketinggian	0,328 0,389	0,000 1,000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Keterangan :

- Pearson Correlation : Nilai korelasi Pearson (korelasi yang digunakan untuk variabel kuantitatif adalah Korelasi Pearson)
- P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

Keputusan

Berdasarkan tabel 4.14. menunjukkan bahwa :

- Korelasi antara persen penyisihan COD dengan waktu detensi adalah 0,913. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel ” kuat”, karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel 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 $0,001 < 0,05$ maka korelasinya signifikan.
- Korelasi antara persentase penyisihan COD dengan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur adalah 0,328. Hal ini menunjukkan

bahwa hubungan antara kedua variabel "lemah", karena menjauhi 1. Hubungan variasi perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur terhadap penurunan konsentrasi COD searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur dinaikkan maka persentase penyisihan COD semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penyisihan COD dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur yang ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0,389 > 0,05$ maka korelasinya tidak signifikan.

4.5.2. Analisis Korelasi BOD

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

Tabel 4.15. Analisis Korelasi Antara Persen Penyisihan BOD Dengan Waktu Detensi (jam) Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur

Correlations: % penyisihan BOD, Waktu Detensi, Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur		
	BOD	Waktu Detensi
Waktu Detensi	0,551 0,124	
Variasi Perbandingan Ketinggian	0,784 0,012	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 0,551. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel "lemah", karena menjauhi 1. 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 $0,124 > 0,05$ maka korelasinya tidak signifikan.

- Korelasi antara persentase penyisihan BOD dengan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur adalah 0,784, hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel "kuat" karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur semakin dinaikkan maka persentase penyisihan BOD semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan konsentrasi BOD dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur yang ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0,012 < 0,05$ maka korelasinya signifikan.

4.5.3. Analisis Korelasi TSS

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

Tabel 4.16. Analisis Korelasi Antara persen penyisihan TSS Dengan Waktu Detensi (jam) Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur

Correlations: % penyisihan TSS, Waktu detensi, Perbandingan Ketinggian Ruang Filter Dengan Ruang Lumpur		
	TSS	Waktu Detensi
Waktu Detensi	0,736 0,024	
Variasi Perbandingan Ketinggian	0,636 0,066	0,000 1,000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Keputusan

Berdasarkan tabel 4.16. menunjukkan bahwa :

- Korelasi antara persen penyisihan TSS dengan waktu detensi adalah 0,736. Hal ini menunjukkan, bahwa hubungan antara kedua variabel "kuat", karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu detensinya maka persen penyisihan TSS yang dihasilkan akan semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penyisihan TSS dan waktu detensi yang ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0,024 < 0,05$ maka korelasinya signifikan.
- Korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur adalah 0,636. Hal ini menunjukkan, bahwa hubungan antara kedua variabel "kuat", karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur semakin dinaikkan maka persentase penyisihan TSS semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan konsentrasi TSS dan perbandingan ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur yang ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0,066 > 0,05$ maka korelasinya tidak signifikan.

4.6 Analisis Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel prediktor dan variabel respon 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 :

1. Uji signifikan koefisien regresi

a. Hipotesis :

- H_0 : koefisien regresi tidak signifikan.
- = H_1 : koefisien regresi signifikan.

b. Dasar Pengambilan Keputusan

- Untuk nilai t, berdasarkan pada perbandingan t hitung dengan t tabel
 - Jika statistik t hitung $>$ statistik t tabel, maka, H_0 ditolak.
 - Jika statistik t hitung $<$ statistik t tabel, maka, H_0 diterima.
- Untuk Nilai Probabilitas
 - Jika probabilitas $\geq 0,05$, maka H_0 diterima.
 - Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak.

2. Uji kelinieran

a. Hipotesis :

- H_0 : Y tidak memiliki hubungan linier dengan X.
 - H_1 : Y memiliki hubungan linier dengan X.
- Dimana : Y adalah variabel terikat.
X adalah variabel bebas.

b. Dasar Pengambilan Keputusan

- Berdasarkan nilai F
 - Jika F hitung $>$ F tabel, maka H_0 ditolak.
 - Jika F hitung $<$ F tabel, maka H_0 diterima.
- Untuk Nilai Probabilitas
 - Jika probabilitas $\geq 0,05$, maka H_0 diterima.
 - Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak.

4.6.1 Analisis Regresi COD

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

Tabel 4.17. Analisis Regresi Antara Persen Penyisihan COD Dengan Waktu Detensi (jam) Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur

Regression Analysis: % penyisihan COD versus Waktu Detensi, Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur				
The regression equation is COD = 43,0 + 3,20 Waktu Detensi + 2,30 Variasi Perbandingan Ketinggian				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	43,007	2,559	16,81	0,000
Waktu Detensi	3,2017	0,3461	9,25	0,000
Variasi Perbandingan Ketinggian	2,2967	0,6922	3,32	0,016
S = 1,69548 R-Sq = 94,2% R-Sq(adj) = 92,2%				

Keterangan :

- T : Nilai statistik hitung.
- P : Nilai Probabilitas (nilai signifikan).
- s : Standar deviasi model.
- R-Sq : R Square (koefisien determinasi).
- R-Sq (adj) : Adjusted R Square (koefisien determinasi yang disesuaikan).

Tabel 4.18. Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan COD Dengan Waktu Detensi (jam) Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	277,66	138,83	48,30	0,000
Residual Error	6	17,25	2,87		
Total	8	294,91			

Pada tabel 4.17 dan 4.18 dapat kita ketahui :

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

$$Y = 43,0 + 3,20X_1 + 2,30X_2$$

Dimana :

Y = % Penyisihan COD.

X_1 = Waktu Detensi.

X_2 = Perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur.

Berdasarkan tabel 4.17. dapat disimpulkan bahwa :

- o Konstanta sebesar 43,0 menyatakan bahwa jika kedua variabel yaitu X_1 (waktu detensi), X_2 (perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur) bernilai 0 (nol), maka variabel Y (persentase penyisihan COD) sebesar 43,0 %.
 - o Koefisien regresi untuk variabel X_1 (waktu detensi) sebesar 3,20 menyatakan bahwa setiap penambahan waktu detensi 2 jam akan meningkatkan persen penyisihan COD sebesar 3,20 %.
 - o Koefisien regresi untuk variabel X_2 (perbandingan ketinggian ruang lumpur dengan ruang filter) sebesar 2,30 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan perbandingan ketinggian ruang lumpur dengan ruang filter dari 30%:50%, 50%:50%, 70%:30% akan meningkatkan persen penyisihan COD sebesar 2,30 %.
- B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 94,2 %. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi COD dipengaruhi oleh variasi waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur sedangkan sisanya 5,8 % penurunan penyisihan BOD dipengaruhi oleh faktor lain.
- C. Uji kelinieran untuk analisis regresi atau F test, didapat nilai F hitung sebesar 48,30. Dari tabel distribusi F didapatkan 5,41. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penyisihan COD dengan waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur adalah linier.
- D. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel prediktor.

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 4.23 statistik t hitung output untuk variasi waktu detensi 9,25; perbandingan ketinggian ruang lumpur dengan ruang filter 3,32 sedangkan t tabel 2,015. Untuk variasi waktu detensi statistik dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur t hitung output > statistik t tabel maka H_1 diterima dan H_0 ditolak yang berarti koefisien regresi signifikan.
- Berdasarkan probabilitas
Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi waktu detensi 0,000; dan perbandingan ketinggian ruang lumpur dengan ruang filter 0,016 atau probabilitasnya < 0,05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau koefisien regresi signifikan. Jadi variasi waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur benar – benar berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD.

4.6.2 Analisis Regresi BOD

➤ Uji Koefisien Regresi persen penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19. Analisis Regresi Antara Persen Penyisihan BOD Dengan Waktu Detensi (jam) Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur

Regression Analysis: % penyisihan BOD versus Waktu detensi, Perbandingan Ketinggian Ruang Lumpur Dengan Ruang Filter					
The regression equation is					
BOD = 27,4 + 2,72 Waktu Detensi + 7,74 Variasi Perbandingan Ketinggian					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	27,411	4,231	6,48	0,001	
Waktu Detensi	2,7200	0,5722	4,75	0,003	
Variasi Perbandingan Ketinggian	7,738	1,144	6,76	0,001	
S = 2,80317 R-Sq = 91,9% R-Sq(adj) = 89,2%					

Tabel 4.20. Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan BOD Dengan Waktu Detensi (jam) Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	536,85	268,43	34,16	0,001
Residual Error	6	47,15	7,86		
Total	8	584,00			

Pada tabel 4.19 dan 4.20 dapat kita ketahui :

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

$$Y = 27,4 + 2,72X_1 + 7,74X_2$$

Dimana :

Y = % Penyisihan BOD.

X₁ = Waktu Detensi.

X₂ = Perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur.

Berdasarkan tabel 4.19. dapat disimpulkan bahwa :

- Konstanta sebesar 27,4 menyatakan bahwa jika kedua variabel yaitu X_1 (waktu detensi), X_2 (perbandingan ruang media filter dengan ruang lumpur) bernilai 0 (nol), maka variabel Y (persentase penyisihan BOD) sebesar 27,4 %.
 - Koefisien regresi untuk variabel X_1 (waktu detensi) sebesar 2,72 menyatakan bahwa setiap penambahan waktu detensi 2 jam akan meningkatkan persen penyisihan BOD sebesar 2,72 %.
 - Koefisien regresi untuk variabel X_2 (perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur) sebesar 7,74 menyatakan bahwa setiap peningkatan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur dari 30%:50%, 50%:50%, 70%:30% akan meningkatkan persen penyisihan BOD sebesar 7,74 %.
- B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 91,9 %. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi BOD dipengaruhi oleh variasi waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur sedangkan sisanya 8,1 % penurunan penyisihan BOD dipengaruhi oleh faktor lain.
- C. Uji kelinieran untuk analisis regresi atau F test, didapat nilai F hitung sebesar 34,16. 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 perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur adalah linier.
- D. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel prediktor.

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 4.25 statistik t hitung output untuk variasi waktu

detensi 4,75; perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur 6,76 sedangkan t tabel 2,015. Untuk variasi waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur statistik t hitung output > statistik t tabel maka H_1 diterima dan H_0 ditolak yang berarti koefisien regresi signifikan.

o Berdasarkan probabilitas

Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi waktu detensi 0,003; dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur 0,001 atau probabilitasnya < 0,05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau koefisien regresi signifikan. Jadi variasi waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur benar – benar berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi BOD.

4.6.3 Analisis Regresi TSS

➤ Uji Koefisien Regresi persen penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.21.

Tabel 4.21. Analisis Regresi Antara Persen Penyisihan TSS Dengan Waktu Detensi (jam) Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Lumpur Dengan Ruang Filter

Regression Analysis: % penyisihan TSS versus Waktu detensi, Perbandingan Ketinggian Ruang Lumpur Dengan Ruang Filter					
The regression equation is					
TSS = 42,6 + 2,90 Waktu Detensi + 5,01 Variasi Perbandingan Ketinggian					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	42,593	2,770	15,38	0,000	
Waktu Detensi	2,9008	0,3747	7,74	0,000	
Variasi Perbandingan Ketinggian	5,0100	0,7493	6,69	0,001	
S = 1,83544 R-Sq = 94,6% R-Sq(adj) = 92,8%					

**Tabel 4.22. Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan TSS
Dengan Waktu Detensi (jam) Dan Perbandingan Ketinggian
Ruang Media Filter Dengan Ruang Media Lumpur**

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	352,56	176,28	52,33	0,000
Residual Error	6	20,21	3,37		
Total	8	372,77			

Pada tabel 4.21 dan 4.22 dapat kita ketahui :

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

$$Y = 42,6 + 2,90X_1 + 5,01X_2$$

Dimana :

Y = % Penyisihan TSS.

X₁ = Waktu Detensi.

X₂ = Perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur.

Berdasarkan tabel 4.21. dapat disimpulkan bahwa :

- Konstanta sebesar 42,6 menyatakan bahwa jika kedua variabel yaitu X₁ (waktu detensi), X₂ (perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur), maka variabel Y (persentase penyisihan TSS) sebesar 42,6 %.
- Koefisien regresi untuk variabel X₁ (waktu detensi) sebesar 2,90 menyatakan bahwa setiap penambahan waktu detensi 2 jam akan meningkatkan persen penyisihan TSS sebesar 2,90 %.
- Koefisien regresi untuk variabel X₂ (perbandingan ketinggian ruang lumpur dengan ruang filter) sebesar 5,01 menyatakan bahwa setiap peningkatan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur dari 30%:50%, 50%:50%, 70%:30% akan meningkatkan persen penyisihan TSS sebesar 5,01%.

- B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 94,6 %. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi TSS dipengaruhi oleh variasi waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur sedangkan sisanya 5,4 % penurunan penyisihan TSS dipengaruhi oleh faktor lain.
- C. Uji kelinieran untuk analisis regresi atau F test, didapat nilai F hitung sebesar 52,33. Dari tabel distribusi F didapatkan 5,14. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penyisihan TSS dengan waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur adalah linier.
- D. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel prediktor.

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 4.27 statistik t hitung output untuk variasi waktu detensi 7,74; perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur 6,69 sedangkan t tabel 2,015. Untuk variasi waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur statistik t hitung output $>$ statistik t tabel maka H_1 diterima dan H_0 ditolak yang berarti koefisien regresi signifikan.
- o Berdasarkan probabilitas
Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi waktu detensi 0,000; dan perbandingan ketinggian ruang lumpur dengan ruang filter 0,001 atau probabilitasnya $<$ 0,05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau koefisien regresi signifikan. Jadi variasi waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur benar – benar berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS.

4.7 Analisis Anova

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh antara waktu detensi dan variasi perbandingan ketinggian antara ruang filter dengan ruang lumpur terhadap % penyisihan COD, BOD dan TSS maka dilakukan analisa dengan menggunakan uji ANOVA. Dalam uji anova ini terdapat :

Hipotesis

H₀ : Ke - 9 rata - rata perlakuan adalah identik.

H₁ : Ke - 9 rata - rata perlakuan adalah tidak identik.

Pengambilan keputusan

Untuk nilai Probabilitas

- Jika probabilitas > 0,05, H₀ diterima.
- Jika probabilitas < 0,05, H₀ ditolak.

Untuk nilai F

- Jika stasistik hitung (nilai F hitung) > statistik tabel (tabel F), maka H₀ ditolak.
- Jika stasistik hitung (nilai F hitung) < statistik tabel (tabel F), maka H₀ diterima.

4.7.1. Analisis Anova COD

➤ Hasil uji ANOVA Persen Penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.23 dan 4.24.

Tabel 4.23. Uji Anova persen penyisihan COD terhadap waktu detensi

One-way ANOVA: % Penyisihan COD, Waktu Detensi					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	16640,4	16640,4	834,86	0,000
Error	16	318,9	19,9		
Total	17	16959,3			

S = 4,465 R-Sq = 98,12% R-Sq(adj) = 98,00%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+	
Waktu Detensi	9	6,000	1,732	(-*-)	
COD	9	66,810	6,072	(*-)	

-----+-----+-----+-----+

20 40 60 80

Pooled StDev = 4,465

Tabel 4.24. Uji Anova persen penyisihan COD terhadap perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur

One-way ANOVA: % Penyisihan COD, Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur																																									
Source	DF	SS	MS	F	P																																				
Factor	1	18901,5	18901,5	1005,03	0,000																																				
Error	16	300,9	18,8																																						
Total	17	19202,4																																							
S = 4,337 R-Sq = 98,43% R-Sq(adj) = 98,34%																																									
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Level</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">N</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Mean</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">StDev</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">Variasi Perbandingan Ketinggian</td> <td style="padding: 2px;">9</td> <td style="padding: 2px;">2,000</td> <td style="padding: 2px;">0,866</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">COD</td> <td style="padding: 2px;">9</td> <td style="padding: 2px;">66,810</td> <td style="padding: 2px;">6,072</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="width: 50%; padding-top: 5px;"> <p style="margin: 0; font-size: small;">Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="width: 10%; border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="width: 10%; border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="width: 10%; border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="width: 10%; border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="width: 10%; border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="width: 10%; border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="width: 10%; border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> </tr> <tr> <td style="border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;">(---)</td> <td style="border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;">(---)</td> </tr> <tr> <td style="border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> <td style="border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black;"></td> </tr> </table> </div> </div>						Level	N	Mean	StDev	Variasi Perbandingan Ketinggian	9	2,000	0,866	COD	9	66,810	6,072									(---)							(---)								
Level	N	Mean	StDev																																						
Variasi Perbandingan Ketinggian	9	2,000	0,866																																						
COD	9	66,810	6,072																																						
(---)							(---)																																		
Pooled StDev = 4,337																																									

Keterangan :

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| DF = Derajat Bebas | F = Nilai Statistik Uji |
| SS = Variasi Residual | P = Nilai Probabilitas |
| MS = Mean Square | |
| Mean = Nilai rata-rata | |
| StDev = Standar Deviasi | |

Keputusan

⇒ Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.23 dan 4.24 nilai probabilitas (P) dari variasi waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur adalah sebesar 0,000. Karena nilai probabilitas < 0,05 maka H₀ ditolak. Artinya rata – rata persentase penyisihan konsentrasi COD dalam sembilan perlakuan tersebut memang tidak identik.

⇒ Nilai F

Berdasarkan tabel 4.23 dan 4.24. nilai F hitung output dari variasi waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur berturut – turut adalah sebesar 834,86 dan 1005,03. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai

F tabel adalah 5,41. 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 perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur terhadap penyisihan COD.

4.7.2. Analisis Anova BOD

➤ Hasil uji ANOVA Persen Penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.25 dan 4.26.

Tabel 4.25. Uji Anova persen penyisihan BOD terhadap waktu detensi

One-way ANOVA: % Penyisihan BOD, Waktu Detensi					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	12739,8	12739,8	335,26	0,000
Error	16	608,0	38,0		
Total	17	13347,8			
S = 6,164 R-Sq = 95,44% R-Sq(adj) = 95,16%					
Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev					
Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+	
Waktu Detensi	9	6,000	1,732	(---*)	
BOD	9	59,208	8,544	(---*)	
				-----+-----+-----+-----+	
				16	32
				48	64
Pooled StDev = 6,164					

Tabel 4.26. Uji Anova persen penyisihan BOD terhadap perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur

One-way ANOVA: % Penyisihan BOD, Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	14727,3	14727,3	399,38	0,000
Error	16	590,0	36,9		
Total	17	15317,3			
S = 6,072 R-Sq = 96,15% R-Sq(adj) = 95,91%					
Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev					
Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+	
Variasi Perbandingan Ketinggian	9	2,000	0,866	(---*)	
BOD	9	59,208	8,544	(---*)	
				-----+-----+-----+-----+	
				0	20
				40	60
Pooled StDev = 6,072					

Keputusan

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.25 dan 4.26 nilai probabilitas (P) dari variasi waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur adalah sebesar 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 4.25 dan 4.26. nilai F hitung output dari variasi waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang lumpur dengan ruang filter berturut – turut adalah sebesar 335,26 dan 399,38. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 5,41. 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 perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur terhadap penyisihan BOD.

4.7.3. Analisis Anova TSS

➤ Hasil uji ANOVA Persen Penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.27 dan 4.28.

Tabel 4.27. Uji Anova persen penyisihan TSS terhadap waktu detensi

One-way ANOVA: % Penyisihan TSS, Waktu Detensi						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Factor	1	18442,2	18442,2	743,70	0,000	
Error	16	396,8	24,8			
Total	17	18839,0				
S = 4,980 R-Sq = 97,89% R-Sq(adj) = 97,76%						
Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev						
Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+		
Waktu Detensi	9	6,000	1,732	(---)		
TSS	9	70,018	6,826	(---)		
				-----+-----+-----+-----+		
				20	40	60 80
Pooled StDev = 4,980						

Tabel 4.28. Uji Anova persen penyisihan TSS terhadap perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur

One-way ANOVA: % Penyisihan TSS, Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	20818,9	20818,9	879,43	0,000
Error	16	378,8	23,7		
Total	17	21197,7			

S = 4,866 R-Sq = 98,21% R-Sq(adj) = 98,10%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
Variasi Perbandingan Ketinggian	9	2,000	0,866	(-*-)
TSS	9	70,018	6,826	(-*-)

Pooled StDev = 4,866

Keputusan

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.27 dan 4.28 nilai probabilitas (P) dari variasi waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur adalah sebesar 0,000. Karena nilai probabilitas < 0,05 maka H_0 ditolak. Artinya rata – rata persentase penyisihan konsentrasi TSS dalam sembilan perlakuan tersebut memang tidak identik.

2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.27 dan 4.28. nilai F hitung output dari variasi waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang lumpur dengan ruang filter berturut – turut adalah sebesar 743,70 dan 879,43. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 5,41. 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 perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur terhadap penyisihan TSS.

4.8 Pembahasan

➤ Pengaruh Pemberian Aerasi Terhadap Penyisihan COD, BOD Dan TSS.

Pada prinsipnya, dengan adanya proses aerasi dapat menyebabkan kandungan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) dalam air limbah meningkat. *Dissolved oxygen* ini digunakan oleh mikroorganisme untuk proses pertumbuhannya untuk mendegradasi bahan organik maupun partikel tersuspensi organik, sehingga konsentrasi BOD dan TSS mengalami penurunan. Selain itu, dengan adanya suplai oksigen ini konsentrasi COD juga mengalami penurunan. Hal ini disebabkan, adanya suplai oksigen yang dapat digunakan untuk melakukan oksidasi penguraian partikel anorganik.

➤ Pengaruh Variasi Waktu Detensi Dan Perbandingan Ketinggian Ruang Media Filter Dengan Ruang Lumpur Terhadap Penyisihan Konsentrasi COD, BOD Dan TSS.

Pada tabel 4.9 dan gambar 4.7 terlihat bahwa persentase penyisihan COD tertinggi terjadi pada waktu detensi 8 jam pada reaktor 70% : 30% yaitu sebesar 75,66% dan persentase penyisihan terendah terjadi pada waktu 4 jam pada reaktor 30% : 70% yaitu sebesar 58,37%. Hal ini disebabkan, pada awal pengoperasian dengan waktu detensi 4 jam belum mampu mengikat oksigen dengan optimal sehingga penguraian bahan organik secara kimiawi masih sedikit dan waktu untuk partikel-partikel terendap dalam media filter masih kurang lama. Selanjutnya pengoperasian dengan waktu detensi 6 jam, selama selang waktu tersebut terjadi penguraian bahan organik secara kimiawi yang cukup banyak, seiring dengan waktu aerasi yang semakin lama dan memberikan kesempatan kepada partikel-partikel untuk terendap dalam media filter. Pada waktu detensi 8 jam, terjadi penguraian bahan organik secara kimiawi yang semakin banyak dan partikel-partikel dapat mengendap dalam media filter dengan waktu yang lama.

Pada tabel 4.11 dan gambar 4.8 terlihat bahwa persentase penyisihan BOD tertinggi terjadi pada waktu detensi 8 jam pada reaktor 70% : 30% yaitu sebesar

72,08% dan persentase penyisihan terendah terjadi pada waktu detensi 4 jam pada reaktor 30% : 70% yaitu 42,65%. Pada tabel 4.13 dan gambar 4.9 terlihat bahwa penyisihan TSS tertinggi terjadi pada waktu detensi 8 jam pada reaktor 70% : 30% yaitu sebesar 80,61 % dan persentase penyisihan terendah terjadi pada waktu detensi 4 jam pada reaktor 30% : 70% yaitu 60,54%. Hal ini disebabkan, pada awal pengoperasian dengan waktu detensi 4 jam belum mampu mengikat oksigen secara optimal sehingga pertumbuhan mikroorganisme masih sedikit dan waktu untuk partikel-partikel terendap dalam media filter masih kurang lama, sehingga penurunan konsentrasi BOD masih kecil. Pengoperasian dengan waktu detensi 6 jam, selama selang waktu tersebut terjadi pertumbuhan mikroorganisme yang cukup banyak dan memberikan kesempatan kepada partikel-partikel untuk terendap dalam media filter. Pada waktu detensi 8 jam, terjadi pertumbuhan mikroorganisme yang semakin banyak dan partikel-partikel dapat mengendap dalam media filter dengan waktu yang lama. Pengoperasian dengan waktu detensi 4 dan 6 jam masih kurang lama untuk partikel-partikel dapat mengendap pada ruang lumpur maupun media filter, sehingga penurunan konsentrasi TSS masih kecil. Pada waktu detensi 8 jam, partikel-partikel dapat mengendap dalam media filter dengan waktu yang lama.

Berdasarkan hasil analisis, dapat diketahui bahwa dari perbandingan ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur yaitu 70 % : 30 %, sudah dapat menurunkan konsentrasi COD, BOD dan TSS secara optimal.

Peningkatan penyisihan konsentrasi TSS, disebabkan adanya pengadukan oleh gelembung-gelembung udara, dimana terjadi tumbukan antara partikel tersuspensi dan koloid agar terbentuk gumpalan flok (Slamet dan Masduki, 2002). Pada reaktor ini memiliki debit air limbah yang kecil, sehingga kecepatan pengadukannya juga kecil. Semakin kecil kecepatan pengadukan, maka waktu yang diperlukan untuk pembentukan flok semakin lama, sehingga flok yang terbentuk banyak. Karena terdapat perbedaan berat jenis dan akhirnya mengendap pada ruang lumpur. Pada ruang filter, semakin tinggi media filter maka mempunyai waktu pengaliran yang

lebih lama dan terjadi penurunan kecepatan aliran yang memberikan kesempatan pengendapan.

Peningkatan penyisihan BOD, disebabkan air limbah telah tercampur sempurna dengan oksigen, dimana terjadi kontak intim antara mikroorganisme dengan substrat dalam air limbah, sehingga biomassa yang dihasilkan cukup banyak. Pencampuran yang sempurna dipengaruhi oleh luas bidang kontak terhadap laju konsumsi oksigen oleh biomassa. Sedangkan pada ruang media filter, semakin tinggi media filter mengurangi kemungkinan terjadinya "wash out" terhadap *biofilm* karena kecepatan aliran yang kecil. Sehingga *biofilm* tetap melekat pada media filter untuk penghilangan bahan organik melalui proses difusi dan asimilasi mikroorganisme.

Peningkatan penyisihan COD, disebabkan air limbah tercampur sempurna dengan oksigen, dimana terjadi kontak intim antara oksigen dengan air limbah (Slamet dan Masduki, 2000), sehingga terjadi oksidasi partikel-partikel anorganik. Sedangkan pada media filter banyak partikel-partikel anorganik yang mengendap. Karena semakin tinggi media filter, semakin lama pula kesempatan untuk partikel-partikel anorganik mengendap dan banyak. Proses pengendapan terjadi, ketika air limbah yang mengandung partikel yang lebih halus ukurannya dari lubang pori melewati permukaan media dan akan mengendap pada seluruh permukaan media filter.

Pada perbandingan ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur yaitu. 30% : 70%, belum optimal menurunkan konsentrasi COD, BOD dan TSS. Penurunan penyisihan konsentrasi TSS, karena pada reaktor ini memiliki debit air limbah yang besar, sehingga kecepatan pengadukannya juga besar. Semakin besar kecepatan pengadukan, maka waktu yang diperlukan untuk pembentukan flok semakin pendek, sehingga flok yang terbentuk dan yang mengendap pada ruang lumpur sedikit. Pada ruang media filter, daya saring media yang terlalu kecil akan menyebabkan cepatnya pengaliran dan waktu pengendapan juga kurang, sehingga partikel-partikel tersuspensi yang mengendap sedikit.

Penurunan penyisihan konsentrasi BOD, disebabkan air limbah kurang tercampur sempurna dengan oksigen, dimana kontak yang terjadi antara mikroorganisme dengan substrat dalam air limbah kurang. Pada ruang media filter, ketinggian media filter yang rendah menyebabkan cepat terjadinya "wash out" terhadap biofilm, karena kecepatan aliran yang besar. *Biofilm* hanya sebentar melekat pada media filter untuk penghilangan bahan organik melalui proses difusi dan asimilasi mikroorganisme.

Penurunan penyisihan konsentrasi COD, disebabkan air limbah kurang tercampur sempurna dengan oksigen, dimana kurang terjadi kontak yang intim antara oksigen dengan air limbah, sehingga banyak partikel-partikel anorganik yang tidak teroksidasi. Pada media filter partikel-partikel anorganik yang mengendap juga sedikit, karena ketinggian media filter yang rendah kesempatan untuk partikel-partikel anorganik mengendap semakin cepat.

Peningkatan penyisihan konsentrasi COD, BOD dan TSS disebabkan oleh waktu detensi yang semakin lama dan variasi perbandingan ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur yang semakin dinaikkan. Beberapa penelitian tentang perbandingan ketinggian ruang untuk media filter dan ruang lumpur, merekomendasikan tinggi filter 30 % - 70 % dari ketinggian reaktor (Young, 1991 dalam Nurhayati, 2001).

➤ **Removal Konsentrasi COD, BOD Dan TSS Pada Tiap Kombinasi Variasi.**

- **Waktu Detensi 4 Jam Terhadap Ruang Media Filter Dan Ruang Lumpur**

Removal COD, dengan waktu operasional 4 jam masih kurang terjadi penguraian partikel-partikel anorganik secara kimiawi di ruang lumpur. Hal ini disebabkan waktu aerasi yang semakin pendek, sehingga tidak cukup waktu untuk partikel-partikel anorganik dengan oksigen melakukan kontak. Pada ruang media filter, partikel-partikel yang mengendap juga kurang.

Removal BOD, karena waktu aerasi yang semakin pendek pertumbuhan mikroorganisme juga sedikit pada ruang lumpur. Pada media filter, karena aerasi yang singkat biofilm yang menempel pada media juga sedikit.

Removal TSS, karena waktu detensi yang pendek maka kesempatan untuk partikel-partikel tersuspensi mengendap juga kurang lama baik pada ruang lumpur maupun ruang media filter.

- Waktu Detensi 8 Jam Terhadap Ruang Media Filter Dan Ruang Lumpur

Removal COD, sebagian besar partikel-partikel anorganik dapat dioksidasi secara kimiawi, karena tersedianya waktu yang cukup untuk partikel-partikel anorganik dengan oksigen melakukan kontak pada ruang lumpur. Pada ruang media filter, terjadi pengendapan partikel-partikel anorganik.

Removal BOD, pertumbuhan mikroorganisme yang ada pada ruang lumpur semakin banyak. Pada ruang media filter, *biofilm* yang menempel pada media juga semakin banyak.

Removal TSS, karena waktu detensi yang semakin lama maka kesempatan untuk partikel-partikel tersuspensi mengendap juga semakin lama baik pada ruang lumpur maupun ruang media filter.

Berdasarkan uji Anova antara waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur terhadap penyisihan konsentrasi COD, BOD dan TSS adalah tidak identik/ada beda nyata. Artinya dari kesembilan perlakuan tersebut berdasarkan peningkatan waktu detensi dan variasi perbandingan ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur adalah signifikan. Hal ini menyatakan bahwa dalam pemilihan variasi waktu detensi dan perbandingan ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur mempunyai range yang cukup untuk membedakan penyisihan COD, BOD dan TSS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi COD, BOD, dan TSS, dari awal operasional dengan waktu detensi 4, 6 sampai 8 jam serta variasi perbandingan ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur dari reaktor 30% : 70%,

50% : 50%, dan 70% : 30%, cenderung mengalami peningkatan penyisihan konsentrasi.

Penyisihan konsentrasi BOD, disebabkan pada awal pengoperasian dengan waktu detensi 4 jam mikroorganisme masih melakukan adaptasi, dimana pertumbuhan mikroorganisme masih sedikit, sehingga penurunan konsentrasi BOD masih kecil. Pada waktu detensi 6 jam dan 8 jam, selama selang waktu tersebut terjadi adaptasi dan pertumbuhan mikroorganisme yang pesat, sehingga mikroorganisme dapat mendegradasi limbah dengan baik.

Pada reaktor 30 % : 70 % memiliki debit air limbah yang paling besar dengan suplai oksigen yang sama, dimana terjadi proses aerasi yang kurang maksimal, sehingga pertumbuhan mikroorganisme sedikit untuk menguraikan bahan organik pada ruang lumpur (Nurhayati, 2001). Pada ruang media filter *biofilm* yang ada juga sedikit, hal ini disebabkan selain aerasi yang kurang juga kecepatan aliran yang besar, dimana *biofilm* tidak memiliki kesempatan yang lama untuk melekat dan akhirnya akan terbawa keluar bersama dengan aliran air. Reaktor 50% : 50% terdapat perbedaan variasi perbandingan ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur dengan reaktor 30% : 70%. Selama selang interval tersebut, terjadi penguraian bahan organik yang cukup banyak pada ruang lumpur maupun ruang filter. Hal ini disebabkan, pada ruang lumpur biomassa yang dihasilkan cukup banyak, karena ketersediaan oksigen untuk penguraian bahan organik cukup seimbang dengan debit air limbah yang ada. Pada ruang media filter, pertumbuhan *biofilm* juga cukup banyak diimbangi dengan ketinggian media filternya dan dapat melekat dalam waktu yang cukup lama. Reaktor 70% : 30%, memiliki perbedaan variasi perbandingan ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur dengan reaktor sebelumnya. Selama selang interval tersebut, terjadi penguraian bahan organik yang semakin banyak pada ruang lumpur maupun ruang filter. Hal ini disebabkan, ketersediaan oksigen yang maksimal pada ruang lumpur sehingga biomassa yang dihasilkan sangat banyak. Pada ruang filter, pertumbuhan *biofilm* semakin banyak dan tebal karena adanya oksigen dengan ketinggian media filter yang semakin meningkat.

Penyisihan konsentrasi TSS dan COD, pada awal pengoperasian dengan waktu detensi 4 jam, partikel-partikel tersuspensi dan partikel-partikel anorganik hanya sedikit yang dapat mengendap, sehingga penurunan TSS dan COD masih kecil. Pada waktu detensi 6 jam dan 8 jam, selama selang waktu tersebut terjadi pengendapan partikel-partikel tersuspensi dan partikel-partikel anorganik yang semakin banyak.

Pada reaktor 30% : 70%, memiliki debit air limbah yang paling besar dengan suplai oksigen yang sama, dimana terjadi proses aerasi yang kurang maksimal. Sehingga lumpur yang dapat dihasilkan dan yang akan mengendap pada ruang lumpur sedikit. Sedangkan sebagian besar partikel-partikel anorganik tidak teroksidasi. Pada ruang media filter, partikel-partikel tersuspensi dan partikel-partikel anorganik yang dapat mengendap juga sedikit. Hal ini disebabkan, ketinggian media filter yang rendah dan partikel-partikel yang tidak sempat mengendap terbawa keluar bersama aliran air Reaktor 50% : 50%, terdapat perbedaan variasi perbandingan ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur dengan reaktor 30% : 70%. Selama selang interval tersebut, terjadi oksidasi partikel-partikel anorganik dan lumpur yang dihasilkan cukup banyak, karena ketersediaan oksigen untuk proses oksidasi dan pembentukan lumpur cukup seimbang dengan debit air limbah yang ada (Irfa'i, 2003). Pada ruang media filter, pengendapan partikel-partikel tersuspensi dan partikel-partikel anorganik cukup banyak diimbangi dengan ketinggian media filternya. Reaktor 70% : 30% memiliki perbedaan variasi perbandingan ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur dengan reaktor sebelumnya. Selama selang interval tersebut, terjadi pengendapan partikel-partikel tersuspensi dan partikel-partikel anorganik semakin banyak pada ruang lumpur maupun ruang filter. Hal ini disebabkan, ketersediaan oksigen yang maksimal pada ruang lumpur sehingga lumpur yang dihasilkan dan yang mengendap sangat banyak, sedangkan partikel-partikel anorganik sebagian besar teroksidasi. Pada ruang media filter, partikel-partikel tersuspensi dan partikel-partikel anorganik semakin banyak yang mengendap dengan ketinggian media filter yang semakin meningkat (Irene, 2001).

Hasil analisis korelasi antara waktu detensi terhadap penyisihan konsentrasi COD adalah signifikan. Karena penurunan konsentrasi bahan organik pada reaktor filter *hybrid* aerobik ini terjadi melalui mekanisme proses aerasi. Semakin lama waktu detensi, proses aerasi juga akan semakin lama. Dimana proses aerasi merupakan salah satu usaha dari pengambilan zat pencemar yang terkandung dalam air limbah. Karena terjadi kontak antara limbah dengan udara/oksigen. Menurut (Fardiaz, 1992 dalam Sukawati, 2008) pada reaksi oksigen ini hampir 85% dapat teroksidasi menjadi CO₂ dan H₂O dalam suasana asam. Dengan adanya proses penambahan kandungan oksigen, maka nilai konsentrasi COD akan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan, adanya oksigen yang digunakan untuk proses penguraian. Dari analisis korelasi antara perbandingan ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur terhadap penyisihan konsentrasi COD adalah tidak signifikan. Seperti dijelaskan sebelumnya pada variasi waktu detensi, penurunan konsentrasi COD terjadi melalui mekanisme proses aerasi sehingga variasi perbandingan ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur tidak begitu berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi COD. Sedangkan sebagai pendukung adalah proses pengendapan partikel-partikel anorganik baik yang terjadi pada ruang lumpur maupun pada ruang media filter.

Hasil analisis korelasi antara waktu detensi terhadap penyisihan konsentrasi BOD adalah tidak signifikan. Hal ini disebabkan pengoperasian dengan variasi waktu detensi yang ada ternyata masih kurang lama, sehingga waktu aerasi juga berkurang. Pada penelitian ini, aerasi berfungsi untuk menambah konsentrasi oksigen pada air limbah, dimana oksigen tersebut sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam proses oksidasi bahan organik. Selain itu, dikarenakan oleh semakin tipisnya lapisan *biofilm* pada reaktor hingga tempat yang disediakan untuk tempat perlekatan dan pemerangkapan biomassa pada media berkurang, sedangkan lumpur yang terkumpul dan tersuspensi di ruang lumpur belum mencapai jumlah dan kepadatan yang maksimal akibat masih singkatnya waktu operasional reaktor. Proses pemberian oksigen (aerasi) yang dilakukan pada sampel air limbah dalam menurunkan

konsentrasi BOD diperlukan waktu yang lama selama oksigen dalam air limbah belum mencapai kondisi jenuh (Sotirakou, E. et all, 1999 dalam Matilda, 2000). Hasil analisis korelasi antara perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur terhadap penyisihan konsentrasi BOD adalah tidak signifikan. Penurunan konsentrasi bahan organik diakibatkan oleh proses penguraian oleh mikroorganisme di zona lumpur dan proses filtrasi yang terjadi di zona media. Penguraian bahan organik yang terjadi di zona lumpur dilakukan oleh mikroorganisme yang tumbuh dan berkembang karena adanya oksigen. Proses filtrasi terjadi ketika air limbah yang mengandung zat-zat organik ini melewati media filter maka zat organik akan tertahan pada pori atau celah-celah media. Zat-zat organik yang telah tertahan ini akan mengalami proses biologi, yaitu zat organik akan didegradasi oleh mikroorganisme.

Hasil analisis korelasi antara waktu detensi terhadap penyisihan konsentrasi TSS adalah signifikan. Penurunan konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS) pada reaktor filter *hybrid* aerobik melalui proses fisik (pengendapan) dan oleh aktifitas mikroorganisme. Proses pengendapan zat padat tersuspensi organik dan anorganik berlangsung pada ruang lumpur dan ruang media filter. Sedangkan degradasi zat padat tersuspensi organik oleh mikroorganisme terjadi di ruang lumpur. Semakin lama waktu detensi, maka *Total Suspended Solids* (TSS) pada air limbah semakin mempunyai kesempatan untuk bisa mengendap. Selain itu, mikroorganisme telah mampu beradaptasi dengan air limbah dan memperoleh nutrisi untuk kelangsungan hidupnya sehingga mikroorganisme semakin banyak dan mampu mengoksidasi bahan organik. Hal ini sejalan dengan pendapat dari Alaerts dan Santika, (1987) bahwa zat padat tersuspensi dapat bersifat organik dan anorganik Hasil analisis korelasi antara perbandingan ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur terhadap penyisihan konsentrasi TSS adalah tidak signifikan Seperti dijelaskan sebelumnya pada variasi waktu detensi, penurunan konsentrasi TSS disebabkan oleh lamanya waktu detensi yang akan berpengaruh terhadap banyaknya partikel-partikel tersuspensi yang dapat mengendap dan jumlah mikroorganisme untuk menguraikan partikel-partikel

tersuspensi. Sehingga variasi perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur tidak begitu berpengaruh.

Rendahnya efisiensi penurunan COD, BOD dan TSS dikarenakan cepatnya aliran keatas limbah sehingga tidak cukup waktu untuk biomassa tinggal dalam ruang lumpur. Menurut pendapat Souze M.E, (1986) dalam Nurhayati, (2001), pada ruang lumpur ini mempunyai kemampuan untuk menguraikan 80%-90 % buangan dengan volume ruang lumpur 30% dari ketinggian total reaktor.

Hasil analisis regresi COD, BOD, dan TSS menunjukkan hubungan yang erat antara variasi waktu detensi dan variasi perbandingan ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur. Pada reaktor filter *hybrid* aerobik data persentase penurunan konsentrasi COD sebesar 94,2 %, BOD sebesar 91,9 %, TSS sebesar 94,6 %, dipengaruhi oleh faktor variasi waktu detensi dan variasi perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur. Sedangkan sisanya masing-masing 5,8 %, 8,1 %, 5,4 % dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain yang tidak diukur dalam penelitian seperti pH dan temperatur.

Semakin lama waktu detensi dan semakin dinaikkan perbandingan ketinggian media filter dengan ruang lumpur, maka semakin besar pula persentase penurunan COD, BOD dan TSS.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa reaktor Filter *Hybrid* Aerobik aliran *Upflow* dengan media batu apung mampu menurunkan kadar COD, BOD dan TSS pada limbah cair industri kertas. Penyisihan konsentrasi COD, BOD dan TSS tertinggi berturut-turut 75,66%, 72,08% dan 80,61% terjadi pada variasi ketinggian ruang media dengan ruang lumpur 70% : 30% dengan waktu detensi 8 jam. Konsentrasi akhir BOD dan TSS berturut-turut sebesar 55,33 mg/l dan 66,67 mg/l telah memenuhi standar baku mutu limbah cair. Sedangkan untuk konsentrasi akhir COD sebesar 359,67 mg/l belum memenuhi standar baku mutu limbah cair.

5.2 Saran

Saran yang dapat diusulkan sehubungan dengan penelitian lebih lanjut adalah :

1. Perlu penelitian lebih lanjut dengan menentukan kecepatan aliran keatas air limbah untuk memperoleh waktu tinggal biomassa yang lebih lama pada ruang lumpur, sehingga penyisihan COD, BOD dan TSS lebih tinggi.
2. Pada penelitian ini limbah cair kertas yang diperoleh belum memenuhi baku mutu (nilai COD), sehingga perlu dilakukan optimasi terhadap faktor penambahan waktu detensi dan variasi perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ruang lumpur.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai Filter *Hybrid* Aerobik dengan parameter lain pada air limbah industri lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Sri Santika S, 1987, **Metode Penelitian Air**. 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**.
- Benefield, dan Randall, C.W, 1980, **Biological Process Design for Wastewater Treatment**. Prentice Hall. Inc.
- Casey, T.J., 1997. **Unit Treatment Proseses in Water and Wastewater Engineering**, John Willey & Sons, Chicester, England.
- Chen, Guang Hao, Huang, Ju- Chang and Lo, Irene, M.C. 1997, **Removal of Rate-Limiting Organic Substances in a Hybrid Biological Reactor**. Jurnal Water science and Technology Vol.35, No.6, pp 81-89. IAWQ.
- Droste, R. L., 1997, **Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment**, John Wiley & Sons, Inc, United States Of America.
- Grady, Jr, Leslie C.P dan Lim, Henry C, 1980. **Biological Wastewater Treatment**, Marcel Dekker, Inc. USA.
- Hadi, A., 2005. **Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan**. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hamoda., F. Mohamed, Al-Sharek, A, Hamed, 2000, **Performance of a Combined Biofilm-Suspended Growth System For Wastewater Treatment**. Jurnal Water Science and Technology vol.41 No 1 pp 167-175. IWA Publishing.
- Hickey, R.F.W.M WU, Mc Verga (1991) dan Vander berg (1981), **Operation Monitoring Control of High rate Anarobik treatment system water science Technologi**.
- Irene, A.A.S. 2001, **Pengaruh Rasio Resirkulasi dan Konsentrasi COD Influen terhadap kinerja Reaktor Hibrid Aerobik**. Thesis, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan ITS, Surabaya.
- Iriawan, N dan Astuti, S.P. 2006, **Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14**. Andi. Yogyakarta.
- Irfai, M. 2003, **Pengaruh Rasio Media, Resirkulasi dan Konsentrasi COD Terhadap Kinerja Reaktor Hibrid Anaerobik**. Thesis, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS Surabaya.
- Marsono, Bowo Djoko. **Pengolahan Limbah Cair Biologis**. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, ITS Surabaya.

- Matilda, 2000, **Penurunan BOD dan COD Pada Lindi TPA Supit Urang Dengan Anaerobik Biofilter Dengan Media Kerikil Dan Kolom Enceng Gondok**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
- Metcalf and Eddy, 2003, *Wastewater Engineering*. P ed. McGraw-Hill Book Co, New York
- Nurhayati, Dian Novian, 2001, **Uji Penurunan Beban Organik Pada Limbah Buatan Dengan Reaktor Hybrid Anaerobik Filter Aliran Upflow Media PVC**. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, ITS Surabaya.
- Ouyang, Chaio-Teui, Chuang, Shun-Hsing, 1999, **ROC (A), Vol 23, No.2 pp 181-204**.
- Prabowo, C, 2000. **Study Anaerobik Baffeled Reaktor (ABR) Untuk Pengolahan Limbah Cair RPH Kedurus**. Tugas Akhir jurusan Teknik Lingkungan FTSP - ITS, Surabaya.
- Prastiwi, 2004, **Studi Kinerja Sequencing Batch Reactor (SBR) Dalam Mendegradasi Limbah Rumah Potong Hewan**. Thesis, Jurusan Teknik Lingkungan ITB. Bandung.
- Qasim, S.R, 1985, **Wastewater Treatment Plant : Planning, Design and Operation**. Holt, Rineheart and Winston, CBS College Publishing.
- Reynolds, Tom D., 1982, **Unit Operational And Processes In Environmental Engineering, Brooks/cole Engineering Division California**.
- Rosalia. 2004, **Unjuk Kerja Biofilter Aerobik aliran Upflow dengan Media Batu Apung Studi: Penurunan BOD5 Terlarut pada Air Limbah Domestik**. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, ITS Surabaya..
- Slamet, A dan Masduqi, A, 2000, **Satuan Proses**. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan ITS, Surabaya.
- Slamet, A dan Masduqi, A, 2002, **Satuan Operasi**. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan ITS, Surabaya.
- Sugiharto. 1987, **Dasar – Dasar Pengolahan Air Limbah**. Universitas Indonesia – Press. Jakarta.
- Sukawati, Tri Anna, 2008. **Penurunan Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Air Limbah Laundry Dengan Menggunakan Reaktor Biosand Filter Diikuti Reaktor Activated Carbon**. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, UII Yogyakarta.
- Sutrisno, C.T., dkk, 2004, **Teknologi Penyediaan Air Bersih**. Rieka Cipta, Jakarta.
- Trihadiningrum, Y., 1995, **Mikrobiologi Lingkungan**. Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan ITS, Surabaya.

W. I Putu (2006). Penurunan COD, TSS dan Warna Pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH) Menggunakan *Anaerobik Baffled Reactor*. Skripsi. ITN Malang

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN

PERHITUNGAN

Desain Reaktor (Bentuk Tabung) :

Tinggi reaktor = 108 cm

Diameter = 11 cm

Dapat di hitung :

- Luas alas $= \pi r^2$
 $= 3,14 \times (5,5)^2 \text{ cm}$
 $= 94,98 \text{ cm}^2 = 9,498 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
- Volume reaktor kosong $= \text{Luas alas} \times \text{tinggi efektif}$
 $= 9,498 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times 1,08 \text{ m}$
 $= 10,26 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 10,26 \text{ L}$
- Volume reaktor efektif $= \text{Luas alas} \times \text{tinggi efektif}$
 $= 9,498 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times 1,03 \text{ m}$
 $= 9,783 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 9,783 \text{ L}$
- Volume media :
 - Reaktor (30%) $= \text{Luas alas} \times \text{tinggi} \times \text{porositas}$
 $= 9,498 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times 0,30 \text{ m} \times 0,43$
 $= 1,396 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
 - Reaktor (50%) $= \text{Luas alas} \times \text{tinggi} \times \text{porositas}$
 $= 9,498 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times 0,50 \text{ m} \times 0,43$
 $= 2,327 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
 - Reaktor (70%) $= \text{Luas alas} \times \text{tinggi} \times \text{porositas}$
 $= 9,498 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times 0,70 \text{ m} \times 0,43$
 $= 2,859 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
- Volume Lumpur Aktif :
 - Reaktor (30%) $= 9,783 \times 10^{-3} \text{ m}^3 - 1,396 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
 $= 8,387 \text{ L}$
 - Reaktor (50%) $= 9,783 \times 10^{-3} \text{ m}^3 - 2,327 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
 $= 7,456 \text{ L}$
 - Reaktor (70%) $= 9,783 \times 10^{-3} \text{ m}^3 - 2,859 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
 $= 6,924 \text{ L}$

▪ **Debit (Q) air limbah pada ruang lumpur**

- Untuk beban hidrolisik $2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$

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

$$Q = 2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \times 9,498 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,018996 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,018996 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{1 \cdot 10^6 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ mnt}} = 13,20 \text{ ml/mnt}$$

$$= 13,20 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 0,0132 \text{ L/mnt}$$

- Untuk beban hidrolisik $3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$

$$Q = 3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \times 9,498 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,028494 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,028494 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{1 \cdot 10^6 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ mnt}} = 19,78 \text{ ml/mnt}$$

$$= 19,78 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 0,01978 \text{ L/mnt}$$

- Untuk beban hidrolisik $4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$

$$Q = 4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \times 9,498 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,037992 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,037992 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{1 \cdot 10^6 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ mnt}} = 26,38 \text{ ml/mnt}$$

$$= 26,38 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 0,02638 \text{ L/mnt}$$

▪ **Kecepatan aliran pada ruang lumpur :**

– Untuk (Q) = 13,20 ml/mnt = $13,20 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}}$

$$= 0,0132 \text{ L/mnt} \times \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{1 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ mnt}}{1 \text{ Jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{\text{hari}}$$

$$= 0,0190 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,019 \text{ m}^3 / \text{hr}}{9,498 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

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

(1-4 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$, Ir. Bowo Djoko Marsono M. Eng)

- Untuk (Q) = 19,78 ml/mnt = 19,78 ml/mnt $\times \frac{1L}{1000ml}$

$$= 0,01978 \text{ L/mnt} \times \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{1L} \times \frac{60\text{mnt}}{1\text{Jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{\text{hari}} = 0,0285 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0285 \text{ m}^3 / \text{hr}}{9,498 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$= 2,99 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \text{ (OK, memenuhi kriteria)}$$

(1-4 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$, Ir. Bowo Djoko Marsono M. Eng)

- Untuk (Q) = 26,38ml /mnt = 26,38ml /mnt $\times \frac{1L}{1000ml}$

$$= 0,02638 \text{ L/mnt} \times \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{1L} \times \frac{60\text{mnt}}{1\text{Jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{\text{hari}} = 0,038 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,038 \text{ m}^3 / \text{hr}}{9,498 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$= 3,99 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \text{ (OK, memenuhi kriteria)}$$

(1-4 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$, Ir. Bowo Djoko Marsono M. Eng)

▪ **Debit (Q) air limbah pada media**

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

$$A_{\text{media}} = \pi r^2 \times \text{Porositas}$$

$$= 3,14 \times (5,5)^2 \times 0,43 \text{ cm}$$

$$= 40,84 \text{ cm}^2 = 4,084 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

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

$$H_L = \frac{Q}{A_{\text{media}}} \dots\dots\dots \text{(Metcalf \& Eddy, 2003)}$$

$$Q = 2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \times 4,084 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,008168 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,008168 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{1 \cdot 10^6 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ mnt}} = 5,67 \text{ ml/mnt}$$

$$= 5,67 \text{ ml/mnt} \times \frac{1L}{1000ml} = 5,67 \times 10^{-3} \text{ L/mnt}$$

- Untuk beban hidrolis 3 m³/m².hari

$$Q = 3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \times 4,084 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,012252 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,012252 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{1 \cdot 10^6 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ mnt}} = 8,51 \text{ ml/mnt}$$

$$= 8,51 \text{ ml/mnt} \times \frac{1L}{1000ml} = 8,51 \times 10^{-3} \text{ L/mnt}$$

- Untuk beban hidrolis 4 m³/m².hari

$$Q = 4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \times 4,084 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,016336 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,016336 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{1 \cdot 10^6 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ mnt}} = 11,34 \text{ ml/mnt}$$

$$= 11,34 \text{ ml/mnt} \times \frac{1L}{1000ml} = 0,01134 \text{ L/mnt}$$

▪ Kecepatan aliran pada ruang media :

$$\begin{aligned} \text{- Untuk } (Q) = 5,67 \text{ ml/mnt} &= 5,67 \text{ ml/mnt} \times \frac{1L}{1000ml} \\ &= 0,00567 \text{ L/mnt} \times \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{1L} \times \frac{60 \text{ mnt}}{1 \text{ Jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{\text{hari}} \\ &= 0,0082 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A_{\text{media}}} = \frac{0,082 \text{ m}^3/\text{hr}}{4,084 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \\ &= 1,99 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \text{ (OK, memenuhi kriteria)} \\ &\quad (1-4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari, Ir. Bowo Djoko Marsono M. Eng)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Untuk } (Q) = 8,51 \text{ ml/mnt} &= 8,51 \text{ ml/mnt} \times \frac{1L}{1000ml} \\ &= 0,00851 \text{ L/mnt} \times \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{1L} \times \frac{60 \text{ mnt}}{1 \text{ Jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{\text{hari}} \\ &= 0,0123 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$V = \frac{Q}{A_{media}} = \frac{0,0123 m^3 / hr}{4,084 \times 10^{-3} m^2}$$

$$= 2,99 m^3/m^2 \cdot \text{hari} \text{ (OK, memenuhi kriteria)}$$

(1-4 m³/m²·hari, Ir. Bowo Djoko Marsono M. Eng)

– Untuk (Q) = 11,34 ml /mnt = 11,34 ml /mnt x $\frac{1L}{1000ml}$

$$= 0,01134 L/mnt \times \frac{10^{-3} m^3}{1L} \times \frac{60mnt}{1Jam} \times \frac{24 jam}{hari}$$

$$= 0,016 m^3/hari$$

$$V = \frac{Q}{A_{media}} = \frac{0,016 m^3 / hr}{4,084 \times 10^{-3} m^2}$$

$$= 3,99 m^3/m^2 \cdot \text{hari} \text{ (OK, memenuhi kriteria)}$$

(1-4 m³/m²·hari, Ir. Bowo Djoko Marsono M. Eng)

▪ **Perhitungan Waktu Detensi**

- **Pada reaktor 70% media, dengan beban hidrolis 2 m³/m²·hari**

$$Q_{R.Media} + Q_{R.Lumpur} = 13,20 \text{ ml/mnt} + 5,67 \text{ ml/mnt}$$

$$= 18,87 \text{ ml/mnt} \times \frac{1L}{1000ml} \times \frac{10^{-3} m^3}{1L} = 18,87 \cdot 10^{-6} m^3/mnt$$

$$= 18,87 \text{ ml/mnt} \times \frac{60mnt}{1Jam} \times \frac{1L}{1000ml} = 1,132 \text{ L/jam}$$

$$= 18,87 \cdot 10^{-6} m^3/mnt \times \frac{1mnt}{60dtk} = 3,15 \cdot 10^{-7} m^3/dtk$$

$$= 18,87 \cdot 10^{-6} m^3/mnt \times \frac{60mnt}{1Jam} \times \frac{24 jam}{hari} = 0,0272 m^3/hari$$

$$V_{efektif} = V_{R.Media} + V_{R.Lumpur}$$

$$= 2,859 \times 10^{-3} + 6,924 \times 10^{-3} m^3 = 9,783 \times 10^{-3}$$

$$V_{eff} = 9,498 \cdot 10^{-3} m^2 \times 0,05 m$$

$$= 4,749 \cdot 10^{-4} m^3$$

$$\triangleright Td \text{ di media} = \frac{V_{\text{media}}}{Q} = \frac{2,859 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{18,87 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{mnt}}$$

$$Td \text{ di media} = 151 \text{ mnt} \times \frac{1 \text{ Jam}}{60 \text{ menit}} = 2,5 \text{ jam} = 0,10 \text{ hari}$$

$$\triangleright Td \text{ di reaktor} = \frac{V_{\text{efektif}}}{Q} = \frac{9,783 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{18,87 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{mnt}} = 508 \text{ mnt}$$

$$Td \text{ di reaktor} = 508 \text{ mnt} \times \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ menit}} = 8 \text{ jam} = 0,13 \text{ hari}$$

- Pada reaktor 50% media, dengan beban hidrolis 3 m³/m².hari

$$\begin{aligned} Q_{R.\text{Media}} + Q_{R.\text{Lumpur}} &= 8,51 \text{ ml/mnt} + 19,78 \text{ ml/mnt} = 28,29 \text{ ml/mnt} \\ &= 28,29 \text{ ml/mnt} \times \frac{1L}{1000\text{ml}} \times \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{1L} = 28,29 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{mnt} \\ &= 28,29 \text{ ml/mnt} \times \frac{60\text{mnt}}{1\text{Jam}} \times \frac{1L}{1000\text{ml}} = 1,697 \text{ L/jam} \\ &= 28,29 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{mnt} \times \frac{1\text{mnt}}{60\text{dtk}} = 4,715 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{dtk} \\ &= 28,29 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{mnt} \times \frac{60\text{mnt}}{1\text{Jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{\text{hari}} = 0,0408 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{efektif}} &= V_{R.\text{Media}} + V_{R.\text{Lumpur}} \\ &= 2,327 \times 10^{-3} \text{ m}^3 + 7,456 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 9,783 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{effluen}} &= 9,498 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \times 0,05 \text{ m} \\ &= 4,749 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\triangleright Td \text{ di media} = \frac{V_{\text{media}}}{Q} = \frac{2,327 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{28,29 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{mnt}}$$

$$Td \text{ di media} = 82,2 \text{ mnt} \times \frac{1 \text{ Jam}}{60 \text{ menit}} = 1,4 \text{ jam} = 0,05 \text{ hari}$$

$$\triangleright Td \text{ di reaktor} = \frac{V_{\text{efektif}}}{Q} = \frac{9,783 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{28,29 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{mnt}} = 346 \text{ mnt}$$

$$Td \text{ di reaktor} = 346 \text{ mnt} \times \frac{1 \text{ Jam}}{60 \text{ menit}} = 6 \text{ jam} = 0,25 \text{ hari}$$

- Pada reaktor 30% media, dengan beban hidrolis 4 m³/m².hari

$$\begin{aligned}
 Q_{R.Media} + Q_{R.Lumpur} &= 11,34 \text{ ml/mnt} + 26,38 \text{ ml/mnt} = 37,72 \text{ ml/mnt} \\
 &= 37,72 \text{ ml/mnt} \times \frac{1L}{1000ml} \times \frac{10^{-3}m^3}{1L} = 37,72 \cdot 10^{-6} m^3/mnt \\
 &= 37,72 \text{ ml/mnt} \times \frac{60mnt}{1Jam} \times \frac{1L}{1000ml} = 2,263 \text{ L/jam} \\
 &= 37,72 \cdot 10^{-6} m^3/mnt \times \frac{1mnt}{60dtk} = 6,3 \times 10^{-7} m^3/dtk \\
 &= 37,72 \cdot 10^{-6} m^3/mnt \times \frac{60mnt}{1Jam} \times \frac{24jam}{hari} = 0,054 m^3/hari
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{efektif} &= V_{R.Media} + V_{R.Lumpur} \\
 &= 1,396 \times 10^{-3} m^3 + 8,387 \times 10^{-3} m^3 = 9,783 \times 10^{-3} m^3
 \end{aligned}$$

$$V_{effluen} = 9,498 \cdot 10^{-3} m^2 \times 0,05 m = 4,749 \cdot 10^{-4} m^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Td di media} &= \frac{V_{media}}{Q} \\
 &= \frac{1,396 \cdot 10^{-3} m^3}{37,72 \cdot 10^{-6} m^3 / mnt}
 \end{aligned}$$

$$\text{Td di media} = 37 \text{ mnt} \times \frac{1Jam}{60menit} = 0,6 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Td di reaktor} &= \frac{V_{efektif}}{Q} \\
 &= \frac{9,783 \cdot 10^{-3} m^3}{37,72 \cdot 10^{-6} m^3 / mnt}
 \end{aligned}$$

$$\text{Td di media} = 259,3 \text{ mnt} \times \frac{1Jam}{60menit} = 4 \text{ jam} = 0,16 \text{ hari}$$

Jadi waktu detensi 8 jam, 6 jam, dan 4 jam.

LAMPIRAN B
METODE ANALISIS SAMPEL

Pemeriksaan Angka Permanganat (PV)

1. Metode

Titration permanganometri

2. Prinsip

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

3. Pereaksi

a. Larutan KMnO_4 0,1 N

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

b. Larutan KMnO_4 0,01 N

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

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

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

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

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

e. Larutan H_2SO_4 8 N bebas zat organik

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

4. Cara Kerja

➤ **Pembebasan labu elenmeyer dari zat organik**

- 100 ml air keran dimasukan 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 dimasukan 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 $70^\circ C$
- Jika selama mendidih warna merah muda hilang, tambahkan lagi larutan $KMnO_4$ 0,01 N sampai warnanya stabil. (± 5 menit) (Dinginkan)
- Tambahkan 10 ml larutan baku $KMnO_4$ 0,01 N kemudian panaskan lagi hingga mendidih selama 10 menit, suhu $100^\circ C$.
- Setelah itu tambahkan 10 ml larutan baku asam oksalat 0,01 N (temperatur $80^\circ - 70^\circ C$)
- 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 :

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

Dengan Penjelasan:

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

B : Normalitas larutan baku KMnO_4

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

Dengan penjelasan

V_1 = ml larutan baku asam Oksalat

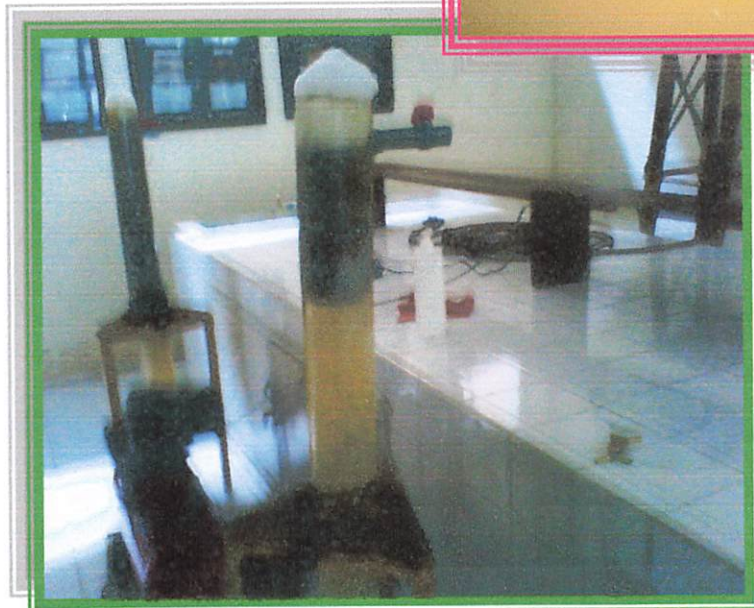
V_2 = ml larutan baku KMnO_4 yang digunakan untuk titrasi

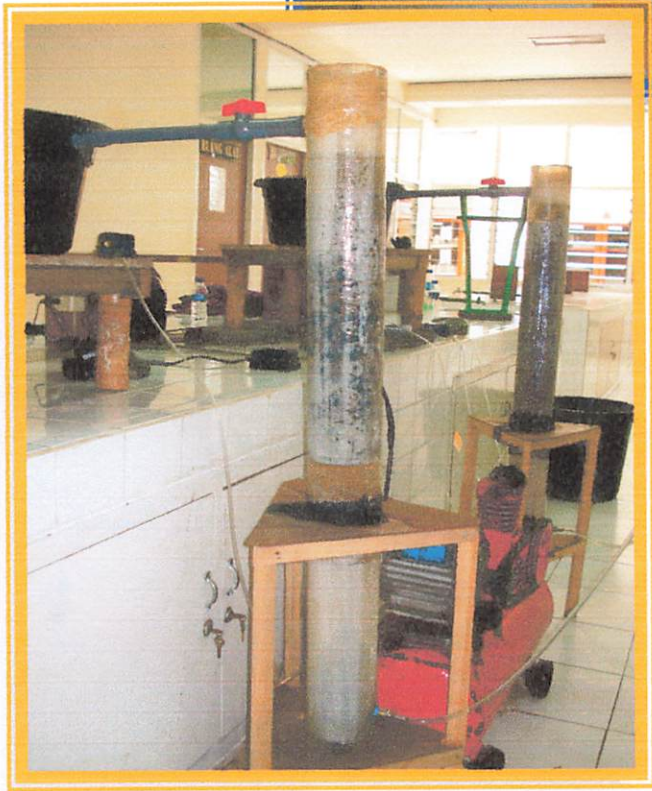
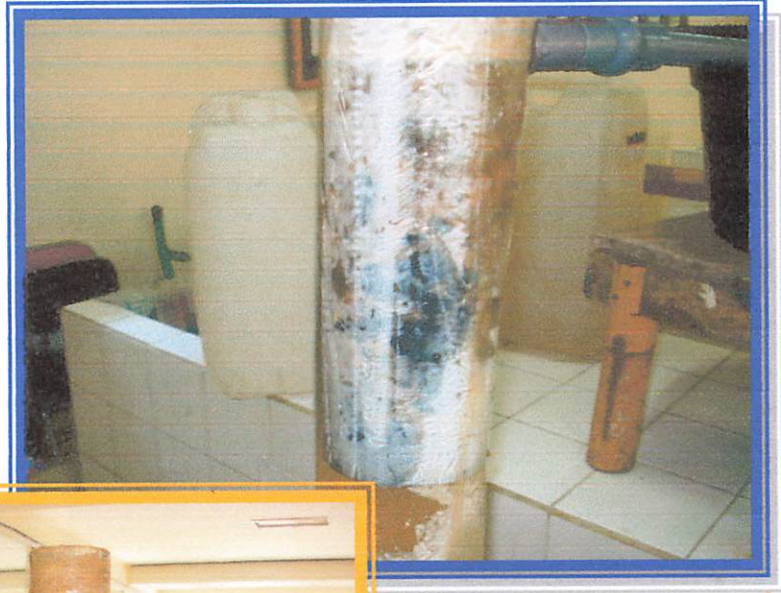
N_1 = Normalitas larutan baku asam oksalat

N_2 = Normalitas larutan baku KMnO_4 yang dicari

P : faktor pengenceran larutan uji

LAMPIRAN C
Dokumentasi Penelitian





LAMPIRAN D
Data Penelitian

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@jasatirta1.go.id

KAN
Komite Akreditasi Nasional
Laboratorium Pengujian
LP - 227 - IIR

RTA I

SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 071 S/LKA MLG/III/09

Halaman 1 dari 2
Page 1 of 2

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : Megavirwina
Name
Alamat : Jl. Sumber Bening Indah No. 30 Lawang
Address

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : Ext.02 / IB / III / 2009 / 02
Sample Code
Jenis Contoh Uji : Air limbah Kertas
Type of Sample
Lokasi Pengambilan Contoh Uji : Malang
Sampling Location
Petugas Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Done By
Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji : -
Date Time of Sampling
Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : 03 Maret 2009 / Jam 13:40 WIB
Date Time of Sample Receiving in Laboratory
Kondisi Contoh Uji : -
Sample Condition (s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir
Enclosed

Diterbitkan Di/ Tanggal : Malang, 10 Maret 2009
Place/ Date of Issue

**ASLI
ORIGINAL**

Contoh uji diambil oleh Megavirwina Tanggal 03 Maret
09 Jam 11:30 WIB

Laboratorium Kualitas Air
Perum Jasa Tirta I

Inni Dian Rohani, ST

Kepala Laboratorium
Head of Laboratory

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

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or 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@jasatirta1.go.id



Laboratorium Penguji
LP - 227 - IQN

Nomor : 071 S/LKA MLG/III/09

Kode Contoh Uji : Ext.02 / IB / III / 2009 / 02
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

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

Tanggal Analisa : 03 - 09 Maret 2009
Testing Date(s)

HASIL ANALISA *Result of Analysis*

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Air Limbah Kertas Malang					
1	Temperatur	°C	27,5	Q1/LKA/12 (Termometri)	-
2	pH	-	5,9	Q1/LKA/08 (Elektrometri)	-
3	BOD	mg/L	198,2	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
4	COD	mg/L	1 478,0	Q1/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
5	TSS	mg/L	343,8	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
6	Timbal	mg/L	tt **)	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	MDL = 0,0163
					-



**) tt = Tidak terdeteksi

Conclusion

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 publicated 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 TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Extension 187
Malang 65145



Mohon maaf, bila ada kesalahan dalam penulisan : nama, gelar jabatan dan alamat.

No : ITN-25.4/Lab.T.Ling/FTSP/2009

HASIL ANALISIS SAMPEL AIR

a.n. : - Megavirwina Drasnyta (0326008)
- Umdatur Rosidah (0326036)

Lokasi : Pabrik Kertas Pagak, Kab. Malang

Sampling : Oleh konsumen

Analisis : Oleh konsumen

Tanggal Analisis Sampel : 17 April – 13 Mei 2009

TAHAP AKLIMATISASI

DATA PENELITIAN UNTUK ANALISA pH, SUHU DAN DO

Hari / Tanggal	Reaktor	Parameter		
		pH	T (°C)	DO
Rabu, 29-04-2009	30 %	7,35	24,7	2,38
	50%	7,00	24,7	2,65
	70%	6,70	24,7	2,81
Kamis, 30-04-2009	30 %	7,21	25,8	5,08
	50%	7,29	25,8	3,33
	70%	6,80	25,8	3,98
Jum'at 01-05-2009	30 %	7,04	24,8	5,33
	50%	7,15	24,9	3,83
	70%	7,27	25,0	4,90
Sabtu, 02-04-2009	30 %	7,35	24,8	4,67
	50%	7,26	24,9	3,62
	70%	7,30	24,9	3,91
Minggu, 03-04-2009	30 %	7,27	25,0	3,95
	50%	7,13	25,0	3,37
	70%	7,29	25,0	3,58
Senin, 04-04-2009	30 %	7,38	25,0	3,66
	50%	7,26	25,0	3,12
	70%	7,33	25,0	3,40
Selasa, 05-04-2009	30 %	7,41	25,0	3,43
	50%	7,30	25,0	2,95
	70%	7,45	25,0	3,26



LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN



Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Extension 187
Malang 65145

DATA PENELITIAN UNTUK ANALISA MATERI ORGANIK

Hari/ Tanggal	Reaktor	Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
Sabtu, 18-04-2009	30 %	59,41	0
	50%	53,87	0
	70%	36,41	0
Minggu, 19-04-2009	30 %	61,62	-3,72
	50%	48,79	9,4
	70%	52,45	-44,05
Senin, 20-04-2009	30 %	46,37	24,75
	50%	41,60	14,74
	70%	63,62	-21,29
Selasa, 21-04-2009	30 %	44,53	3,97
	50%	38,74	6,88
	70%	56,05	11,90
Rabu, 22-04-2009	30 %	44,24	0,65
	50%	40,67	-4,98
	70%	50,37	10,13
Kamis, 23-04-2009	30 %	39,60	10,49
	50%	36,08	11,29
	70%	44,52	11,61
Jum'at 24-04-2009	30 %	36,04	8,98
	50%	33,38	7,48
	70%	40,95	8,10
Sabtu, 25-04-2009	30 %	32,30	10,38
	50%	30,09	9,85
	70%	36,30	11,36
Minggu, 26-04-2009	30 %	28,74	11,02
	50%	31,58	-41,77
	70%	32,73	3,57

Hari/ Tanggal	Reaktor	Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
Senin, 27-04-2009	30 %	25,67	10,68
	50%	30,65	2,94
	70%	29,30	10,48
Selasa, 28-04-2009	30 %	23,40	8,84
	50%	29,54	7,39
	70%	27,36	6,62
Rabu, 29-04-2009	30 %	55,25	-136,11
	50%	35,37	-1,39
	70%	57,14	-108,85



LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN




Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Extention 187
Malang 65145


Kamis, 30-04-2009	30 %	52,58	4,83
	50%	34,53	2,37
	70%	53,07	7,13
Jum'at 01-05-2009	30 %	50,32	4,30
	50%	33,53	8,22
	70%	49,23	7,24
Sabtu, 02-05-2009	30 %	48,52	3,58
	50%	30,96	7,66
	70%	46,60	5,34
Minggu, 03-05-2009	30 %	46,10	4,98
	50%	28,80	6,17
	70%	44,31	4,91
Senin, 04-05-2009	30 %	43,50	5,64
	50%	27,23	5,55
	70%	41,80	5,66
Selasa, 05-05-2009	30 %	40,56	6,76
	50%	25,91	4,85
	70%	39,23	6,15

Pengambilan sampel dan proses analisis di laboratorium dilakukan sendiri oleh konsumen (hasil diluar tanggungjawab laboratorium). Hasil analisis ini hanya berlaku untuk kondisi sampel saat itu.

Malang, 18 Mei 2009
Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan



Hardianto, ST, MT
NIP. Y. 1030000350





LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Extension 187
Malang 65145



Mohon maaf, bila ada kesalahan dalam penulisan : nama, gelar jabatan dan alamat.

No : ITN-25.4/Lab.T.Ling/FTSP/2009

HASIL ANALISIS SAMPEL AIR

a.n. : - Megavirwina Drasnyta (0326008)
- Umdatur Rosidah (0326036)
Lokasi : Pabrik Kertas Pagak, Kab. Malang
Sampling : Oleh konsumen
Analisis : Oleh konsumen
Tanggal Analisis Sampel : 17 April – 13 Mei 2009

TAHAP SEEDING

DATA PENELITIAN UNTUK ANALISA pH, SUHU DAN DO

Hari/ Tanggal	Reaktor	Parameter		
		pH	T (°C)	DO
Jum'at, 17-04-2009	30 %	6,89	26,1	3,85
	50%	7,23	26,0	3,13
	70%	7,16	26,1	3,72
Sabtu, 18-04-2009	30 %	7,54	26,0	2,8
	50%	7,13	26,1	2,3
	70%	7,20	26,1	1,07
Minggu, 19-04-2009	30 %	7,31	25,5	5,23
	50%	7,05	25,5	5,67
	70%	7,16	25,5	6,26
Senin, 20-04-2009	30 %	7,35	25,5	5,50
	50%	7,47	25,1	5,78
	70%	7,35	25,3	6,01
Selasa, 21-04-2009	30 %	7,38	25,2	5,17
	50%	7,45	25,2	5,83
	70%	7,80	25,2	5,99
Rabu, 22-04-2009	30 %	7,47	24,9	5,84
	50%	7,58	25,0	5,79
	70%	7,78	24,9	6,13
Kamis, 23-04-2009	30 %	7,64	25,0	5,88
	50%	7,53	25,1	6,04
	70%	7,58	24,9	6,14
Jum'at 24-04-2009	30 %	7,50	25,1	5,60
	50%	7,50	25,2	6,13
	70%	7,27	25,1	5,88



LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN



Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Extention 187
Malang 65145

NIAGA MALANG

Hari/ Tanggal	Reaktor	Parameter		
		pH	T (°C)	DO
Sabtu, 25-04-2009	30 %	7,53	25,1	5,63
	50%	7,67	25,1	6,13
	70%	7,63	25,1	5,88
Minggu, 26-04-2009	30 %	7,59	25,3	5,93
	50%	7,48	25,2	6,14
	70%	7,49	25,3	6,23
Senin, 27-04-2009	30 %	7,50	24,9	6,12
	50%	7,66	24,9	5,98
	70%	7,58	24,9	6,11

DATA PENELITIAN UNTUK ANALISA MLSS DAN MLVSS

Hari/ Tanggal	Reaktor	Parameter	
		MLSS (mg/l)	MLVSS (mg/l)
Jum'at, 17-04-2009	30 %	400	300
	50%	400	300
	70%	1200	900
Sabtu, 18-04-2009	30 %	1200	900
	50%	1200	900
	70%	1200	900
Minggu, 19-04-2009	30 %	1200	900
	50%	1200	900
	70%	1600	1200
Senin, 20-04-2009	30 %	1200	900
	50%	1200	900
	70%	1200	900
Selasa, 21-04-2009	30 %	1600	1200
	50%	1600	1200
	70%	2000	1500
Rabu, 22-04-2009	30 %	1200	900
	50%	1600	1200
	70%	2000	1500
Kamis, 23-04-2009	30 %	1600	1200
	50%	2000	1500
	70%	2400	1800
Jum'at 24-04-2009	30 %	1600	1200
	50%	2000	1500
	70%	2400	1800
Sabtu, 25-04-2009	30 %	1600	1200
	50%	2400	1800
	70%	2800	2100



LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Extention 187
Malang 65145



Hari/ Tanggal	Reaktor	Parameter	
		MLSS (mg/l)	MLVSS (mg/l)
Minggu, 26-04-2009	30 %	2400	1800
	50%	2400	1800
	70%	-	-
Senin, 27-04-2009	30 %	2800	2100
	50%	2800	2100
	70%	-	-

Pengambilan sampel dan proses analisis di laboratorium dilakukan sendiri oleh konsumen (hasil diluar tanggungjawab laboratorium). Hasil analisis ini hanya berlaku untuk kondisi sampel saat itu.

Malang, 18 Mei 2009

Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan





LAPORAN HASIL ANALISA

NO : LP.64 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT.150803 / 2009

1. Data Konsumen :

Nama konsumen : Umdatur Rosidah
Instansi : FTSP Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang
Alamat : Jalan. Bendungan Sigura-gura V kav 3B Malang
Telepon : (0341) 578007
Status : Mahasiswa
Keperluan analisis : Penelitian

2. Sampling dilakukan

: Oleh konsumen

3. Identifikasi sampel

Nama sampel : Limbah Cair Industri Kertas
Wujud : Cairan
Bentuk : Cair

4. Prosedur analisa

: Dari Lab. Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA Unibraw Malang

5. Penyampaian laporan hasil analisis

: Diambil sendiri

6. Tanggal terima sampel

: 06 Mei 2009

7. Data hasil analisa

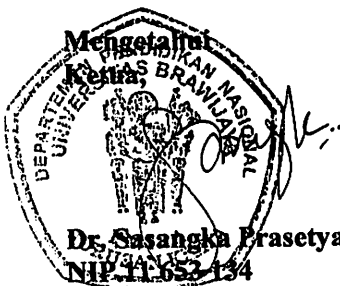
No.	Parameter	Hasil Analisa			Satuan	Metode	
		Kadar				Pereaksi	Metode
		1	2	3			
Reaktor 30% Ruang Media Filter : 70% Ruang Lumpur							
1.	COD 4 jam	615	615	616	mg/l	Indikator Ferroin	Titration Redoks
2.	COD 6 jam	503	506	507	mg/l	Indikator Ferroin	Titration Redoks
3.	COD 8 jam	461	460	462	mg/l	Indikator Ferroin	Titration Redoks
Reaktor 50% Ruang Media Filter : 50% Ruang Lumpur							
1.	COD 4 jam	595	594	597	mg/l	Indikator Ferroin	Titration Redoks
2.	COD 6 jam	458	455	460	mg/l	Indikator Ferroin	Titration Redoks
3.	COD 8 jam	402	401	404	mg/l	Indikator Ferroin	Titration Redoks
Reaktor 70% Ruang Media Filter : 30% Ruang Lumpur							
1.	COD 4 jam	579	582	580	mg/l	Indikator Ferroin	Titration Redoks
2.	COD 6 jam	436	439	439	mg/l	Indikator Ferroin	Titration Redoks
3.	COD 8 jam	359	360	360	mg/l	Indikator Ferroin	Titration Redoks

Catatan :

Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sample dengan kondisi sampel saat itu.

Malang, 25 Mei 2009
Kalab. Lingkungan,

Ir. Bambang Ismuyanto, MS.
NIP. 131 616 317





LAPORAN HASIL ANALISA

NO : LP.65 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT.150803 /2009

1. Data Konsumen :
- Nama konsumen : Umdatur Rosidah
 Instansi : FTSP Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang
 Alamat : Jalan. Bendungan Sigura-gura V kav 3B Malang
 Telepon : (0341) 578007
 Status : Mahasiswa
 Keperluan analisis : Penelitian
2. Sampling dilakukan : Oleh konsumen
3. Identifikasi sampel : Limbah Cair Industri Kertas
 Nama sampel : Cairan
 Wujud : Cair
 Bentuk : Cair
4. Prosedur analisa : Dari Lab. Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA Unibraw Malang
5. Penyampaian laporan hasil analisis : Diambil sendiri
6. Tanggal terima sampel : 06 Mei 2009
7. Data hasil analisa :

No.	Parameter	Hasil Analisa			Satuan	Metode	
		Kadar				Pereaksi	Metode
		1	2	3			
Reaktor 30% Ruang Media Filter : 70% Ruang Lumpur							
1.	BOD 4 jam	113	114	114	mg/l	Na ₂ S ₂ O ₃	Iodometri
2.	BOD 6 jam	96	97	99	mg/l	Na ₂ S ₂ O ₃	Iodometri
3.	BOD 8 jam	84	84	85	mg/l	Na ₂ S ₂ O ₃	Iodometri
Reaktor 50% Ruang Media Filter : 50% Ruang Lumpur							
1.	BOD 4 jam	82	81	81	mg/l	Na ₂ S ₂ O ₃	Iodometri
2.	BOD 6 jam	77	78	77	mg/l	Na ₂ S ₂ O ₃	Iodometri
3.	BOD 8 jam	71	70	70	mg/l	Na ₂ S ₂ O ₃	Iodometri
Reaktor 70% Ruang Media Filter : 30% Ruang Lumpur							
1.	BOD 4 jam	79	80	80	mg/l	Na ₂ S ₂ O ₃	Iodometri
2.	BOD 6 jam	63	65	65	mg/l	Na ₂ S ₂ O ₃	Iodometri
3.	BOD 8 jam	55	55	56	mg/l	Na ₂ S ₂ O ₃	Iodometri

Catatan :

Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sample dengan kondisi sampel saat itu.



Malang, 25 Mei 2009
 Kalab. Lingkungan,

Ir. Bambang Ismuyanto, MS.
 NIP. 131 616 317



LAPORAN HASIL ANALISA

NO : LP.66 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT.150803 / 2009

1. Data Konsumen :

Nama konsumen : Umdatur Rosidah
 Instansi : FTSP Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang
 Alamat : Jalan. Bendungan Sigura-gura V kav 3B Malang
 Telepon : (0341) 578007
 Status : Mahasiswa

2. Sampling dilakukan

: Penelitian
 : Oleh konsumen

3. Identifikasi sampel

Nama sampel : Limbah Cair Industri Kertas
 Wujud : Cairan
 Bentuk : Cair

4. Prosedur analisa

: Dari Lab. Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA Unibraw Malang

5. Penyampaian laporan hasil analisis

: Diambil sendiri

6. Tanggal terima sampel

: 06 Mei 2009

7. Data hasil analisa

:

No.	Parameter	Hasil Analisa			Satuan	Metode	
		Kadar				Pereaksi	Metode
		1	2	3			
Reaktor 30% Ruang Media Filter : 70% Ruang Lumpur							
1.	TSS 4 jam	136	136	135	mg/l	-	Gravimetri
2.	TSS 6 jam	117	118	118	mg/l	-	Gravimetri
3.	TSS 8 jam	102	102	101	mg/l	-	Gravimetri
Reaktor 50% Ruang Media Filter : 50% Ruang Lumpur							
1.	TSS 4 jam	128	129	129	mg/l	-	Gravimetri
2.	TSS 6 jam	106	105	105	mg/l	-	Gravimetri
3.	TSS 8 jam	87	86	88	mg/l	-	Gravimetri
Reaktor 70% Ruang Media Filter : 30% Ruang Lumpur							
1.	TSS 4 jam	111	111	110	mg/l	-	Gravimetri
2.	TSS 6 jam	73	75	75	mg/l	-	Gravimetri
3.	TSS 8 jam	66	67	67	mg/l	-	Gravimetri

Catatan :

Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sample dengan kondisi sampel saat itu.



Malang, 25 Mei 2009
 Kalah. Lingkungan,

Ir. Bambang Ismuyanto, MS.
 NIP. 131 616 317

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Sang Maha Sempurna Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman. Hanya kepada-Nya aku berlindung dan memohon pertolongan, dan hanya kepada-Mu aku menadahkan semua telapak tangan di ujung malam untuk meminta. Ya Allah hanya dengan pertolongan-Mu aku dapat menyelesaikan skripsi ini...

SKRIPSI INI KUPERSEMBAHKAN KEPADA :

Kedua Orang Tuaku tercinta Bapak Syarifuddin dan Mama Nurrahmi, atas doa, kasih sayang, segala dukungan, perhatian, pengorbanan dan semua yang sudah diberikan kepada ananda selama ini...

Adekku Fathurrahman, makasih atas perhatian dan pengertiannya,,tetap semangat kuliah & jangan malas-malas ya...

Keluarga Besarku yang selalu mendukung dan mendoakan ananda..(makasih banget buat sumbangan materinya hehe...). Buat sepupuku Dian, makasih atas perhatiannya selama ini,,cepat lulus non..

Terima kasih dan Penghargaan sebesar-besarnya untuk Bapak & Ibu Dosen Pengajar yang dengan sabar menuntun, membimbing, membantu dan memberi masukkan tuk bekal dalam meraih cita-cita dan harapan saya di hari-hari selanjutnya.

Buat teman-teman seperjuanganku TL ITN "2003":

Megav_migel (makasih Ga..untuk dukungannya,,dah banyak ngebantuin aku selama ini,,akhirnya kita bisa wisuda bareng.), Titin "Borneo", Erna, Yayan, Merry Chan (BANZAI!!tung, semangat ya ngerjain skripsinya,,tinggal dikit aja koq), Evy (kita lulus juga Vi), Kiki, Lili, Aban, Arif, Rizal, O'oN, Syamsul, Ghunt, Yusri, Phian, Cholis, Dika, Agus, Remon, Ode dan Raymon. Terima kasih untuk bantuan dan dukungan yang selalu kalian berikan buat aku. "Sahabat itu kayak potongan puzzle, tiap potongan punya tempat tersendiri dan gak bisa digantikan oleh potongan lain. Walaupun mereka hilang entah kemana, tapi masih ada tempat untuk mereka.."

Kak Baiq (makasih Kak, sudah nemenin kemana-mana dan banyak ngebantuin aku,,), Kak Baby Latjuba (Jeng,,jangan ngeroll rambut terus,,moga langgeng sama Mas Piping), Kak Dian, Kak Ivan, Kak Irfan, Kak Azizi, Kak Mahatma, Kak Nelius, Rian, Efraim, Nyoman dan Angel (akhirnya kita wisuda bareng juga).

Buat anak-anak TL ITN:

Dwi, Dewi, Agnes, Rini, Paul, Rusadi, Caca, Mawardin, Dadi , dan semua teman-teman TL yang tidak disebutkan TERIMA KASIH untuk bantuan dan semangatnya.

Penghuni Sigura-gura V/KAV 3B : Bapak Budi sekeluarga, terima kasih atas kenyamanan kost-kostan yang diberikan. Adek-adek kostku, Anna (semangat Na ngerjain skripsinya, biar cepat lulus), Hani, Dwi, Unun, Decy dan Widia.
Terima kasih untuk dukungannya selama ini.

Terima kasih untuk semua pihak yang tidak dapat aku sebutkan satu persatu atas do'a dan dukungan yang telah diberikan..

“JATI DIRI KITA ADALAH SAMA-SAMA MANUSIA! TIDAK ADA ALASAN UNTUK MERASA KECIL DIBANDINGKAN ORANG LAIN. JIKA ORANG LAIN BISA SUKSES, KITA PUN BISA SUKSES”

”JADIKAN KERAGUAN DAN EJEKAN SEBAGAI CAMBUK UNTUK MEMPERKUAT TEKAD DAN PERJUANGKAN DENGAN SEGENAP KEMAMPUAN YANG ADA. BUKTIKAN SEMUA MIMPI DAPAT MENJADI KENYATAAN”.