

SKRIPSI

EFEKTIVITAS PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK SISTEM ALIRAN *UP FLOW* TEKNOLOGI *BIOFILTER* DENGAN MEDIA BATU APUNG DALAM MENURUNKAN BOD DAN TSS



Oleh :

**Yuvita Dian Siswanti
(09.26.020)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2013**

SECRET

STANDARD AND NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
INTERNATIONAL BUREAU OF STANDARDS
COMMISSIONS FOR THE INTERSTATE COMMERCE COMMISSION
FOR THE UNITED STATES

1960

STANDARD AND NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
INTERNATIONAL BUREAU OF STANDARDS

STANDARD AND NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
INTERNATIONAL BUREAU OF STANDARDS
COMMISSIONS FOR THE INTERSTATE COMMERCE COMMISSION
FOR THE UNITED STATES

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**Efektifitas Pengolahan Limbah Cair Domestik Sistem Aliran *Up Flow*
Teknologi *Biofilter* Dengan Media Batu Apung Dalam Menurunkan
BOD dan TSS**

Oleh :

Yuvita Dian Siswanti

(09.26.020)

Mengetahui

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Dr. Ir Hery Setyobudiarso, MSi)

(Candra Dwi Ratna, ST.MT)

NIP. 196106201991031002

NIP. Y. 1030000349

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan

(Candra Dwi Ratna, ST.MT)

NIP. Y. 1030000349





PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

NAMA : YUVITA DIAN SISWANTI
NIM : 09.26.020
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN
JUDUL : Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Domestik Sistem Aliran *Up Flow*
Teknologi *Biofilter* Dengan Media Batu Apung Dalam Menurunkan
BOD dan TSS

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S-1)

Pada Hari : KAMIS

Tanggal : 22 AGUSTUS 2013

Dengan Nilai: 79.49 (B+)

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Ketua

Candra Dwi Ratna, ST. MT
NIP. Y. 1030000349

Sekretaris

Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP. Y. 1030300382

ANGGOTA PENGUJI

Penguji I

Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP. Y. 1030300382

Penguji II

Anis Artiyani, ST. MT
NIP. P. 1030300384

Dian Siswanti Yuvita, Setyobudiarso Heri, Dwi Ratna Candra, 2013. **Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Domestik Sistem Aliran Up Flow Teknologi Biofilter Dengan Media Batu Apung Dalam Menurunkan BOD dan TSS.** Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAK

Air buangan domestik yang dihasilkan dari berbagai aktifitas manusia mengandung padatan tersuspensi dan terlarut. Oleh karena itu sebelum di buang ke perairan, kadar yang terkandung harus diturunkan terlebih dahulu agar tidak mencemari. Salah satu *treatment* yang dapat digunakan dengan pengolahan *biofilter* (proses pertumbuhan melekat). *Biofilter* yang digunakan adalah menggunakan media batu apung dengan proses *aerob* aliran *upflow*. Tujuan dari penelitian ini mengetahui kemampuan *aerobik biofilter* dengan media batu apung untuk menurunkan BOD dan TSS sampai pada standar baku mutu yang ditetapkan serta mengetahui waktu optimum dan ketinggian media yang diperlukan dalam menurunkan parameter BOD dan TSS. Penelitian ini menggunakan 2 reaktor yang masing-masing memiliki ketinggian berbeda dan dilakukan dalam skala laboratorium dengan sampel air limbah domestik diambil dari Perumahan Sumber Sari RW I, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Hasil analisis menunjukkan waktu operasional optimum yang diperlukan dalam penyisihan BOD pada reaktor A (1.2 meter) dan reaktor B (1 meter) adalah pada 10.5 jam, dengan persentase penyisihan berturut – turut sebesar 51.8 % dan 37.1%. Waktu operasional optimum yang diperlukan dalam penyisihan TSS pada reaktor A (1.2 meter) dan reaktor B (1 meter) adalah pada 10.5 jam, dengan persentase penyisihan berturut – turut sebesar 86.5 % dan 81.9%. untuk variasi ketinggian media, ketinggian media optimum yang diperlukan dalam penyisihan BOD dan TSS adalah pada ketinggian 1.2 meter. Dengan persentase penyisihan BOD dan TSS tertinggi masing-masing adalah 51.8% dan 86.5%

Kata kunci : *aliran upflow*, *biofilter*, BOD, Limbah Cair Domestik, TSS

Dian Siswanti Yuvita, Setyobudiarso Heri, Dwi Ratna Candra, 2013. **Efektivity Of Wastewater Treatment with Upflow System that using Biofilter Pumice Stone's Media to Reduce BOD and TSS in Domestic Wastewater.** Essay Of Enviroment Engineering Faculty Technology Nasional Malang Institute.

ABSTRACT

The domestic wastewater that produced from any kind of human being activity consist of suspended solid and dissolved solids that can be contaminate of water when its countability out of threshold. Thus, the content of wastewater should be decrease first before its floating. One of the used equipment is biofilter (attached - growth). Pumice stone using for this biofilter as a media and using aerob process. This research has done by using laboratory scale with 2 reactor in different height, domestic waste water has taken from Perumahan Dinoyo, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. The purposes of this research are to know the ability of biofilter that using pumice stone as a media to reduce BOD and TSS and to know the optimum time and media height that needed to reduce BOD and TSS as a pollutant. The result show the optimum operational time that needed on BOD elimination is 10.5 hours whether reactor A (1.2 meters) or reactor B (1 m) with elimination percentage 51.8% and 37.1%. The optimum operational time that needed on TSS elimination is 10.5 hours whether reactor A (1.2 meters) or reactor B (1 m) with elimination percentage 86.5% and 81.9%. for variety of media height, the optimum height that needed on BOD and TSS elimination is 1.2 metre with the highest of elimination percentage are 51.8% and 86.5%

Keywords : *Upflow, Biofilter, BOD, Domestic Wastewater, TSS*



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAKSI	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR GRAFIK	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Air Limbah	5
2.2 Sumber Air Limbah	5
2.2.1 Sumber Air Limbah Rumah Tangga	6
2.2.2 Air Limbah Non Domestik	6
2.2.3 Air Limbah Tambahan dan Rembesan	7
2.3 Karakteristik Air Buangan Domestik	7
2.4 Kandungan Limbah Rumah Tangga	8
2.5 Pengolahan Air Limbah	10
2.6 Pengolahan Secara Biologi	10
2.7 Proses Pertumbuhan Melekat (<i>Attached Growth</i>)	11
2.8 Proses Biofilter	12
2.9 Kinetika Biofilter	14
2.10 Faktor – faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Proses Biodegradasi Aerobik	15

2.11	Keuntungan Sistem Biofilter	17
2.12	Kriteria Pemilihan Media Biofilter	18
2.13	Batu Apung	18
2.14	TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)	19
2.15	BOD (<i>Biological Oksigen Demand</i>)	20
2.16	Metode Pengolahan Data	20
2.16.1	Statistik Deskriptif dan Inferensi	20
2.16.2	Analisis Korelasi	21
2.16.3	Analisis Regresi	22
2.16.4	Pengantar Desain Eksperimen	22
2.16.4.1	Langkah – langkah Desain Eksperimen	22
2.16.4.1	Analisis Of Variance	22

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1	Jenis Penelitian	25
3.2	Objek Penelitian	25
3.3	Lokasi Penelitian	25
3.4	Variabel Penelitian	26
3.5	Spesifikasi Alat dan Bahan yang Direncanakan	26
3.5.1	Reaktor Aerobik Biofilter	26
3.5.2	Reservoar	26
3.5.3	Bahan	27
3.6	Cara Kerja	27
3.6.1	Pengambilan Sampel	27
3.6.2	Penyiapan Media Filter	28
3.6.3	Analisa Pendahuluan	28
3.6.4	Pelaksanaan Penelitian	28
3.6.4.1	Aklimatisasi	28
3.6.4.2	Tahap Operasional	29
3.7	Metode Penelitian	30
3.7.1	Metode Analisis Hasil Percobaan	30

3.7.1.1	Permanganat Value	30
3.7.1.2	<i>Biological Oksigen Demand (BOD)</i>	30
3.7.1.3	<i>TSS (Total Suspended Solid)</i>	31
3.8	Metode Statistik	32
3.9	Kerangka Penelitian	34

BAB IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1	Karakteristik Limbah Cair Domestik	35
4.2	Tahap Aklimatisasi	36
4.3	Analisis Deskriptif	41
4.3.1	Analisis Deskriptif BOD	41
4.3.2	Analisis Deskriptif TSS	43
4.4	Analisis Statistik	44
4.4.1	Hasil Uji Korelasi	44
4.4.2	Analisis Regresi	46
4.4.3	Analisis ANOVA	51
4.5	Pembahasan	56
4.5.1	Penurunan Konsentrasi BOD	56
4.5.2	Penurunan Konsentrasi TSS	59

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	63

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

LEMBAR PERSEMBAHAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Fisik Limbah Domestik	8
Tabel 2.2 Komposisi Limbah Domestik	9
Tabel 4.1 Hasil Analisis Awal Limbah Cair Domestik Kawasan Perumahan Dinoyo RW 01, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang	35
Tabel 4.2 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor A (Tinggi media 1.2 m)	37
Tabel 4.3 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor B (Tinggi media 1 m)	39
Tabel 4.4 Data Konsentrasi Akhir BOD dan Persentase Penyisihan BOD	42
Tabel 4.5 Data Konsentrasi Akhir TSS dan Persentase Penyisihan TSS	43
Tabel 4.6 Analisis Korelasi Antara Persen Penyisihan BOD dengan Perbandingan Ketinggian Media (m) dan Waktu Operasional (jam)	44
Tabel 4.7 Analisis Korelasi Antara Persen Penyisihan TSS dengan Perbandingan Ketinggian Media (m) dan Waktu Operasional (jam)	45
Tabel 4.8 Analisis Regresi Antara Persen Penyisihan BOD dengan Perbandingan Ketinggian Media (m) dan Waktu Operasional (jam)	47
Tabel 4.9 Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan BOD Perbandingan Ketinggian Media (m) dan Waktu Operasional (jam)	48
Tabel 4.10 Analisis Regresi Antara Persen Penyisihan TSS dengan Perbandingan Ketinggian Media (m) dan Waktu Operasional (jam)	50
Tabel 4.11 Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan TSS Perbandingan Ketinggian Media (m) dan Waktu Operasional (jam)	48
Tabel 4.12 Hasil Uji ANOVA Persentase Penyisihan BOD terhadap Waktu Operasional (jam)	52
Tabel 4.13 Hasil Uji ANOVA Persentase Penyisihan BOD terhadap Ketinggian media (m)	54

Tabel 4.14 Hasil Uji ANOVA Persentase Penyisihan TSS terhadap Waktu Operasional (jam)	55
Tabel 4.15 Hasil Uji ANOVA Persentase Penyisihan TSS terhadap Ketinggian Media (m)	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Reaktor Aerobik Biofilter	29
Gambar 3.2 Bagan Kerangka Penelitian	34

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Persentase Penyisihan Bahan Organik (PV) Pada Reaktor A (Tinggi Media 1.2 meter)	38
Grafik 4.2 Persentase Penyisihan Bahan Organik (PV) Pada Reaktor B (Tinggi Media 1 meter)	40
Grafik 4.3 Persentase Penyisihan BOD	42
Grafik 4.4 Persentase Penyisihan TSS	43

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran L1 Pemecahan dan Pengayakan Media
- Lampiran L2 Pencucian dan Pembilasan dengan Aquadest
- Lampiran L3 Penjemuran Media
- Lampiran L4 Aktivasi Media pada Suhu 200°C
- Lampiran L5 Pengukuran Volume Media terhadap Reaktor
- Lampiran L6 Test Kebocoran Reaktor
- Lampiran L7 Perekatan Kembali Kaca Reaktor
- Lampiran L8 Running Keseluruhan dengan Penyesuaian Debit
- Lampiran L9 Pengambilan Sampel
- Lampiran L10 Pengoperasian Reaktor
- Lampiran L11 Pemanasan KMnO₄
- Lampiran L12 Analisa PV (*Permanganat Value*)
- Lampiran L13 Analisa TSS dan BOD
- Lampiran L14 Air Pump Aerator
- Lampiran L15 pH Meter
- Lampiran L16 Baffel
- Lampiran L17 Perhitungan Reaktor



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manusia dalam menjalankan aktifitas dan mempertahankan hidupnya, akan selalu berhubungan dengan air bersih sebagai kebutuhan pokok. Seperti dipergunakan untuk memasak, mencuci, mandi, dan lain sebagainya. Dalam penggunaannya, tidak seluruhnya dari air bersih akan habis terpakai, tetapi sebagian air tersebut menjadi air yang tidak terpakai yang pada akhirnya akan dibuang. Hasil buangan itu disebut sebagai air buangan. Ketika populasi manusia masih sedikit, air buangan yang dihasilkan dari aktifitas manusia juga kecil. Namun, ketika adanya peningkatan aktifitas manusia, penambahan penduduk serta keanekaragaman kebutuhan hidup manusia, maka jumlah air buangan yang dihasilkan juga ikut meningkat. Seperti yang terjadi di Jakarta, bahwa jumlah air buangan yang dihasilkan pada tahun 1987 sebesar 1.038.025 m³/hari dan untuk tahun 2010 mengalami peningkatan sebesar 1.882.686 m³/hari (ejurnal.bppt.go.id). Dengan terus meningkatnya air buangan yang dihasilkan dengan tidak diimbangi oleh kemampuan alam untuk melakukan *self purification* menyebabkan terjadinya pencemaran. Dimana dalam Lampiran Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Limbah Domestik bahwa parameter kunci termasuk didalamnya adalah BOD dan TSS (*Total Suspended Solid*).

Melihat dari permasalahan yang ada, pengolahan air limbah domestik sudah seharusnya dilakukan. Karena selain demi kesehatan manusia, salah satu upaya pengelolaan lingkungan yang saat ini sedang gencar dilakukan adalah adanya kegiatan pemanfaatan kembali (*Reuse*). *Effluent* yang dihasilkan dapat dimanfaatkan kembali untuk berbagai keperluan, seperti untuk menyirami tanaman serta sebagai air gelontor pada *water closet* (WC). Berbagai kegunaan dari *effluent* pengolahan air limbah domestik dapat menghemat penggunaan air

bersih PDAM karena mengurangi konsumsi air sehingga juga mengurangi finansial dari tiap rumah tangga (eprints.upnjatim.ac.id). Salah satu alternatif pengolahan yang dibutuhkan untuk mengurangi atau menurunkan beban organik adalah dengan menggunakan pengolahan secara *aerobik*, yaitu dengan menggunakan teknologi *aerobik biofilter* aliran *upflow* dengan media batu apung. Pertimbangan dengan menggunakan teknologi ini adalah aliran *upflow* dapat meminimalkan terjadinya *clogging* pada aliran air limbah daripada sistem aliran kebawah (*downflow*) (Metcalf & Eddy, 2003). Dalam penelitian Agung (2008), penurunan BOD (*Biological Oksigen Demand*) yang dihasilkan menggunakan teknologi *aerobik biofilter* aliran *upflow* dengan media pecahan genteng adalah 65,52%. Sedangkan untuk penurunan BOD dengan menggunakan teknologi *anerobik biofilter* aliran *upflow* dengan media pecahan batu kerikil adalah 80,9% (Said, 2005).

Selain adanya parameter BOD, parameter lain yang dipertimbangkan adalah TSS (*Total Suspended Solid*) dalam air limbah domestik. Apabila pada limbah cair memiliki kandungan zat tersuspensi tinggi, maka tidak boleh dibuang langsung ke badan air karena disamping dapat menyebabkan pendangkalan juga dapat menghalangi sinar matahari masuk kedalam dasar air sehingga proses fotosintesa mikroorganisme tidak dapat berlangsung (<http://www.indonesian-publichealth.com>). Untuk itu dalam penelitian yang akan dilakukan ini mencoba untuk melihat efektifitas penurunan TSS (*Total Suspended Solid*) dan BOD dengan proses *aerobik*. Pada penelitian sebelumnya besar efisiensi penurunan TSS (*Total Suspended Solid*) pada sistem *biofilter anaerobik* aliran *upflow* dengan media sarang tawon sebesar 84% pada limbah industri tahu (Pohan, 2008). Sehingga diharapkan pada penelitian ini dapat menghasilkan efisiensi yang lebih besar baik untuk parameter BOD maupun TSS pada proses *aerobik*.

Media yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah batu apung. Pemilihan media ini didasarkan pertimbangan kriteria pemilihan media biofilter. Meskipun batu kerikil media yang sering digunakan dalam proses pertumbuhan *biofilm* dan menghasilkan efektivitas yang cukup bagus dalam penurunan parameter terukur. Namun, jika ditinjau dari pemilihan media *biofilter* masih

terdapat beberapa kekurangan. Diantaranya adalah fraksi volume rongga yang sangat rendah dan berat sehingga mudah terjadi penyumbatan serta batu kerikil memiliki berat jenis yang cukup besar. Sedangkan batu apung yang digunakan sebagai media selain memiliki berat jenis lebih ringan, batu apung juga memiliki luas permukaan media yang besar dan tidak merubah ukuran keseluruhan volume media (Tantya, 2000). Variasi dalam penelitian ini menggunakan variasi waktu operasional serta ketinggian media. Hipotesa awal adalah bahwa semakin lama waktu operasional dan semakin tinggi ketebalan media yang ada pada reaktor *biofilter*, maka efisiensi penurunan parameter terukur semakin tinggi. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya ketinggian media diam, maka kuantitas mikroba yang menempel akan bertambah sehingga kemampuan bakteri untuk menyingkirkan bahan organik akan semakin optimal (jurnal kimia lingkungan, 2008). Waktu operasional yang lebih lama diharapkan mampu untuk menurunkan parameter terukur secara maksimal pada limbah cair domestik.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kemampuan *aerobik biofilter* dengan media batu apung untuk menurunkan BOD dan TSS sampai pada standar baku mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Limbah Domestik.
2. Mencari waktu terbaik serta ketinggian media yang diperlukan dalam menurunkan parameter BOD dan TSS sampai pada standar baku mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Limbah Domestik.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kemampuan *aerobik biofilter* dengan media batu apung untuk menurunkan BOD dan TSS sampai pada standar baku mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Limbah Domestik.

2. Mengetahui waktu terbaik serta ketinggian media yang diperlukan dalam menurunkan parameter BOD dan TSS sampai pada standar baku mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Limbah Domestik.

1.4 Ruang Lingkup

1. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Pengambilan sampel limbah cair domestik perumahan di ambil dari saluran akhir pembuangan yaitu berupa saluran limbah atau selokan yang kedalamannya $\pm 0,5$ m, dimana sampel diambil kira – kira $1/2 - 2/3$ tingkat penampang basah dari permukaan air.
3. Media yang digunakan adalah batu apung dengan ukuran 3–5 cm.
4. Pengambilan sampel dilakukan antara pukul jam 5.30–7.30 wib, karena pada jam ini merupakan jam aktivitas masyarakat pagi hari (Sri sumestri dan G.Aleart, 1998).
5. Parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah BOD dan TSS.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air Limbah

Pengertian air limbah menurut Metcalf dan Eddy (2003) air limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah-sampah cair yang berasal dari daerah pemukiman, perdagangan, perkantoran dan industri bersama-sama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada. Sedangkan pengertian air limbah menurut EPA (*Environmental Protection Agency*) 1977, “*wastewater is water carrying dissolved or suspended solids from homes, farms, business, and industries*”. Artinya bahwa air limbah adalah bahan buangan yang membawa bahan-bahan tersuspensi dan terlarut dari rumah tangga, pertanian, perdagangan, dan industri.

Setiap masyarakat tentunya akan menghasilkan suatu buangan, baik yang berbentuk cair, padat maupun gas. Buangan cair yang berasal dari masyarakat perkotaan ataupun pedesaan, umumnya berupa air bekas penggunaan dari berbagai aktivitas sehari-hari. Limbah dapat mengandung bahan pencemar yang bersifat racun dan berbahaya karena alasan warna, kandungan bahan kimia organik dan anorganik, keasaman, alkalinitas dan sifat-sifat lainnya.

Kualitas air limbah menunjukkan spesifikasi limbah yang diukur dari kandungan pencemar dalam limbah. Air limbah merupakan air bekas yang sudah tidak terpakai lagi sebagai hasil dari adanya berbagai kegiatan manusia sehari-hari. Air limbah tersebut biasanya dibuang ke alam yaitu tanah dan badan air. Sesuai dengan penggunaannya, setiap air bekas pemakaian telah terkontaminasi oleh bahan-bahan yang dipakainya, yang mungkin bersifat fisik (misal: air menjadi keruh, berwarna), bersifat kimiawi (air mengandung bahan-bahan kimia yang mengganggu kesehatan/lingkungan), bersifat organo-biologis (air mengandung zat organik, mikroba/bakteri patogen, dan sebagainya).

2.2 Sumber Air Limbah

Ditinjau dari sumber penghasilnya, air limbah dapat dibagi menjadi 3, yaitu air limbah domestik, air limbah industri, dan air limbah tambahan dan rembesan.

2.2.1 Sumber Air Limbah Rumah Tangga (*Domestic Wastewater*)

Limbah domestik mengandung bahan-bahan pencemar organik, non-organik, dan bakteri yang sangat potensial untuk mencemari sumber-sumber air. Sumber utama air limbah domestik (rumah tangga) dari masyarakat adalah berasal dari perdagangan dan daerah pemukiman. Adapun sumber lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah daerah perkantoran atau lembaga, serta tempat rekreasi (Sugiharto, 2010). Limbah domestik seperti sampah-sampah organik dapat terurai menjadi nitrat, fosfat, dan karbonat, sedangkan deterjen dapat terurai menjadi fosfat. Menurut Duncan Mara, 1976, air limbah daerah tropis memiliki harga BOD antara 400–700 mg/l.

Karakteristik air limbah yang berasal dari perumahan dapat dibedakan menjadi 4 tipe, yaitu :

1. *Grey Water* : Air cucian yang berasal dari dapur, kamar mandi, *laundry*, dan lain-lain tanpa feces dan urin
2. *Black Water* : Air yang berasal dari pembilasan toilet (*feces* dan urin)
3. *Yellow Water* : Urin yang berasal dari pemisahan toilet dan urinals (dengan atau tanpa air untuk pembilasan)
4. *Brown Water* : *Blackwater* tanpa urin atau *yellow water*

2.2.2 Air Limbah *Non Domestik* (Air Limbah Industri)

Air limbah industri merupakan air bekas pemakaian yang berasal dari daerah bukan pemukiman seperti wilayah industri, rumah sakit, laboratorium, dan lain sebagainya. Jumlah aliran air limbah yang berasal dari industri tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air serta derajat pengolahan air limbah di industri yang bersangkutan.

(<http://jst.eng.unri.ac.id>)

2.2.3 Air Limbah Tambahan dan Rembesan

Air limbah tambahan merupakan air hujan yang melimpah dari saluran pengering atau saluran air hujan. Air limbah ini disebabkan oleh air hujan yang masuk melebihi daya tampung saluran sehingga limpahan air hujan akan digabung dengan saluran air limbah. Hal ini akan menjadi faktor tambahan yang sangat besar, sehingga perlu diketahui curah hujan yang ada sehingga banyaknya air yang akan ditampung melalui saluran air hujan atau saluran pengering dan saluran air limbah dapat diperhitungkan (Sugiharto, 2010)

2.3 Karakteristik Air Buangan Domestik

Air buangan perkotaan mengandung lebih dari 99,9% cairan dan 0,1% padatan. Zat-zat yang terdapat di dalam air buangan diantaranya adalah unsur-unsur organik tersuspensi maupun terlarut dan juga unsur-unsur anorganik serta mikroorganisme. Unsur-unsur tersebut memberi corak kualitas air buangan dalam sifat fisik, kimiawi maupun biologis.

a) Karakteristik Kimiawi

Karakteristik kimiawi yang menjadi parameter didalam pengolahan meliputi : senyawa organik, senyawa anorganik, dan gas.

b) Karakteristik Biologis

Karakteristik biologis yang menjadi parameter didalamnya adalah kandungan mikroba, tumbuhan, dan hewan.

c) Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik yang menjadi parameter didalam pengolahan meliputi temperatur, total solid, warna, bau, dan kekeruhan. Sebagian besar penyusun air buangan domestik berupa bahan-bahan organik. Penguraian bahan-bahan ini akan menyebabkan munculnya kekeruhan. Tabel 2.1 menunjukkan pengaruh dan penyebab air buangan domestik dari karakteristik fisik.

Tabel 2.1 Karakteristik Fisik Limbah Domestik

Sifat-sifat	Penyebab	Pengaruh
Suhu	Kondisi udara sekitarnya serta suhu air atau limbah yang dibuang ke saluran dari rumah maupun industri	Mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen/gas lain, kerapatan air, daya viskositas dan tekanan permukaan
Kekeruhan	Benda-benda tercampur seperti limbah cair, limbah padat, garam, tanah liat, bahan organik yang halus dari buah-buahan asli, algae, organisme kecil	Memantulkan sinar, mengurangi produksi oksigen yang dihasilkan tumbuhan, merusak estetika dan mengganggu kehidupan biota
Warna	Benda terlarut seperti sisa bahan organik dari daun dan tanaman, buangan industri	Umumnya tidak berbahaya dan berpengaruh terhadap kualitas estetika lingkungan
Bau	Bahan <i>voliatile</i> , gas terlarut, berasal dari pembusukkan bahan organik, minyak terutama dari mikroorganisme	Petunjuk adanya pembusukkan air limbah sehingga perlu adanya pengolahan, menurunkan nilai estetika
Rasa	Bahan penghasil bau, benda terlarut yang menghasilkan bau, benda terlarut dan beberapa senyawa	Mempengaruhi kualitas air
Benda Padat	Benda organik dan anorganik yang terlarut ataupun tercampur	Mempengaruhi jumlah bahan organik dan anorganik, merupakan petunjuk pencemaran atau kepekatan limbah meningkat

Sumber : Sugiharto, 2010

2.4 Kandungan Limbah Rumah Tangga

Limbah Rumah tangga adalah Air yang membawa sampah (limbah) dari rumah, bisnis, dan industri (Kamus Besar Bahasa Indonesia). Limbah cair yang berasal dari kegiatan rumah tangga dan kegiatan sanitasi manusia yang rutin (Kamus Besar Bahasa Indonesia)

Limbah cair domestik (rumah tangga) merupakan air yang telah dipergunakan yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk didalamnya air buangan yang berasal dari WC, kamar mandi, tempat cuci, dan tempat memasak (Sugiharto, 2010)



Tabel 2.2 Komposisi Limbah Domestik

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

(Sumber : Metcalf and Eddy, 2003)

2.5 Pengolahan Air Limbah

Definisi *treatment* atau pengolahan adalah pemisahan padatan dan stabilisasi polutan. Maksud dari stabilisasi polutan adalah mendegradasi materi organik sampai pada suatu titik dimana reaksi kimia dan biologis tidak berlangsung lagi. *Treatment* juga bisa berarti menghilangkan racun atau substansi yang berbahaya (misalnya logam berat atau *phosphor*) yang bisa menghentikan siklus biologis yang berkelanjutan, meskipun telah terjadi stabilisasi materi organik. Pada umumnya bahan pencemar yang menjadi perhatian utama adalah bahan-bahan organik yang larut dan tidak larut, berbentuk senyawa nitrogen, fosfor, dan materi *inert* tidak terlarut.

Berdasarkan proses yang berlangsung, pengolahan air limbah dapat dibagi menjadi 3 macam, yaitu pengolahan secara kimia, fisika, dan secara biologi.

1. Pengolahan limbah secara fisika

Merupakan proses pengolahan limbah tanpa adanya reaksi kimia atau biologi. Setiap tahap dari proses fisika melibatkan tahapan pemisahan materi tersuspensi dari fase fluidanya.

2. Pengolahan limbah secara kimia

Merupakan proses pengolahan limbah yang memanfaatkan reaksi-reaksi kimia untuk mentransformasi limbah berbahaya menjadi tidak berbahaya. Berbagai bentuk pengolahan misalnya netralisasi, koagulasi-flokulasi, oksidasi-reduksi, penukaran ion, dan klorinasi.

3. Pengolahan limbah secara biologi

Merupakan proses pengolahan limbah dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme, terutama bakteri, untuk mendegradasi polutan-polutan yang terdapat dalam air limbah.

2.6 Pengolahan Secara Biologi

Merupakan metode pengolahan yang menggunakan aktivitas biologi dalam penyisihan bahan-bahan pencemar. Pengolahan air buangan secara biologi didasarkan pada penggunaan substansi-substansi pencemar air sebagai *nutrient*

oleh mikroorganisme. Mekanisme ini berlangsung secara alamiah dalam badan-badan air yang sehat seperti sungai dan sungai sebagai proses purifikasi.

Mekanisme pengolahan biologi adalah mencampurkan air buangan dengan populasi pekat mikroorganisme, dan membiarkannya berkontak selama waktu tertentu yang cukup bagi mikroorganisme untuk menguraikan dan menyisihkan bahan-bahan pencemar, sampai mencapai tingkat pengolahan yang diinginkan. Kehadiran mikroorganisme sangat mutlak dalam pengolahan secara biologi. Pengolahan ini memanfaatkan kemampuan mikroorganisme mengubah bahan koloid dan materi organik karbon terlarut menjadi berbagai jenis gas-gas dan sel-sel baru. Akibat berat spesifik mikroorganisme yang sedikit lebih besar daripada berat spesifik air, sel-sel baru dapat diendapkan secara gravitasi dan kemudian disisihkan. Dengan demikian, efisiensi pengolahan biologi tergantung dari kondisi lingkungan yang diterapkan bagi kehidupan mikroorganisme. Untuk setiap jenis air limbah, proses pengolahan biologi merupakan kegiatan kontrol terhadap lingkungan yang diperlukan untuk pertumbuhan optimum mikroorganisme terkait (ejurnal.bppt.go.id).

2.7 Proses Pertumbuhan Melekat (*Attached Growth*)

Proses pengolahan air limbah secara biologi dengan pola pertumbuhan mikroba melekat memerlukan media untuk menempel, tumbuh, dan berkembangbiak. Jenis bioreaktor dengan tipe pertumbuhan mikroorganisme terlekat antara lain : *Trickling Filter*, *RBC*, *Aerobik Biofilter*, *Anaerobik Biofilter*.

Proses biologi dalam reaktor *biofilter* sebagian besar berhubungan dengan komposisi lapisan *slime* atau *biofilm* yang menempel pada permukaan media. Proses pembentukan dan kolonisasi *biofilm* diawali dengan produksi *slime* dan kapsul bakteri yang menempel pada permukaan media. Penempelan pada awalnya kemungkinan terjadi karena ikatan kimia dan gaya *Van Der Waals*. Setelah lima hari, komposisi bakteri pada *biofilm* akan terdiri dari bermacam – macam kumpulan bakteri, jenis-jenis filamen yang dominan. Lapisan *biofilm* yang sudah matang atau terbentuk sempurna akan tersusun dalam tiga lapisan kelompok

bakteri : lapisan paling luar adalah sebagian besar berupa jamur (yang akan ikut berperan dalam penurunan BOD dalam air), lapisan tengah adalah sebagian besar berupa jamur dan lapisan paling dalam adalah bakteri, jamur, dan *algae*.

Ketebalan *biofilm* tergantung pada jumlah material organik dan oksigen yang tersedia untuk pertumbuhan mikroorganisme. Ketebalan *biofilm* memiliki keterbatasan sampai *nutrient* 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 dan *nutrient* tidak mampu terdifusi sampai ke lapisan yang paling dalam. Akibat terhentinya suplai makanan maka mikroorganisme pada lapisan bagian dalam akan mengalami respirasi *endogenous* dengan memanfaatkan sitoplasmanya untuk mempertahankan hidup. Pada kondisi ini mikroorganisme akan kehilangan kemampuan untuk menempel pada media, kemudian terlepas, dan terbawa keluar bersamaan dengan air limbah. Kondisi ini dikenal sebagai “*Slouging*” (Agus Slamet dan Ali masduqi, 2000).

2.8 Proses *Biofilter*

Proses pengolahan air limbah dengan proses *biofilm* atau *biofilter* tercelup dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang didalamnya diisi dengan media penyangga untuk pengembangbiakan mikroorganisme dengan atau tanpa *aerasi*. Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah, misalnya senyawa organik (BOD, COD), amonia dan lain sebagainya akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut dalam air limbah, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di lapisan *biofilm* dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi *biomassa*.

Media *biofilter* yang sering digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau anorganik. Bahan material organik misalnya *random*

packing, plate, bentuk sarang tawon dan lain-lain. Sedangkan untuk media dari bahan anorganik misalnya batu pecah, kerikil, kokas, dan lainnya.

Jika dibandingkan dengan pola pertumbuhan *biomassa* tersuspensi, jumlah *biomassa* dalam reaktor biofilter lebih rendah dan sulit dikendalikan. Pada sistem pertumbuhan *biomassa* tersuspensi rasio *biomassa* dan beban organik yang diolah dapat diatur dan dikendalikan, sedangkan pada proses *biofilm* sangat tergantung pada luas permukaan media penyangga filter. Kelebihan sistem reaktor *biofilter* dibanding dengan sistem reaktor dengan pertumbuhan mikroba tersuspensi antara lain :

1. Memberikan resiko yang cukup kecil dari efek ketekoran *biomassa* (*washout*) dalam reaktor akibat gangguan proses karena *biomassa* akan tetap melekat pada media meskipun ada kejutan pada karakteristik air limbah.
2. Mudah dalam operasi dan perawatannya
3. Lebih cepat dalam proses *restart-up* setelah pemberhentian proses.
4. Memiliki waktu tinggal *biomassa* yang lebih lama
5. Mudah mengontrol beban hidrolis pada *biofilm* daripada dengan sistem *trickling filter*.

(Agus Slamet dan Ali Masduqi, 2000)

Menurut Lim dan Grady (1980) mekanisme yang terjadi pada reaktor biologis biakan melekat diam terendam adalah :

- a. Transportasi dan adsorpsi zat organik dan nutrien dari fasa *liquid* ke fasa *biofilm*.
- b. Transportasi mikroorganisme dari fasa *liquid* ke fasa *biofilm*.
- c. Adsorpsi mikroorganisme yang terjadi dalam lapisan *biofilm*.
- d. Reaksi metabolisme mikroorganisme yang terjadi dalam lapisan *biofilm*, memungkinkan terjadinya mekanisme pertumbuhan, pemeliharaan, kematian, dan *lysis sel*.

- e. Penempelan (*attachment*) dari sel, yaitu pada saat biofilm mulai terbentuk dan terakumulasi secara kontinyu dan bertahap pada lapisan biofilm.
- f. Mekanisme pelepasan (*detachment biofilm*) dan produk lainnya (*by product*).

2.9 Kinetika *Biofilter*

Persamaan kinerja yang didasarkan pada kinetika reaksi pertama dikembangkan mengasumsikan mekanisme reaksi mengikuti reaksi orde satu dan reaktor mengikuti pola reaktor sumbat (*Plug Flow*) dengan formulasi :

$$- \frac{dL}{dH} = kL$$

Dimana dL/dH adalah laju penurunan zat organik persatuan panjang reaktor, k = konstanta laju reaksi dan L adalah konsentrasi zat organik yang tersisa setelah melewati reaktor sejarak dH . Pada penurunan persamaan ini Velz menggunakan laju operasi *Low-rate* filter untuk air limbah rumah tangga dengan beban permukaan 2–6 juta gallon/acre-hari, dan mendapatkan nilai $k = 0,175$ dengan efisiensi removal BOD 90%. Sedang untuk *High-rate* filter dengan laju 20 juta gallon/acre-hari didapatkan nilai $k = 0,1505$ dengan efisiensi removal BOD 78,4%. Pengaruh suhu terhadap kinerja *biofilter* telah pula dikembangkan oleh Velz pada laju reaksi dengan persamaan :

$$k_T = k_{20} \cdot 1,04^{(T-20)}$$

Dimana k_T dan k_{20} masing–masing adalah konstanta laju reaksi pada suhu operasi dan pada suhu standart 20°C.

(Ali Masduqi dan Agus Slamet, 2000)

Persamaan kinerja *biofilter* dengan asumsi reaksi mengikuti reaksi orde satu dan proses removal sangat spesifik tergantung pada karakteristik air buangan, koloni *biomassa*, karakteristik media filter, dan kedalaman media filter (Reynold, 1997).

Persamaan dasar yang dikembangkan adalah :

$$S_e / S_i = e^{(-kX)^t}$$

Dimana :

S_e : Konsentrasi BOD pada effluent, mg/liter

S_i : Konsentrasi BOD pada influent, mg/liter

k = Konstanta laju reaksi

x = Jumlah *Biomassa*

t = waktu tinggal hidrolis atau waktu kontak

Rata – rata konsentrasi *biomassa* dalam sistem biofilter sangat sulit diukur, dan arena ketebalan biofilm hanya beberapa mm maka jumlah *biomassa* adalah setara dengan luas permukaan spesifik dari media filter ($X \approx A_s$). Waktu kontak atau waktu tinggal dalam biofilter sangat dipengaruhi oleh karakteristik media filter antara lain, volume rongga, bentuk media, dan profil saluran yang terbentuk dalam *bed filter*, dan beban hidrolis maka waktu tinggal dalam *biofilter* dapat dirumuskan (Tom D Reynold, 1997) :

$$t = C.H / Q_L^n$$

dimana :

C dan n = Koefisien percobaan

H = Kedalaman media filter

Q_L = Beban Permukaan

2.10 Faktor–faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Proses *Biodegradasi Aerobik*

1. Efek temperatur, variasi temperatur mempengaruhi semua proses biologis. Karena pertumbuhan mikroba dikontrol oleh reaksi *enzimatik*, maka pertumbuhan maksimum terjadi pada suatu temperatur tertentu dan akan mengalami penurunan setelah suhu pertumbuhan maksimumnya. Titik suhu pertumbuhan maksimum disebut sebagai temperatur optimum. Berdasarkan daerah aktivitas bagi kehidupan mikroorganisme dibagi atas tiga golongan, yaitu :

- a. Mikroorganisme *Psikrofilik*, adalah golongan mikroorganisme yang dapat tumbuh pada daerah temperatur 30 °C, dengan temperatur optimum 15 °C.
 - b. Mikroorganisme *Mesofilik*, adalah golongan mikroorganisme yang dapat tumbuh pada daerah temperatur 25–37 °C, dengan temperatur optimum 15°C.
 - c. Mikroorganisme *Termofilik*, adalah golongan mikroorganisme yang dapat tumbuh pada daerah temperatur 55–60 °C, dengan temperatur optimum 15°C.
2. Efek pH, kebanyakan bakteri baik dalam biakan murni atau dalam kultur campuran, seperti dalam reaktor air limbah memiliki rentang pH untuk pertumbuhan antara 4 dan 9. Secara umum nilai pH optimum pertumbuhan bakteri antara 6,5–7,5. Berdasarkan daerah aktivitas pH bagi kehidupan mikroorganisme dibedakan atas 3 golongan, yaitu :
- a. Mikroorganisme *Asidofilik*, yaitu jasad yang dapat tumbuh pada pH antara 2–5.
 - b. Mikroorganisme *Mesofilik*, yaitu jasad yang dapat tumbuh pada pH antara 5,5–8.
 - c. Mikroorganisme *Alkalifilik*, yaitu jasad yang dapat tumbuh pada pH antara 8,4–9,5.
3. Bahan makanan (*nutrien*), fungsi utama bahan makanan bagi mikroorganisme adalah sebagai bahan sumber energi, bahan pembangunan sel, dan sebagai *akseptor elektron* di dalam reaksi *bioenerjik* (reaksi yang menghasilkan energi). Bahan makanan yang diperlukan terdiri dari air, sumber energi, sumber karbon, sumber *akseptor elektron*, sumber mineral, faktor pertumbuhan, dan nitrogen.

Berdasar pada sumber energi yang dipergunakan, mikroorganisme diklasifikasikan menjadi :

- a. *Fototrof*, adalah mikroorganisme yang menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energi, contoh : *microalgae*



- b. *Chemototrof*, adalah mikroorganisme yang menggunakan reaksi oksidasi–reduksi untuk memperoleh energi.

Kebutuhan *nutrient* terbesar bagi mikroba adalah nitrogen dan fosfor dengan perbandingan nutrien :

- Proses *anaerobik*, BOD : N : P = 100 : 5 : 1
 - Proses *aerobik*, BOD : N : P = 100 : 0,5 : 0,1
4. *Cell residence time*, *cell residence* atau umur lumpur didefinisikan sebagai rata–rata lamanya waktu mikroorganisme berada dalam aerator. Untuk mendapat hasil yang baik pada proses pengolahan secara biologis CRT merupakan landasan desain dan parameter operasi dalam proses *aerobik*.
5. *Hydraulic Retention Time (HRT)*, adalah waktu rata–rata penahanan air limbah berada pada tangki aerasi. Untuk mendapatkan hasil yang baik pada pengolahan secara biologis, HRT juga merupakan landasan desain dan parameter operasi dalam proses *aerobik*. Secara langsung, beban hidrolis berpengaruh pada waktu tinggal (HRT) air limbah secara keseluruhan didalam reaktor. Waktu tinggal yang pendek, tidak akan mengoptimalkan proses pada seluruh jenis bakteri penyusun *biofilm*, terutama jenis bakteri *autotroph* (Agus Slamet dan Ali masduqi, 2000).

2.11 Keuntungan Sistem Biofilter

Proses pengolahan limbah cair dengan sistem *biofilter* atau biakan melekat memiliki beberapa keuntungan yaitu :

- a. Dengan adanya air limbah yang melalui media tempat tumbuhnya mikroorganisme sebagai *biofilter*, akan menghasilkan lapisan lendir atau *biological film*. Air limbah yang masih mengandung bahan organik yang belum teruraikan pada bak pengendap maka akan mengalami proses peruraian secara biologis. Selain menurunkan konsentrasi BOD dan COD, sistem ini juga dapat menurunkan konsentrasi padatan tersuspensi, detergen, ammonium, dan fosfor.
- b. *Biofilter* juga berfungsi sebagai media penyaring air limbah melalui media ini, sehingga konsentrasi *suspended solid* dan *Eschericia Coli* akan berkurang.

- b. *Chemototrof*, adalah mikroorganisme yang menggunakan reaksi oksidasi-reduksi untuk memperoleh energi.

Kebutuhan *nutrient* terbesar bagi mikroba adalah nitrogen dan fosfor dengan perbandingan nutrien :

- Proses *anaerobik*, BOD : N : P = 100 : 5 : 1
 - Proses *aerobik*, BOD : N : P = 100 : 0,5 : 0,1
4. *Cell residence time, cell residence* atau umur lumpur didefinisikan sebagai rata-rata lamanya waktu mikroorganisme berada dalam aerator. Untuk mendapat hasil yang baik pada proses pengolahan secara biologis CRT merupakan landasan desain dan parameter operasi dalam proses *aerobik*.
5. *Hydraulic Retention Time (HRT)*, adalah waktu rata-rata penahanan air limbah berada pada tangki aerasi. Untuk mendapatkan hasil yang baik pada pengolahan secara biologis, HRT juga merupakan landasan desain dan parameter operasi dalam proses *aerobik*. Secara langsung, beban hidrolis berpengaruh pada waktu tinggal (HRT) air limbah secara keseluruhan didalam reaktor. Waktu tinggal yang pendek, tidak akan mengoptimalkan proses pada seluruh jenis bakteri penyusun *biofilm*, terutama jenis bakteri *autotroph* (Agus Slamet dan Ali masduqi, 2000).

2.11 Keuntungan Sistem Biofilter

Proses pengolahan limbah cair dengan sistem *biofilter* atau biakan melekat memiliki beberapa keuntungan yaitu :

- a. Dengan adanya air limbah yang melalui media tempat tumbuhnya mikroorganisme sebagai *biofilter*, akan menghasilkan lapisan lendir atau *biological film*. Air limbah yang masih mengandung bahan organik yang belum teruraikan pada bak pengendap maka akan mengalami proses peruraian secara biologis. Selain menurunkan konsentrasi BOD dan COD, sistem ini juga dapat menurunkan konsentrasi padatan tersuspensi, detergen, ammonium, dan fosfor.
- b. *Biofilter* juga berfungsi sebagai media penyaring air limbah melalui media ini, sehingga konsentrasi *suspended solid* dan *Eschericia Coli* akan berkurang.

Sistem *biofilter upflow* akan menghasilkan efisiensi penyaringan yang lebih besar, karena sistem ini akan mengurangi kecepatan partikel yang terdapat pada air limbah, dimana partikel yang tidak terbawa aliran keatas akan mengendap di dasar bak filter.

(Sumber : repository.usu.ac.id)

2.12 Kriteria Pemilihan Media Biofilter

1. Memiliki luas permukaan spesifik yang besar. Luas permukaan spesifik adalah ukuran seberapa besar luas area yang aktif secara biologis tiap satuan volume media.
2. Memiliki fraksi volume rongga yang tinggi. Fraksi volume rongga adalah prosentasi ruang atau volume terbuka dalam media. Fraksi volume rongga yang tinggi akan membuat aliran air atau udara bebas tidak terhalang.
3. Tahan terhadap penyumbatan. Kecenderungan penyumbatan untuk berbagai macam media dapat diperkirakan dengan melihat fraksi rongga dan diameter celah bebas.
4. Pemeliharaan mudah. Media *biofilter* yang baik, pemeliharannya harus mudah atau tidak perlu pemeliharaan sama sekali. Apabila diperlukan pemeliharaan sehubungan dengan penyumbatan, maka media harus mudah dipindahkan dengan kebutuhan tenaga yang sedikit.
5. Memiliki kekuatan mekanik yang baik. Salah satu syarat media *biofilter* yang baik adalah memiliki kekuatan mekanik yang baik. Disamping untuk mendukung keperluan pemeliharaan, media dengan kekuatan mekanik yang baik berarti memiliki stabilitas bentuk yang baik.

(Sumber : www.kelair.bppt.go.id)

2.13 Batu Apung

Batu apung adalah (*pumice*) adalah jenis batuan yang berwarna terang, mengandung buih yang terbuat dari gelembung berdinding gelas dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat. 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. Menurut Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Sumatera Utara (2009), komposisi kimia dari batu apung adalah : CaO = 2,86%, MgO = 2,57%, Al₂O₃ = 17,59%, SiO₂ = 60,56%, Fe₂O₃ = 4,08%.

Batu apung memiliki ukuran lubang yang bervariasi baik berhubungan satu sama lain atau tidak struktur skorius dengan lubang yang terorientasi. Batuan ini tahan terhadap pembekuan embun (*frost*), tidak begitu higroskopis (menghisap air). Memiliki sifat pengantar panas yang rendah dan kekuatan tekan antara 30 – 20 kg/cm² (www.wikipedia.org).

2.14 TSS (*Total Suspended Solid*)

Zat yang tersuspensi biasanya terdiri dari zat organik dan anorganik yang melayang-layang dalam air, secara fisika zat ini sebagai penyebab kekeruhan pada air. Limbah cair yang mempunyai kandungan zat tersuspensi tinggi tidak boleh dibuang langsung ke badan air karena disamping dapat menyebabkan pendangkalan juga dapat menghalangi sinar matahari masuk kedalam dasar air sehingga proses fotosintesa mikroorganisme tidak dapat berlangsung (<http://www.indonesian-publichealth.com>). TSS (*Total Suspended Solid*) sendiri diartikan sebagai residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2µm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid, yang termasuk TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri, dan jamur (<http://environmentalchemistry.wordpress.com>). Prinsip analisa dalam penentuan kadar TSS (*Total Suspended Solid*) yaitu sampel dalam cawan diuapkan dan dikeringkan dalam oven pada suhu ±105°C, sampai beratnya konstan. Berat residu didalam cawan adalah zat padat total (Sri Sumestri dan G.Alearts,1984).

2.15 Biological Oksigen Demand (BOD)

Menurut SNI 6989.72:2009, Biological Oksigen Demand atau kebutuhan oksigen biokimia merupakan jumlah miligram oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerobik untuk menguraikan bahan organik karon dalam 1 L air selama 5 hari pada suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Prinsip pengujian BOD yaitu sejumlah contoh uji ditambahkan ke dalam larutan pengencer jenuh oksigen yang telah ditambah larutan nutrisi dan bibit mikroba, kemudian diinkubasikan dalam ruang gelap pada suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 5 hari. Nilai BOD dihitung berdasarkan selisih konsentrasi oksigen terlarut 0 hari dan 5 hari. Bahan kontrol standar dalam uji BOD ini digunakan larutan glukosa-asam glutamat (Sumber : SNI 6989.72:2009).

2.16 Metode Pengolahan Data

2.16.1 Statistika Deskriptif dan Inferensi

Secara garis besar, statistik dibedakan menjadi dua, yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensi. Metode statistika yang meringkas, menyajikan, dan mendeskriptifkan data dalam bentuk yang mudah dibaca sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi disebut statistika deskriptif. Statistika deskriptif menyajikan data dalam tabel, grafik, ukuran pemusatan data, dan penyebaran data. Agar mendapatkan informasi yang lebih terperinci, kita memerlukan analisis data dengan metode 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).

2.16.2 Analisis Korelasi

Koefisien korelasi *Pearson* berguna untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linier antara 2 variabel. Nilai korelasi berkisar 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 lainnya akan meningkat. Suatu variabel dikatakan kuat apabila semakin mendekati 1 atau -1. Sebaliknya, suatu hubungan antara 2 variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol).

Hipotesis

Hipotesis untuk uji korelasi adalah :

Ho : $\rho = 0$

H1 : $\rho \neq 0$

Ho diterima jika

- $r_{\text{hitung}} \leq r_{\text{table}} (\alpha, n-2)$ atau
- $t_{\text{hitung}} \leq t_{\text{table}} (\alpha, n-2)$

H1 diterima jika

- $r_{\text{hitung}} > r_{\text{table}} (\alpha, n-2)$ atau
- $t_{\text{hitung}} > t_{\text{table}} (\alpha, n-2)$

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

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



2.16.3 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 memprediksi 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 suatu variabel prediktor. Variabel respon sering dikenal variabel *dependent* karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respon yang sering disebut variabel *independent* karena peneliti bebas mengendalikannya (Iriawan dan Astuti, 2006).

Kedua variabel dihubungkan dalam bentuk persamaan matematika secara umum bentuk persamaan regresi dinyatakan sebagai berikut :

$$Y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \varepsilon$$

(Ratno dwi dan Mustadjab, 1992)

2.16.4 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 bias diketahui penyebab perubahan output (respon).

2.16.4.1 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 :

1. Mengenal masalah

Tahap awal desain eksperimen adalah mengenal masalah. Tahap ini merupakan tahap penting sebagai permulaan suatu eksperimen. Dengan melakukan identifikasi masalah, diperoleh suatu kesimpulan yang dapat menjawab segala masalah. Dari masalah yang ada kemudian dibuat suatu pernyataan yang tepat mewakili masalah agar memperoleh penyelesaian yang tepat.

2. Memilih variabel respon

Tahap kedua adalah menetapkan variabel respon. Variabel respon adalah variabel *dependent*, yaitu variabel yang dipengaruhi oleh level faktor.

3. Menentukan faktor dan level

Tahap selanjutnya adalah menentukan faktor dan level faktor dalam suatu eksperimen. Peneliti harus pula menentukan cara mengendalikan faktor dan cara mengukurnya. Tahap ini memerlukan pengetahuan yang lebih mengenai masalah yang akan diteliti agar faktor dan level yang ditentukan tidak menyimpang jauh dari hasil yang diinginkan.

4. Memilih metode desain eksperimen

Metode desain eksperimen harus disesuaikan dengan tujuan penelitian dan masalah yang ada. Beberapa metode desain eksperimen antara lain *desain faktorial*, *desain taguchi*, dan permukaan respon (*Response Surface*).

5. Melaksanakan eksperimen

Selama eksperimen dilakukan, proses harus diamati dengan cermat agar eksperimen berjalan sesuai rencana. Sebelum percobaan dilakukan, terlebih dahulu dibuat rancangan percobaan *Box-Behnken Design*.

6. Analisis data

Analisis data merupakan dasar dalam membuat suatu keputusan dan pernyataan yang tepat. Analisis data pada desain eksperimen dilakukan sesuai dengan metode yang dibuat. Salah satu tahap dalam analisis data eksperimen adalah melakukan analisis residual dan uji kecukupan model.

7. Membuat suatu keputusan

Setelah analisis data dilakukan, langkah terakhir adalah membuat suatu keputusan berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan.

(Iriawan dan Astuti, 2006)

2.16.4.2 Analisis Of Variance

Analysis Of Variance atau sering dikenal sebagai ANOVA digunakan untuk menyelidiki hubungan antara variabel respon (*dependent*) dengan 1 atau beberapa variabel prediktor (*independent*). ANOVA sama dengan regresi, tetapi skala data variabel *independent* 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

Penelitian ini termasuk dalam penelitian Laboratorium (*Labor Experiment*) yang dilaksanakan dalam skala laboratorium. Adapun jenis penelitian yang dilakukan adalah dengan percobaan batasan waktu terhadap BOD dan TSS (*Total Suspended Solid*) dari limbah cair domestik Perumahan Sumber Sari RW 01, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang dengan menggunakan teknologi *Biofilter* dengan proses *Aerobik* aliran *Upflow* yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan *aerobik biofilter* dengan media batu apung.

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah kandungan BOD dan TSS dari limbah cair domestik kawasan Perumahan Sumber Sari RW 01, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang yang dapat diturunkan oleh media yang digunakan dalam reaktor *biofilter*.

3.3 Lokasi Penelitian

Adapun lokasi-lokasi yang digunakan sebagai tempat penelitian adalah :

1. Perumahan Sumber Sari RW 01, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang sebagai titik pengambilan sampel limbah cair domestik.
2. Laboratorium Teknik Lingkungan, ITN Malang. Merupakan tempat penelitian, yaitu mengukur efektivitas dari setiap ketinggian media pada unit *biofilter* dan tempat menganalisis sampel air limbah kawasan Perumahan Sumber Sari RW 01, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang untuk mengetahui nilai kandungan BOD dan TSS

3.4 Variabel Penelitian

a. Variabel Terikat

Untuk menentukan kadar :

- BOD (*Biological Oksigen Demand*)
- TSS (*Total Suspended Solid*)

b. Variabel Bebas

- Variasi waktu pengambilan sampel 2,5 jam, 6,5 jam, 10,5 jam
- Variasi ketinggian media 1,2 m (RA) dan 1 m (RB)
(kriteria desain 0,9–6 m) (Metcalf & Eddy, 2003).

3.5 Spesifikasi Alat dan Bahan yang Direncanakan

3.5.1 Reaktor *Aerobik Biofilter*

Reaktor *aerobik biofilter* merupakan reaktor *rectanguler* yang terbuat dari kaca 5 mm. Digunakannya reaktor berbahan kaca bertujuan agar pembentukan lapisan *biofilm* dan proses yang terjadi di dalam reaktor dapat terlihat secara visual. Sebelum media (batu apung) dimasukkan ke dalam reaktor, maka reaktor harus dalam keadaan siap digunakan sehingga nantinya tidak mengganggu proses dalam penelitian. Setelah siap untuk digunakan, media yang ada dimasukkan ke dalam masing–masing reaktor yang memiliki tinggi berbeda.

3.5.2 *Reservoir*

Reservoir yang digunakan untuk menampung air proses limbah Perumahan Sawojajar sebanyak 2 buah, 1 buah *reservoir* yang memiliki volume 80 liter dan 1 buah *reservoir* yang memiliki volume 1000 liter. *Reservoir* yang bervolume 80 liter diletakkan dibawah menara sebagai *reservoir* penampung sementara yang kemudian nantinya akan dialirkan ke *reservoir* utama (volume 1000 liter) melalui pompa.



3.5.3 Bahan

- a. Limbah Cair Domestik Perumahan Sumber Sari RW 01, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang
- b. Media Batu Apung

3.6 Cara Kerja

Cara kerja yang dimaksud adalah langkah-langkah kerja selama penelitian berlangsung yang dilakukan secara urut, diantaranya adalah pengambilan sampel, penyiapan media filter, analisa pendahuluan, dan pelaksanaan penelitian.

3.6.1 Pengambilan Sampel

Sampel diambil dari limbah yang berasal dari kamar mandi dan dapur (*grey water*) Perumahan Sumber Sari RW 01, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Pengambilan sampel dilakukan pada 5.30–8.00 wib, karena pada waktu tersebut masyarakat melakukan banyak aktivitas dalam pemakaian air bersih, sehingga air limbah yang dibuang juga banyak (Sri sumestri dan G.alearts, 1984).

1. Persiapan pengambilan sampel

Dalam persiapan pengambilan sampel, yang harus dipersiapkan adalah wadah untuk mengambil sampel. Wadah yang akan digunakan untuk mengambil sampel harus bersih dan tidak boleh mengandung sisa-sisa dari bekas sampel terdahulu, terutama tumbuhnya lumut dan jamur harus di cegah sekaligus kontaminasi dari logam. Wadah pengambilan sampel setelah dibersihkan dibilas terlebih dahulu dengan *aquadest*. Volume wadah yang digunakan 50 liter sebanyak 8 buah dan 30 liter sebanyak 15 buah.

2. Pengambilan sampel

Sampel air buangan diambil dari saluran akhir pembuangan yaitu berupa saluran limbah atau selokan yang kedalamannya $\pm 0,5$ m dan sampel diambil kira – kira pada $\frac{1}{2}$ sampai $\frac{2}{3}$ tingkat penampang basah dari bawah permukaan air. Volume total sampel yang diambil sebesar 840 liter

3. Analisa sampel

Parameter yang akan dianalisa adalah BOD dan TSS (*Total Suspended Solid*).

4. Pengaliran sampel air limbah Perumahan Sumber Sari RW 01, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang di dalam reaktor dilakukan secara kontinyu.
5. Sampel untuk pengujian diambil dari outlet pada reaktor.

3.6.2 Penyiapan Media Filter

Dalam penyiapan media filter ini, batu apung yang digunakan sebagai media dilakukan pencucian terlebih dahulu, kemudian dibilas *aquadest* dan dikeringkan. Setelah itu, dilakukan aktivasi media (batu apung) dengan melakukan pemanasan di dalam oven pada suhu 200°C selama 2 jam. Aktivasi ini bertujuan untuk menguapkan kadar air yang terperangkap dalam pori-pori batuan tersebut. Selanjutnya didinginkan dan siap digunakan sebagai media filter (Humaedi, *Pemanfaatan Batu Apung Sebagai Media Adsorpsi Limbah Cair*, 23 April 2012)

3.6.3 Analisa Pendahuluan

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

3.6.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian merupakan gambaran umum atau langkah-langkah yang akan dilakukan untuk tercapainya tujuan dari penelitian. Pelaksanaan penelitian disini mencakup tahap aklimatisasi dan tahap operasional.

3.6.4.1 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. Menurut Lee (2001), waktu efektif yang diperlukan untuk proses adaptasi sejumlah bakteri hingga menunjukkan kestabilan adalah selama \pm 10-20 hari.

Analisa terhadap bahan organik dilakukan untuk mengetahui perkembangan penguraian bahan organik. Kegiatan ini dilakukan melalui pengukuran *Permanganat value* (PV) selama aklimatisasi sampai kondisi *steady state* dicapai.

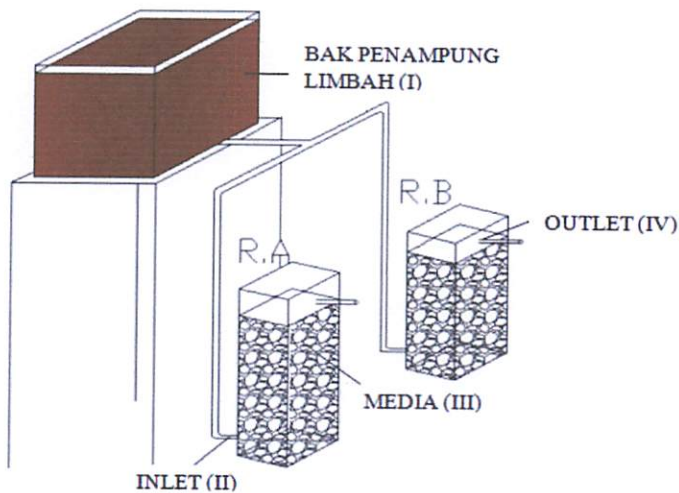
Kondisi *steady state* merupakan suatu kondisi dimana penyisihan zat organik yang dikonsumsi oleh mikroorganisme mendekati harga yang stabil atau konstan. Apabila selisih penurunan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10% maka dapat dikatakan bahwa kondisi telah *steady state*.

Untuk mengetahui bahan organik digunakan persamaan :

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

(<http://ejurnal.bppt.go.id>, 2007)

3.6.4.2 Tahap Operasional



Gambar 3.1 Reaktor *Aerobik Biofilter*

Prosedur pengoperasian ini dilakukan setelah reaktor dalam kondisi *steady state*, yaitu tahap aklimatisasi selesai. Adapun cara pengoperasian reaktor *Aerobik Biofilter* dengan aliran *Upflow* sebagai berikut :

- a. Limbah cair domestik Perumahan Sumber Sari RW 01, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang dimasukkan dan ditampung dalam bak penampung limbah (I).
- b. Setelah itu, dilakukan analisis awal untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi limbah cair domestik kawasan perumahan Sumber Sari.

- c. Kemudian atur debit air limbah sesuai perhitungan sebelum limbah dialirkan dari bak penampung limbah (I) ke lubang *inlet* (II).
- d. Setelah limbah melewati media filter (III), perlu dilakukan penyesuaian diri oleh mikroorganisme terhadap lingkungan barunya (proses aklimatisasi) yang terjadi selama \pm 10–20 hari (Lee, 2001). Selama proses aklimatisasi, reaktor diusahakan terhindar dari segala macam gangguan dari luar agar tidak mengganggu proses aklimatisasi.
- e. Selama proses aklimatisasi, harus dilakukan analisa terhadap bahan organik melalui pengukuran *Permanganat Value (PV)*. Berakhirnya proses aklimatisasi ini ditandai dengan selisih penurunan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10% maka dapat dikatakan bahwa kondisi stabil (*steady state*).
- f. Apabila telah tercapai kondisi *steady state*, kemudian dianalisa kandungan BOD dan TSS (*Total Suspended Solid*) dari masing-masing *outlet* pada reaktor dengan waktu pengambilan sampel jam kemudian jam ke-1 ($T_1 = 2,5$ jam), jam ke-2 ($T_2 = 6,5$ jam), dan jam ke-3 ($T_3 = 10,5$ jam).

3.7 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan rangkaian cara atau kegiatan pelaksanaan penelitian yang didasari oleh asumsi-asumsi dasar, pandangan-pandangan filosofis dan ideologis, pertanyaan dan isu-isu yang dihadapi (Harminto, 2007).

3.7.1 Metode Analisis Hasil Percobaan

Metode analisis hasil percobaan dalam penelitian ini diantaranya adalah *Permanganate Value*, BOD, dan TSS.

3.7.1.1 *Permanganat Value*

Pemeriksaan PV atau *Permanganat Value* merupakan salah satu cara untuk menentukan kadar zat organik dalam sampel. Selama proses aklimatisasi metode ini dipakai untuk mengukur konsentrasi zat organik. Tahapan uji pemeriksaan *Permanganat Value* adalah :

1. Siapkan sampel 100 ml dalam Erlenmeyer
2. Tambahkan 5 ml H_2SO_4 8 N
3. Tambahkan tetes demi tetes KMnO_4 0,01 N sampai berwarna merah muda
4. Panaskan hingga suhu 70°C , bila warna merah muda hilang selama pemanasan tambahkan lagi KMnO_4 , dinginkan.
5. Tambahkan 10 ml KMnO_4 0,01 N, kemudian panaskan lagi hingga mendidih (suhu 100°C) selama 10 menit.
6. Tambahkan Asam Oksalat 0,01 N pada larutan uji suhu $80-70^\circ\text{C}$
7. Titrasi larutan uji dengan larutan KMnO_4 0,01 N, catat hasil titrasi. Bila lebih dari 7 ml ulangi dengan mengencerkan sampel.

([Http:// digilib.its.co.id](http://digilib.its.co.id))

3.7.1.2 *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Analisa BOD terlarut dilakukan untuk mengetahui besarnya BOD terlarut awal air limbah sebelum dilaksanakan penelitian yang nantinya akan dijadikan sebagai pembanding dengan BOD terlarut *effluen* sehingga dapat diketahui penyisihan BOD yang terjadi. Sampel yang digunakan untuk menganalisis BOD terlarut terlebih dahulu disaring agar sampel terbebas dari padatan tersuspensi dan padatan koloid. Tahapan uji pada sampel air yang akan dilakukan adalah :

1. Isi botol winkler dengan sampel air hingga penuh
2. Tambahkan 2 ml larutan mangan sulfat (MnSO_4) dengan pipet di bawah permukaan air
3. Tambahkan 2 ml larutan alkali – iodide – azida
4. Botol ditutup, dikocok dengan membolak-balik beberapa kali, biarkan 10 menit
5. Botol diinkubasi pada suhu 25°C selama 5 hari
6. Kemudian buang 100 ml larutan jernih dengan pipet
7. Tambahkan 2 ml asam sulfat pekat H_2SO_4 , kocok kemudian pindahkan ke Erlenmeyer
8. Titrasi dengan thiosulfat hingga terjadi warna kuning muda
9. Tambahkan indikator *amylum*, sampai timbul warna biru

10. Titrasi dengan *thiosulfat* sampai warna biru hilang pertama kali.

(Anonim, Teknik Analisis Pencemar Lingkungan *laboratorium Teknik Lingkungan*)

3.7.1.3 TSS (*Total Suspended Solid*)

Prinsip analisa dalam penentuan kadar TSS (*Total Suspended Solid*) yaitu sampel dalam cawan diuapkan dan dikeringkan dalam oven pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$, sampai beratnya konstan. Berat residu didalam cawan adalah zat padat total (Sri Sumestri dan G.Alearts,1984). Analisa TSS (*Total Suspended Solid*) dengan metode Gravimetri, dengan tahapan analisa :

1. Cawan yang telah dibersihkan di *furnace* selama 1 jam pada suhu 550°C , setelah itu oven pada suhu 105°C selama 15 menit dan masukkan dalam desikator selama 10 menit
2. Kertas saring di oven pada suhu 105°C selama 1 jam kemudian masukkan dalam desikator selama 10 menit
3. Cawan dan kertas saring yang telah di oven, di timbang sebagai berat awal (a)
4. Saring 10 ml sampel yang telah di kocok merata dengan menggunakan kertas saring yang telah di oven
5. Masukkan cawan dan kertas saring ke dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam kemudian masukkan ke dalam desikator selama 15 menit
6. Timbang berat cawan, kertas saring, dan residu sebagai berat akhir (b)

(Anonim, Teknik Analisis Pencemar Lingkungan *laboratorium Teknik Lingkungan*)

3.8 Metode Statistik

Hasil pengamatan yang didapat kemudian dilakukan analisis data dengan menggunakan metode :

Analisa 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.

Analisa ANOVA bertujuan untuk mengetahui tingkat keterkaitan variabel bebas (ketinggian media dan variabel waktu detensi) dengan variabel terikat (kadar BOD dan TSS (*Total Suspended Solid*)). Dalam penelitian ini, *analisis ANOVA* yang digunakan adalah *One Way* dengan demikian, Analisis ANOVA dengan metode *one way* akan melihat bagaimana pengaruh waktu detensi (2,5 jam, 6,5 jam, 10,5 jam) dan ketinggian (1 m dan 1.2 m) terhadap penurunan BOD dan TSS dengan masing – masing pengulangan sebanyak 3 kali.

Analisa korelasi bertujuan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linear antara 2 variabel, yaitu variabel bebas (waktu pengambilan sampel dan ketinggian media) dan terikat (kadar BOD dan TSS).

Analisa regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel bebas (waktu pengambilan sampel dan ketinggian media) dapat memprediksi variabel terikat (kadar BOD dan TSS). Digunakan uji regresi untuk mengetahui ketepatan atau signifikansi prediksi dari hubungan atau korelasi data. Dalam analisis regresi ini, digunakan persamaan :

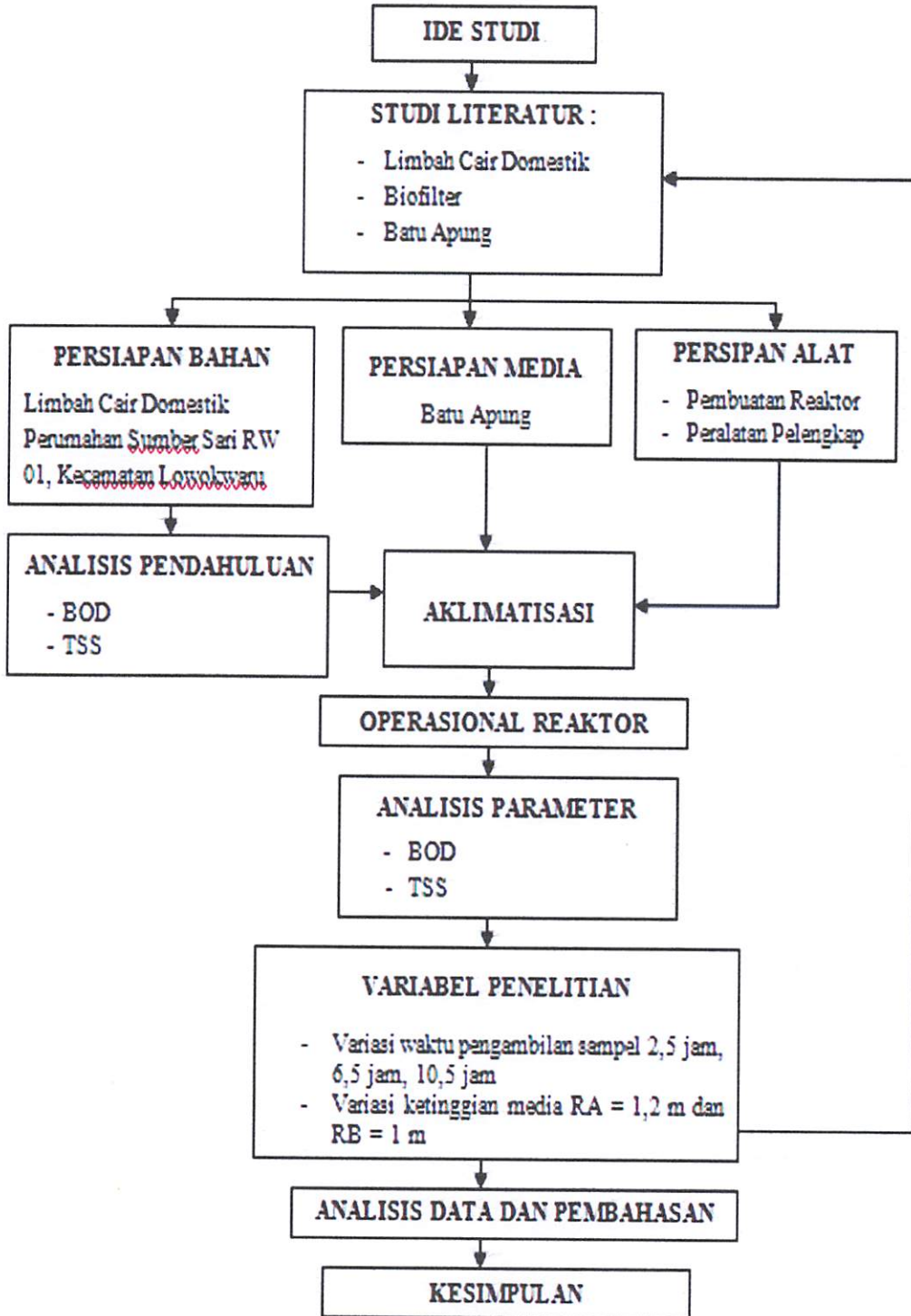
$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \mathcal{E}$$

β_0 atau yang disebut intersep, merupakan nilai variabel respon ketika variabel prediktor bernilai nol. Selanjutnya β_1 , β_2 , dan β_k merupakan parameter-parameter model regresi untuk variabel x_1 , x_2 . Sedangkan \mathcal{E} , merupakan residual atau jarak antara nilai sebenarnya dengan garis model taksiran yang dirumuskan $\mathcal{E} = (y - \hat{y})$.

(Nur Iriawan dan Septin, 2006)



3.9 Kerangka Penelitian



Bagan 3.2 Kerangka Penelitian

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Cair Domestik

Penelitian ini menggunakan *treatment* pengolahan limbah cair dengan reaktor *Biofilter* Media Batu Apung dengan Sistem Aliran *Upflow* untuk menurunkan konsentrasi BOD dan TSS pada limbah cair domestik kawasan Perumahan Sumber Sari RW 01, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Tahapan awal dalam penelitian ini adalah melakukan analisis pendahuluan untuk mengetahui karakteristik air limbah yang akan digunakan sebagai *influent* dalam reaktor *Biofilter*. Berdasarkan analisis laboratorium yang telah dilakukan, diperoleh data karakteristik limbah cair domestik kawasan Perumahan Sumber Sari RW 01, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang sebagai berikut :

**Tabel 4.1 Hasil Analisis Awal Limbah Cair Domestik kawasan Perumahan
Dinoyo RW 01, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang**

No	Parameter	Karakteristik Awal	Baku Mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003
1	Temperatur, °C	25,1	-
2	pH	6,73	6 – 9
3	BOD, mg/l	388	100
4	TSS, mg/l	237	100

Sumber : Hasil Penelitian, 2013

Berdasarkan Baku Mutu Limbah Cair Domestik sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003, karakteristik awal limbah domestik kawasan Perumahan Sumber Sari RW 01, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang untuk parameter BOD dan TSS belum memenuhi standar, maka dilakukan penelitian untuk menurunkan BOD dan TSS pada limbah cair domestik kawasan Perumahan Sumber Sari RW 01, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang.

4.2 Tahap *Aklimatisasi*

Aklimatisasi merupakan suatu upaya penyesuaian fisiologis atau adaptasi dari suatu organisme terhadap suatu lingkungan baru yang akan dimasukinya. Hal ini didasarkan pada kemampuan organisme untuk dapat mengatur morfologi, perilaku, dan jalur metabolisme biokimia didalam tubuhnya untuk menyesuaikannya dengan lingkungan barunya (www.id.wikipwdia.org). Menurut Lee (2001), waktu efektif yang diperlukan untuk proses adaptasi sejumlah bakteri hingga menunjukkan kestabilan adalah selama $\pm 10-20$ hari.

Pada tahap *aklimatisasi* untuk masing-masing reaktor sesuai dengan *biofilter* sistem aerobik yang digunakan, maka untuk mendukung pertumbuhan bakteri ini diberi suplai oksigen secara terus menerus menggunakan aerator. Selain itu, aliran limbah yang masuk ke dalam reaktor dilakukan secara terus menerus (kontinyu). Diharapkan dengan kondisi demikian, mikroorganisme tersebut dapat tumbuh dan berkembang pada media penyangga dengan membentuk lapisan *biofilm*.

Secara visual, pengamatan terhadap *biofilm* yang terbentuk pada media penyangga (batu apung) dapat terlihat dimana pada awal pembentukannya, pada permukaan media penyangga terdapat lapisan tipis berwarna kecoklatan yang semakin hari semakin menebal. Pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme lebih lanjut diamati dengan mengukur penghilangan atau penurunan senyawa organik (angka *permanganat*, KMnO_4) di dalam masing-masing reaktor. Kegiatan ini dilakukan hingga tercapainya kondisi *steady state*. Kondisi *steady state* merupakan kondisi tunak dimana penyisihan zat organik yang dikonsumsi oleh mikroorganisme mendekati harga stabil (Agus Slamet dan Masduqi, 2000). Apabila penyisihan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10% angka *permanganat value* nya, maka dapat dikatakan bahwa kondisi telah *steady state*.

Untuk mengetahui bahan organik digunakan persamaan :

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

Keterangan :

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

(<http://ejurnal.bppt.go.id>, 2007)

Contoh perhitungan untuk reaktor A (yang memiliki ketinggian media 1,2 meter) :

- Penyisihan bahan organik untuk hari ke-5 :

$$\begin{aligned} \text{Penyisihan bahan organik} &= \frac{24,29 \text{ mg/l} - 33,96 \text{ mg/l}}{24,29 \text{ mg/l}} \times 100\% \\ &= -39,81 \% \end{aligned}$$

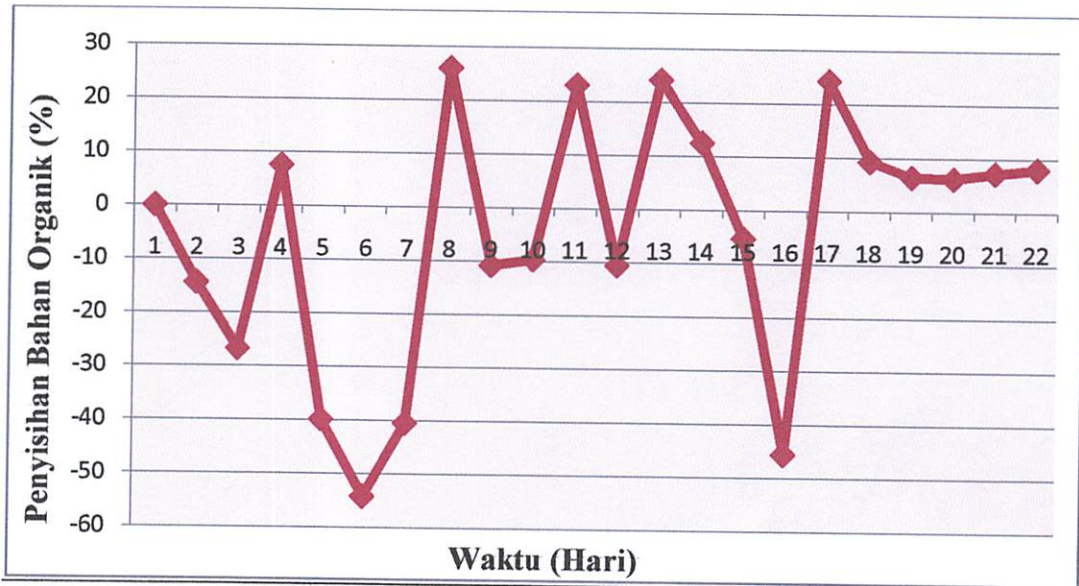
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka konsentrasi akhir bahan organik pada proses aklimatisasi pada Reaktor A (tinggi media 1,2 meter) dan Reaktor B (tinggi media 1 meter) dapat dilihat pada tabel 4.2 dan 4.3.

Tabel 4.2 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor A (Tinggi Media 1,2 m)

Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	DO (mg/l)	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	8 - mei	25.5	7.72	4.56	18.15	0	0
2	9 - mei	25.5	7.69	6.12	20.76	-2.61	-14.38
3	10 - mei	25	7.51	6.23	26.31	-5.55	-26.73
4	11 - mei	25	7.41	6.11	24.29	2.02	7.68
5	12 - mei	24.8	7.55	6.4	33.96	-9.67	-39.81
6	13 - mei	24.8	7.45	6.21	52.35	-18.39	-54.15
7	14 - mei	24.8	7.47	6.52	73.52	-21.17	-40.44
8	15 - mei	23	7.66	6.76	54.42	19.1	25.98
9	16 - mei	24.8	7.63	6.48	60.27	-5.85	-10.75
10	17 - mei	25.1	7.61	6.43	66.05	-5.78	-9.59
11	18 - mei	25.1	7.43	6.37	50.85	15.2	23.01

12	19 - mei	25	7.77	6.7	56.2	-5.35	-10.52
13	20 - mei	25.8	7.75	6.24	42.63	13.57	24.15
14	21 - mei	25	7.48	6.24	37.26	5.37	12.60
15	22 - mei	25	7.66	5.67	39.2	-1.94	-5.21
16	23 - mei	24.8	7.74	6.44	57.04	-17.84	-45.51
17	24 - mei	24.8	7.84	6.15	43.17	13.87	24.32
18	25 - mei	25.1	7.81	6.13	39.13	4.04	9.36
19	26 - mei	25.1	7.44	6.21	36.6	2.53	6.47
20	27 - mei	25.4	7.44	6.7	34.31	2.29	6.26
21	28 - mei	25.4	7.5	6.23	31.8	2.51	7.32
22	29 - mei	25.4	7.6	6.21	29.23	2.57	8.08

Sumber : Hasil Penelitian, 2013



Grafik 4.1. Persentase Penyisihan Bahan Organik (PV) Pada Reaktor A (Tinggi Media 1,2 meter)

Berdasarkan tabel 4.2 dan grafik 4.1 memperlihatkan bahwa konsentrasi senyawa organik sangat berfluktuasi yang disebabkan adanya perbedaan masukan senyawa organik dan pertumbuhan mikroorganismenya dari hari ke hari. Penurunan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke-1 sebesar 18,15 mg/l dan penurunan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke-7 sebesar 73,52 mg/l. Untuk penyisihan bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke-8 sebesar 25,98%, sedangkan penyisihan bahan organik terendah terjadi pada hari ke-16 sebesar -45,51%. Untuk penyisihan bahan organik dengan perbedaan tidak

lebih dari 10% terjadi pada hari ke-19 sampai hari ke-22 sebesar 6,47% - 8,08%, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 36,6 mg/l-29,23 mg/l. Pada tahap ini dapat dikatakan kondisi *steady state* telah tercapai.

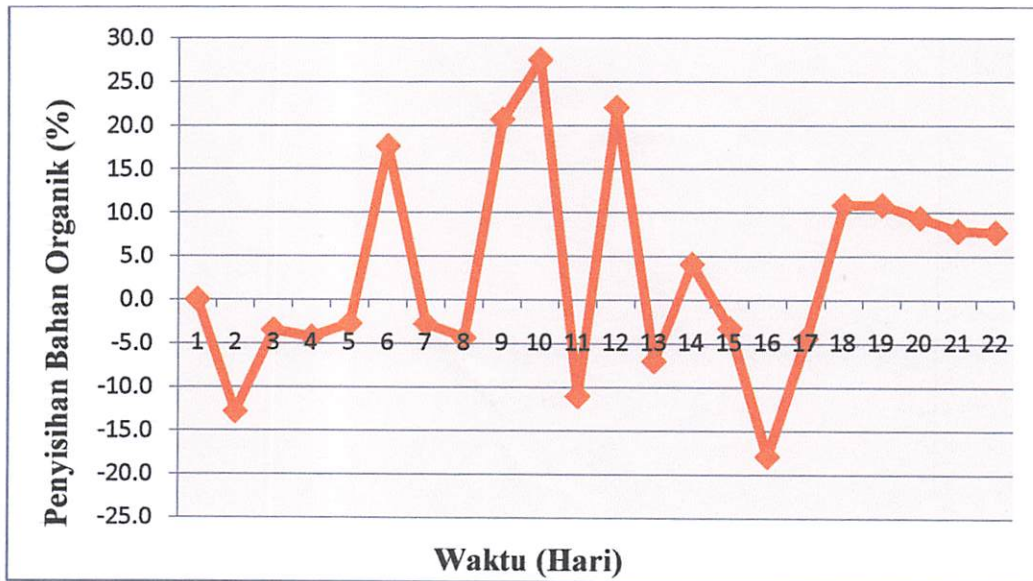
Tabel 4.3 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor B (Tinggi Media 1 m)

Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	DO (mg/l)	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	8 - mei	25.5	7.85	3.98	38.5	0	0.0
2	9 - mei	25.5	7.78	5.99	43.45	-4.95	-12.9
3	10 - mei	25.2	7.63	6.23	44.97	-1.52	-3.5
4	11 - mei	25.2	7.44	6.17	46.89	-1.92	-4.3
5	12 - mei	24.8	7.59	6.33	48.19	-1.3	-2.8
6	13 - mei	24.8	7.46	6.12	39.69	8.5	17.6
7	14 - mei	24.8	7.25	6.45	40.8	-1.11	-2.8
8	15 - mei	23.4	7.78	6.6	42.58	-1.78	-4.4
9	16 - mei	24.8	7.54	6.52	33.77	8.81	20.7
10	17 - mei	24.9	7.09	6.09	24.48	9.29	27.5
11	18 - mei	24.9	7.66	6.42	27.18	-2.7	-11.0
12	19 - mei	25	7.11	6.27	21.19	5.99	22.0
13	20 - mei	25.8	7.7	6.76	22.68	-1.49	-7.0
14	21 - mei	25	7.04	6.35	21.75	0.93	4.1
15	22 - mei	25	7.8	5.81	22.45	-0.7	-3.2
16	23 - mei	24.7	7.74	6.75	26.47	-4.02	-17.9
17	24 - mei	24.7	7.38	6.6	27.63	-1.16	-4.4
18	25 - mei	25	7.37	6.48	24.63	3	10.9
19	26 - mei	24.9	7.76	6.7	21.96	2.67	10.8
20	27 - mei	25.4	7.43	6.32	19.9	2.06	9.4
21	28 - mei	25.4	7.5	6.45	18.33	1.57	7.9
22	29 - mei	25.4	7.6	6.02	16.91	1.42	7.7

Sumber : Hasil Penelitian, 2013

Berdasarkan tabel 4.3 dan grafik 4.2 terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Penurunan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke-12 sebesar 21,19 mg/l dan penurunan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke-5 sebesar 48,19 mg/l. Untuk penyisihan bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke-10 sebesar 27,5%, sedangkan penyisihan bahan organik terendah

terjadi pada hari ke-16 sebesar -17,9%. Untuk penyisihan bahan organik dengan perbedaan tidak lebih dari 10% terjadi pada hari ke - 18 sampai hari ke - 22 sebesar 10,9% - 7,7%, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 24,63 mg/l – 16,91 mg/l. Pada tahap ini dapat dikatakan kondisi *steady state* telah tercapai.



Grafik 4.2. Persentase Penyisihan Bahan Organik (PV) Pada Reaktor B (Tinggi Media 1 meter)

Berdasarkan grafik 4.1 dan grafik 4.2 terlihat terjadi fluktuasi peningkatan dan penurunan konsentrasi bahan organik pada tiap-tiap reaktor. Untuk Reaktor A pada hari ke-19 telah tercapai kondisi *steady state*, sedangkan untuk reaktor B hari ke-18 kondisi *steady state* telah tercapai.

Proses aklimatisasi membutuhkan waktu yang lama dan cukup sulit dikarenakan adanya perbedaan masukan senyawa organik, pertumbuhan mikroorganisme, termasuk faktor penghambat aktivitas mikroorganisme dari hari ke hari. Grafik yang fluktuatif pada penyisihan bahan organik menunjukkan bahwa mikroorganisme belum mampu untuk beradaptasi pada lingkungan barunya serta belum cukupnya populasi mikroorganisme yang tersedia. Mekanisme pembentukan *biofilm* diawali ketika sel melekat pada sel lainnya atau padatan organik *inert*. Beberapa faktor yang berperan dalam proses pelekatan sel pada suatu permukaan media yaitu transportasi sel, adsorpsi *reversible*, adhesi *irreversible*, dan penggandaan sel. Sel yang masih dapat lepas dan bergerak belum

dikatakan permanen. Setelah menyesuaikan diri dengan lingkungannya, sel melekat erat pada permukaan media dan membentuk koloni. Selain itu untuk menjaga pertumbuhan bakteri, komposisi dari biomassa dan faktor lingkungan yang mempengaruhi harus dijaga konstan (Larry and Randal, 1980). Adanya peningkatan konsentrasi bahan organik pada tahap aklimatisasi dikarenakan juga terjadi kematian mikroorganisme yang tidak mampu beradaptasi. Seperti pada grafik 4.2 hari ke 2, 3, 4 dan 5 menunjukkan nilai minus (-) pada persentase penyisihan bahan organiknya yang menunjukkan pula bahwa pada hari tersebut terjadi kematian mikroorganisme dalam reaktor.

Nilai yang stabil pada penyisihan bahan organik menunjukkan telah terbentuknya koloni-koloni mikroorganisme yang mampu menguraikan bahan organik pada air limbah serta mampu beradaptasi dengan kondisi yang ada pada reaktor. Apabila penyisihan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10% maka dapat dikatakan bahwa kondisi telah *steady state* (Grady dan Lim, 1980 dalam Drasnyata, 2009). Hal ini ditunjukkan melalui pengukuran bahan organik dari masing-masing reaktor sehingga diperoleh angka penyisihan bahan organik yang konstan dengan penyisihan dibawah 10%.

4.3 Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk menganalisis data sehingga mendapat gambaran tentang suatu data tanpa bermaksud untuk membuat kesimpulan yang berlaku umum ([www. http://elearning.gunadarma.ac.id](http://elearning.gunadarma.ac.id)). Analisis deskriptif pada penelitian ini menggunakan rata-rata data atau *mean* sebagai ukuran pemusatan data.

4.3.1 Analisa Deskriptif BOD

Data hasil penelitian yang diperoleh tentang konsentrasi akhir BOD menunjukkan bahwa reaktor biofilter aerobik media apung memiliki kemampuan untuk menurunkan konsentrasi BOD. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.4 dan grafik 4.3.

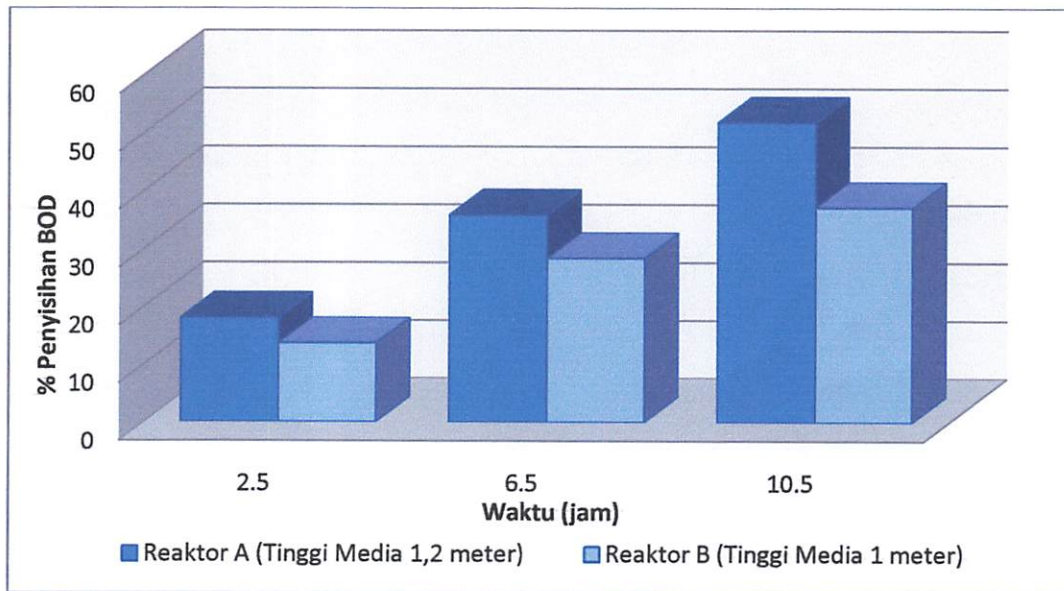
Untuk mengetahui persentase penyisihan BOD digunakan rumus :

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

Tabel 4.4 Data Konsentrasi Akhir BOD dan Persentase Penyisihan BOD

Reaktor	Waktu	Konsentrasi awal (mg/l)	Konsentrasi akhir (mg/l)			Rata - rata (mg/l)	Persentase Penyisihan (%)
			1	2	3		
A	2.5	388	317	320	317	318	18
	6.5	388	251	248	250	249	35.8
	10.5	388	186	190	185	187	51.8
B	2.5	388	325	345	334	335	13.7
	6.5	388	278	278	279	278	28.4
	10.5	388	245	243	243	244	37.1

Sumber : Hasil Penelitian, 2013



Grafik 4.3 Grafik Persentase Penyisihan BOD

Pada grafik 4.3 dapat dilihat bahwa persen penyisihan BOD terendah terjadi pada reaktor B dengan ketinggian media 1 meter pada waktu 2,5 jam yaitu sebesar 13.7% dan untuk penyisihan BOD tertinggi terjadi pada reaktor A dengan ketinggian media 1,2 meter pada waktu 10,5 jam sebesar 51.8%.

4.3.2 Analisis Deskriptif TSS

Data hasil penelitian yang diperoleh dari konsentrasi akhir TSS menunjukkan bahwa reaktor *biofilter aerobik* media apung memiliki kemampuan untuk menurunkan konsentrasi TSS. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.5 dan grafik 4.4

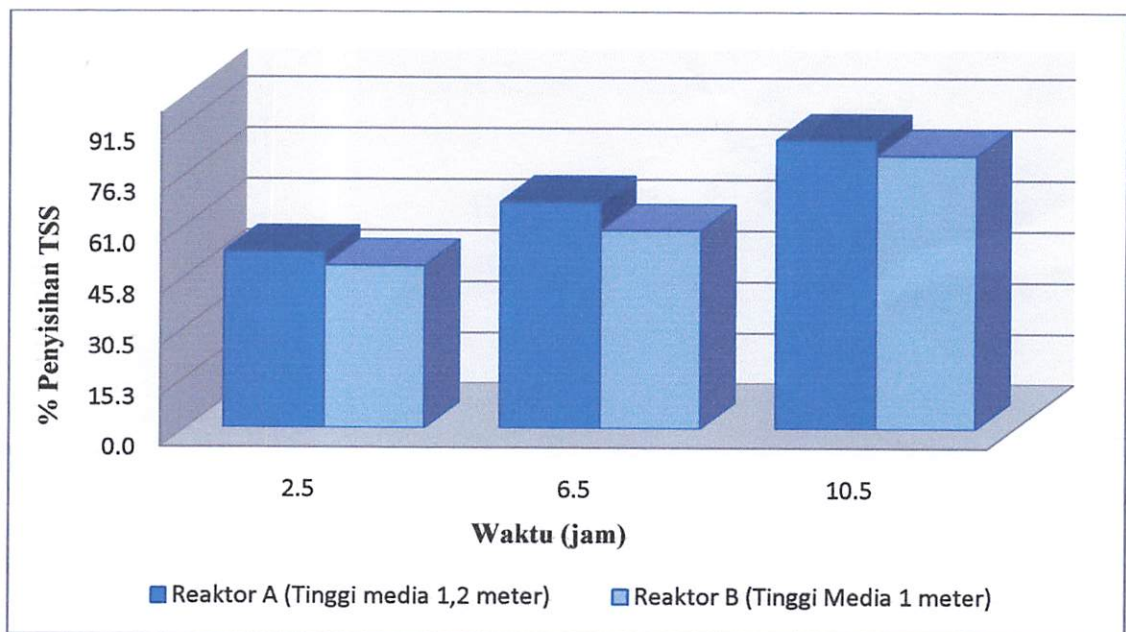
Untuk mengetahui persentase penyisihan TSS digunakan rumus :

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

Tabel 4.5 Data Konsentrasi Akhir TSS dan Persentase Penyisihan TSS

Reaktor	Waktu	Konsentrasi awal (mg/l)	Konsentrasi akhir (mg/l)			Rata - rata (mg/l)	Persentase Penyisihan (%)
			1	2	3		
A	2.5	237	114	110	111	112	52.9
	6.5	237	80	73	76	76	67.8
	10.5	237	29	35	32	32	86.5
B	2.5	237	122	119	123	121	48.8
	6.5	237	94	98	97	96	59.4
	10.5	237	43	48	38	43	81.9

Sumber : Hasil Penelitian, 2013



Grafik 4.4 Grafik Persentase Penyisihan TSS

Pada grafik 4.4 dapat dilihat bahwa persen penyisihan TSS terendah terjadi pada reaktor B dengan ketinggian media 1 meter pada waktu 2,5 jam yaitu sebesar 48.8% dan untuk penyisihan TSS tertinggi terjadi pada reaktor A dengan ketinggian media 1,2 meter pada waktu 10,5 jam sebesar 86.5%.

4.4 Analisis Statistik

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

4.4.1 Hasil Uji Korelasi

Mengetahui ada atau tidaknya dan kuat atau lemahnya hubungan antara variabel yang di amati, maka digunakan analisis korelasi. Dalam analisa korelasi terdapat :

- Ho : Tidak ada korelasi antara dua variabel
- H1 : Ada korelasi antara dua variabel

Pengambilan keputusan

- Jika p-value > α , Ho diterima
- Jika p-value < α , Ho ditolak

(Iriawan dan Astuti, 2006)

a) Uji korelasi persentase penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Analisis Korelasi Antara Persen Penyisihan BOD dengan Perbandingan Ketinggian Media (m) dan Waktu Operasional (jam)

Correlations: %BOD, Waktu Operasional, Ketinggian Media		
	%BOD	Waktu Operasional
Waktu Operasional	0.916 0.010	
Ketinggian Media	0.354 0.491	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Keputusan :

Berdasarkan tabel 4.6 menunjukkan bahwa :

- Korelasi antara persen penyisihan BOD dengan perbandingan waktu operasional adalah 0.916. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara waktu operasional dengan persentase penyisihan BOD kuat, karena nilai koefisien korelasinya mendekati 1. Koefisien korelasi juga menunjukkan nilai positif, yang berarti bahwa apabila waktu operasional semakin meningkat, maka persen penyisihan BOD juga ikut meningkat. Sehingga dapat dikatakan bahwa hubungannya adalah searah (*linier*). Nilai probabilitas antara persentase penyisihan BOD dengan waktu operasional menunjukkan angka dibawah 0,05 yaitu 0,01 ($0,01 < 0,05$), sehingga H_0 ditolak yaitu ada hubungan yang kuat antara persentase penyisihan BOD dengan waktu operasional.
- Korelasi antara persen penyisihan BOD dengan perbandingan ketinggian media adalah 0,354. Selain nilai koefisien korelasinya kecil, nilai probabilitasnya (*p-value*) juga menunjukkan angka diatas 0,05 yaitu 0,491. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara persentase penyisihan BOD dengan variasi ketinggian media.

b) Uji korelasi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4.7 Analisis Korelasi Antara Persen Penyisihan TSS dengan Perbandingan Ketinggian Media (m) dan Waktu Operasional (jam)

Correlations: %TSS, Waktu Operasional, Ketinggian Media		
	%TSS	Waktu Operasional
Waktu Operasional	0.968 0.002	
Ketinggian Media	0.203 0.700	0.000 1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Keputusan :

Berdasarkan tabel 4.7 menunjukkan bahwa :

- Korelasi antara persen penyisihan BOD dengan perbandingan waktu operasional adalah 0.968. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara waktu operasional dengan persentase penyisihan BOD kuat, karena nilai koefisien korelasinya mendekati 1. Koefisien korelasi juga menunjukkan nilai positif, yang berarti bahwa apabila waktu operasional semakin meningkat, maka persen penyisihan BOD juga ikut meningkat. Sehingga dapat dikatakan bahwa hubungannya adalah searah (*linier*). Nilai probabilitas antara persentase penyisihan BOD dengan waktu operasional menunjukkan angka dibawah 0,05 yaitu 0,02 ($0,02 < 0,05$), sehingga H_0 ditolak yaitu ada korelasi antara persentase penyisihan BOD dengan waktu operasional.
- Korelasi antara persen penyisihan BOD dengan perbandingan ketinggian media adalah 0,203. Selain nilai koefisien korelasinya kecil, nilai probabilitasnya (*p-value*) juga menunjukkan angka diatas 0,05 yaitu 0,700. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara persentase penyisihan TSS dengan variasi ketinggian media.

4.4.2 Analisis Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan atau signifikansi prediksi dari hubungan atau 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 t *output*) > statistik tabel (t tabel), Ho ditolak
- Jika statistik hitung (angka t *output*) < statistik tabel (t tabel), Ho diterima

Untuk nilai probabilitas :

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

(Iriawan dan Astuti, 2006)

a) Uji Koefisien regresi persentase penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Analisis Regresi Antara Persen Penyisihan BOD dengan Waktu Operasional (jam)

7/1/2013 7:34:25 PM				
Regression Analysis: % Penyisihan TSS versus Waktu Operasional				
The regression equation is				
% Penyisihan TSS = 39.1 + 4.17 Waktu Operasional				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	39.120	3.932	9.95	0.001
Waktu Operasional	4.1688	0.5406	7.71	0.002
S = 4.32452 R-Sq = 93.7% R-Sq(adj) = 92.1%				

- 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 4.9 Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan BOD dengan Waktu Operasional (jam)

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	817.96	817.96	21.85	0.009
Residual Error	4	149.74	37.44		
Total	5	967.70			

Pada tabel 4.8 dan 4.9 dapat diketahui bahwa :

Model regresi yang didapat adalah :

$$Y = 7.56 + 3.57 x_1$$

Dimana :

Y = % Penyisihan BOD

x_1 = Waktu operasional

Berdasarkan tabel 4.8 dapat disimpulkan bahwa :

- Konstanta 7.56 mengartikan bahwa jika variabel waktu operasional (x_1) meningkat satu-satuan, maka % penyisihan BOD cenderung meningkat sebesar 7.56%.
- Koefisien regresi untuk variabel x_1 (waktu operasional) sebesar 3.57 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan waktu operasional maka persentase penyisihan BOD akan meningkat sebesar 3.57 %
- Hasil analisa regresi juga didapatkan nilai koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 84.5%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan BOD dipengaruhi oleh variasi waktu operasional, sedangkan sisanya sebesar 15.5% penurunan penyisihan BOD dapat dipengaruhi faktor lain seperti temperatur atau faktor lingkungan luar lainnya.
- Uji kelinieran untuk analisis regresi atau *F test*, didapat nilai hitung sebesar 21.85. Dari tabel distribusi F didapatkan 6.94 (Sudjana, 2005). Jika dibandingkan antara F tabel dengan F hitung, maka F hitung > F tabel yaitu sebesar $21.85 > 6.94$. Hal ini berarti bahwa hubungan antara persentase penyisihan BOD dan waktu operasional adalah linier.

e. 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 menolak H1 dan menerima Ho. Jika statistik t hitung *output* > statistik t tabel, maka menolak Ho dan menerima H1. Berdasarkan tabel 4.8 statistik t hitung output variasi waktu operasional 4.67. Jika dibandingkan dengan nilai t tabel sebesar 2.57 (Sudjana, 2005) maka nilai t hitung waktu operasional adalah menerima H1 dan menolak Ho yang berarti koefisien regresi signifikan
- Berdasarkan probabilitas
Nilai probabilitas untuk variasi waktu operasional sebesar 0.009. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas untuk variasi waktu operasional < 0.05 sehingga Ho ditolak dan menerima H1. Jadi variasi waktu operasional berpengaruh cukup signifikan terhadap persentase penyisihan BOD.

b) Uji Koefisien regresi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4.10 Analisis Regresi Antara Persen Penyisihan TSS dengan Waktu Operasional (jam)

7/1/2013 7:34:26 PM				
Regression Analysis: % Penyisihan TSS versus Waktu Operasional				
The regression equation is				
% Penyisihan TSS = 39.1 + 4.17 Waktu Operasional				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	39.120	3.932	9.95	0.001
Waktu Operasional	4.1688	0.5406	7.71	0.002
S = 4.32452 R-Sq = 93.7% R-Sq(adj) = 92.1%				

- 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 4.11 Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan TSS dengan Waktu Operasional (jam)

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1112.2	1112.2	59.47	0.002
Residual Error	4	74.8	18.7		
Total	5	1187.0			

Pada tabel 4.10 dan 4.11 dapat diketahui bahwa :

Model regresi yang didapat adalah :

$$Y = 39.1 + 4.17 x_1$$

Dimana :

Y = % Penyisihan TSS

x_1 = Waktu operasional

Berdasarkan tabel 4.8 dapat disimpulkan bahwa :

- a. Konstanta 39.1 mengartikan bahwa jika variabel waktu operasional (x_1) meningkat satu-satuan, maka % penyisihan TSS cenderung meningkat sebesar 39.1%.
- b. Koefisien regresi untuk variabel x_1 (waktu operasional) sebesar 4.17 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan waktu operasional maka persentase penyisihan TSS akan meningkat sebesar 4.17%
- c. Hasil analisa regresi juga didapatkan nilai koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 93.7%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan TSS dipengaruhi oleh variasi waktu operasional.
- d. Uji kelinieran untuk analisis regresi atau *F test*, didapat nilai hitung sebesar 59.47. Dari tabel distribusi F didapatkan 6.94 (Sudjana, 2005). Jika dibandingkan antara F tabel dengan F hitung, maka F hitung > F tabel yaitu

sebesar $59.47 > 6.94$. Hal ini berarti bahwa hubungan antara persentase penyisihan TSS dan waktu operasional adalah linier.

e. 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 menolak H1 dan menerima Ho. Jika statistik t hitung *output* > statistik t tabel, maka menolak Ho dan menerima H1. Berdasarkan tabel 4.8 statistik t hitung output variasi waktu operasional 7.71. Jika dibandingkan dengan nilai t tabel sebesar 2.57 (Sudjana, 2005) maka nilai t hitung untuk waktu operasional > t tabel, sehingga dapat disimpulkan bahwa koefisien regresi signifikan.

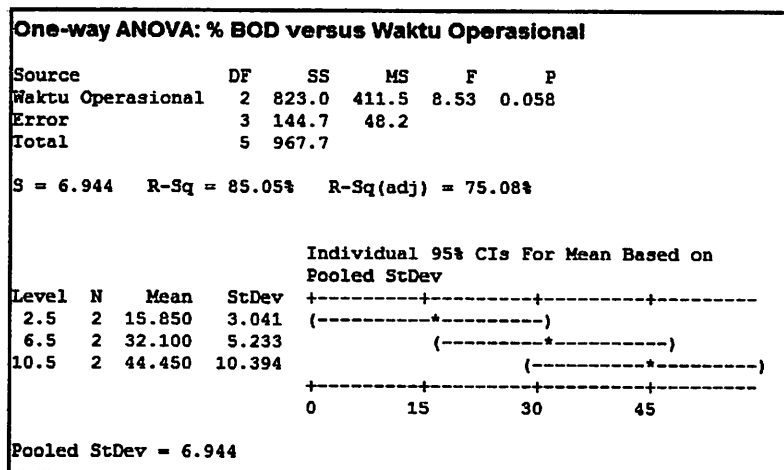
- Berdasarkan probabilitas

Nilai probabilitas untuk variasi waktu operasional sebesar 0.002, yang menunjukkan bahwa probabilitasnya < 0.05 sehingga Ho di tolak dan menerima H1 atau koefisien regresi signifikan.

4.4.3 Analisis ANOVA

a) Hasil uji ANOVA persentase penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.12 dan 4.13

Tabel 4.12 Hasil Uji ANOVA Persentase Penyisihan BOD terhadap Waktu Operasional (jam)



Keterangan :	DF = Derajat Bebas	F	= Nilai Statistik Uji
	SS = Variasi Residual	P	= Nilai Probabilitas
	MM = Mean Square	Mean	= Nilai Rata – rata

Hipotesis

Ho : Ketiga varians perlakuan adalah identik

H1 : Ketiga varians perlakuan adalah tidak identik

Pengambilan Keputusan

Berdasarkan Nilai Probabilitas :

- Jika probabilitas > 0.05 , maka Ho diterima
- Jika probabilitas < 0.05 , maka Ho ditolak

Berdasarkan Nilai F :

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

(Iriawan dan Astuti, 2006)

Keputusan :

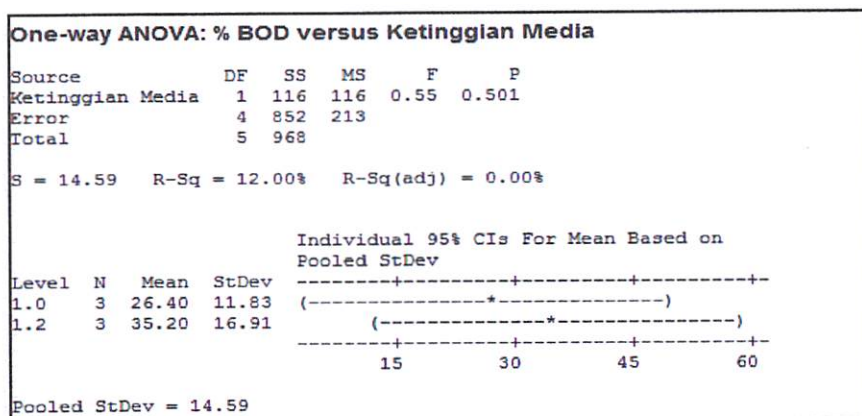
1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.12 nilai probabilitas adalah sebesar 0.058. Karena nilai probabilitas lebih besar dari 0.05, maka kesimpulannya bahwa ketiga variasi perlakuan adalah identik.

2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.12, F hitung variasi perbandingan waktu operasional adalah 8.53. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah sebesar 6.94 (Sudjana, 2005). Jika nilai F *output* variasi waktu operasional dibandingkan dengan nilai F tabel maka nilai F hitung *output* $>$ nilai F tabel maka kesimpulannya bahwa ada perbedaan yang signifikan antara variasi waktu operasional terhadap penyisihan BOD.

Tabel 4.13 Hasil Uji ANOVA Persentase Penyisihan BOD terhadap Ketinggian Media (m)



Keterangan : DF = Derajat Bebas F = Nilai Statistik Uji
 SS = Variasi Residual P = Nilai Probabilitas
 MM = Mean Square Mean = Nilai Rata-rata

Keputusan :

1. Nilai Probabilitas

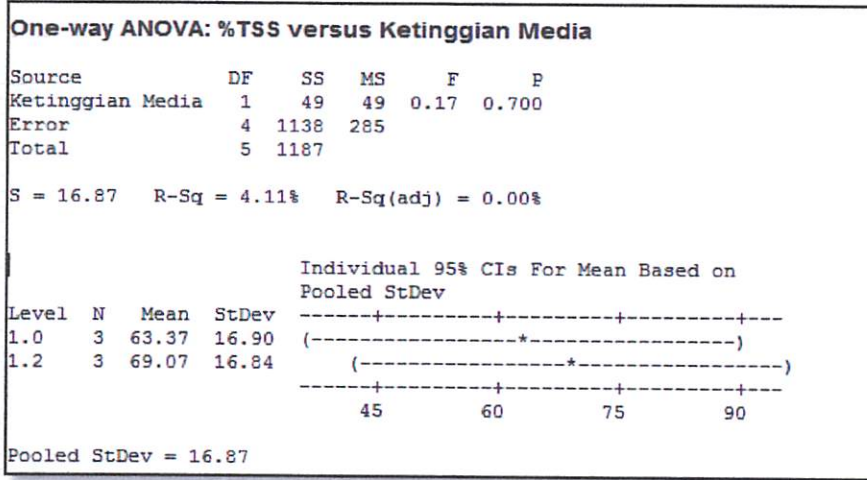
Berdasarkan tabel 4.14 nilai probabilitasnya sebesar 0.501. Karena nilai probabilitas lebih besar dari 0.05, maka kesimpulannya bahwa ketiga variasi perlakuan adalah identik.

2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.14 untuk variasi ketinggian media sebesar 0.55. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah sebesar 7.71 (Sudjana, 2005). Maka nilai F hitung *output* < nilai F tabel, kesimpulannya bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara variasi ketinggian media terhadap penyisihan BOD.



Tabel 4.15 Hasil Uji ANOVA Persentase Penyisihan TSS terhadap Ketinggian Media (m)



Keterangan : DF = Derajat Bebas F = Nilai Statistik Uji
 SS = Variasi Residual P = Nilai Probabilitas
 MM = Mean Square Mean = Nilai Rata-rata

Keputusan :

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.18 nilai probabilitas ketinggian media sebesar 0.7, nilai probabilitas untuk ketinggian media lebih besar dari 0.05, maka kesimpulannya bahwa ketiga variasi perlakuan adalah identik

2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.18 nilai F hitung untuk variasi ketinggian media sebesar 0.17. Pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah sebesar 7.71 (Sudjana, 2005). Jika nilai F untuk ketinggian media dibandingkan dengan nilai F tabel maka nilai F hitung *output* ketinggian media < nilai F tabel, yang artinya bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan variasi ketinggian media terhadap penyisihan TSS.



4.5 Pembahasan

Pada bagian ini akan dijelaskan tentang hasil penelitian yang diperoleh diantaranya penurunan konsentrasi BOD dan penurunan konsentrasi TSS yang didukung dengan data-data kuantitatif serta hasil statistik.

4.5.1 Penurunan Konsentrasi BOD

Hasil penelitian diperoleh bahwa *aerobik biofilter* aliran *upflow* dengan variasi waktu operasional dan ketinggian media terbukti dapat menurunkan BOD. Berdasarkan tabel 4.4 pengaruh ketinggian media 1 meter dengan waktu operasional 2.5 jam memiliki persentase penyisihan BOD terendah sebesar 13.7%. Sedangkan pengaruh ketinggian media 1.2 meter dengan waktu operasional 6.5 jam memiliki persentase penyisihan BOD tertinggi sebesar 51.8%

Penyisihan kandungan BOD pada *aerobik biofilter* terjadi karena adanya proses biologis oleh lapisan *biofilm* pada media *biofilter* yang terdiri dari sekumpulan mikroorganisme yang dapat berupa bakteri, jamur, dan alga. Ketika air limbah masuk melintasi permukaan *biofilm*, material organik dalam air limbah bersama-sama dengan oksigen dan nutrient akan terdifusi ke dalam *biofilm* dan dioksidasi oleh mikroorganisme *heterotopy*. Peningkatan aktivitas biologis akan mempertebal lapisan slime yang dapat meningkatkan penyisihan bahan organik. (Slamet dan Ali masduqi, 2000). Adanya penghilangan zat organik yang cukup besar menunjukkan bahwa mikroorganisme telah tumbuh dan melekat pada media, seperti pada penelitian Idaman Said (2006) yaitu aplikasi proses biofiltrasi untuk pengolahan air minum bahwa pada hari pertama awal pengoperasian penghilangan zat organik hanya bekisar 12.20% dan pada hari ke-11 meningkat menjadi 50%, sehingga penguraian zat organik dikatakan lebih maksimal dari hari sebelumnya

Tabel 4.12 hasil uji ANOVA antara persentase penyisihan BOD dengan waktu operasional menunjukkan bahwa dari uji F yang dilakukan, hubungan antara keduanya adalah signifikan, yang berarti bahwa lamanya waktu operasional sangat mempengaruhi persentase penyisihan BOD. Dalam penelitian ini, kondisi yang tercapai oleh waktu operasional tertinggi (10.5 jam) belum mencapai *break*

trough. Kondisi *break trough* merupakan dimana persen penyisihan bahan organik menurun karena sudah mengalami kejenuhan (Slamet dan Ali masduqi, 2000). Sehingga, dalam penelitian ini waktu operasional yang memiliki efisiensi tertinggi penyisihan BOD yaitu sebesar 51.8% adalah pada 10.5 jam dibandingkan dengan waktu operasional 6.5 jam 38.8% dan 2.5 jam 18%. Waktu operasional yang lama akan memberikan waktu kontak yang lama pula antara air limbah dengan *slime* yang terbentuk sehingga memberikan kesempatan mikroorganisme untuk melakukan proses sintesa dan oksidasi sel dalam penguraian bahan-bahan organik (Slamet dan Ali masduqi, 2000). Penelitian yang dilakukan oleh Nurullita (2010) dengan menggunakan media tempurung kelapa terhadap penurunan BOD pada limbah rumah tangga juga menunjukkan bahwa penurunan tertinggi dicapai pada waktu selama 3 minggu sebesar 63.22% dibanding dengan operasional selama 1 minggu.

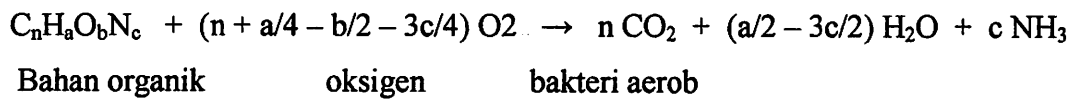
Pada reaktor B dari tabel 4.4 persentase penyisihan BOD terlihat bahwa penyisihan tertinggi hanya sebesar 37.1% pada waktu operasional 10.5 jam, sedangkan untuk waktu 2.5 jam dan 6.5 jam persentase penyisihan hanya sebesar 13.7% dan 28.4%. Dalam bukunya "*waste water engineering*" Metcal and Eddy menyebutkan bahwa *range* penyisihan BOD pada proses pengolahan *biofilter* tanpa pengolahan pendahuluan adalah sebesar 40–70 %. Jika dibandingkan, maka pengolahan hasil penelitian terhadap penyisihan BOD pada reaktor B tidak mencapai *range* yang ditentukan. Waktu operasional yang kurang panjang menyebabkan waktu kontak dengan media juga pendek sehingga tidak akan mengoptimalkan proses oksidasi dan sintesa sel. Salah satu penyebabnya adalah ketinggian media reaktor B (1 meter) yang lebih kecil dibanding reaktor A (1.2 meter) sehingga jumlah *biomassa* yang melekat lebih sedikit dan diperlukan waktu kontak yang lebih lama untuk peningkatan penyisihan BOD dalam reaktor. Hal ini ditunjukkan pada persamaan Velz, dimana laju penurunan zat organik sebanding dengan konsentrasi zat organik yang tersisa setelah melewati reaktor, dengan demikian penyisihan BOD berbanding lurus dengan jarak atau tinggi pada suatu reaktor pengolahan (Larry and Randall, 1980).

Hal ini sejalan pula dengan penelitian yang dilakukan Aini (2011) dalam penurunan senyawa organik proses *biofilter* pada *grey water* bahwa penyisihan BOD dengan ketinggian media 70 cm memberikan efisiensi penyisihan terbaik sebesar 79.72% dibanding dengan tinggi media 60 cm dengan variasi debit yang sama pada pengolahan biofilter media batu tembikar.

Ditinjau dari hasil analisis statistik uji ANOVA, hubungan antara ketinggian media dengan persentase penyisihan BOD adalah tidak signifikan, yang artinya bahwa tidak ada perbedaan yang cukup nyata antara peningkatan penyisihan BOD dengan ketinggian. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.4 bahwa persentase tertinggi penyisihan BOD pada reaktor A (1.2 meter) sebesar 51.8% dan persentase tertinggi penyisihan BOD pada reaktor B (1 meter) sebesar 37.1%. Hal ini dapat disebabkan *range* atau jarak variasi ketinggian terbilang kecil, dimana selisih tinggi media antara reaktor A dan B hanya 0.2 meter sehingga variasi ketinggian media yang ditentukan kurang maksimal. Hasil uji korelasi antara persentase penyisihan BOD terhadap ketinggian media juga menunjukkan hal yang sama, dimana dapat dilihat pada tabel 4.6 dengan membandingkan nilai probabilitasnya didapat bahwa kedua variabel tidak berkorelasi. Selain itu, ukuran batu apung yang dapat dikatakan besar (diameter 3.75 cm) ini juga berpengaruh, karena semakin kecil ukuran batu apung maka semakin besar luas permukaan yang tersedia untuk penambatan sel sehingga sel yang tumbuh pada permukaan semakin besar. Pada penelitian lain juga menyebutkan hasil penelitian biofilter aerobik limbah *grey water* efisiensi penurunan BOD terlarut optimum sebesar 92.13% dengan diameter media pecahan batu kali 1-2 cm dan penurunan BOD terlarut terkecil terjadi pada diameter media 2-3 cm (Sugito, 2009).

Selain waktu kontak yang berpengaruh terhadap penyisihan BOD, adanya aliran udara juga membantu proses degradasi bahan organik dalam peningkatan persentase penyisihan bahan organik, dimana oksigen tersebut sangat diperlukan oleh mikroorganisme dalam proses oksidasi dan sintesa sel (Slamet dan Ali masduqi, 2000). Dalam penelitian Badruz zaman (2008) dalam pengolahan limbah rumah makan menggunakan *aerobik biofilter* juga menyebutkan bahwa debit udara sebesar 75 l/mnt mampu menurunkan konsentrasi BOD tertinggi dengan

efisiensi penyisihan sebesar 65.52% dibanding dengan debit udara 35 l/mnt. Menurut Sawyer dan McCarty dalam Effendi (2003), proses penguraian bahan buangan organik melalui proses oksidasi oleh mikroorganisme *aerobik* adalah :



Dari reaksi diatas dapat diketahui bahwa mikroorganisme bertanggung jawab terhadap konversi dari material organik yang menempel pada permukaan biofilm. Senyawa organik disisihkan dari air limbah selama mengalir melewati mikroorganisme yang menempel pada *biofilm* dengan proses *aerob* yang selanjutnya senyawa-senyawa tersebut dirombak menjadi produk-produk akhir yang lebih stabil dan sisanya akan disintesis menjadi bahan organik. Mikroorganisme yang bertanggung jawab terhadap penyisihan bahan organik berdasarkan identifikasi mikroorganisme yang berperan dalam biofilter media sarang tawon (Arie Herlambang, 2000) terdiri dari berbagai jenis, diantaranya *Bacillus Subtilis*, *Escherecia Coli*, *Clostridium Tetani*, *Proteus Vulgaris*, *Nitrobacter*, *Nitrosomonas*.

4.5.2 Penurunan Konsentrasi TSS

Dari hasil penelitian yang dilakukan, *aerobik biofilter* aliran *upflow* dengan variasi waktu operasional dan ketinggian media terbukti dapat menurunkan konsentrasi TSS. Berdasarkan tabel 4.5 persentase penyisihan TSS terendah adalah sebesar 48.8% dengan waktu operasional 2.5 jam dan ketinggian media 1 meter. Penyisihan TSS tertinggi sebesar 86.5% dengan waktu operasional 10.5 jam dan ketinggian media 1.2 meter.

Penurunan padatan tersuspensi total dalam reaktor disebabkan oleh adanya pemakaian media (batu apung), tujuan dari adanya media adalah untuk menahan padatan biologis dalam reaktor sebagai *fixed film* yang menempel pada media maupun sebagai solid yang tertahan dalam rongga pori. Batu apung dengan ukuran 3.75 cm dengan bentuk yang tidak beraturan tersusun rapat dalam reaktor dapat berfungsi sebagai filter fisik, akibatnya air limbah yang mengandung

muatan padatan tersuspensi setelah melalui filter ini akan berkurang konsentrasinya karena muatan padatan tersuspensi tertahan diantara celah–celah tumpukan batu apung (Farizoglu et al.,2003 *dalam* Humaedi, 2009). Efisiensi penyaringan bertambah besar karena aliran yang digunakan adalah *upflow* dimana penyaringan dilakukan dengan sistem aliran dari bawah ke atas akan mengurangi kecepatan partikel yang terdapat pada air limbah dan partikel yang tidak terbawa aliran ke atas diendapkan di dasar filter. Sejumlah kecil partikel padatan masih terbawa aliran ke atas juga mengalami pengendapan di atas permukaan media sejalan dengan lamanya waktu operasional yang memberikan waktu kontak yang lama pada reaktor *biofilter* (Metcalf and Eddy, 2003).

Pada penelitian ini, waktu operasional tertinggi yang dicapai pada penyisihan TSS belum mampu menunjukkan kondisi break trough, yaitu kondisi dimana persen penyisihan bahan organik menurun karena sudah mengalami kejenuhan (Slamet dan Ali masduqi, 2000). Dari tabel 4.15 hubungan antara variasi waktu operasional terhadap penyisihan TSS adalah signifikan. Jika dibandingkan pada waktu operasional 2.5 jam dan 6.5 jam, maka persentase penyisihan tertinggi pada Reaktor A adalah pada waktu 10.5 jam sebesar 86.6%, sedangkan untuk waktu operasional 2.5 jam dan 6.5 jam hanya sebesar 52.9% dan 67.8%. Begitu pula pada reaktor B persentase penyisihan tertinggi sebesar 81.9% pada waktu 10.5 jam. Dengan adanya waktu operasional yang lama maka akan semakin banyak partikel yang tersaring pada media *biofilter* sehingga memperbesar persen penyisihan TSS. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Utomo (2002) dalam penelitiannya Penyisihan COD, BOD, TSS, dan Ammonia Menggunakan Proses Biofilter Tercelup Dengan Media Bioball Secara Aerob Studi Kasus Limbah Domestik Waduk Setiabudi menghasilkan bahwa pada waktu kontak 6 jam memberikan penurunan TSS terbaik yaitu sebesar 94.05% dibanding dengan variasi waktu kontak lainnya selama 4 jam. Selain itu penelitian Intan Rosa (2012) untuk pengolahan limbah domestik dengan proses biofilter *downflow* menggunakan media spons menghasilkan penurunan TSS terbaik sebesar 90.7% pada waktu 4 jam dengan melakukan penyaringan terlebih dahulu (pengolahan pendahuluan).

Hubungan antara ketinggian media dengan persentase penyisihan TSS berdasarkan uji regresi dan ANOVA tidak menunjukkan hubungan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena pemakaian atau penentuan variasi ketinggian media dengan *range* yang kecil. Namun demikian, hubungan antara kedua variabel adalah searah, yaitu semakin tinggi ketinggian media yang digunakan maka persentase penyisihan TSS akan semakin besar. Hal ini ditunjukkan pada tabel 4.5 pada waktu yang sama yaitu 10.5 jam, ketinggian media 1.2 meter memiliki efisiensi penyisihan tertinggi sebesar 86.5% dibanding dengan ketinggian media 1 meter dengan efisiensi sebesar 81.9%.

Penelitian lain tentang kinerja Horizontal Bio-ball filter pengolahan *grey water* juga menunjukkan, panjang reaktor 100 cm persentase penyisihan TSS pada limbah domestik media bioball memberikan efisiensi removal terbaik sebesar 87.04% dibanding dengan panjang reaktor yang hanya 67 cm memiliki efisiensi 83.33% (Sitnjak, 2010). Adanya kandungan padatan tersuspensi dalam limbah cair salah satunya dapat berasal dari flok – flok mikroba yang terbentuk akibat proses mikrobiologis yang berlangsung didalam reaktor dan belum sempat melekat pada media filter. Akibat adanya perbedaan ukuran partikel yang lebih besar baik yang berasal dari air limbah sendiri maupun flok mikroba yang terbentuk dibanding volume rongga pada media filter, maka kandungan zat tersuspensi dapat tertahan (Larry dan Randall, 1980). Namun dalam penelitian ini ketinggian media tidak berpengaruh secara signifikan dikarenakan range variasi tinggi media yang digunakan kecil (20 cm) dibanding dengan penelitian Sitnjak dengan range perbedaan ketinggian media sebesar 33 cm.

Menurut Larry dan Randall (1980), *Total Suspended Solids* (TSS) memberi kontribusi senyawa organik (BOD) sekitar 80% sehingga apabila terjadi penyisihan TSS pada *treatment biofilter* ini, maka terjadi pula penyisihan terhadap BOD. Dalam penelitian ini, persentase penyisihan BOD tidak seefisien persentase penyisihan pada TSS. Hal ini dapat disebabkan luas permukaan spesifiknya yang kurang besar, karena dengan luas permukaan spesifik yang besar maka jumlah *biomassa* per satuan unit volume juga akan besar. Selain itu adanya bakteri yang mati yang tetap berada dalam *biofilter* dapat menambah beban organik karena

lapisan paling dalam kehilangan gaya adhesinya terhadap substrat dikarenakan lapisan *biofilm* sudah cukup tebal sehingga secara umum hanya bakteri yang berada dilapisan paling luar yang bekerja secara maksimal. Selain itu, adanya padatan tersuspensi yang tinggi dalam aliran air limbah akan menyebabkan pula tingginya beban organik, karena proses degradasi substrat organik sebagian besar berlangsung antar muka *biofilm*, maka jumlah bakteri pengurai aktif juga terbatas sehingga apabila semakin besar kandungan bahan organik maka laju konversi substrat organik semakin kecil. Lain halnya dengan proses penyisihan TSS, karena sifat penyisihannya atau pengolahannya secara fisik, dimana batu apung sebagai media yang tersusun dalam reaktor *biofilter* berfungsi sebagai penyaringan lumpur atau solid yang terkandung. Persentase penyisihan TSS bertambah besar lagi ketika pada penelitian ini menggunakan aliran *upflow*, karena pada aliran ini akan mengurangi kecepatan partikel pada air limbah (Metcalf and Eddy, 2003).



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- a) Reaktor *aerobik biofilter* dengan media batu apung belum mampu untuk menurunkan konsentrasi BOD secara maksimal, untuk parameter TSS dapat menurunkan konsentrasinya sampai pada standar baku mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 112 Tahun 2003
- b) Penyisihan BOD dan TSS dicapai pada waktu operasional maximal dalam penelitian ini yaitu 10.5 jam dengan ketinggian media 1.2 meter, dengan persentase penyisihan masing-masing adalah 51.8% dan 86.5%

5.2 Saran

- a) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi media penyangga yang lebih seragam bentuknya.
- b) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap perbandingan penggunaan media penyangga lebih besar atau lebih kecil diameternya.
- c) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah variasi waktu operasional dalam pengolahan sampai didapat waktu operasional terbaik untuk pengolahan pada biofilter
- d) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah variasi ketinggian dengan perbedaan range yang lebih besar dalam penyisihan bahan organik



DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Sri Santika S. 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Anonimous, 2008. Peran Bakteri dalam Penyisihan Bahan Organik: Proses Pertumbuhan Melekat. *Jurnal Kimia Lingkungan*.
- Badruzaman, agung. 2008. Penurunan BOD dan COD Pada Rumah Makan X Menggunakan Aerobik Biofilter Aliran Upflow Dengan Media Pecahan Genteng. *Skripsi*. Institut Teknologi Nasional. Malang.
- D, Larry and Clifford. 1980. *Biological Process Design for Wastewater Treatment*. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J
- Drasnyta, Megavirwina. 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*. Institut Teknologi Nasional. Malang.
- Droste, Ronald, dkk. 1997. *Theory and Practice Of Water and Wastewater Treatment*.
- Dwi, Ratno dan Mustadjab. 1992. *Analisis Regresi*. Andi. Yogyakarta
- Effendi, 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta. Kanisius.
- Humaedi, Aji. 2013. Pemanfaatan Batu Apung Sebagai Media Adsorpsi Limbah Cair. *Jurnal Lingkungan*.
- Hwang Lee, dkk. 2001. *Maximization of Actic Acid Production in Partial Acidogenesis of Swine Wastewater, Biotekhnology and Bioengineering*.
- Iriawan, N dan Astuti, S.P. 2006. *Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Andi. Yogyakarta
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 112, 2003. *Baku Mutu Limbah Domestik*. 10 Juli 2003.
- Kurniawan, Rony. 2007. Pengaruh Luas Permukaan Media dan Lama Aerasi Terhadap Degradasi Bahan Organik, Nitrit, Nitrat, dan Padatan Total Tersuspensi pada Pengolahan Limbah Cair Kantin dengan Sistem Biofilm Media Batu Apung. *Skripsi*. Universitas Negeri Malang. Malang.

- Lin E, dkk. 2006. *Evaluation Of Roughing Filtration For Pretreatment Of Stormwater Prior To Aquifer Storage and Recovery (ASR)*.
- Marsono, Bowo Djoko. *Pengolahan Limbah Cair Biologis*. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. ITS Surabaya.
- Metcalf and Eddy. 2003. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, Reuse, Revised by Geo Tchobanoglous*. Tata Mc Graw-Hil Publising Company LTD. New Delhi.
- Nurullita, 2010. *Manipulasi Waktu Tinggal dan Tebal Media Filter Tempurung Kelapa Terhadap Penurunan BOD dan TSS*. *Skripsi*. FKM UNIMUS. Semarang.
- Purba, Intan Rosa Katarina. 2012. *Performa Reaktor Downflow Hanging Sponge Dalam Mengolah Air Limbah Domestik Jakarta*. *Skripsi*. FMIPA Universitas Indonesia. Jakarta
- Reynold. 1997. *Unit Operation and Design*. Mc Graw-Hill. New York. Amerika
- S, Aini. 2011. *Penurunan Senyawa Organik Dengan Proses Biofilter Aerob Pada "Grey Water" (Limbah Domestik)*. *Skripsi*. Universitas Pembangunan Nasional. Yogyakarta.
- Said, Nusa Idaman. 2005. *Pengolahan Air Limbah Tangga Skala Individual "Tangki Septik Filter Upflow"*. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Sitnjak. 2010. *Analisa Kinerja Horisontal Bio-Ball Filter Untuk Pengolahan "Grey Water" (Limbah Domestik)*. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Slamet, Agus dan Ali Masduqi, 2000, *Satuan Proses*, Institut Tekhnologi Surabaya. Surabaya
- SNI 6989.72, 2009. *Air dan Air Limbah – Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia*. Badan Standardisasi Nasional.
- Sudjana, 2005. *Metode Statistik*. Bandung. Tarsito
- Sugiharto. 2010. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Sugito, 2009. *Kinerja Biofilter Aerobik Untuk Pengolahan Grey Water*. *Skripsi*. Universitas PGRI Adi Buana. Surabaya.
- Yulastuti, Etik. 2011. *Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air*. *Skripsi*. Universitas Diponegoro. Semarang.

- Apriadi. 2008. Bakteri sebagai Bioremediator Dalam Penyisihan Bahan Organik. <http://www.repository.usu.ac.id>. 3 Maret 2013. (15:00)
- Batu Apung. <http://www.wikipedia.org>. 3 Maret 2013 (16:00)
- Darmayanti. 2011. Air Limbah. <http://jst.eng.unri.ac.id>. 6 Maret 2013 (17:40)
- Deria S. 2011. Analisis Deskriptif. <http://elearning-gunadarma.ac.id>. 21 Maret 2013 (18.00)
- Elisa. 2011. Lampiran Analisa PV. <http://www.its.ac.id>. 21 Maret 2013. (17:57)
- Findianti. 2013. Pengertian BOD, COD, dan TSS pada Air Limbah. <http://www.indonesian-publichealth.com>. 17 Juni 2013. (21:40)
- Herminto. 2007. Metode Penelitian. <http://www.eprints.undip.ac.id>. 28 Agustus 2013 (18:19)
- Masalah Pencemaran Air Di Wilayah Jakarta. <http://www.ejurnal.bppt.go.id>. 13 Maret 2013 (18:05)
- Primasari. 2011. Pemanfaatan Air Limbah. <http://www.eprints.upnjatim.ac.id>. 21 Maret 2013. (17:57)
- Tantya. 2000. Pemilihan Media Biofilter. <http://www.kelair.bppt.go.id>. 3 Maret 2013 (15:10)
- Sumada. 2011. Pengolahan Air Limbah Secara Biologi. <http://www.ejurnal.bppt.go.id>. 21 Maret 2013 (19:03)



LAMPIRAN



L1 Pemecahan dan pengayakan media



L2 Pencucian dan pembilasan dengan aquadest



L3 Penjemuran media



L 4 Aktivasi media pada suhu 200°C



L5 Pengukuran volume media terhadap reaktor



L6 Test kebocoran reaktor

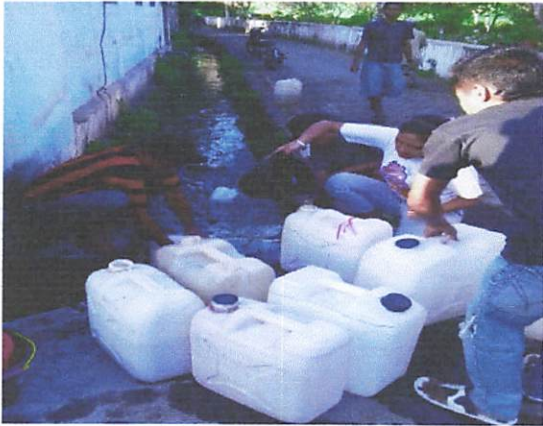




L7 Perekatan kembali kaca reaktor



L8 Running keseluruhan dengan penyesuaian debit



L9 Pengambilan sampel



L10 Pengoperasian reaktor

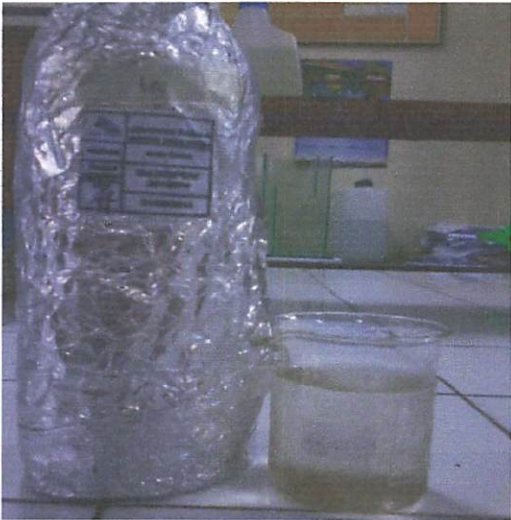


L11 Pemanasan KMnO_4



L12 Analisa PV (*Permanganat Value*)

L13 ANALISA TSS DAN BOD

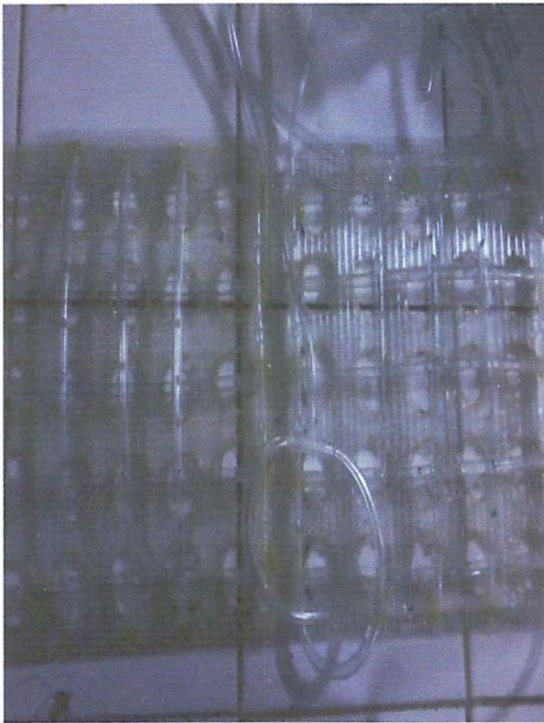




L14 Air pump aerator



L15 pH meter



L16 Baffel

L17 Perhitungan reaktor

Kriteria desain :

Diameter media	= 3 – 5 cm
Kedalaman media	= 0,9 – 6 m (<i>Metcalf & Eddy, 2003</i>)
Hydraulic loading	= 10 – 40 m ³ /m ² .day (<i>Bowo djoko, hal : 80</i>)
BOD loading	= 1 – 2 m ³ /m ² .day (<i>Bowo djoko, hal : 80</i>)
Waktu detensi	= 6 – 9 jam (<i>Pilot Project</i>)
Porositas	= 0,44 (<i>Dermawan.B, 1994 dalam agung (2008)</i>)
Kecepatan	= 0,3 – 1,5 m/jam (<i>E.Lin. D. Page, P.Dillon, S.Mc Clure, J.Houtson. 2006</i>)

θ_c (mean cell residence)= 3 – 5 hari (*Metcalf & Eddy, hal : 639*)

Direncanakan, tinggi media = 1 m

$$\begin{aligned}\text{Volume filter} &= (\text{Luas alas}) \times \text{tinggi} \\ &= 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,04 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume rongga} &= \text{volume filter} \times \text{porositas} \\ &= 0,04 \text{ m}^3 \times 0,44 = 0,0176 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= \text{Volume rongga} / \text{tinggi media} \\ &= 0,0176 \text{ m}^3 / 1 \text{ m} \\ &= 0,0176 \text{ m}\end{aligned}$$

$T_d = 2,5 \text{ jam}$

$$\begin{aligned}Q &= \text{volume filter} / t_d \\ &= 0,04 \text{ m}^3 / 2,5 \text{ jam} \\ &= 0,016 \text{ m}^3 / \text{jam} = 266,67 \text{ ml/mnt} \\ &= 0,38 \text{ m}^3 / \text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V &= Q / A \\ &= 0,016 \text{ m}^3 / \text{jam} / 0,0176 \text{ m} \\ &= 0,9 \text{ m/jam}\end{aligned}$$

Cek Hidrolik Loading

$$\begin{aligned}HL &= Q / A \\ &= 0,38 \text{ m}^3 / \text{hari} / 0,0176 \text{ m}^2 \\ &= 21,59 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hari} \text{ (kriteria } 10 - 40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day, Sesuai)}\end{aligned}$$

Cek Organik Loading

$$\text{Diasumsikan } S_o = 100 \text{ g/m}^3$$

$$\begin{aligned}OL &= Q \cdot S_o / V \\ &= 0,38 \text{ m}^3 / \text{hari} \cdot 100 \text{ g/m}^3 / 0,04 \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ g/kg} \\ &= 1 \text{ kg/ m}^3 \cdot \text{hr} \text{ (kriteria } 1 - 2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{day, Sesuai)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi total} &= \text{tinggi media} + \text{free board} + \text{tinggi saluran bawah} \\ &= 1 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 0,1 \text{ m} \\ &= 1,3 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\mathbf{H = 1,2 \text{ m}}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume filter} &= (\text{Luas alas}) \times \text{tinggi} \\ &= 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} = 0,048 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume rongga} &= \text{volume filter} \times \text{porositas} \\ &= 0,048 \text{ m}^3 \times 0,44 = 0,021 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= \text{Volume rongga} / \text{tinggi media} \\ &= 0,021 \text{ m}^3 / 1,2 \text{ m} \\ &= 0,0176 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\mathbf{Td = 2,5 \text{ jam}}$$

$$\begin{aligned}Q &= \text{volume filter} / td \\ &= 0,048 \text{ m}^3 / 2,5 \text{ jam} \\ &= 0,0192 \text{ m}^3 / \text{jam} = 320 \text{ ml/mnt} \\ &= 0,46 \text{ m}^3 / \text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V &= Q / A \\ &= 0,0192 \text{ m}^3 / \text{jam} / 0,0176 \text{ m}^2 \\ &= 1 \text{ m/jam}\end{aligned}$$

Cek Hidrolik Loading

$$\begin{aligned}HL &= Q / A \\ &= 0,46 \text{ m}^3 / \text{hari} / 0,0176 \text{ m}^2 \\ &= 26 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hari} \text{ (kriteria } 10 - 40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day, sesuai)}\end{aligned}$$

Cek Organik Loading

$$\text{Diasumsikan } S_o = 100 \text{ g/m}^3$$

$$\begin{aligned}OL &= Q \cdot S_o / V \\ &= 0,46 \text{ m}^3 / \text{hari} \cdot 100 \text{ g/m}^3 / 0,048 \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ g/kg} \\ &= 1 \text{ kg/ m}^3 \cdot \text{hr} \text{ (kriteria } 1 - 2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{day, Sesuai)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi total} &= \text{tinggi media} + \text{free board} + \text{tinggi saluran bawah} \\ &= 1,2 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 0,1 \text{ m} = 1,5 \text{ m}\end{aligned}$$





HASIL ANALISIS SAMPEL

A.n : Yuvita Dian Siswanti (NIM : 09.26.020)
Alamat : Teknik Lingkungan ITN Malang
Lokasi : Perumahan Sumber Sari RW I, Kecamatan Lowokwaru,
Kota Malang
Tanggal analisis sampel : 7 – 29 Mei 2013

1) Analisis Konsentrasi Awal Sampel

Parameter	Satuan	Nilai			
		1	2	3	r
pH		6.73	6.73	6.73	6.73
Suhu	°C	25.1	25.1	25.1	25.1
TSS	mg/l	232	246	243	237
BOD	mg/l	388	385	390	388

2) Analisis Bahan Organik

Reaktor A

Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	DO (mg/l)	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	8 - mei	25.5	7.72	4.56	18.15	0	0
2	9 - mei	25.5	7.69	6.12	20.76	-2.61	-14.38
3	10 - mei	25	7.51	6.23	26.31	-5.55	-26.73
4	11 - mei	25	7.41	6.11	24.29	2.02	7.68
5	12 - mei	24.8	7.55	6.4	33.96	-9.67	-39.81
6	13 - mei	24.8	7.45	6.21	52.35	-18.39	-54.15
7	14 - mei	24.8	7.47	6.52	73.52	-21.17	-40.44
8	15 - mei	23	7.66	6.76	54.42	19.1	25.98
9	16 - mei	24.8	7.63	6.48	60.27	-5.85	-10.75
10	17 - mei	25.1	7.61	6.43	66.05	-5.78	-9.59
11	18 - mei	25.1	7.43	6.37	50.85	15.2	23.01
12	19 - mei	25	7.77	6.7	56.2	-5.35	-10.52
13	20 - mei	25.8	7.75	6.24	42.63	13.57	24.15
14	21 - mei	25	7.48	6.24	37.26	5.37	12.60
15	22 - mei	25	7.66	5.67	39.2	-1.94	-5.21



LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Kampus 1 Jl. Bendungan Sigura-gura No.2
Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax (0341) 553015 Extension 187
Malang 65145



16	23 - mei	24.8	7.74	6.44	57.04	-17.84	-45.51
17	24 - mei	24.8	7.84	6.15	43.17	13.87	24.32
18	25 - mei	25.1	7.81	6.13	39.13	4.04	9.36
19	26 - mei	25.1	7.44	6.21	36.6	2.53	6.47
20	27 - mei	25.4	7.44	6.7	34.31	2.29	6.26
21	28 - mei	25.4	7.5	6.23	31.8	2.51	7.32
22	29 - mei	25.4	7.6	6.21	29.23	2.57	8.08

Reaktor B

Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	DO (mg/l)	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	8 - mei	25.5	7.85	3.98	38.5	0	0.0
2	9 - mei	25.5	7.78	5.99	43.45	-4.95	-12.9
3	10 - mei	25.2	7.63	6.23	44.97	-1.52	-3.5
4	11 - mei	25.2	7.44	6.17	46.89	-1.92	-4.3
5	12 - mei	24.8	7.59	6.33	48.19	-1.3	-2.8
6	13 - mei	24.8	7.46	6.12	39.69	8.5	17.6
7	14 - mei	24.8	7.25	6.45	40.8	-1.11	-2.8
8	15 - mei	23.4	7.78	6.6	42.58	-1.78	-4.4
9	16 - mei	24.8	7.54	6.52	33.77	8.81	20.7
10	17 - mei	24.9	7.09	6.09	24.48	9.29	27.5
11	18 - mei	24.9	7.66	6.42	27.18	-2.7	-11.0
12	19 - mei	25	7.11	6.27	21.19	5.99	22.0
13	20 - mei	25.8	7.7	6.76	22.68	-1.49	-7.0
14	21 - mei	25	7.04	6.35	21.75	0.93	4.1
15	22 - mei	25	7.8	5.81	22.45	-0.7	-3.2
16	23 - mei	24.7	7.74	6.75	26.47	-4.02	-17.9
17	24 - mei	24.7	7.38	6.6	27.63	-1.16	-4.4
18	25 - mei	25	7.37	6.48	24.63	3	10.9
19	26 - mei	24.9	7.76	6.7	21.96	2.67	10.8
20	27 - mei	25.4	7.43	6.32	19.9	2.06	9.4
21	28 - mei	25.4	7.5	6.45	18.33	1.57	7.9
22	29 - mei	25.4	7.6	6.02	16.91	1.42	7.7



3) Analisis Konsentrasi Akhir BOD

Reaktor	Waktu	Konsentrasi awal (mg/l)	Konsentrasi akhir (mg/l)			Rata - rata (mg/l)	Persentase Penyisihan (%)
			1	2	3		
A	2.5	388	317	320	317	318	18
	6.5	388	251	248	250	249	35.8
	10.5	388	186	190	185	187	51.8
B	2.5	388	325	345	334	335	13.7
	6.5	388	278	278	279	278	28.4
	10.5	388	245	243	243	244	37.1

4) Analisis Konsentrasi Akhir TSS

Reaktor	Waktu	Konsentrasi awal (mg/l)	Konsentrasi akhir (mg/l)			Rata - rata (mg/l)	Persentase Penyisihan (%)
			1	2	3		
A	2.5	237	114	110	111	112	52.9
	6.5	237	80	73	76	76	67.8
	10.5	237	29	35	32	32	86.5
B	2.5	237	122	119	123	121	48.8
	6.5	237	94	98	97	96	59.4
	10.5	237	43	48	38	43	81.9

Hasil analisis ini hanya berlaku untuk konsumsi sampel pada saat itu. Pengambilan sampel dan proses analisis di laboratorium dilakukan sendiri oleh konsumen.

Asisten Laboratorium Pendamping

Mahasiswa

Prabhavati Aji Astira

NIM. 09.26.005

Yuvita Dian Siswanti

NIM. 09.26.020

Malang, 15 Juli 2013

Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan

Anis Artiyani, ST. MT

NIP. P.1030300384



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Yuvita Dian Siswanti

Nim : 09.26.020

Prodi : FTSP

Jurusan : Teknik Lingkungan

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	3-4-2013	Bab I o) cek redaksional o) latar belakang karya Revisi o) sumber pustaka diteliti	
2	8-4-2013	Bab I acc Lanjutan Bab II	
3	11-4-2013	Bab II o) cek redaksional o) jabarkan lagi sy manh point-point	



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Yuvita Dian Siswanti

Nim : 09.26.020

Prodi : FTSP

Jurusan : Teknik Lingkungan

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
4.	12-3-2013	Bab II - acc, lanjutkan Bab III	
5.	11-6-2013	Bab III - Inabah dengan Lanjutan kerja PV	
6.	17-6-2013	Bab IV - acc, lanjutkan Bab V	
7	19-6-2013	Bab V - sampai dg analisis deskriptif -ok! Lanjutkan Statistika	
8	24-6-2013	lanjutkan pembahasan	



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Yuvita Dian Siswanti

Nim : 09.26.020

Prodi : FTSP

Jurusan : Teknik Lingkungan

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
9	8-7-2013	Penyusunan o) Bob lebih detail ✓/ Variasi waktu dan ketinggian o) TSS detail ✓/ penyolokan Ftik	
10	9-7-2013	o) Tambah & ke himpulan Statistik dan persamaan vez. o) Lengkapi & ke himpulan	
11	10-7-2013	o) Perbaiki ke himpulan o) Lengkapi laporan	
12	11-7-2013	o) Perbaiki abstrak	
13	26-7-2013	Selesai laporan	



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Yuvita Dian Siswanti

Nim : 09.26.020

Prodi : FTSP

Jurusan : Teknik Lingkungan

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1.	19 - 6 - 2013	- Bandingkan perbedaan nilai p_v dari Keringgian media 1 m dan 1.2 m - uji statistik dua-tap - dua variabel untuk mengetahui nilai nya .	
2.	24 - 6 - 2013	- χ^2 / χ^2 random, Lagrange dan uji statistik dua-tap atau Turkey - χ^2 melihat lebih selanjut, analisis ANOVA 95 TSS, 95 BOD, Ketinggian media, & aspek operasional disidikan satu tabel - Lakukan analisis lebih lanjut !	
3.	26 - 6 - 2013	- Dinit's Test, utk melihat perbedaan χ^2 variasi dalam penyulhan BOD & TSS	
4.	28 - 6 - 2013	- Lihat lagi χ^2 / F test .	
5.	4 - 7 - 2013	- Uji statistik, ok - uji regresi ok - uji ANOVA ok lanjut parabola dan lain	
6.	11 - 7 - 2013	Perkuat hasil penelitian yg lain mengenai profilok & bandingkan dan hasil penelitian !	



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Yuvita Dian Siswanti

Nim : 09.26.020

Prodi : FTSP

Jurusan : Teknik Lingkungan

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
9.	16 - 7 - 2013	- redaksional - jurnal Ilmiah yg senda . - lihat lagi 4/ persamaan velt.	
10.	19 - 7 - 2013	- Perbaiki jurnal pd pemb. BOD . - Tambahkan jurnal pd TSS - Perbaiki daftar pustaka .	
11.	22 - 7 - 2013	- Perbaiki Abstrak . judul, dp . - cantumkan kepan dan siapa .	
12.	26 . 7 - 2013	- Abstrak & Sampul surum laporan scta lqkap .	
	30/07 '13	Siap semua hasil penulisan	

Melati kuntum tumbuh melata,
Sayang merebah di pohon cemara,
Assalamualaikum mulanya kata,
Saya sembah terbuka bicara.

Bismillahirrohmanirrohim...

senantiasa syukur serta puji dan syukurku pada-Mu Allah SWT, Tuhan semesta alam

yang mahaqadusku dengan bekal yang begitu teramat sempurna. Taburan cinta, kasih sayang, rahmat dan hidayah-Mu telah memberikan ku kekuatan, kesehatan, semangat pambang menyera dan memberkatiku dengan ilmu pengetahuan serta cinta yang pasti ada di setiap waktu. Hal lantunan sholawat berting salam pengugah hati dan jiwa, menjadi persembahan peruli kerenduan pada sang revolusioner Islam, pembangunan peradaban manusia yang beradab Habibana wanabiyana Muhammad SAW...

Pada akhirnya tugas akhir (skripsi) ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu (insyaAllah), bila meminjau pepatah lama "Tak ada gading yang tak retak" maka sangatlah pantas bila pepatah itu dibandingkan dengan karya ini. Karya ini merupakan wujud dari kegigihan-dalam pilihan untuk sebuah makna kesempurnaan dengan tanpa berharap melampaui kemaha sempurna sang maha sempurna.

Karya semestika karya kecil ini, milik cahaya hidup, yang senantiasa ada saat saya bangun tidur, selalu setia mendampingi, saat kulengah tak berdaya (Ayah dan ibu tercinta) yang selalu memanjatkan doa untuk putri tercinta dalam setiap sujudnya. Untuk ribuan tujuan yang harus dicapai, untuk jutaan impian yang akan dikejar, untuk





sebuah pengharapan, agar hidup jauh lebih bermakna, kalian lah ambisi ku dan kebahagiaan kalian lah tujuanku

Teruslah belajar, berusaha, dan berdoa untuk menggapainya.

Jatuh berdiri lagi. Kalah mencoba lagi. Gagal Bangkit lagi.

Sampai Allah SWT berkata "waktunya pulang"

Kini....sambutlah aku putrimu di depan pintu tempat dimana dulu aku mencium tanganmu dan terimalah keberhasilan berwujud gelar persembahanku sebagai bukti cinta dan tanda baktiku.



Untuk bebek kecil dan keluarga besar ku, terima kasih atas motivasi dan doanya selama ini. Terima kasih untuk rela berkorban mendengar tangis dan kesakuku.

Dan untuk mu sahabatku, keluargaku

(joys, emen, arin, artha, sigi, irul, tric, idham, hendi, adji, gck) terima kasih sudah membantu ku selama ini, sudah rela untuk bangun pagi-pagi nimba air di selokan, bergelut dengan emas yang kekuning-kuningan, sampai sore memecahin batu, sampai malam nemanin di laboratorium kita yang cukup menyeramkan. sungguh kebersamaan yang kita bangun selama ini telah banyak mengubah kehidupanku. Kemarahanmu telah menuntunku menuju

kedewasaan, senyummu telah membuka cakrawala dunia dan melepaskan belenggu-

belenggu ketakutanku, tetes air mata yang mengalir di pipimu telah mengajariku arti

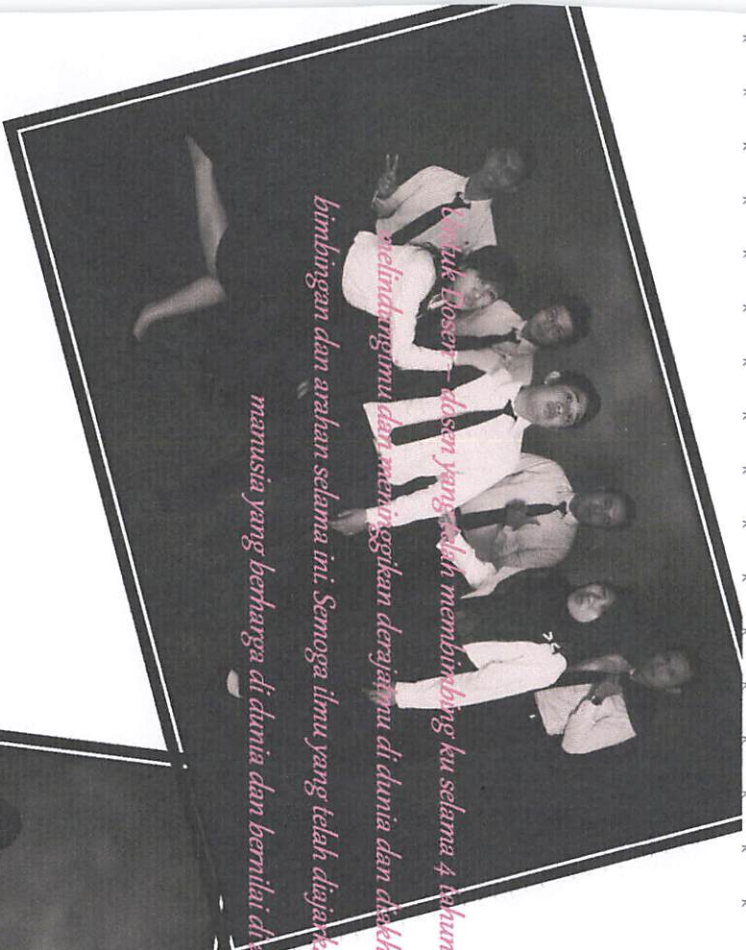
kepedulian yang sebenarnya, dan gelak tawamu telah membuatku bahagia. Sungguh aku

bahagia bersamamu, bahagia memiliki kenangan indah dalam setiap bait pada paragraf

kisah persahabatan kita. Bila Tuhan memberikanku umur panjang, akan aku bagi harta yang

tak ternilai ini (persahabatan) dengan anak dan cucuku kelak.





Wahai Eroses – dosen yang telah membimbing ku selama 4 tahun ini; semoga Allah selalu melindungi mu dan mengangkat derajatmu di dunia dan akhirat, terima kasih atas bimbingan dan arahan selama ini. Semoga ilmu yang telah diajarkan mengantunku menjadi manusia yang berharga di dunia dan bernilai di akhirat.

