

SKRIPSI

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

Disusun oleh :
MEGAVIRWINA DRASNYTA
03.26.008



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

2009

0002

RECEIVED TELETYPE UNIT
COMMUNICATIONS SECTION
DEPARTMENT OF DEFENSE
WASHINGTON

1TH PLANG
DEPUS TUKAR
MILIT
KABUPATEN
BANGKALAN

00-00-000

RECEIVED TELETYPE UNIT

Department of Defense

RECEIVED TELETYPE UNIT
COMMUNICATIONS SECTION
DEPARTMENT OF DEFENSE
WASHINGTON

0002

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

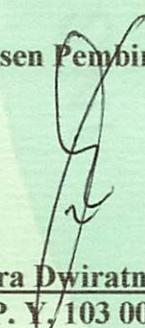
**UJI KEMAMPUAN REAKTOR FILTER *HYBRID* AEROBIK
ALIRAN *UPFLOW* SISTEM RESIRKULASI DENGAN MEDIA
BATU APUNG UNTUK PENURUNAN COD DAN TSS PADA
LIMBAH CAIR INDUSTRI KERTAS DI MALANG**

Oleh:

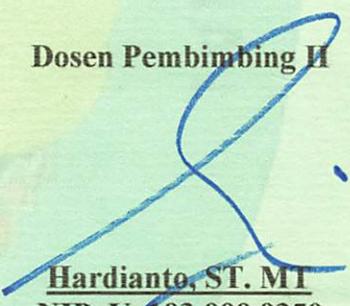
**MEGAVIRWINA DRASNYTA
03.26.008**

**Menyetujui :
Tim Pembimbing**

Dosen Pembimbing I


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

Dosen Pembimbing II


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

Mengetahui

Ketua Jurusan/Prodi Teknik Lingkungan



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

Drasnyta, M. Dwiratna, C., Hardianto., 2009. **UJI KEMAMPUAN REAKTOR FILTER *HYBRID* AEROBIK ALIRAN *UPFLOW* SISTEM RESIRKULASI DENGAN MEDIA BATU APUNG UNTUK PENURUNAN COD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI KERTAS DI MALANG.** Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAKSI

Banyak industri kertas dan pulp yang menghasilkan limbah cair dengan konsentrasi COD dan TSS yang cukup tinggi. Oleh karena itu perlu dibuat sebuah pengolahan limbah untuk menurunkan konsentrasi COD dan TSS tersebut agar memenuhi standart baku mutu limbah cair yang ditetapkan. Mengingat besarnya biaya pengolahan air limbah maka peneliti mencari alternatif yang relatif murah dan mudah dengan efisiensi yang tinggi dalam pengoperasiannya dan ramah lingkungan. Penelitian ini dilakukan untuk menguji kemampuan reaktor filter *hybrid* aerobik aliran *upflow* sistem resirkulasi dalam menurunkan COD dan TSS pada limbah cair industri kertas.

Reaktor *hybrid* merupakan penggabungan proses pertumbuhan mikroba terlekat (*attached growth*) dan pertumbuhan mikroba tersuspensi (*suspended growth*). Dalam penelitian ini media pelekatan mikroorganisme yang digunakan adalah batu apung. Proses degradasi dilakukan dengan waktu detensi 4 jam, 6 jam dan 8 jam dengan rasio tinggi antara ruang pertumbuhan terlekat dengan ruang pertumbuhan tersuspensi yaitu 30%:70%, 50%:50%, 70%:30%, dimana reaktor dioperasikan pada variasi resirkulasi 25%,50%, 75%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor resirkulasi sangat berpengaruh terhadap kinerja reaktor dalam menurunkan konsentrasi COD dan TSS secara optimal. Konsentrasi awal COD sebesar 1478,7 mg/l dan untuk TSS sebesar 383 mg/l. Didapat persentase penyisihan COD dan TSS terbaik masing-masing sebesar 95,1% dan 96,8% terjadi pada reaktor 70% ruang filter : 30% ruang lumpur, dengan rasio resirkulasi 75% pada waktu detensi 8 jam dan didapat konsentrasi akhir COD sebesar 77,67 mg/l dan konsentrasi akhir TSS sebesar 11 mg/l.

Kata Kunci : *Reaktor Hybrid Aerobik, COD dan TSS, Industri Kertas*

KATA PENGANTAR

Puji dan syuku kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan rancangan hidup yang indah serta karuniaNya yang tidak pernah berkesudahan, sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Uji Kemampuan Reaktor Filter *Hybrid* Aerobik Aliran *Upflow* Sistem Resirkulasi dengan Media Batu Apung untuk Penurunan COD dan TSS pada Limbah Cair Industri Kertas di Malang.”** Skripsi ini diajukan untuk menyelesaikan Program Sarjana Teknik Lingkungan di ITN Malang.

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

1. Kedua orangtuaku, Papa dan Mama, yang selalu menyayangi, membiayai dan mendoakan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik
2. Ibu Candra Dwi Ratna, ST. MT selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang dan selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
3. Bapak Hardianto, ST.MT selaku dosen Pembimbing II dalam pembuatan skripsi sekaligus Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
4. Ibu Evy Hendriarianti, ST, MMT selaku dosen pembahas yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
5. Bapak Sudiro, ST, MT. selaku dosen pembahas yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
6. Dosen-dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
7. Teman-teman Teknik Lingkungan dan semua pihak yang telah membantu dan memberi dukungan dalam penyusunan skripsi ini.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat hal – hal yang dapat dikembangkan lebih lanjut, untuk itu penyusun menyambut baik saran dan kritik demi kesempurnaan skripsi ini, penyusun juga berharap agar skripsi ini bermanfaat bagi para pembaca khususnya rekan-rekan mahasiswa di Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang dan masyarakat luas pada umumnya.

Malang, Oktober 2009

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Ruang Lingkup.....	2

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Kertas.....	3
2.1.1 Karakteristik Fisik Air Limbah.....	5
2.1.2 Karakteristik Kimiawi Air Limbah.....	5
2.1.3 Karakteristik Biologis Air Limbah.....	6
2.2 Pengolahan Air Buangan Secara Biologi.....	6
2.2.1 Proses Pertumbuhan Reaktor Terlekat.....	7
2.2.2 Proses Reaktor Pertumbuhan Tersuspensi	10
2.3 Proses Reaktor <i>Hybrid</i> Aerobik.....	13
2.4 Hasil Penelitian Menggunakan <i>Suspended Growth, Attached Growth</i> dan Kombinasinya.....	15
2.5 Media Batu Apung.....	16
2.6 Metode Pengolahan Data.....	17
2.6.1 Statistika Deskriptif dan Inferensi.....	17
2.6.2 Analisis Korelasi.....	17
2.6.3 Analisis Regresi.....	18
2.6.4 Pengantar Desain Eksperimen.....	19
2.6.4.1 Langkah-langkah dalam Desain Eksperimen.....	19
2.6.4.2 <i>Analysis of Variance</i>	19

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian.....	20
3.2 Lokasi Penelitian.....	20
3.3. Variabel Penelitian.....	20
3.4. Spesifikasi Alat dan Bahan yang direncanakan.....	21
3.4.1 Reaktor Filter <i>Hybrid</i> Aerobik.....	21
3.4.2 Bahan.....	22
3.5. Cara Kerja.....	22
3.5.1 Pengambilan Sampel.....	22
3.5.2 Penyiapan Media Filter.....	22
3.5.3 Analisis Pendahuluan.....	22
3.5.4 Pelaksanaan Percobaan.....	22
3.5.4.1 Tahap Pembenihan.....	22
3.5.4.2 Aklimatisasi.....	22
3.5.4.3 Tahap Operasional.....	23
3.6. Metode Penelitian.....	23
3.6.1 Metode Analisis Parameter Uji.....	23
3.6.1.1 Permanganat.....	23
3.6.1.2 Chemical Oxygen Demang (COD).....	23
3.6.1.3 Total Suspended Solid (TSS).....	24
3.7. Metode Statistik.....	24
3.8. Kerangka Penelitian.....	25

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Kertas di Malang.....	27
4.2 Tahap <i>Seeding</i>	28
4.3 Tahap Aklimatisasi.....	32
4.4 Analisis Deskriptif.....	38
4.4.1 Analisis Deskriptif COD.....	39
4.4.2 Analisis Deskriptif TSS.....	40
4.5 Analisis Statistik.....	42
4.5.1 Hasil Uji Korelasi.....	42
4.5.1 Analisis Regresi.....	45

4.5.3 Analisis ANOVA.....	51
4.6 Pembahasan.....	56
4.6.1 Penurunan Konsentrasi COD.....	56
4.6.2 Penurunan Konsentrasi TSS.....	59
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	62
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Standar Baku Mutu Limbah Cair Industri Kertas.....	4
Tabel 4.1.	Hasil Analisis Awal Limbah Cair Industri Kertas.....	27
Tabel 4.2.	Jumlah Mikroorganisme (MLVSS) pada Reaktor 30% Ruang Filter : 70% Ruang Lumpur.....	28
Tabel 4.3.	Jumlah Mikroorganisme (MLVSS) pada Reaktor 50% Ruang Filter : 50% Ruang Lumpur.....	29
Tabel 4.4.	Jumlah Mikroorganisme (MLVSS) pada Reaktor 70% Ruang Filter : 30% Ruang Lumpur.....	30
Tabel 4.5.	Penyisihan Bahan Organik pada Reaktor 30% Ruang Filter : 70% Ruang Lumpur.....	33
Tabel 4.6.	Penyisihan Bahan Organik pada Reaktor 50% Ruang Filter : 50% Ruang Lumpur.....	35
Tabel 4.7.	Penyisihan Bahan Organik pada Reaktor 70% Ruang Filter : 30% Ruang Lumpur.....	36
Tabel 4.8.	Data Konsentrasi COD dan Persentase Penyisihan COD.....	39
Tabel 4.9.	Data Konsentrasi TSS dan Persentase Penyisihan TSS.....	41
Tabel 4.10.	Analisis Korelasi antara persen Penyisihan COD dengan Perbandingan Ketinggian Reaktor, Perbandingan persen Resirkulasi dan Waktu Detensi (jam).....	43
Tabel 4.11.	Analisis Korelasi antara persen Penyisihan TSS dengan Perbandingan Ketinggian Reaktor, Perbandingan persen Resirkulasi dan Waktu Detensi (jam).....	44
Tabel 4.12.	Analisis Regresi Antara persen penyisihan COD Dengan Perbandingan Ketinggian Reaktor, Perbandingan Persen Resirkulasi dan Waktu Detensi (jam).....	46
Tabel 4.13.	Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan COD Perbandingan Ketinggian Reaktor, Perbandingan Persen Resirkulasi dan Waktu Detensi (jam).....	46

Tabel 4.14. Analisis Regresi Antara persen penyisihan TSS Dengan Perbandingan Ketinggian Reaktor, Perbandingan Persen Resirkulasi dan Waktu Detensi (jam).....	48
Tabel 4.15. Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan TSS Perbandingan Ketinggian Reaktor, Perbandingan Persen Resirkulasi dan Waktu Detensi (jam).....	49
Tabel 4.16. Hasil Uji ANOVA % Penyisihan COD terhadap Perbandingan Tinggi Reaktor.....	51
Tabel 4.17. Hasil Uji ANOVA % Penyisihan COD terhadap Perbandingan Persen Resirkulasi.....	51
Tabel 4.18. Hasil Uji ANOVA % Penyisihan COD terhadap Waktu Detensi.....	52
Tabel 4.19. Hasil Uji ANOVA % Penyisihan TSS terhadap Perbandingan Tinggi Reaktor.....	53
Tabel 4.20. Hasil Uji ANOVA % Penyisihan TSS terhadap Perbandingan Persen Resirkulasi.....	54
Tabel 4.21. Hasil Uji ANOVA % Penyisihan TSS terhadap Waktu Detensi.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1. Jumlah Mikroorganisme (MLVSS) pada Tahap <i>Seeding</i> untuk Reaktor 30% Ruang Filter : 70% Ruang Lumpur.....	29
Gambar 4.2. Jumlah Mikroorganisme (MLVSS) pada Tahap <i>Seeding</i> untuk Reaktor 50% Ruang Filter : 50% Ruang Lumpur.....	30
Gambar 4.3. Jumlah Mikroorganisme (MLVSS) pada Tahap <i>Seeding</i> untuk Reaktor 70% Ruang Filter : 30% Ruang Lumpur.....	31
Gambar 4.4. % Penyisihan Bahan Organik pada saat Proses Aklimatisasi untuk Reaktor 30% Ruang Filter : 70% Ruang Lumpur.....	33
Gambar 4.5. % Penyisihan Bahan Organik pada saat Proses Aklimatisasi untuk Reaktor 50% Ruang Filter : 50% Ruang Lumpur.....	35
Gambar 4.6. % Penyisihan Bahan Organik pada saat Proses Aklimatisasi untuk Reaktor 70% Ruang Filter : 30% Ruang Lumpur.....	37
Gambar 4.7. Grafik Persen Penyisihan COD.....	40
Gambar 4.8. Grafik Persen Penyisihan TSS	42

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki banyak industri *pulp* dan kertas yang menghasilkan limbah. Meningkatnya penggunaan kertas oleh masyarakat menyebabkan banyak berdirinya industri kertas. Proses produksi yang terjadi pada industri kertas ada beberapa tahap, yaitu tahap persiapan kayu, pembuburan kayu (*pulping*), pencucian (*washing*), *refining*, oksigen *delignification*, *bleaching*, dan *paper making*. Proses produksi tersebut menghasilkan limbah cair, dengan kandungan yang terdapat di dalamnya berupa COD, BOD dan TSS (Hadi, 2005). Apabila kandungan tersebut melebihi ambang batas atau melebihi baku mutu air limbah cair yang telah ditetapkan dapat menimbulkan pencemaran pada lingkungan sekitarnya.

Ada beberapa alternatif yang dikembangkan untuk mengolah air limbah agar sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan, salah satunya dengan reaktor *hybrid*. Reaktor *hybrid* merupakan penggabungan proses pertumbuhan mikroba terlekat (*attached growth*) dan pertumbuhan mikroba tersuspensi (*suspended growth*). Pertumbuhan mikroba terlekat (*attached growth*) memiliki resiko yang cukup kecil dari efek ketekanan biomass (*washout*) dalam reaktor akibat gangguan proses karena biomass akan melekat pada media filter meskipun ada kejutan pada karakteristik limbah. Pertumbuhan mikroba tersuspensi (*suspended growth*) memiliki jumlah massa yang dihasilkan lebih tinggi dan relatif mudah dikendalikan. 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 singkat. Karena pada reaktor *hybrid* ini dilakukan aerasi maka disebut reaktor *hybrid* aerobik. Selain itu pemilihan menggunakan aliran *upflow* dengan pertimbangan bahwa terjadinya *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. Dalam penelitian ini dipilih media batu apung karena batu apung mudah didapatkan dipasaran dan relatif murah,

memiliki rongga yang acak dan menghasilkan luas permukaan yang besar (Droste, 1997 dalam Nurhayati 2001). Sedangkan adanya resirkulasi memberikan pengaruh terhadap peningkatan jumlah biomassa yang akan dikembalikan ke reaktor (Irfai, 2003). Pada penelitian yang dilakukan oleh Irfai (2003) dengan reaktor *hybrid* aerobik filter pada limbah buatan dengan rasio resirkulasi 0%, 25%, 50% dan 75% dengan HRT 2 jam didapatkan efisiensi penyisihan COD sebesar 60-78%, BOD sebesar 80-90% dan NH₄ sebesar 30-55%.

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

1.3 Rumusan Masalah

Berapa besarkah kemampuan reaktor filter *hybrid* aerobik aliran *upflow* sistem resirkulasi dengan media batu apung dalam menurunkan COD dan TSS pada limbah cair industri kertas di Malang?

1.4 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui kemampuan reaktor filter *hybrid* aerobik aliran *upflow* sistem resirkulasi dengan media batu apung dalam menurunkan COD 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 *hybrid* aerobik filter untuk penurunan kadar COD dan TSS.
3. Sampel yang akan digunakan adalah limbah cair industri kertas di Malang.
4. Jenis alirannya adalah *upflow* dengan sistem resirkulasi.
5. Media yang digunakan adalah batu apung.
6. Variasi yang dilakukan adalah variasi ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur, variasi waktu detensi, dan variasi debit resirkulasi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Industri Kertas

Secara umum proses *pulp* terbagi menjadi beberapa bagian sebagai berikut:

1. Proses *Kraft* dikelantang atau tidak dikelantang adalah proses pembuatan *pulp* dengan menggunakan cairan pemasak Natrium hidroksida yang sangat alkalis dan Natrium Sulfida. Pengelantangan adalah proses pemutihan *pulp* dengan menggunakan bahan pengoksidasi kuat berupa Chlorin atau Peroksida.
2. Proses *Pulp Larut* adalah proses pembuatan *pulp* dengan bahan kimia yang kuat dan menghasilkan produk *pulp* putih yang sangat murni hampir tidak mengandung lignin yang dipakai pembuatan rayon.
3. Proses *Ground Wood* adalah proses pembuatan *pulp* dengan defibrasi mekanik menggunakan gerinda atau penghalus batu. Proses Kimia Mekanik (CMP) menggunakan cairan pemasak kimia untuk pemasak kayu sebelum pemisahan serat secara mekanik.
4. Proses Semi Kimia merupakan pembuatan *pulp* dengan menggunakan cairan pemasak sulfit netral tanpa pengelantangan untuk menghasilkan produk kasar lapisan dalam karton gelombang berwarna coklat.
5. Proses Soda merupakan proses pembuatan *pulp* yang dikelantang dengan menggunakan cairan Natrium Hidroksida yang sangat alkalis.
6. Proses *Deinking* adalah proses pembuatan *pulp* dari kertas bekas yang didaur ulang, melalui proses penghilangan tinta dengan kondisi alkali dan kadang-kadang dikelantang (diputihkan) untuk menghasilkan *pulp* sekunder.

Dari proses-proses pembuatan *pulp* menghasilkan limbah berupa limbah cair maupun limbah padat. Limbah tersebut yang tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan gangguan terhadap lingkungan dan kehidupan. Beberapa gangguan yang timbul sebagai efek dari air limbah adalah sebagai berikut :

- a) Gangguan terhadap kesehatan
- b) Gangguan terhadap kehidupan biotik
- c) 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 (m ³ /ton)	Parameter			
		Kadar Maximum (mg/l)			
		BOD ₅	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.

2.1.1 Karakteristik fisik air limbah

Karakteristik fisik air limbah mudah terlihat dan relatif mudah diukur. 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. Kekeruhan

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

3. Warna

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

4. Padatan

Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organik dan inorganik.

5. Total Suspended Solid (TSS)

TSS dapat diklasifikasikan menjadi zat padat terapung yang bersifat organik dan zat padat terendap yang dapat bersifat inorganik

2.1.2. Karakteristik Kimiawi Air limbah

Beberapa karakteristik kimiawi air limbah adalah sebagai berikut :

1. Nitrogen

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

2. Minyak dan Lemak

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

3. pH

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

4. Pb

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

2.1.3. Karakteristik Biologis Air limbah

1. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

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

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

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

3. DO (*Dissolved Oxygen*)

Merupakan parameter 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

Pengolahan air buangan secara biologi dilakukan berdasarkan suatu proses dimana suatu populasi mikroorganisme menggunakan kontaminan yang ada di dalam air buangan sebagai substrat untuk pertumbuhan dan sintesa sel. 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*) (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 dan sistem pertumbuhan mikroorganisme terlekat (*attached growth system*) misalnya proses biofilter.

2.2.1 Proses Reaktor Pertumbuhan Terlekat (Attached Growth Reaktor)

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 sebagaian 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 sioplasmanya untuk mempertahankan hidup. Pada kondisi seperti ini, mikroorganisme akan kehilangan kemampuan untuk menempel pada media, sehingga mikroorganisme akan terlepas dan terbawa keluar dari sistem biofilter bersama dengan aliran air. Mekanisme pengelupasan ini dikenal dengan "Sloughing". Selain itu, *sloughing* juga dapat disebabkan oleh adanya kondisi hidrodinamik, misalnya debit air limbah yang terlalu besar yang dapat menyebabkan terlepasnya mikroorganisme dari media.

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. Beban hidrolik yang diisyaratkan sebesar 1-4 m³/m². Hari (Metcalf & Eddy, 2003)

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

Keterangan : Q = Debit air (m³/hari)

A = Luas penampang bed (m²)

5. Beban Organik

Laju pengurangan zat organik dalam sistem pengolahan limbah secara biologis dikategorikan berdasarkan pada konsentrasi BOD yang ada di dalam air limbah. Secara umum kategori ini dibagi dua yaitu pengolahan dengan laju rendah (*low-rate treatment*) dan pengolahan dengan laju cepat (*high-rate treatment*). Pengoalahan dengan beban organik yang rendah umumnya dipergunakan untuk pengolahan limbah domestik dan reduksi nitrogen yaitu sebesar 0,07 -0,22 Kg BOD/ m³ hari ((Metcalf & Eddy, 2003). Sedangkan pengolahan dengan beban organik tinggi biasanya digunakan untuk memberikan laju removal nutrien yang cukup tinggi per satuan volume media filter. Secara umum beban organik berkisar antara 1 Kg BOD/ m³ hari.

2.2.2 Proses Reaktor Pertumbuhan Tersuspensi (Suspended Growth Reaktor)

Pada reaktor pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth reaktor*), mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi dalam fase cair. Proses *suspended growth*, sebagai contoh Lumpur aktif, adalah suspensi mikroorganisme, 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 mikroorganisme untuk mencapai kualitas effluen 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).

Jenis bakteri yang berperan dalam pengolahan air limbah dengan proses *suspended growth* adalah golongan *Mycobacteria* meliputi *Nocordia*, *Mycobacterium*, dan golongan *Eubacteria* meliputi *Pseudomonas*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Bdellovibrio*, *Flavobacterium*, *Zoogloea* serta golongan *Algobacteria* meliputi *Achromobacter*, *filamentous form* meliputi *Sphaerotilus*, *Beggiatoa*, *Tiothrix*, *Lecicothrix*, *Microthrix parvicella*, *Nostocoida* dan *Geothricum* (Metcalf and Eddy, 2003).

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

- Reaktor yang dirancang baik tunggal maupun multiple dirancang untuk waktu tinggal hidrolis 0,5 – 24 jam.
- Sumber oksigen berasal dari atmosfer atau gas yang mengandung oksigen.
- Perlengkapan untuk pengadukan dan 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 conventional, 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 organik *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). Organik *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 (m³)
 Q = debit air limbah yang masuk bak aerasi (m³/hari)
 S_o = Konsentrasi Substrat (kg BOD/ m³)

5. Produksi Lumpur (Px)

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) :

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

- Dimana : Px = 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 (O₂)

Kebutuhan oksigen diperlukan untuk respirasi mikroorganisme dan oksidasi yang lainnya. Kebutuhan oksigen dapat diformulasikan sebagai berikut

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

- Dimana : O_2 = kebutuhan oksigen (kg/hari)
 S_o = konsentrasi BOD pada influen (mg/L)

- S = konsentrasi BOD pada efluen (mg/L)
Px = Produksi lumpur
Q = Debit air limbah yang diolah (m³/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 (%)
So = konsentrasi 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 reaktor*:

1. Kurang sensitif terhadap *shock loading*.
2. Sangat stabil dalam operasi.
3. Relatif murah operasional dan perawatannya.

4. Dapat menimbulkan masalah bau dan gangguan lalat.
5. Memerlukan area yang lebih luas.

Kelebihan dan kelemahan *sistem suspended growth reaktor*:

1. Mampu menghasilkan effluent 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, effluent 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 $\text{kg/m}^3\cdot\text{hari}$ 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 *attached 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 *hybrid* 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 Hasil Penelitian Menggunakan *Suspended Growth*, *Attached Growth* Dan Kombinasinya

Pada reaktor *Hybrid Aerobic Submerged Fixed-film* (HASSF) yang mengkombinasikan proses *attached growth* (*submerged fixed-film*, luas permukaan biofilm spesifik $33,6 \text{ m}^2/\text{m}^3$) dengan resirkulasi 100% didapatkan efisiensi removal BOD *overall* di atas 94% dan efisiensi removal COD 65-76,8%. HRT 2, 4, 6 dan 8

jam. Efektifitas nitrifikasi meningkat dengan meningkatnya HRT. Sebagai parameter control nitrifikasi dalam reaktor tunggal dengan produksi Lumpur minimal (Hamoda, 2000).

Untuk zat organik yang tidak mudah terurai (nilai MSRR<0,3/hari), berdasarkan perhitungan simulasi akan lebih efektif jika diolah menggunakan reaktor *hybrid*. Dari contoh untuk zat dengan COD 100mg/l, MSRR 0,1/hari, agar tercapai penyisihan 80% diperlukan rasio antara berat biofilm dengan biomassa tersuspensi $\geq 0,027$ dengan asumsi konsentrasi biomassa tersuspensi 1500 mg/L dan waktu retensi 6 jam. (Chen, Hao Guang, 1997).

2.5 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.

Secara alami bahan yang mengandung batu apung dan batu apung yang lapuk mempunyai daya serap yang tinggi, hal ini terjadi karena kandungan mineral yang tinggi dan kapasitas adsorbsinya 40% batu apung umumnya digunakan sebagai bahan penggosok, bahan bangunan kontruksi ringan dan tahan api, bahan ringan (*non reaction*), pembawa (*carrier* penyerap dan saringan/filter), isolator temperatur tinggi dan rendah. (Suantari, 2004)

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.

2.6 Metode Pengolahan Data

2.6.1 Statistika Deskriptif dan Inferensi

Secara garis besar, statistik dibedakan menjadi dua, 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).

2.6.2 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

Hipotesis untuk uji korelasi adalah :

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

Di mana ρ adalah korelasi antara 2 variabel.

Daerah Penolakan

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

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

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

2.6.3 Analisis Regresi

Analisis regresi sangat berguna dalam berbagai penelitian antara lain:

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

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

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

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

2.6.4 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):

1. Mengenali permasalahan
2. Memilih faktor dan level
3. Menentukan faktor dan level
4. Memilih metode desain eksperimen
5. Melaksanakan eksperimen
6. Analisis data
7. Membuat suatu keputusan

2.6.4.2 *Analysis of Variance*

Analysis of Variance atau sering dikenal sebagai ANOVA digunakan untuk menyelidiki hubungan antara variabel respon (dependen) dengan 1 atau beberapa variabel prediktor (independent). 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. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Lab. Teknik Lingkungan ITN Malang.

3.3. Variabel Penelitian

a. Variabel Respon (Y)

- COD
- TSS

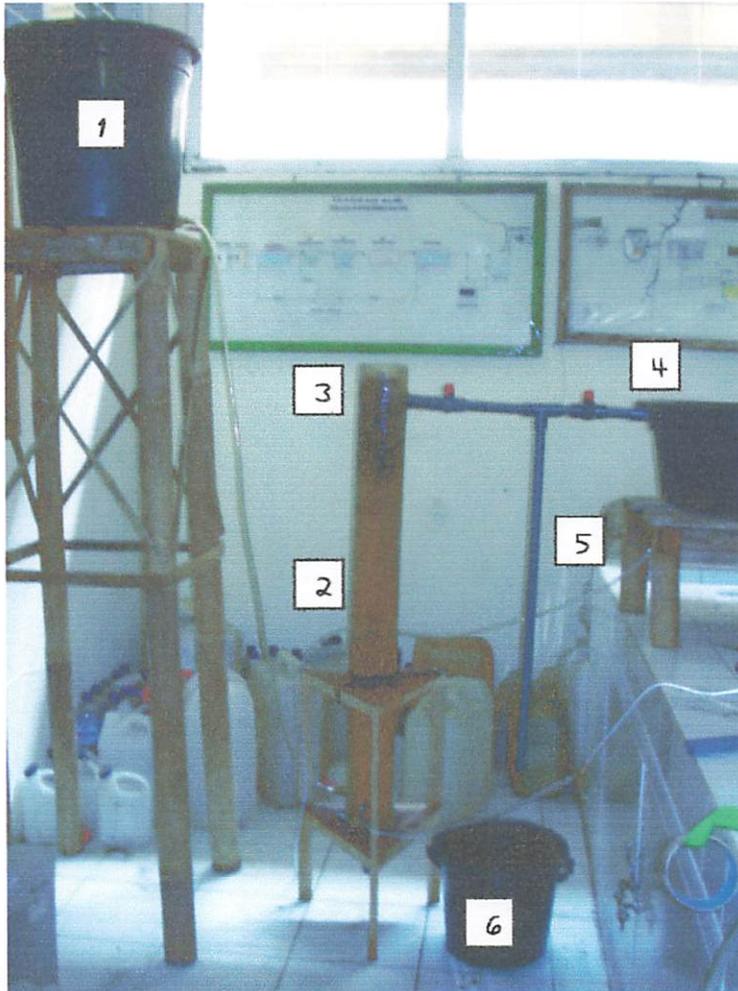
Kedua parameter di atas merupakan bagian dari parameter yang harus dianalisis sesuai standar baku mutu yang telah ditetapkan dalam Keputusan Gubernur Jawa Timur no.45 tahun 2002.

b. Variabel Prediktor (X)

- a) Variasi Waktu detensi : 4 jam, 6 jam, 8 jam (lampiran Perhitungan)
- b) Variasi perbandingan ketinggian ruang media filter dengan ketinggian ruang sludge: 30%:70%, 50%:50%, 70%:30% (dipilih acak, Young 1991 dalam Nurhayati 2001 merekomendasikan tinggi media 30-70% dari ketinggian total)
- c) Variasi rasio resirkulasi : 25%, 50%, 75% (dipilih acak, rasio resirkulasi 10-100% (dalam Irfai,2003))

3.4. Spesifikasi Alat dan Bahan yang direncanakan

3.4.1. Reaktor Filter *Hybrid* Aerobik sistem Resirkulasi



Keterangan:

1. Bak influen
2. Ruang lumpur
3. Ruang media
4. Bak penampung sementara
5. Resirkulasi
6. Bak effluen

3.4.2. Bahan

- a. Limbah cair industri kertas di Malang.
- b. Media batu apung : dengan ukuran 2-3 cm.

3.5 Cara Kerja

3.5.1. Pengambilan sampel

Sampel diambil dari limbah cair industri kertas.

3.5.2 Penyiapan media filter

Media batu apung dengan ukuran \pm 2– 3 cm

3.5.3. Analisis Pendahuluan

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

3.5.4. Pelaksanaan Percobaan

3.5.4.1. Tahap Pembenuhan (*seeding*)

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

Pembenuhan dilakukan langsung pada reaktor dari model yang dibuat. Sebelum melakukan *seeding*, terlebih dahulu media dimasukkan dalam reaktor. *Seeding* dilakukan dengan cara memasukkan sampel limbah yang akan diolah ke dalam reaktor dan kemudian dioperasikan secara *batch*. *Seeding* dapat diidentifikasi dengan mengetahui konsentrasi MLSS yang menunjukkan nilai 2000 mg/L atau lebih besar lagi.

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. Setelah proses *seeding* dan aklimatisasi barulah dilakukan pengukuran parameter dari effluent secara berkala. 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.

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 aliran *Upflow* sistem Resirkulasi sebagai berikut :

- a. Air sampel dialirkan dari bak pegatur debit menuju reaktor.
- b. Kemudian dilakukan pengontrolan pH influen pada sampel air limbah yang akan digunakan (pH dikontrol 6,5-7,5).
- c. Mengatur beban hidrolis air limbah yang masuk dengan menggunakan valve.
- d. Pengambilan sampel 4 jam, 6 jam dan 8 jam.
- e. Effluen yang keluar dari filter *Hybrid* aerobik di kembalikan ke reaktor dengan rasio resirkulasi 25%, 50%, 75% kemudian diambil dan dianalisis sesuai dengan parameter utama (COD dan TSS).

3.6. Metode Penelitian

3.6.1. Metode Analisis Hasil Percobaan

3.6.1.1. Permanganat Value

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. Metode ini dilakukan dengan mengoksidasikan bahan organik limbah dengan larutan $KMnO_4$ dalam suasana asam.

3.6.1.2. *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.

3.6.1.3. Total Suspended Solid (TSS)

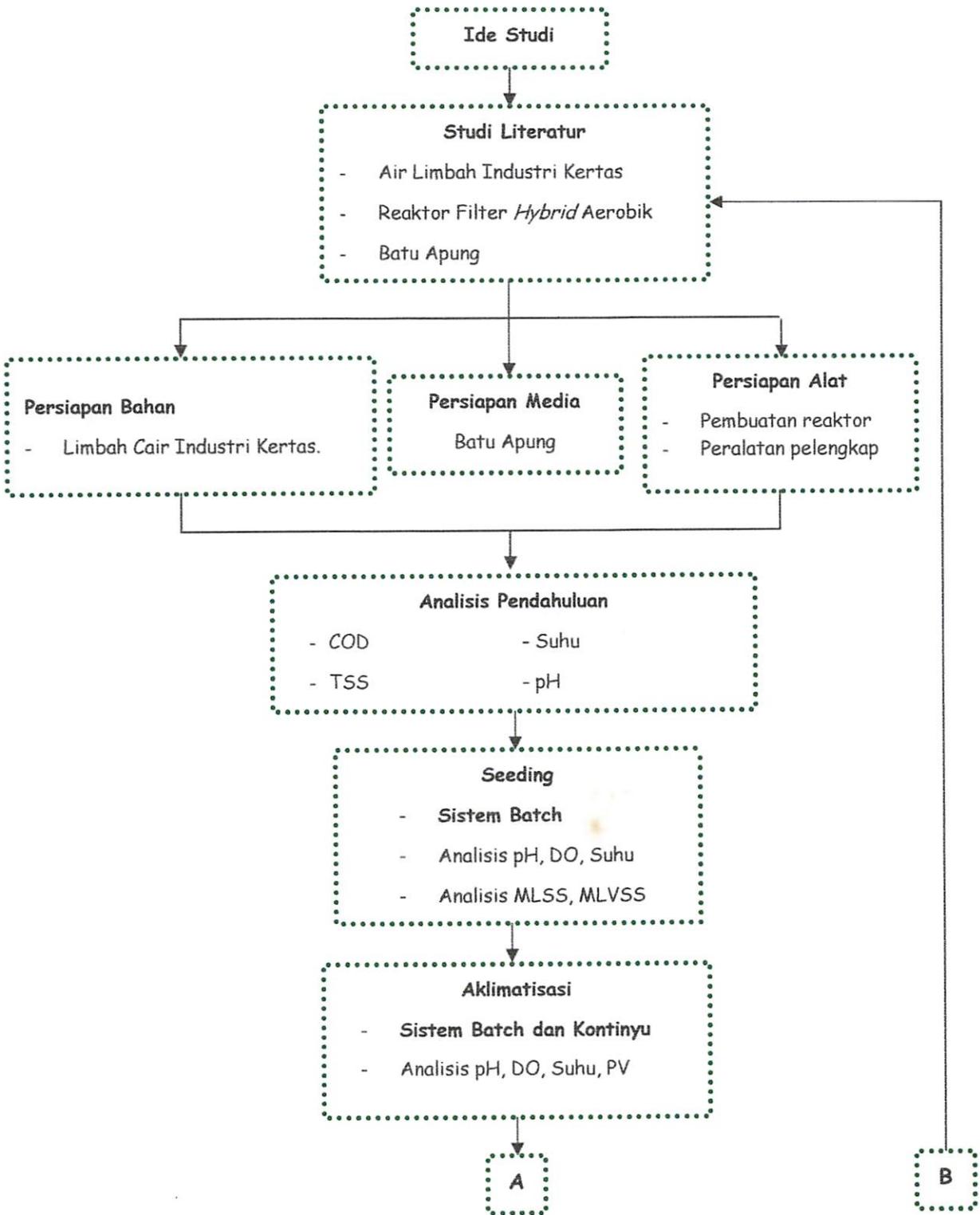
TSS merupakan jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan (Sugiharto, 1987). TSS dapat diklasifikasikan menjadi zat padat terapung yang bersifat organis dan zat padat terendap yang dapat bersifat inorganik. (Alaerts dan Santika, 1984). Pada umumnya 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 nitrifikasi. Metode analisis yang digunakan adalah metode gravimetri.

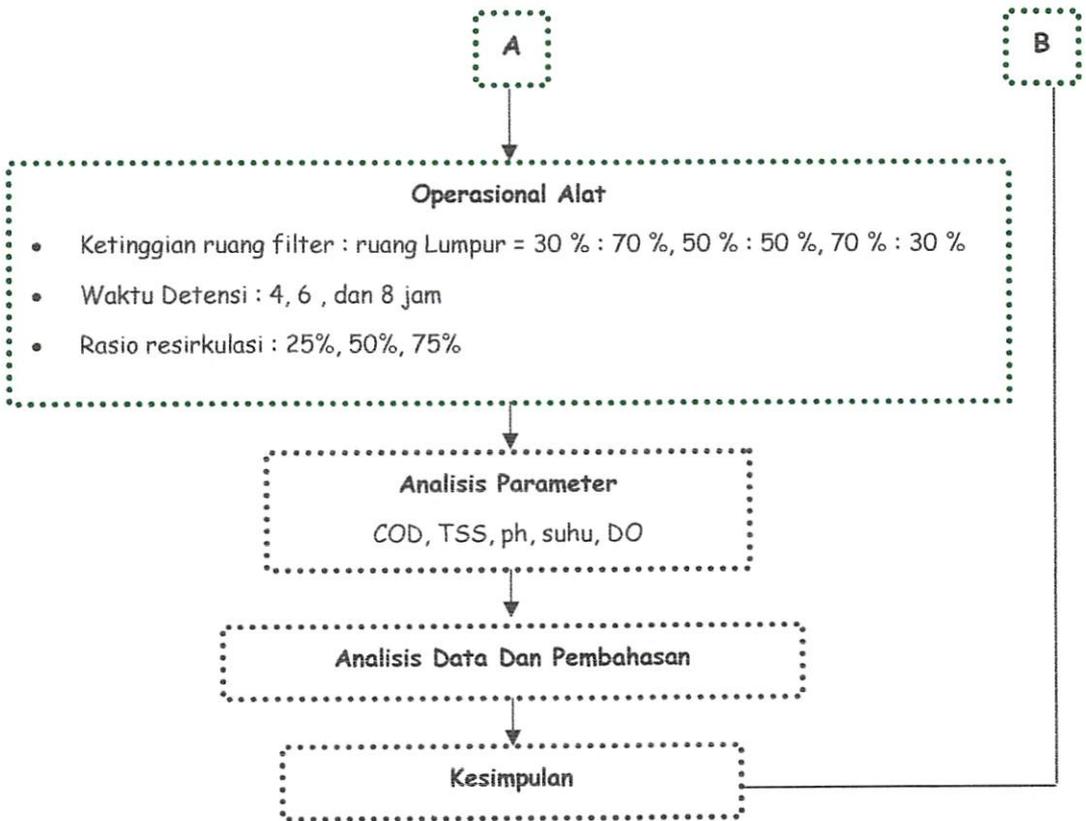
3.7. Metode Statistik

Hasil percobaan dapat dilakukan analisis data, yaitu dengan alat bantu program Minitab 15. Adapun metode yang digunakan adalah:

1. Analisis Korelasi bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel prediktor (waktu detensi, ketinggian ruang filter dan ruang lumpur serta rasio resirkulasi) dan variabel respon (COD, TSS).
2. Analisis regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel prediktor (waktu detensi, ketinggian ruang filter dan ruang lumpur serta rasio resirkulasi) dapat memprediksi variabel respon (COD, TSS).
3. Analisis Anova bertujuan untuk mengetahui adanya perbedaan nyata atau tidaknya (statistik) antara berbagai variabel prediktor (waktu detensi, ketinggian ruang filter dan ruang lumpur serta rasio resirkulasi) dengan variabel respon (COD, TSS).

3.8. Kerangka Penelitian





BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Limbah Cair Industri Kertas di Malang

Penelitian ini menggunakan Reaktor Filter *Hybrid* Aerobik aliran *Upflow* Sistem Resirkulasi untuk menurunkan konsentrasi COD dan TSS dalam limbah cair kertas, dimana limbah cair kertas berasal dari Pabrik Kertas di Malang. Tahapan awal dalam penelitian ini yaitu melakukan analisis pendahuluan untuk mengetahui karakteristik air limbah yang akan digunakan sebagai sampel influen dalam Reaktor Filter *Hybrid* Aerobik. Berdasarkan analisis Laboratorium yang dilakukan, diperoleh data karakteristik air limbah industri kertas sebagai berikut :

Tabel 4.1. Hasil Analisis Awal Limbah Cair Industri Kertas

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 : *Analisa Laboratorium, 2009*

Berdasarkan Baku Mutu Limbah Cair untuk Industri Kertas sesuai Surat Keputusan (SK) Gubernur Jawa Timur No.45 Tahun 2002, karakteristik awal limbah cair kertas belum memenuhi standart, maka dilakukan penelitian untuk menurunkan COD dan TSS pada limbah cair kertas.

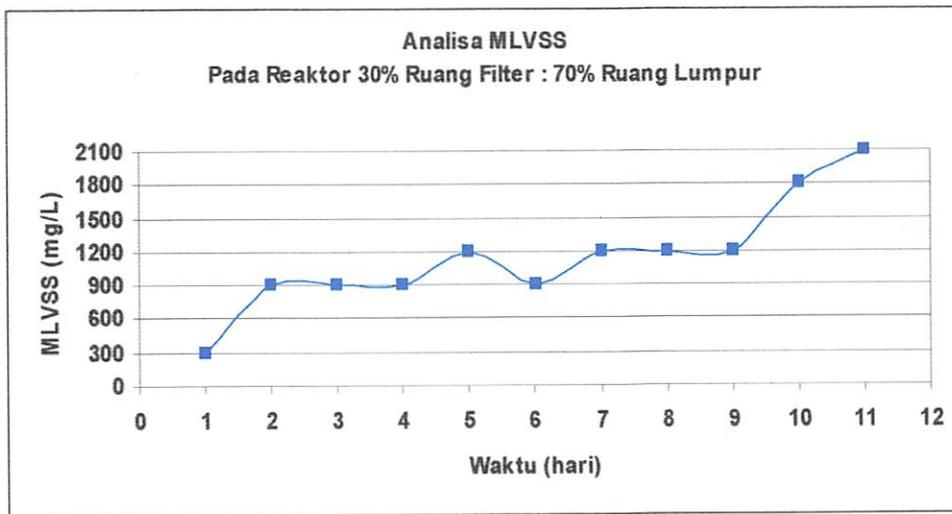
4.2. Tahap *Seeding*

Tahap *seeding* dilakukan untuk memperoleh sejumlah mikroorganisme aktif yang akan berperan dalam meremoval bahan organik. Dalam tahap *seeding* banyak parameter yang harus diperhatikan seperti suhu, pH, DO, dan nutrisi agar nantinya mikroorganisme dapat menghasilkan lapisan biofilm secara optimal. Dalam penelitian ini *seeding* dilakukan secara *batch* selama 11 hari hingga didapat nilai MLVSS yang diinginkan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka data konsentrasi mikroorganisme (MLVSS) pada reaktor 30% ruang filter, 50% ruang filter dan 70% ruang filter dapat dilihat pada tabel 4.2, 4.3, dan tabel 4.4.

**Tabel. 4.2. Jumlah Mikroorganisme (MLVSS)
Pada Reaktor 30% Ruang Filter : 70% Ruang Lumpur**

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

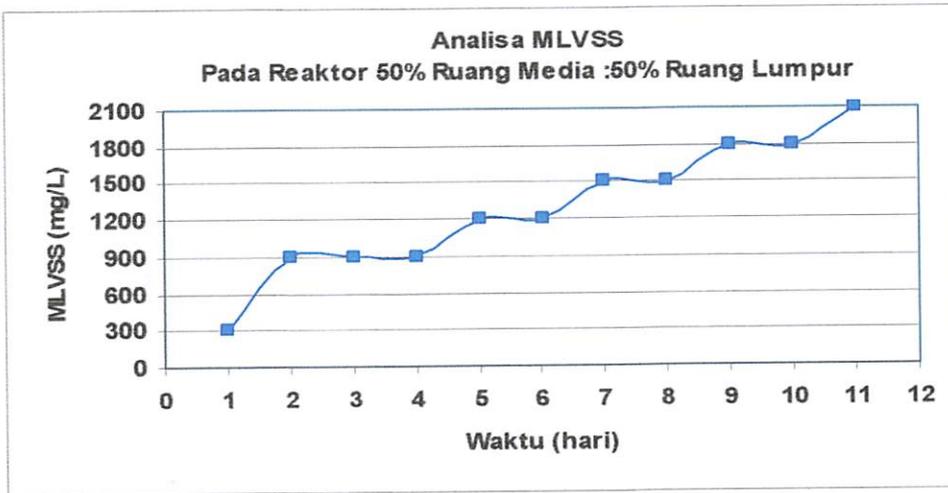


Gambar. 4.1. Jumlah Mikroorganisme (MLVSS) pada Tahap *Seeding* untuk Pada Reaktor 30% Ruang Filter : 70% Ruang Lumpur

Tabel. 4.3. Jumlah Mikroorganisme (MLVSS) Pada Reaktor 50% Ruang Filter : 50% Ruang Lumpur

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



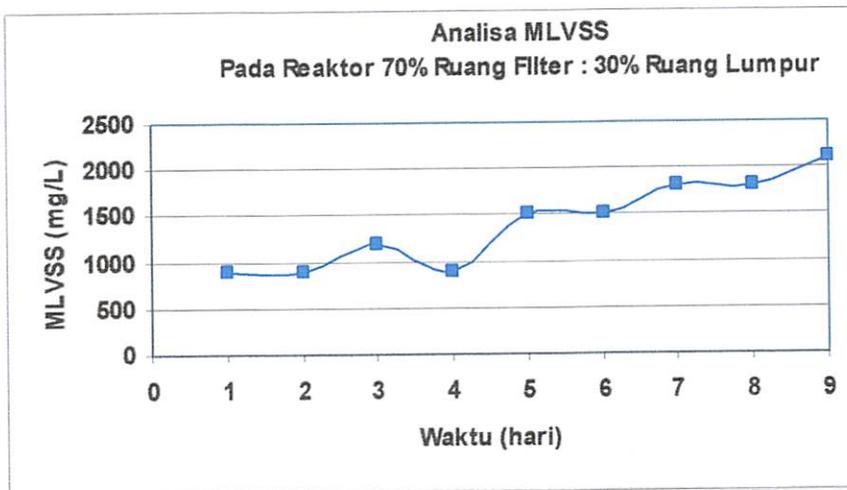
Gambar. 4.2. Jumlah Mikroorganism (MLVSS) pada Tahap *Seeding* untuk Pada Reaktor 50% Ruang Filter : 50% Ruang Lumpur

Pada tabel 4.2 dan 4.3, analisis pada hari ke 1 sampai hari ke 11 terjadi peningkatan nilai MLVSS. Dengan nilai MLVSS terkecil yaitu 300 mg/L terjadi pada hari ke 1 sedangkan nilai MLVSS terbesar didapatkan pada hari ke 11 sebesar 2100 mg/L. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2

Tabel. 4.4. Jumlah Mikroorganism (MLVSS) Pada Reaktor 70% Ruang Filter : 30% Ruang Lumpur

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



Gambar. 4.3. Jumlah Mikroorganisme (MLVSS) pada Tahap *Seeding* untuk Pada Reaktor 70% Ruang Filter : 30% Ruang Lumpur

Berdasarkan tabel 4.4. dan gambar 4.3. dapat dilihat pada hari ke 1 merupakan nilai MLVSS terkecil yaitu 900 mg/L, peningkatan limbah terjadi pada hari ke 3 dan peningkatan berlanjut hingga didapatkan nilai MLVSS tertinggi sebesar 2100 mg/L pada hari ke 11.

Proses diatas (tabel 4.2. dan gambar 4.1, tabel 4.3. dan gambar 4.2, tabel 4.4. dan gambar 4.3) dinamakan proses pertumbuhan mikroorganisme. Pada tahap awal, dibutuhkan waktu untuk bakteri menyesuaikan diri dengan lingkungan barunya, dengan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang baik antara lain pH. pH dalam air limbah merupakan parameter kontrol yang penting. Bakteri membutuhkan kondisi lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhannya, yaitu pada pH antara 6-8, tetapi nilai optimum pH nya adalah 7 (Droste, 1997 dalam Nurhayati, 2001). Temperatur Faktor lain yang mempengaruhi adalah aerasi, dimana dalam proses aerobik, kebutuhan oksigen sangat diperlukan untuk pertumbuhan mikroorganisme. DO yang baik dijaga berada di atas 2. Selain itu, retensi waktu juga sangat penting dalam proses ini karena 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. 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.

Pada tahap aklimatisasi dilakukan proses *start up* masing-masing reaktor secara kontinyu pada waktu detensi terbesar dengan beban organik kecil, tujuannya agar biomassa (mikroorganisme) yang ada dalam reaktor mempunyai waktu kontak yang lama dengan substrat, yang diharapkan dapat memberikan efisiensi penyisihan yang besar serta lamanya waktu *start up* untuk mencapai kondisi *steady state* dapat lebih cepat tercapai (Henze dan Herremoes, 1983 dalam Rosalia, 2006)

Analisis terhadap bahan organik dilakukan untuk mengetahui perkembangan penguraian bahan organik. Kegiatan ini dilakukan melalui pengukuran Permanganat Value pada proses *seeding* hingga 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 =
$$\frac{KonsentrasiAwal - KonsentrasiAkhir}{KonsentrasiAwal} \times 100\%$$

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 Filter:70% Ruang Lumpur :

- Penyisihan Bahan Organik untuk hari ke 3 :

$$\begin{aligned} \text{Penyisihan Bahan Organik} &= \frac{59,41 \text{ mg/l} - 61,62 \text{ mg/l}}{59,41 \text{ mg/l}} \times 100\% \\ &= -3,72\% \end{aligned}$$

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

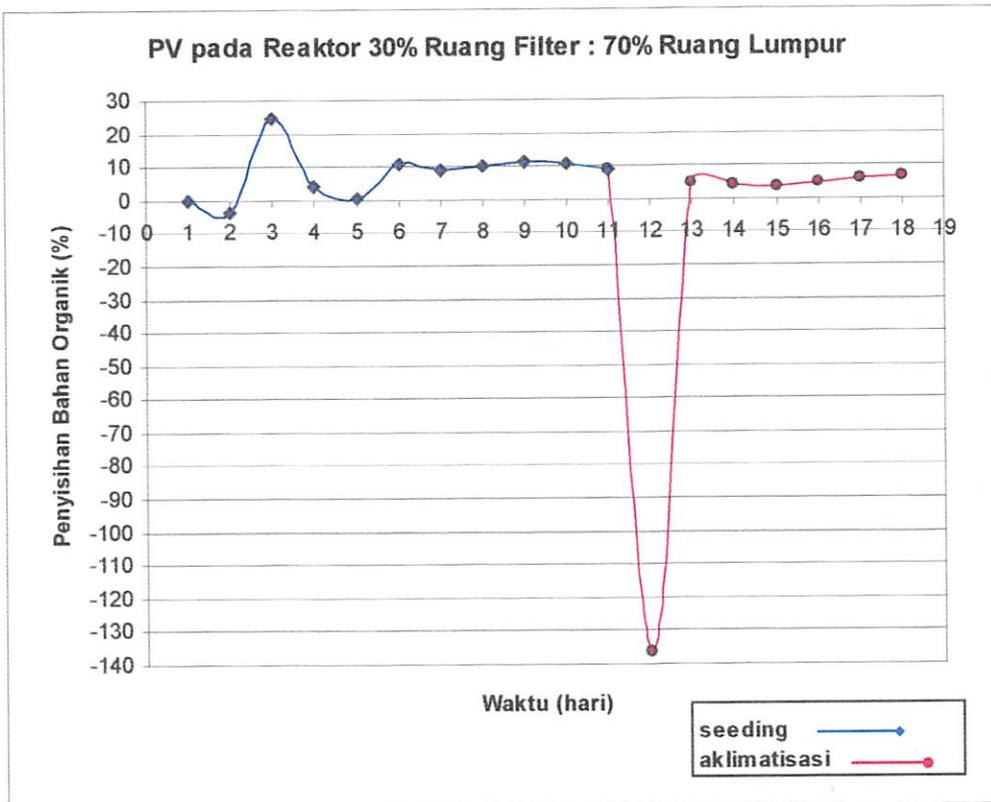
Tabel. 4.5. Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor 30% Ruang Filter : 70% Ruang Lumpur

Hari ke	Tanggal	Temperatur (° C)	pH	DO	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
<i>Seeding</i>							
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	-3,72
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
<i>Aklimatisasi</i>							
11	28 April	-	-	-	23,40	2,27	8,84
12	29 April	24,7	7,35	2,38	55,25	-31,85	-136,11
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 *seeding* terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Untuk peningkatan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 2 sebesar 61,62 mg/l dan peningkatan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 12 sebesar 55,25 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. Untuk penyisihan bahan organik terendah terjadi pada hari ke 5 sebesar 0,65%. Pada saat aklimatisasi, hari ke 11, konsentrasi bahan organik meningkat secara signifikan dari hari sebelumnya. Hal ini disebabkan adanya pembebanan limbah baru, yang akan dioperasikan secara kontinyu. Dimana sebelumnya dilakukan pengoperasian secara *batch* (proses *seeding*). Untuk penyisihan bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 3 sebesar 24,75 %. Untuk penyisihan bahan organik dengan perbedaan tidak lebih dari 10% secara berturut - turut telah terjadi pada hari ke 13 sampai hari ke 18 sebesar 4,83 % - 6,76 %, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 52,58 mg/l – 40,56 mg/l. Pada tahap ini dapat dikatakan kondisi *steady state* telah tercapai.

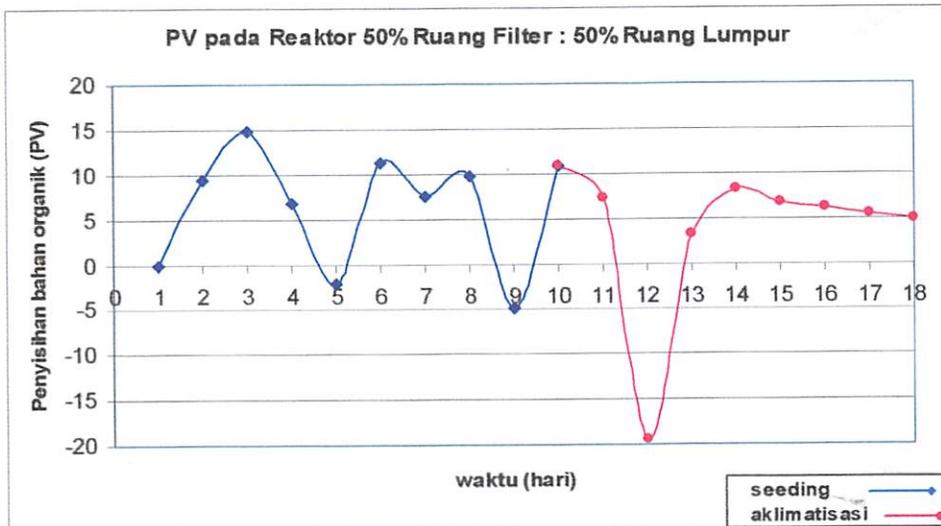


Gambar. 4.4. % Penyisihan Bahan Organik pada saat Proses Aklimatisasi untuk Reaktor 30% Ruang Filter : 70% Ruang Lumpur

Tabel. 4.6. Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor 50% Ruang Filter : 50% Ruang Lumpur

Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	DO	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
<i>Seeding</i>							
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	-0,15	-
10	27 April	24,9	7,66	5,98	30,65	0,93	2,94
<i>Aklimatisasi</i>							
11	28 April	-	-	-	29,54	1,11	3,62
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	6,79
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



Gambar. 4.5. % Penyisihan Bahan Organik pada saat Proses Aklimatisasi untuk Reaktor 50% Ruang Filter : 50% Ruang Lumpur

Berdasarkan tabel 4.6. dan gambar 4.5. terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Pada saat *seeding* selama 10 hari, terjadi peningkatan konsentrasi bahan organik terendah pada hari ke 5 sebesar 40,67 mg/l, serta peningkatan konsentrasi

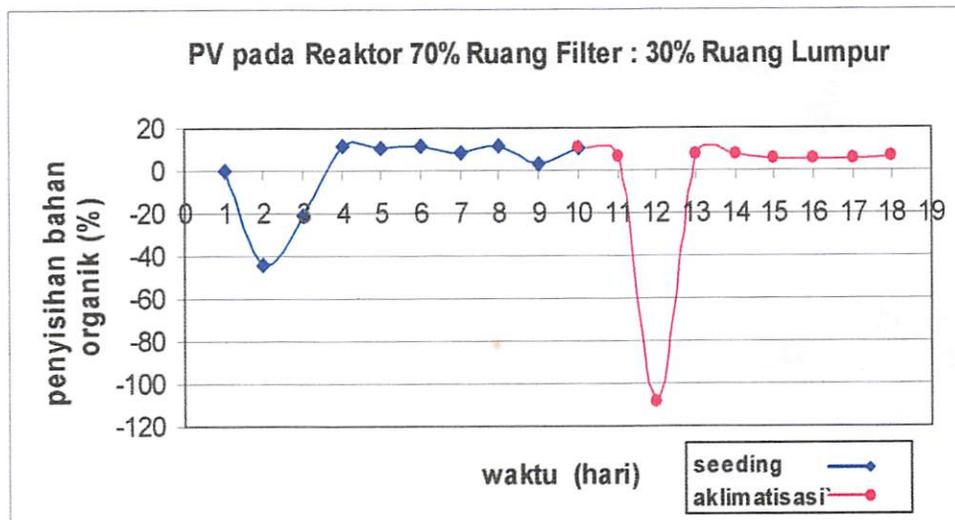
bahan organik tertinggi pada hari ke 9 sebesar 31,58 mg/l. Sedangkan penurunan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 4 sebesar 38,74 mg/l dan penurunan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 3 sebesar 41,60 mg/l. Pada hari ke 11, tahap aklimatisasi, dimulai perlakuan secara kontinyu. Konsentrasi bahan organik mengalami peningkatan sebesar 35,37 mg/l pada hari ke 12. Sedangkan penurunan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 14 sebesar 33,53 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 2,37 %. Sedangkan penyisihan bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 3 sebesar 14,74 %. Untuk penyisihan bahan organik dengan perbedaan tidak lebih dari 10% terjadi pada hari ke 15 sampai hari ke 18 sebesar 6,79% - 4,85%, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 30,96 mg/l – 25,91 mg/l. Pada tahap ini dapat dikatakan kondisi *steady state* telah tercapai.

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

Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	DO	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
<i>Seeding</i>							
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
<i>Aklimatisasi</i>							
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. terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Pada awal *seeding* diperlakukan secara *batch* selama 10 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 perbedaan tidak lebih dari 10% terjadi pada hari ke 15 sampai hari ke 18 sebesar 5,34 % - 6,15 %, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 46,60 mg/l – 39,23 mg/l. Pada tahap ini dapat dikatakan kondisi *steady state* telah tercapai.



Gambar. 4.6. % Penyisihan Bahan Organik pada saat Proses Aklimatisasi untuk Reaktor 70% Ruang Filter : 30% Ruang Lumpur

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, 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 menguraikan bahan organik dalam air limbah dan mampu beradaptasi dengan kondisi yang ada seperti konsentrasi dan komposisi substrat di dalam reaktor. 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 dengan menggunakan media batu apung mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi COD. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.8.

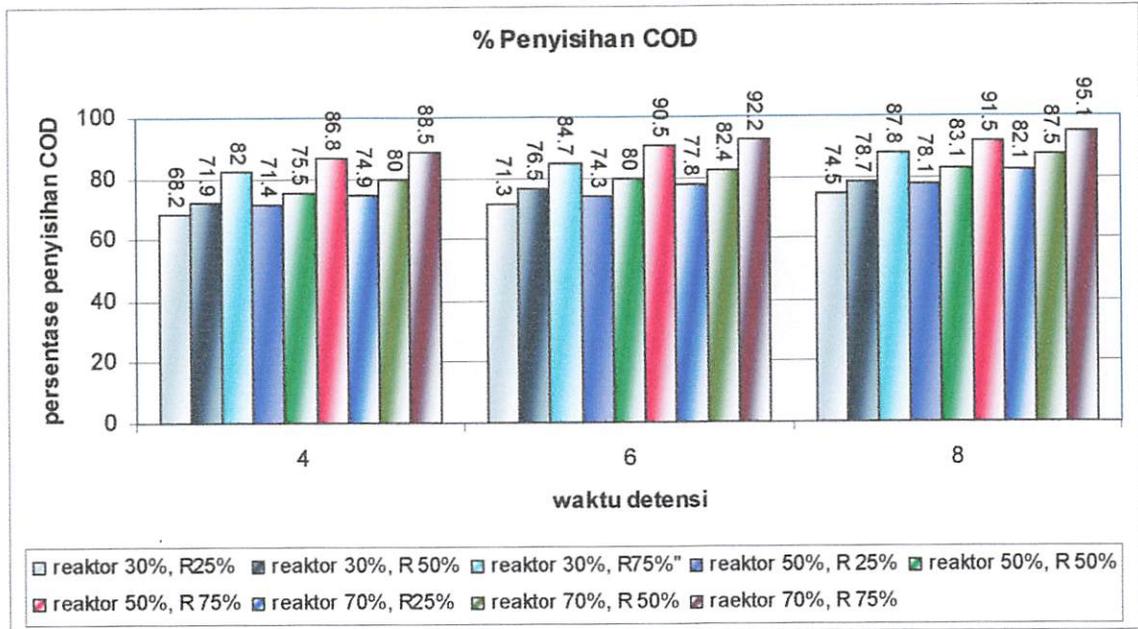
Untuk mengetahui persentase penyisihan COD digunakan rumus :

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

Tabel 4.8. Data Konsentrasi Akhir COD dan Persentase Penyisihan COD

Reaktor	R %	Konsentrasi Awal COD (mg/L)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir COD (mg/L)	Persentase penyisihan COD (%)
30% Ruang Media : 70% Ruang Lumpur	25%	1478	4	469,67	68,2
			6	423,33	71,3
			8	376	74,5
	50%	1478	4	415	71,9
			6	346,67	76,5
			8	315	78,7
	75%	1478	4	265	82
			6	225	84,7
			8	180	87,8
50% Ruang Media : 50% Ruang Lumpur	25%	1478	4	421,67	71,4
			6	380	74,3
			8	323,67	78,1
	50%	1478	4	362,33	75,5
			6	295	80
			8	250	83,1
	75%	1478	4	194,33	86,8
			6	140	90,5
			8	124,33	91,5
70% Ruang Media : 30% Ruang Lumpur	25%	1478	4	370	74,9
			6	327,67	77,8
			8	264	82,1
	50%	1478	4	295	80
			6	259,33	82,4
			8	184,67	87,5
	75%	1478	4	170	88,5
			6	115	92,2
			8	77,67	95,1

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium



Gambar 4.7. Grafik Persen Penyisihan COD

Pada gambar 4.7 dapat dilihat bahwa persen penyisihan COD terendah terjadi pada reaktor 30% ruang filter :70% ruang lumpur, resirkulasi 25% dengan waktu detensi (td) 4 jam sebesar 68,2%, dan untuk penyisihan COD tertinggi pada reaktor 70% ruang filter : 30% ruang lumpur, resirkulasi 75 % dengan waktu detensi (td) 8 jam sebesar 95,1%

4.4.2 Analisis Deskriptif TSS

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

Untuk mengetahui persentase penyisihan TSS digunakan rumus :

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

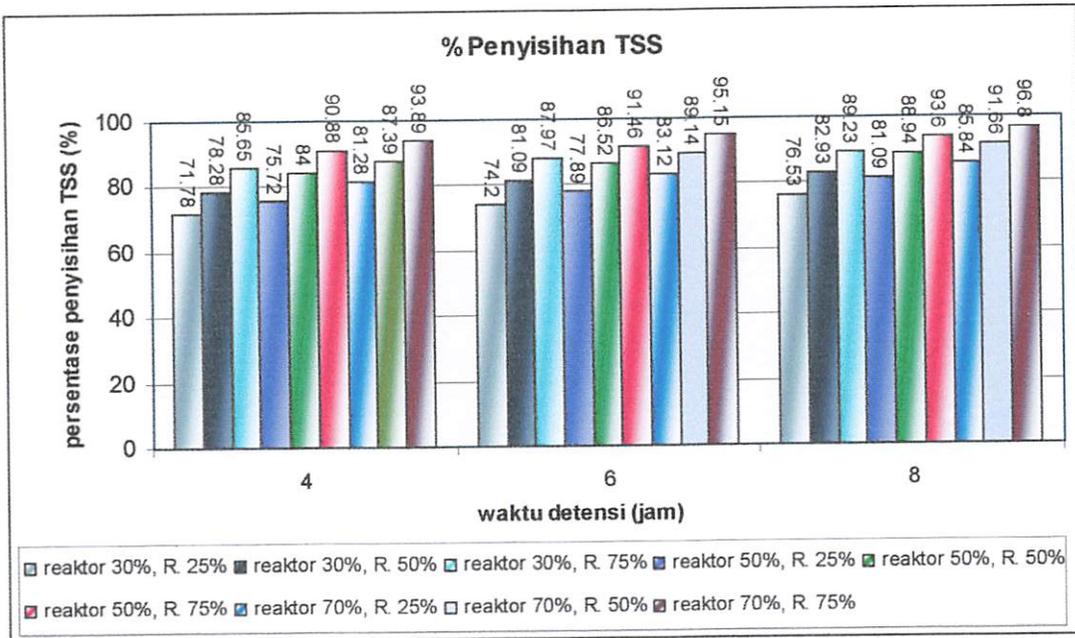
Hasil perhitungan % penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.9 dan gambar 4.8

Tabel 4.9. Data Konsentrasi Akhir TSS dan Persentasi Penyisihan Akhir TSS

Reaktor	R %	Konsentrasi Awal TSS (mg/L)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/L)	Persentase penyisihan TSS (%)
30% Ruang Media : 70% Ruang Lumpur	25%	343,8	4	97	71,78
			6	88,67	74,20
			8	80,67	76,53
	50%	343,8	4	74,67	78,28
			6	65	81,09
			8	58,67	82,93
	75%	343,8	4	49,33	85,65
			6	41,33	87,97
			8	37	89,23
50% Ruang Media : 50% Ruang Lumpur	25%	343,8	4	83,67	75,72
			6	76	77,89
			8	65	81,09
	50%	343,8	4	55	84
			6	46,33	86,52
			8	38	88,94
	75%	343,8	4	31,33	90,88
			6	29,33	91,46
			8	21,67	93,6
70% Ruang Media : 30% Ruang Lumpur	25%	343,8	4	64,33	81,28
			6	58	83,12
			8	48,67	85,84
	50%	343,8	4	43,33	87,39
			6	37,33	89,14
			8	28,67	91,66
	75%	343,8	4	21	93,89
			6	16,67	95,15
			8	11	96,8

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium

Pada gambar 4.8 dapat dilihat bahwa persen penyisihan TSS terendah terjadi pada reaktor 30% ruang filter : 70% ruang lumpur, resirkulasi 25 % dengan waktu detensi (td) 4 jam sebesar 71,78% dan tertinggi pada reaktor 70% ruang filter : 30% ruang lumpur, resirkulasi 75% dengan waktu detensi (td) 8 jam sebesar 96,8 %.



Gambar 4.8. Grafik Persen Penyisihan TSS

4.5 Analisis Statistik

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perbedaan antara variabel prediktor terhadap variabel respon, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji statistik dengan menggunakan *Software* bantu Minitab 15.

4.5.1 Hasil Uji 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 $p\text{-value} > \alpha$, H_0 diterima
- Jika $p\text{-value} < \alpha$, H_0 ditolak

a) Uji Korelasi persen penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4.10. Analisis Korelasi antara persen Penyisihan COD dengan Perbandingan Ketinggian Reaktor, Perbandingan rasio resirkulasi dan Waktu Detensi (jam)

Correlations: % COD, tinggi reaktor, % R, waktu detensi			
	% COD	tinggi reaktor	% R
tinggi reaktor	0.414 0.032		
% R	0.810 0.000	0.000 1.000	
waktu detensi	0.377 0.042	0.000 1.000	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value			

Keputusan

Berdasarkan tabel 4.10. menunjukkan bahwa :

- Korelasi antara persen penyisihan COD dengan perbandingan ketinggian reaktor adalah 0.414. Walaupun nilai korelasinya kecil, tetapi nilai probabilitasnya (p-value) menunjukkan angka di bawah 0,05 yaitu 0,032. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel tersebut secara statistik berkorelasi cukup signifikan. Hubungan variasi perbandingan ketinggian ruang lumpur dengan ruang filter terhadap penurunan konsentrasi COD ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika perbandingan ketinggian reaktor antara ruang lumpur dengan ruang filter dinaikkan maka persentase penyisihan COD semakin meningkat.
- Korelasi antara persen penyisihan COD dengan perbandingan rasio resirkulasi adalah 0.810. Dilihat dari nilai korelasinya, hubungan dua variabel signifikan, hal ini ditunjukkan pula dengan nilai p-value yang kurang dari yaitu $0 < 0,05$. Hubungan kedua variabel ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin besar rasio resirkulasi maka persen penyisihan COD yang dihasilkan akan semakin meningkat.
- Korelasi antara persen penyisihan COD dengan waktu detensi adalah 0.377. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel cukup signifikan. 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 $0.042 < 0,05$ maka korelasinya cukup signifikan.

b) Uji Korelasi persen penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.11

Tabel 4.11. Analisis Korelasi antara persen Penyisihan TSS dengan Perbandingan Ketinggian Reaktor, Perbandingan rasio resirkulasi dan Waktu Detensi (jam)

Correlations: % TSS, tinggi reaktor, %R, waktu detensi			
	% TSS	tinggi reaktor	%R
tinggi reaktor	0.524 0.005		
%R	0.807 0.000	0.000 1.000	
waktu detensi	0.354 0.040	0.000 1.000	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value			

Keputusan

Berdasarkan tabel 4.11. menunjukkan bahwa :

- Korelasi antara persen penyisihan TSS dengan perbandingan ketinggian reaktor adalah 0.524 hal ini menunjukkan bahwa hubungan kedua variabel cukup signifikan. Hubungan variasi perbandingan ketinggian reaktor terhadap penurunan konsentrasi TSS searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika perbandingan ketinggian reaktor antara ruang lumpur dengan ruang filter dinaikkan maka persentase penyisihan TSS semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penyisihan TSS dan perbandingan ketinggian ruang lumpur dengan ruang filter yang ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0.005 < 0,05$ maka korelasinya signifikan.
- Korelasi antara persen penyisihan TSS dengan perbandingan rasio resirkulasi adalah 0.807. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel

signifikan. Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin besar rasio resirkulasi maka persen penyisihan TSS yang dihasilkan akan semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penyisihan TSS dan waktu detensi yang ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0.000 < 0,05$ maka korelasinya signifikan.

- Korelasi antara persen penyisihan TSS dengan waktu detensi adalah 0.354. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel cukup signifikan. 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 TSS dan waktu detensi yang ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0.04 < 0,05$ maka korelasinya cukup signifikan.

4.5.2 Analisis Regresi

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

Hipotesis

H_0 : koefisien regresi tidak signifikan

H_1 : koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan

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

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

Untuk nilai Probabilitas

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

1) Uji Koefisien Regresi persen penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12. Analisis Regresi Antara persen penyisihan COD Dengan Perbandingan Ketinggian Reaktor, Perbandingan Rasio resirkulasi dan Waktu Detensi (jam)

Regression Analysis: % COD versus tinggi reaktor, %R, waktu detensi				
The regression equation is				
% COD = 48.2 + 0.179 tinggi reaktor + 1.63 %R + 0.280 waktu detensi				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	48.227	1.411	34.19	0.000
tinggi reaktor	0.17917	0.01580	11.34	0.000
%R	1.6333	0.1580	22.16	0.000
waktu detensi	0.28022	0.01264	10.33	0.000
S = 1.34106 R-Sq = 96.9% R-Sq(adj) = 96.5%				

- Keterangan :
- S = Standar deviasi model.
 - R-Sq (R²) = Koefisien determinasi.
 - R-Sq (adj) = Koefisien determinasi yang disesuaikan.
 - T = Nilai statistik.
 - P = Nilai probabilitas

Tabel 4.13. Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan COD Perbandingan Ketinggian Reaktor, Perbandingan Rasio resirkulasi dan Waktu Detensi (jam)

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	1306.61	435.54	242.17	0.000
Residual Error	23	41.36	1.80		
Total	26	1347.97			

Pada tabel 4.12 dan 4.13 dapat kita ketahui :

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

$$Y = 48,2 + 0,179X_1 + 1,63X_2 + 0,280 X_3$$

Dimana :

Y = % Penyisihan COD

X₁ = Perbandingan ketinggian reaktor

X₂ = Perbandingan rasio resirkulasi

X₃ = Waktu Detensi

Berdasarkan tabel 4.12. dapat disimpulkan bahwa :

- Konstanta sebesar 48,2 menyatakan bahwa jika ketiga variabel yaitu X_1 (perbandingan ketinggian reaktor), X_2 (perbandingan rasio resirkulasi) dan X_3 (waktu detensi) bernilai 0 (nol), maka variabel Y (persentase penyisihan COD) sebesar 48,2 %.
 - Koefisien regresi untuk variabel X_1 (perbandingan ketinggian reaktor) sebesar 0,179 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan perbandingan ketinggian reaktor antara ruang filter dengan ruang lumpur yaitu 30%:70%, 50%:50%, 70%:30% akan meningkatkan persen penyisihan COD sebesar 0,179%
 - Koefisien regresi untuk variabel X_2 (perbandingan rasio resirkulasi) sebesar 1,63 meyakinkan bahwa untuk setiap peningkatan rasio resirkulasi dari 25%, 50%, 75% akan meningkatkan persen penyisihan COD sebesar 1,63%
 - Koefisien regresi untuk variabel X_3 (waktu detensi) sebesar 0,280 menyatakan bahwa setiap penambahan waktu detensi 2 jam akan meningkatkan persen penyisihan COD sebesar 0,280%.
- B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 96,9%. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi COD dipengaruhi oleh variasi perbandingan ketinggian reaktor, variasi rasio resirkulasi dan variasi waktu detensi sedangkan sisanya 0,4% penurunan penyisihan COD dipengaruhi oleh faktor lain seperti pengaruh temperatur dan pH.
- C. Uji kelinieran untuk analisis regresi atau F test, didapat nilai F hitung sebesar 242,17. Dari tabel distribusi F didapatkan 3,40. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penyisihan COD dengan waktu detensi, perbandingan ketinggian reaktor, perbandingan rasio resirkulasi adalah linier.
- D. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas.

Keputusan

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel
 Jika statistik t hitung output < statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung output > t tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Berdasarkan tabel 4.12 statistik t hitung output untuk variasi perbandingan ketinggian reaktor 11,34; perbandingan rasio resirkulasi 22,16 dan waktu detensi sebesar 10,33, sedangkan t tabel 1,711. Untuk variasi waktu detensi, perbandingan ketinggian reaktor, perbandingan rasio resirkulasi, 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 bahwa nilai probabilitas untuk variasi waktu detensi, perbandingan ketinggian reaktor, perbandingan rasio resirkulasi adalah 0,000, atau probabilitasnya < 0,05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau koefisien regresi signifikan. Jadi variasi waktu detensi, perbandingan ketinggian reaktor, perbandingan rasio resirkulasi, benar – benar berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD

2) Uji Koefisien Regresi persen penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14. Analisis Regresi Antara persen penyisihan TSS Dengan Perbandingan Ketinggian Reaktor, Perbandingan Rasio resirkulasi dan Waktu Detensi (jam)

The regression equation is					
% TSS = 56.8 + 0.213 tinggi reaktor + 1.03 %R + 0.201 waktu detensi					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	56.779	2.921	19.44	0.000	
tinggi reaktor	0.21256	0.03266	6.51	0.000	
%R	1.0283	0.02263	8.88	0.000	
waktu detensi	0.20094	0.3266	3.15	0.004	
S = 2.77137 R-Sq = 85.1% R-Sq(adj) = 83.1%					

- Keterangan :
- S = Standar deviasi model.
 - R-Sq (R^2) = Koefisien determinasi.
 - R-Sq (adj) = Koefisien determinasi yang disesuaikan.
 - T = Nilai statistik.
 - P = Nilai probabilitas

Tabel 4.15. Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan TSS Perbandingan Ketinggian Reaktor, Perbandingan Rasio resirkulasi dan Waktu Detensi (jam)

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	1007.11	335.70	43.71	0.000
Residual Error	23	176.65	7.68		
Total	26	1183.76			

Pada tabel 4.14 dan 4.15 dapat kita ketahui :

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

$$Y = 56,8 + 0,213X_1 + 1,03X_2 + 0,201X_3$$

Dimana :

- Y = % Penyisihan TSS
- X_1 = Perbandingan ketinggian reaktor
- X_2 = Perbandingan rasio resirkulasi
- X_3 = Waktu Detensi

Berdasarkan tabel 4.14 dapat disimpulkan bahwa :

- Konstanta sebesar 56,8 menyatakan bahwa jika ketiga variabel yaitu X_1 (perbandingan ketinggian reaktor), X_2 (perbandingan rasio resirkulasi) dan X_3 (waktu detensi) bernilai 0 (nol), maka variabel Y (persentase penyisihan TSS) sebesar 56,8 %.
- Koefisien regresi untuk variabel X_1 (perbandingan ketinggian reaktor) sebesar 0,213 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan perbandingan ketinggian reaktor antara ruang filter dengan ruang lumpur yaitu 30%:70%, 50%:50%, 70%:30% akan meningkatkan persen penyisihan TSS sebesar 0,213%
- Koefisien regresi untuk variabel X_2 (perbandingan rasio resirkulasi) sebesar 1,03 meyakini bahwa untuk setiap peningkatan rasio resirkulasi dari 25%, 50%, 75% akan meningkatkan persen penyisihan TSS sebesar 1,03%

- Koefisien regresi untuk variabel X_1 (waktu detensi) sebesar 0,201 menyatakan bahwa setiap penambahan waktu detensi 2 jam akan meningkatkan persen penyisihan TSS sebesar 0,201 %.
- B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 85,1%. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi TSS dipengaruhi oleh variasi perbandingan ketinggian reaktor, variasi rasio resirkulasi.
- C. Uji kelinieran untuk analisis regresi atau F test, didapat nilai F hitung sebesar 43,71. Dari tabel distribusi F didapatkan 3,40. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penyisihan TSS dengan waktu detensi, perbandingan ketinggian reaktor, perbandingan rasio resirkulasi adalah linier.
- D. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas.

Keputusan

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel
Jika statistik t hitung output < statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung output > t tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Berdasarkan tabel 4.20 statistik t hitung output untuk variasi perbandingan ketinggian reaktor 6,51; perbandingan rasio resirkulasi 8,88 dan waktu detensi sebesar 3,15, sedangkan t tabel 1,711. Untuk variasi waktu detensi, perbandingan ketinggian reaktor, perbandingan rasio resirkulasi, 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 bahwa nilai probabilitas untuk variasi perbandingan ketinggian reaktor dan perbandingan rasio resirkulasi adalah 0,000, sedangkan variasi waktu detensi nilai probabilitasnya 0,004 atau nilai probabilitas dari ketiga variasi < 0,05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau koefisien regresi signifikan. Jadi variasi waktu detensi, perbandingan ketinggian reaktor, perbandingan rasio resirkulasi, benar – benar berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS.

4.5.3 Analisis ANOVA

- a) Hasil Uji ANOVA persen penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.16, tabel.4.17 dan tabel 4.18

Tabel 4.16 Hasil Uji ANOVA % penyisihan COD terhadap perbandingan tinggi reaktor

One-way ANOVA: % COD; tinggi reaktor

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	12970	12970	78,90	0,000
Error	52	8548	164		
Total	53	21518			

S = 12,82 R-Sq = 60,28% R-Sq(adj) = 59,51%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
% COD	27	81,00	7,20	(---*---)
tinggi reaktor	27	50,00	16,64	(---*---)

48 60 72 84

Pooled StDev = 12,82

Tabel 4.17 Hasil Uji ANOVA % penyisihan COD terhadap perbandingan rasio resirkulasi

One-way ANOVA: % COD; %R

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	12970	12970	53,54	0,000
Error	52	12598	242		
Total	53	25568			

S = 15,56 R-Sq = 50,73% R-Sq(adj) = 49,78%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
% COD	27	81,00	7,20	(---*---)
%R	27	50,00	20,80	(---*---)

48 60 72 84

Pooled StDev = 15,56

0,05 maka H_0 ditolak. Artinya rata – rata persentase penyisihan konsentrasi COD dalam kedua puluh tujuh perlakuan tersebut memang tidak identik.

2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.16, tabel 4.17 dan tabel 4.18 nilai F hitung output dari variasi perbandingan ketinggian reaktor sebesar 78,90. Untuk F hitung dari variasi perbandingan resirkulasi yaitu 53,54 dan variasi waktu detensi adalah 2780,29. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,40. 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 variasi perbandingan ketinggian reaktor, variasi perbandingan resirkulasi dan variasi waktu detensi terhadap penyisihan COD.

b) Hasil Uji ANOVA persen penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.19, tabel.4.20 dan tabel 4.21

Tabel 4.19 Hasil Uji ANOVA % penyisihan TSS terhadap perbandingan tinggi reaktor

One-way ANOVA: % TSS, tinggi reaktor					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	16820	16820	104.33	0.000
Error	52	8384	161		
Total	53	25204			

S = 12.70 R-Sq = 66.74% R-Sq(adj) = 66.10%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
% TSS	27	85.30	6.75	-----+-----+-----+-----+----- (---*---)
tinggi reaktor	27	50.00	16.64	(---*---) -----+-----+-----+-----+----- 48 60 72 84

Pooled StDev = 12.70

Tabel 4.20 Hasil Uji ANOVA % penyisihan TSS terhadap perbandingan rasio resirkulasi

One-way ANOVA: % TSS, %R

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	16820	16820	70.35	0.000
Error	52	12434	239		
Total	53	29254			

S = 15.46 R-Sq = 57.50% R-Sq(adj) = 56.68%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
% TSS	27	85.30	6.75	71.50	99.10
%R	27	50.00	20.80	9.20	90.80

Pooled StDev = 15.46

Tabel 4.21 Hasil Uji ANOVA % penyisihan TSS terhadap waktu detensi

One-way ANOVA: % TSS, waktu detensi

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	4890.7	4890.7	515.24	0.000
Error	52	1255.8	24.1		
Total	53	6146.4			

S = 4.914 R-Sq = 98.54% R-Sq(adj) = 98.51%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
% TSS	27	85.298	6.748	71.50	99.10
waktu detensi	27	6.000	1.664	2.67	9.33

Pooled StDev = 4.914

Keterangan :

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

Hipotesis

H_0 : Kedua puluh tujuh varians perlakuan adalah identik

H_1 : Kedua puluh tujuh varians perlakuan adalah tidak identik

Pengambilan keputusan

⇒ Berdasarkan Nilai Probabilitas :

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

⇒ Berdasarkan Nilai F :

- Jika stasistik hitung (nilai F hitung) $>$ statistik tabel (tabel F), maka H_0 ditolak.
- Jika stasistik hitung (nilai F hitung) $<$ statistik tabel (tabel F), maka H_0 diterima.

Keputusan

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.19, tabel 4.20 dan tabel 4.21 nilai probabilitas (P) dari variasi perbandingan ketinggian reaktor, variasi perbandingan resirkulasi dan variasi waktu detensi adalah sebesar 0,000. Karena nilai probabilitas $0,000 < 0,05$ maka H_0 ditolak. Artinya dalam kedua puluh tujuh perlakuan rata – rata persentase penyisihan konsentrasi TSS tersebut memang tidak identik.

2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.19, tabel 4.20 dan tabel 4.21 nilai F hitung output dari variasi perbandingan ketinggian reaktor sebesar 104,33. Untuk F hitung dari variasi perbandingan rasio resirkulasi yaitu 70,35 dan variasi waktu detensi adalah 515,24. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,40. 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 perbandingan ketinggian reaktor, variasi perbandingan rasio resirkulasi dan variasi waktu detensi terhadap penyisihan COD.

4.6 Pembahasan

4.6.1 Penurunan Konsentrasi COD

Pada variasi ketinggian terlihat bahwa persentase penyisihan COD masing-masing reaktor berbeda, dapat dilihat pada tabel 4.8 dan gambar 4.7. Pada reaktor 30% ruang filter : 70% ruang lumpur didapatkan konsentrasi akhir COD berkisar antara 180 mg/l-469,67 mg/l dimana persentase penyisihan terendah terjadi pada resirkulasi 25% dengan waktu detensi 4 jam yaitu sebesar 68,2% sedangkan penyisihan tertinggi terjadi pada resirkulasi 75% dengan waktu detensi 8 jam sebesar 87,8%. Hal yang sama terjadi pada reaktor 50% ruang filter : 50% ruang lumpur dimana persentase penyisihan terendah terjadi pada resirkulasi 25%, waktu detensi 4 jam sebesar 71,4% dengan konsentrasi akhir 421,67 mg/l dan persentase penyisihan tertinggi pada resirkulasi 75%, waktu detensi 8 jam yaitu 91,7% dengan konsentrasi akhir sebesar 140 mg/l. Pada reaktor 70% ruang filter : 30% ruang lumpur, persentase penyisihan tertinggi dan terendah masing-masing terjadi pada waktu detensi 4 jam dan 8 jam yaitu 74,9% pada resirkulasi 25% dan 95,1% pada resirkulasi 75%, dengan konsentrasi akhir antara 77,67 mg/l – 370 mg/l.

Pada perbandingan ketinggian media, efisiensi removal COD pada reaktor 30% ruang filter : 70% ruang lumpur lebih rendah dibandingkan dengan reaktor 50% ruang filter : 50% ruang lumpur dan 70% ruang filter : 30% ruang lumpur. Hal ini diduga diakibatkan oleh semakin tipisnya lapisan biofilter pada reaktor dengan tinggi media 30% sehingga tempat yang disediakan untuk perlekatan dan penerangkapan biomassa pada matriks media berkurang. Sedangkan lumpur yang terkumpul dan tersuspensi diruang lumpur belum mencapai jumlah dan kepadatan yang maksimal (Nurhayati, 2001). Oleh sebab itu mikroorganisme yang terlekat dan terperangkap pada matriks media diperkirakan lebih berperan dalam degradasi bahan organik dibandingkan dengan pertumbuhan mikroorganisme tersuspensinya. Perbandingan ketinggian reaktor antara ruang filter dengan ruang lumpur dapat dilihat bahwa semakin tinggi media filter maka mikroorganisme yang menempel pada media semakin banyak, dibandingkan dengan mikroorganisme yang berada pada ruang lumpur yang mana penyebaran udara dan kurangnya aerasi pada ruang lumpur menyebabkan mikroorganisme tidak dapat bertumbuh dengan baik.

Dari hasil uji korelasi, hubungan antara variasi perbandingan ketinggian ruang media dengan ruang lumpur terhadap persen penyisihan COD memiliki nilai korelasi kecil yaitu 0,414, tetapi nilai probabilitasnya menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel secara korelasi signifikan, dimana nilai p-value $0,032 < 0,05$. Jika dilihat dari analisis regresi, $Y = 48,2 + 0,179X_1 + 1,63X_2 + 0,280X_3$, nilai 0,179 menyatakan bahwa setiap peningkatan tinggi ruang media akan meningkatkan persen penyisihan COD sebesar 0,179%. Sedangkan dari uji anova, menyatakan bahwa ketinggian ruang media dengan ruang lumpur mempengaruhi penyisihan COD ditunjukkan dari nilai F hitung $78,90 <$ dari nilai F tabel 3,40. Semakin tinggi media filter, semakin besar removal beban organik yang terjadi. Karena ketika air limbah melintasi permukaan biofilm, material organik dalam air limbah bersama-sama dengan oksigen dan nutrien, akan terdifusi kedalam biofilm dan dioksidasi oleh mikroorganisme heterotop (Slamet dan Masduki, 2000). Sedangkan dengan variasi perbandingan ketinggian ruang lumpur dengan ruang filter semakin diturunkan yaitu 30% : 70% maka debit air limbah yang dialirkan juga semakin besar sehingga akan terjadi sloughing yang menyebabkan mikroorganisme yang menempel pada media terkelupas sehingga persentase penyisihan COD semakin kecil (Slamet dan Masduki, 2000).

Analisis korelasi resirkulasi memiliki hubungan yang signifikan dengan penyisihan konsentrasi COD. Dilihat dari sistem resirkulasi yaitu 25%, 50% dan 75%, pada masing-masing reaktor, terjadi peningkatan pada efisiensi removal COD, dimana persentase penyisihan tertinggi terjadi pada reaktor 70% ruang filter : 30% ruang lumpur dengan resirkulasi 75% sebesar 95,1% dengan konsentrasi akhir 77,67 mg/l Sedangkan persentase penyisihan terendah pada reaktor 30% media dengan resirkulasi 25% sebesar 68,2%. Dengan konsentrasi akhir 469,67%. Peningkatan rasio resirkulasi yang diikuti dengan peningkatan penyisihan COD tersebut, disebabkan resirkulasi memberikan pengaruh terhadap jumlah biomassa dalam reaktor. Disamping itu, adanya resirkulasi juga memberikan pengaruh pada pengenceran bahan organik yang akan diolah pada reaktor (Irfai, 2003). Hal ini dapat dilihat uji anova dimana nilai F hitung dari variasi perbandingan resirkulasi yaitu 53,54 sebanding pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,40 yang artinya ada perbandingan signifikan setiap penambahan rasio resirkulasi. Semakin besar

resirkulasi diberikan, semakin banyak pula biomassa yang dikembalikan ke reaktor (Irfai,2003). Demikian pula semakin besar rasio resirkulasi semakin besar pengenceran beban yang diberikan. Dengan jumlah biomassa yang bertambah, maka jumlah limbah yang didegradasi juga lebih banyak sehingga efisiensi penyisihan meningkat (Irene,2001). Efek dari variasi resirkulasi ini juga ditampilkan oleh Ouyang, et.al.,(1999) dimana dengan rasio resirkulasi yang bertambah, secara umum konsentrasi COD dan NH_3 effluen menurun walaupun penurunan tersebut tidak berarti.

Dilihat dari analisis korelasi antara waktu detensi terhadap penyisihan konsentrasi COD hubungannya cukup signifikan. Hal ini disebabkan, dalam waktu detensi terkecil yaitu 4 jam, bakteri yang ada dalam air limbah telah mampu beradaptasi dengan air limbah dan memperoleh nutrisi untuk kelangsungan hidupnya. Semakin lama waktu detensi maka akan meningkatkan pula waktu kontak antara mikroorganisme dengan limbah sehingga kualitas effluen akan semakin baik. Pada tabel 4.8 dapat dilihat bahwa pada waktu detensi 6 jam dan 8 jam, terjadi peningkatan penyisihan COD pada masing-masing reaktor. Hal ini berarti terjadi penyisihan bahan organik oleh mikroorganisme, walaupun efisiensi penyisihannya tidak terlalu besar. Dilihat dari analisis regresi yang menyatakan bahwa setiap penambahan waktu detensi 2 jam akan meningkatkan persen penyisihan COD sebesar 0,280%. Begitu pula dalam uji anova dimana F hitung lebih besar dari F tabel yang menyatakan bahwa ada perbedaan yang signifikan antara waktu detensi terhadap penyisihan COD. Pada analisis data, waktu detensi 8 jam adalah waktu terbaik untuk menyisihkan COD. Peningkatan waktu akan memberikan kesempatan dan peningkatan kinerja mikroorganisme dalam pembentukan *slime* pada media filter dalam penurunan konsentrasi COD (Bambang, 1997 dalam Matilda 2000). Waktu tinggal yang cukup akan memberikan kesempatan difusi bahan organik, aktifitas biologis inilah yang akan menurunkan konsentrasi COD (Suantari Made, 2005). Bakteri yang ada dalam reaktor telah beradaptasi dengan lingkungan limbah dan adanya nutrien yang cukup akan memungkinkan bakteri tersebut membelah diri sehingga dapat meningkatkan efisiensi penurunan bahan organik. Bahan-bahan organik yang ada pada air limbah diuraikan oleh mikroorganisme yang menempel pada media filter. Bahan organik sebagai substrat akan diadsorpsi kedalam media biofilm (Marsono, 1994).

Dari hasil analisis, penyisihan konsentrasi COD limbah cair industri kertas dipengaruhi oleh resirkulasi, variasi perbandingan ketinggian ruang lumpur dengan ruang filter dan waktu detensi.

4.6.2 Penurunan Konsentrasi TSS

Pada tabel 4.9 dan gambar 4.8 terlihat pada variasi ketinggian reaktor bahwa secara signifikan terjadi penyisihan konsentrasi TSS. Pada reaktor 30% ruang filter : 70% ruang lumpur, persentase penyisihan terendah terjadi pada resirkulasi 25 %, dengan waktu detensi 4 jam yaitu sebesar 71,78% sedangkan penyisihan tertinggi terjadi pada resirkulasi 75% dengan waktu detensi 8 jam sebesar 89,23%, dengan konsentrasi akhir berkisar antara 37 mg/l – 97 mg/l. Hal yang sama terjadi pada reaktor 50% ruang filter : 50% ruang lumpur didapatkan konsentrasi akhir TSS sebesar 83,67 mg/l terjadi pada resirkulasi 25%, waktu detensi 4 jam dengan persentase penyisihan 75,72% dan persentase penyisihan tertinggi pada resirkulasi 75%, waktu detensi 8 jam yaitu 93,6% dengan hasil konsentrasi akhir 21,67 mg/l. Pada reaktor 70% ruang filter : 30% ruang lumpur persentase penyisihan tertinggi dan terendah masing-masing terjadi pada waktu detensi 4 jam dan 8 jam yaitu 81,28% pada resirkulasi 25% dan 96,8% pada resirkulasi 75%, dengan konsentrasi akhir TSS berkisar antara 11 mg/l – 64,33 mg/l. Jika dilihat pada perbandingan ketinggian media, efisiensi removal COD pada reaktor dengan tinggi ruang filter 30% lebih rendah dibandingkan dengan reaktor yang memiliki tinggi ruang filter 50% dan 70%.

Berdasarkan uji anova antara perbandingan ketinggian ruang filter dengan ruang lumpur terhadap penyisihan konsentrasi TSS adalah cukup signifikan. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 104,33 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,40. Hasil uji anova tersebut diketahui adanya perbedaan nyata dari ketinggian reaktor dengan penyisihan TSS, bahwa setiap peningkatan rasio media akan menurunkan konsentrasi TSS. Semakin tinggi media filter maka mempunyai waktu pengaliran yang lebih lama dan memberikan kesempatan pengendapan. Menurut Young, 1991 dalam Nurhayati, 2001, merekomendasikan tinggi ruang filter 30%-70% dari ketinggian reaktor.

Pengambilan sampel yang dilakukan 4 jam, 6 jam dan 8 jam pada tiap reaktor menghasilkan persentase penyisihan TSS yang signifikan, hal ini menunjukkan

bahwa mikroorganisme yang telah terbentuk masih mampu untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah dan mampu beradaptasi dengan kondisi yang ada seperti konsentrasi dan komposisi substrat (Shuler, 1992) di dalam reaktor serta ruang filter dan ruang lumpur sebagai media penyaring *suspended solid (SS)*. Pada analisis korelasi hubungan antara waktu detensi dengan penyisihan TSS cukup signifikan hal ini ditunjukkan dari nilai korelasi 0,354 dan p-value $0,04 < 0,05$. Sedangkan jika dilihat dari analisis regresi dimana nilai $Y = 56,8 + 0,213X_1 + 1,03X_2 + 0,201X_3$ dimana Y merupakan % penyisihan TSS dan nilai X_3 yaitu 0,201 menyatakan bahwa setiap peningkatan waktu detensi, mampu menurunkan konsentrasi TSS sebesar 0,201%. Hal yang sama ditunjukkan dalam uji anova, nilai F hitung 515,24 dan nilai F tabel 3,40, karena nilai F hitung > dari F tabel maka dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan yang signifikan antara waktu detensi terhadap penyisihan TSS. Menurut Shuler dan Kargi, 1992 penggunaan nutrisi oleh mikroorganisme akan mengakibatkan peningkatan massa mikroorganisme tersebut, hal ini mengakibatkan makin lamanya proses pada reaktor *Hybrid* aerobik filter akan mengakibatkan peningkatan massa mikroorganisme pada reaktor sehingga efisiensi penyisihan TSS akan meningkat dengan lamanya waktu operasional.

Pada tabel 4.9 dan gambar 4.8 dapat dilihat rasio resirkulasi secara signifikan berpengaruh pada penyisihan TSS, dimana penyisihan terbaik pada masing-masing reaktor selalu terjadi pada resirkulasi 75% dan yang terkecil pada resirkulasi 25%. Hal ini menunjukkan bahwa setiap peningkatan rasio resirkulasi mampu meningkatkan penyisihan TSS. Didukung dengan uji anova dimana nilai F hitung > dari F tabel, yaitu $70,35 > 3,40$. Sedangkan pada uji korelasi nilai P-value $0,000 < 0,05$ yang menyatakan bahwa ada hubungan yang signifikan antara rasio resirkulasi dengan persen penyisihan TSS. Semakin tinggi nilai resirkulasi akan memberikan pengaruh terhadap jumlah biomassa dalam reaktor, dengan jumlah biomassa yang bertambah, maka jumlah limbah yang didegradasi juga lebih banyak sehingga efisiensi penyisihan meningkat (Irfai, 2003). Sejalan dengan pendapat Alaert dan Santika, 1987 bahwa zat padat dapat bersifat organik dan anorganik, dimana penurunan TSS dapat terjadi akibat aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi zat padat tersuspensi yang bersifat organik. Dalam proses resirkulasi penambahan biomassa membantu proses penguraian bahan organik dalam buangan

limbah menjadi karbon dioksida, amonia dan untuk pembentukan sel baru serta hasil lain yang berupa lumpur (Marsono,1997). Lumpur yang dihasilkan oleh mikroorganisme dari mendegradasi TSS mengendap dalam ruang lumpur. Sedangkan TSS yang bersifat anorganik akan diolah secara fisik dalam media filter dengan proses filtrasi.

Sehingga dapat dikatakan bahwa penurunan TSS dapat juga disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme dalam mengoksidasi zat tersuspensi di ruang lumpur, sedangkan TSS yang bersifat anorganik akan mengendap pada ruang filter. Menurut Metcalf dan Eddy, 2003 terjadi beberapa fenomena pada proses filtrasi, yaitu proses sedimentasi dimana material tersuspensi yang lebih halus ukurannya dari lubang pori akan mengendap pada permukaan media. Proses *straining* merupakan proses penyaringan material tersuspensi yang terlalu besar untuk dapat lolos melalui ruang antara butiran media, sedangkan partikel yang lebih kecil dari pori-pori antar media akan terperangkap di dalam filter. Pada proses adhesi partikel berkumpul menjadi satu pada permukaan medium filter, karena ada tekanan arus air, beberapa material terpecah dan terdorong ke dalam dasar media filter. Proses filtrasi juga disebabkan karena aktivitas biologi dimana mikroorganisme yang berkembang biak dalam media filter dengan adanya sumber makanan dari bahan organik dan anorganik yang terdapat dalam air yang akan diolah. Selain proses yang telah disebutkan, adsorpsi, flokulasi dan *interception* juga merupakan fenomena yang terjadi dalam ruang filter.

Hasil analisis penyisihan konsentrasi TSS pada limbah cair industri kertas dipengaruhi oleh resirkulasi, variasi perbandingan ketinggian ruang lumpur dengan ruang filter dan waktu detensi.

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Reaktor Filter *Hybrid* Aerobik Aliran *Upflow* sistem Resirkulasi dengan media batu apung mampu menurunkan kadar COD dan TSS pada limbah cair industri kertas.

Pada variasi ketinggian reaktor 30% ruang filter :70% ruang lumpur didapat persentase penurunan COD dan TSS terbaik, masing-masing sebesar 87,8% dan 89,23% dengan konsentrasi akhir 180 mg/l untuk COD dan 37 mg/l untuk TSS, terjadi pada rasio resirkulasi 75% dan waktu detensi 8 jam. Sedangkan pada variasi ketinggian reaktor 50% ruang filter : 50% ruang lumpur konsentrasi akhir COD dan TSS masing-masing sebesar 124,33 mg/l dan 21,67 mg/l dengan persentase peyisihan 93,6% untuk COD dan 91,5% untuk TSS didapatkan pada resirkulasi 75 % dengan waktu detensi 8 jam. Untuk ketinggian reaktor 70% ruang filter :30% ruang lumpur didapat persentase penurunan COD dan TSS terbaik, pada rasio resirkulasi 75% dan waktu detensi 8 jam masing-masing sebesar 95,1% dan 96,8% dengan konsentrasi akhir 77,67 mg/l dan 11 mg/l.

5.2. Saran

Saran yang dapat diusulkan sehubungan dengan penelitian lebih lanjut adalah:

- a. Perlu penelitian yang lebih lanjut terhadap penggunaan media yang lain.
- b. Memodifikasi alat agar memiliki kemampuan untuk menurunkan kandungan-kandungan lain yang terdapat pada air limbah buangan 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 Watewater 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.
- 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 Watewater 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 Aerobik**. Thesis, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS Surabaya.
- Marsono. 1994, **Teknik Pengolahan Air Limbah Secara 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**.
- 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
- 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.
- Shuler, Michael L, dan Kargi, Fikret, 1992. **Bioprocess Engineering. Basic Concept**. Prentice Hall, Inc. New Jersey.
- Slamet, A dan Masduqi, A, 2000. **Satuan Proses**. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan ITS, Surabaya.

- Suantari, Ni Made. 2005. Uji Kemampuan Roughing Filter Aliran Horizontal Terhadap Penurunan Kadar Sulfur (S), Besi (Fe), dan Kekeruhan Pada Air Panas.** Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang
- Sugiharto. 1987. Dasar – Dasar Pengolahan Air Limbah.** Universitas Indonesia – Press. Jakarta.
- Sutrisno, C.T., dkk, 2004. Teknologi Penyediaan Air Bersih.** Rieka Cipta, Jakarta
- Trihadiningrum, Y., 1995. Mikrobiologi Lingkungan.** Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan ITS, Surabaya





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
JL. BENDUNGAN SIGURA- GURA NO. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Megavirwina Drasnyta
NIM : 03.26.008
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing I: Candra Dwi Ratna, ST.MT

LAPORAN TUGAS AKHIR :

Uji Kemampuan Reaktor Hibrid Aerobik aliran *Upflow* Sistem Resirkulasi dengan Media Batu Apung untuk penurunan COD, TSS pada Limbah Cair Industri Kertas "X"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	TANDA TANGAN
1.	24-6-09	Bab IV Uji ready dan cek kemampuan OK! laporan & pembahasan	
2	6-7-09	lanjutan statistik	
3	29-7-09	lanjutan & pembahasan	
4	20-8-09	VI pembahasan, setiap variasi di bahas dan berikan alasannya, tambah di pembahasan statistik	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura- Gura No. 2
Malang

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Megavirwina Drasnyta
NIM : 03.26.008
Jurusan : Teknik Lingkungan
Pembimbing I : Candra Dwi Ratna, ST,MT

Judul Skripsi :

Uji Kemampuan Reaktor Hibrid Aerobik aliran *Upflow* Sistem Resirkulasi dengan Media Batu Apung untuk penurunan COD, TSS pada Limbah Cair Industri Kertas "X"

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
5	28-8-09	Pembahasan \forall TSS, tambah dg Filtrasi (TSS organik dan anorganik)	
6	31-8-09	Tambah dg Fenomena Filtrasi, sehingga TSS tutup.	
7	2-9-09	Perbaiki Kemampuan	
8	8-9-09	ACC Seminar, WSM \forall seminar	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
JL. BENDUNGAN SIGURA- GURA NO. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Megavirwina Drasnyta
NIM : 03.26.008
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Hardianto, ST,MT

LAPORAN SKRIPSI :

Uji Kemampuan Reaktor Hibrid Aerobik aliran *Upflow* Sistem Resirkulasi dengan Media Batu Apung untuk penurunan COD, TSS pada Limbah Cair Industri Kertas

NO	TANGGAL	KETERANGAN	TANDA TANGAN
1	4-8-09	Asistensi' boleh setiap hari	
2	7-8-09	bab I revisi	
3	8-8-09	bab II revisi	
4	14-8-09	bab III revisi - bab II Revisi	
5	18-8-09	bab IV revisi bab V	
6	27-8-09	bagian ke pembendah	
7	3-9-09	diapka semua	
8	10-9-09	semua	

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

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

$$\begin{aligned} Q &= 2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \times 9,498 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,018996 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,018996 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{1 \cdot 10^6 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ mnt}} = 13,20 \text{ ml/mnt} \\ &= 13,20 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 0,0132 \text{ L/mnt} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Q &= 3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \times 9,498 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,028494 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,028494 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{1 \cdot 10^6 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ mnt}} = 19,78 \text{ ml/mnt} \\ &= 19,78 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 0,01978 \text{ L/mnt} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Q &= 4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \times 9,498 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,037992 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,037992 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{1 \cdot 10^6 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ mnt}} = 26,38 \text{ ml/mnt} \\ &= 26,38 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 0,02638 \text{ L/mnt} \end{aligned}$$

- **Kecepatan aliran pada ruang lumpur :**

$$\begin{aligned} \text{Untuk (Q)} &= 13,20 \text{ ml/mnt} = 13,20 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \\ &= 0,0132 \text{ L/mnt} \times \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{1 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ mnt}}{1 \text{ Jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{\text{hari}} \\ &= 0,0190 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= \frac{Q}{A} = \frac{0,019 \text{ m}^3 / \text{hr}}{9,498 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \\ &= 2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \text{ (OK, memenuhi kriteria)} \\ &\quad (1-4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari. Marsono, 1994}) \end{aligned}$$

- Untuk (Q) = 19,78 ml/mnt = 19,78 ml/mnt x $\frac{1L}{1000ml}$
 = 0,01978 L/mnt x $\frac{10^{-3} m^3}{1L}$ x $\frac{60mnt}{1Jam}$ x $\frac{24 jam}{hari}$ = 0,0285 m³/hari

$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0285 m^3 / hr}{9,498 \times 10^{-3} m^2}$
 = 2,99 m³/m².hari (OK, memenuhi kriteria)
 (1-4 m³/m².hari. Marsono, 1994)

- Untuk (Q) = 26,38ml /mnt = 26,38ml /mnt x $\frac{1L}{1000ml}$
 = 0,02638L/mnt x $\frac{10^{-3} m^3}{1L}$ x $\frac{60mnt}{1Jam}$ x $\frac{24 jam}{hari}$ = 0,038 m³/hari

$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,038 m^3 / hr}{9,498 \times 10^{-3} m^2}$
 = 3,99 m³/m².hari (OK, memenuhi kriteria)
 (1-4 m³/m².hari. Marsono, 1994)

▪ Debit (Q) air limbah pada media

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

$A_{media} = \pi r^2 \times \text{Porositas}$
 = 3,14 x (5,5)² x 0,43 cm
 = 40,84 cm² = 4,084 x 10⁻³ m²

- Untuk beban hidrolis 2 m³/m².hari

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

$Q = 2 m^3/m^2.hari \times 4,084 \times 10^{-3} m^2 = 0,008168 m^3/ hari$
 = 0,008168 m³/ hari x $\frac{1.10^6 ml}{1m^3}$ x $\frac{1hari}{1440mnt}$ = 5,67 ml/mnt
 = 5,67 ml/mnt x $\frac{1L}{1000ml}$ = 5,67 x 10⁻³ L/mnt

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

$$\begin{aligned}
 Q &= 3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \times 4,084 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,012252 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,012252 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{1 \cdot 10^6 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ mnt}} = 8,51 \text{ ml/mnt} \\
 &= 8,51 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 8,51 \times 10^{-3} \text{ L/mnt}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 Q &= 4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \times 4,084 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,016336 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,016336 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{1 \cdot 10^6 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ mnt}} = 11,34 \text{ ml/mnt} \\
 &= 11,34 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 0,01134 \text{ L/mnt}
 \end{aligned}$$

▪ Kecepatan aliran pada ruang media :

- Untuk (Q) = $5,67 \text{ ml/mnt} = 5,67 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}}$

$$\begin{aligned}
 &= 0,00567 \text{ L/mnt} \times \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{1 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ mnt}}{1 \text{ Jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{\text{hari}} \\
 &= 0,0082 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q}{A_{\text{media}}} = \frac{0,0082 \text{ m}^3 / \text{hr}}{4,084 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \\
 &= 1,99 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \text{ (OK, memenuhi kriteria)} \\
 &\quad \text{(1-4 m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari. Marsono, 1994)}
 \end{aligned}$$

- Untuk (Q) = $8,51 \text{ ml/mnt} = 8,51 \text{ ml/mnt} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}}$

$$\begin{aligned}
 &= 0,00851 \text{ L/mnt} \times \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{1 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ mnt}}{1 \text{ Jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{\text{hari}} \\
 &= 0,0123 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q}{A_{\text{media}}} = \frac{0,0123 \text{ m}^3 / \text{hr}}{4,084 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \\
 &= 2,99 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \text{ (OK, memenuhi kriteria)} \\
 &\quad \text{(1-4 m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari. Marsono, 1994)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Untuk } (Q) &= 11,34 \text{ ml /mnt} = 11,34 \text{ ml /mnt} \times \frac{1L}{1000ml} \\
 &= 0,01134L/mnt \times \frac{10^{-3} m^3}{1L} \times \frac{60mnt}{1Jam} \times \frac{24 jam}{hari} \\
 &= 0,016 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q}{A_{media}} = \frac{0,016 \text{ m}^3 / hr}{4,084 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \\
 &= 3,99 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \text{ (OK, memenuhi kriteria)} \\
 &\quad \text{(} 1-4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari. Marsono, 1994)}
 \end{aligned}$$

▪ **Perhitungan Waktu Detensi**

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

$$\begin{aligned}
 Q_{R.Media} + Q_{R.Lumpur} &= 13,20 \text{ ml/mnt} + 5,67 \text{ ml/mnt} \\
 &= 18,87 \text{ ml/mnt} \times \frac{1L}{1000ml} \times \frac{10^{-3} m^3}{1L} = 18,87 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{mnt} \\
 &= 18,87 \text{ ml/mnt} \times \frac{60mnt}{1Jam} \times \frac{1L}{1000ml} = 1,132 \text{ L/jam} \\
 &= 18,87 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{mnt} \times \frac{1mnt}{60dtk} = 3,15 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{dtk} \\
 &= 18,87 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{mnt} \times \frac{60mnt}{1Jam} \times \frac{24 jam}{hari} = 0,0272 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{efektif} &= V_{R.Media} + V_{R.Lumpur} \\
 &= 2,859 \times 10^{-3} + 6,924 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 9,783 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}
 V_{\text{efektif}} &= V_{R.Media} + V_{R.Lumpur} \\
 &= 2,327 \times 10^{-3} \text{ m}^3 + 7,456 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 9,783 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\
 V_{\text{effluen}} &= 9,498 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \times 0,05 \text{ m} \\
 &= 4,749 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**METODE ANALISIS SAMPEL
LAMPIRAN B**

Pemeriksaan Angka Permanganat (PV)

1. Metode

Titration permanganometri

2. Prinsip

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

3. Pereaksi

a. Larutan KMnO_4 0,1 N

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

b. Larutan KMnO_4 0,01 N

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

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

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

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

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

e. Larutan H_2SO_4 8 N bebas zat organik

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

4. Cara Kerja

➤ **Pembebasan labu elenmeyer dari zat organik**

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

➤ **Pemeriksaan zat organik**

- 100 ml contoh air dimasukkan ke dalam labu elenmeyer bebas zat organik
- Tambahkan 5 ml H_2SO_4 8 N dan tetes demi tetes larutan $KMnO_4$ 0,01 N sampai cairan berwarna merah muda.
- Panaskan diatas hot plate dan biarkan mendidih pada suhu $70^{\circ}C$
- 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 $80 - 70^{\circ}C$)
- 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 :

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

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



STANDART BAKU MUTU LAMPIRAN C



LAMPIRAN KEPUTUSAN GUBERNUR JAWA TIMUR
TANGGAL : 17 JUNI 2002
NOMOR : 45 TAHUN 2002

**BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI INDUSTRI ATAU KEGIATAN USAHA
 LAINNYA DI JAWA TIMUR**

BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK INDUSTRI KERTAS					
Produk Kertas	Volume Max (m ³ /ton)	Parameter			
		Kadar Maximum (mg/l)			
		BOD ₅	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:

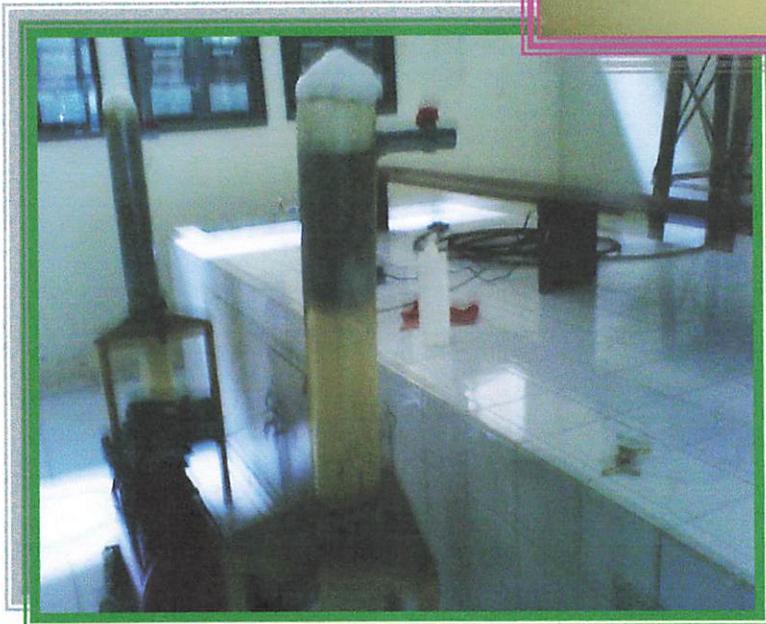
1. Kertas Halus berarti kertas halus yang dikelantang seperti kertas cetak dan kertas tulis.
 2. Kertas kasar berarti kertas kasar berwarna coklat seperti linerboard, kertas karton berwarna coklat atau karton.
 3. Kertas Lain berarti kertas yang dikelantang selain yang tercantum dalam golongan halus,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

LAMPIRAN D
DOKUMENTASI PENELITIAN



Batu apung

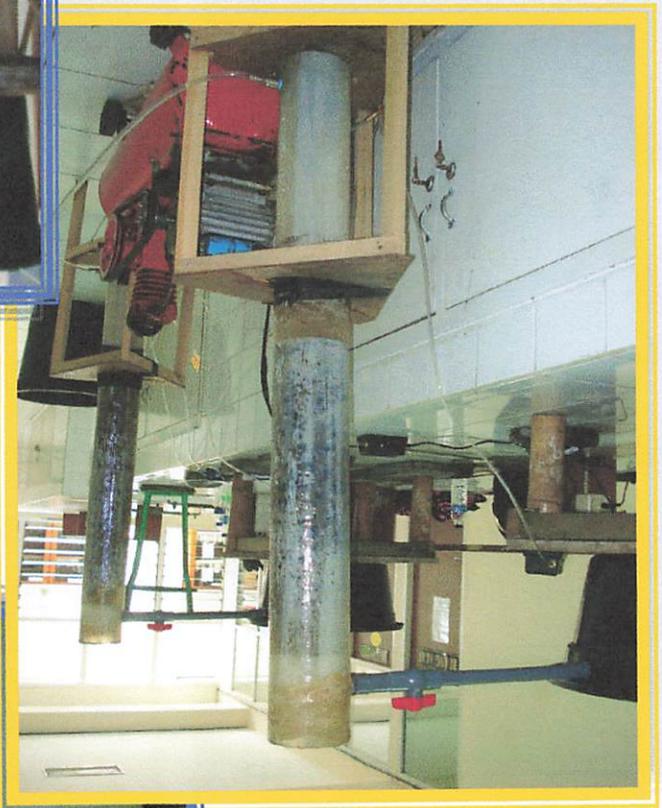
LIMBAH CAIR INDUSTRI KERTAS



PROSES SEEDING



Reaktor Filter Hybrid
Aerobik upflow system
Resirkulasi



Pembentukan
biofilm



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



Contoh uji diambil oleh Megaviswina Tanggal 03 Maret 2009 Jam 11:30 WIB

Laboratorium Kualitas Air
di 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

KAN
Kejuruteraan Akreditasi Nasional
Laboratorium Pengujian
LP - 227 - IDN

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 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 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



NK NIAGA MALANG

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



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	-4,98
	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	-19,73
	70%	57,14	-108,85



JK NIAGA MALANG

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	3,28
	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	6,97
	70%	44,31	4,91
Senin, 04-05-2009	30 %	43,50	5,64
	50%	27,23	5,45
	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 Extention 187
 Malang 65145



ANK NIAGA MALANG

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 Extension 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



NIAGA MALANG

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.72 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT.150803 /2009

1. Data Konsumen :

- Nama konsumen : Megavirwina Prasnyta
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 : 12 Mei 2009
7. Data hasil analisa :

No.	Parameter	Hasil Analisa			Satuan	Metode	
		Kadar				Pereaksi	Metode
		1	2	3			
Reaktor 70%, R. 25%							
1.	COD 4 jam	372	374	363	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
2.	COD 6 jam	329	324	330	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
3.	COD 8 jam	266	278	248	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
Reaktor 70%, R. 50%							
1.	COD 4 jam	285	304	296	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
2.	COD 6 jam	258	255	265	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
3.	COD 8 jam	184	185	185	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
Reaktor 70%, R. 75%							
1.	COD 4 jam	173	172	165	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
2.	COD 6 jam	118	112	115	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
3.	COD 8 jam	76	78	79	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks

Catatan :

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



Dr. Sasangka Prasetyawan, MS.
NIP. 11.653.134

Malang, 25 Mei 2009
Kalab. Lingkungan,

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



LAPORAN HASIL ANALISA

NO : LP.70 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT.150803 / 2009

1. Data Konsumen :
Nama konsumen : Megavirwina Prasnyta
Instansi : FTSP Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang
Alamat : Jalan. Bendungan Sigura-gura V kav 3B Malang
Telepon : 085234028974
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 : 12 Mei 2009
7. Data hasil analisa :

No.	Parameter	Hasil Analisa			Satuan	Metode	
		Kadar				Pereaksi	Metode
		1	2	3			
Reaktor 30%, R. 25%							
1.	COD 4 jam	470	472	468	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
2.	COD 6 jam	422	424	425	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
3.	COD 8 jam	364	385	378	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
Reaktor 30%, R. 50%							
1.	COD 4 jam	425	405	415	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
2.	COD 6 jam	344	356	340	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
3.	COD 8 jam	315	325	305	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
Reaktor 30%, R. 75%							
1.	COD 4 jam	265	260	270	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
2.	COD 6 jam	215	235	225	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
3.	COD 8 jam	172	182	186	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks

Catatan :

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

Malang, 25 Mei 2009
Kalab. Lingkungan,

Mengetahui
Kefu

Dr. Sasangka Prasetyawan, MS.
NIP. 11 653 134

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



LAPORAN HASIL ANALISA

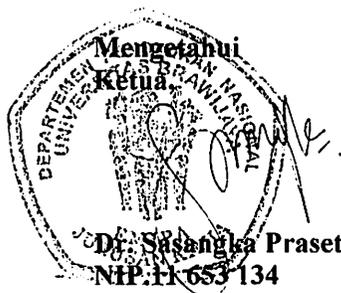
NO : LP.69 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT.150803 /2009

1. Data Konsumen :
Nama konsumen : Megavirwina Prasnyta
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 : 12 Mei 2009
7. Data hasil analisa :

No.	Parameter	Hasil Analisa			Satuan	Metode	
		Kadar				Pereaksi	Metode
		1	2	3			
Reaktor 70%, R. 25%							
1.	TSS 4 jam	64	64	65	mg/l	-	Gravimetri
2.	TSS 6 jam	55	62	57	mg/l	-	Gravimetri
3.	TSS 8 jam	46	48	52	mg/l	-	Gravimetri
Reaktor 70%, R. 50%							
1.	TSS 4 jam	46	41	43	mg/l	-	Gravimetri
2.	TSS 6 jam	36	37	39	mg/l	-	Gravimetri
3.	TSS 8 jam	31	28	27	mg/l	-	Gravimetri
Reaktor 70%, R. 75%							
1.	TSS 4 jam	21	22	20	mg/l	-	Gravimetri
2.	TSS 6 jam	17	15	17	mg/l	-	Gravimetri
3.	TSS 8 jam	13	11	9	mg/l	-	Gravimetri

Catatan :

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



Dr. Sasangka Prasetyawan, MS.
NIP. 11 653 134

Malang, 25 Mei 2009
Kalab. Lingkungan,

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



LAPORAN HASIL ANALISA

NO : LP.68 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT.150803 /2009

1. Data Konsumen :
 Nama konsumen : Megavirwina Prasnyta
 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 : 12 Mei 2009
7. Data hasil analisa :

No.	Parameter	Hasil Analisa			Satuan	Metode	
		Kadar				Pereaksi	Metode
		1	2	3			
Reaktor 50%, R. 25%							
1.	TSS 4 jam	82	84	82	mg/l	-	Gravimetri
2.	TSS 6 jam	74	79	75	mg/l	-	Gravimetri
3.	TSS 8 jam	65	60	70	mg/l	-	Gravimetri
Reaktor 50%, R. 50%							
1.	TSS 4 jam	55	52	58	mg/l	-	Gravimetri
2.	TSS 6 jam	45	45	49	mg/l	-	Gravimetri
3.	TSS 8 jam	36	38	40	mg/l	-	Gravimetri
Reaktor 50%, R. 75%							
1.	TSS 4 jam	34	29	31	mg/l	-	Gravimetri
2.	TSS 6 jam	27	31	30	mg/l	-	Gravimetri
3.	TSS 8 jam	20	22	23	mg/l	-	Gravimetri

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.67 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT.150803 /2009

1. Data Konsumen :
Nama konsumen : Megavirwina Prasnyta
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 : 12 Mei 2009
7. Data hasil analisa :

No.	Parameter	Hasil Analisa			Satuan	Metode	
		Kadar				Pereaksi	Metode
		1	2	3			
Reaktor 30%, R. 25%							
1.	TSS 4 jam	95	98	98	mg/l	-	Gravimetri
2.	TSS 6 jam	86	88	92	mg/l	-	Gravimetri
3.	TSS 8 jam	80	78	84	mg/l	-	Gravimetri
Reaktor 30%, R. 50%							
1.	TSS 4 jam	78	72	74	mg/l	-	Gravimetri
2.	TSS 6 jam	66	56	73	mg/l	-	Gravimetri
3.	TSS 8 jam	58	55	60	mg/l	-	Gravimetri
Reaktor 30%, R. 75%							
1.	TSS 4 jam	48	54	46	mg/l	-	Gravimetri
2.	TSS 6 jam	43	41	39	mg/l	-	Gravimetri
3.	TSS 8 jam	39	40	32	mg/l	-	Gravimetri

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



Mengetahui
Ketua
Dr. Sasangka Prasetyawan, MS.
NIP. 653.134



LAPORAN HASIL ANALISA

NO : LP.71 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT.150803 / 2009

1. Data Konsumen :
Nama konsumen : Megavirwina Prasnyta
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 : 12 Mei 2009
7. Data hasil analisa :

No.	Parameter	Hasil Analisa			Satuan	Metode	
		Kadar				Pereaksi	Metode
		1	2	3			
Reaktor 50%, R. 25%							
1.	COD 4 jam	412	424	429	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
2.	COD 6 jam	376	380	384	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
3.	COD 8 jam	321	323	327	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
Reaktor 50%, R. 50%							
1.	COD 4 jam	372	360	353	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
2.	COD 6 jam	290	292	303	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
3.	COD 8 jam	250	256	244	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
Reaktor 50%, R. 75%							
1.	COD 4 jam	195	192	196	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
2.	COD 6 jam	138	140	142	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks
3.	COD 8 jam	115	135	123	mg/l	Indikator Feroin	Titration Redoks

Catatan :

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

Mengetahui
Ketua,

Dr. Sasangka Prasetyawan, MS.
NIP.11 653 134

Malang, 25 Mei 2009
Kalab. Lingkungan,

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