

# **SKRIPSI**

**ANALISA KINERJA BIO - BALL FILTER DENGAN PENAMBAHAN  
KARBON AKTIF DALAM MENURUNKAN KADAR BOD DAN TSS  
UNTUK PENGOLAHAN "GREY WATER" (LIMBAH DOMESTIK)**



**Disusun Oleh :  
ANGGA PRATAMA  
(07.26.019)**

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



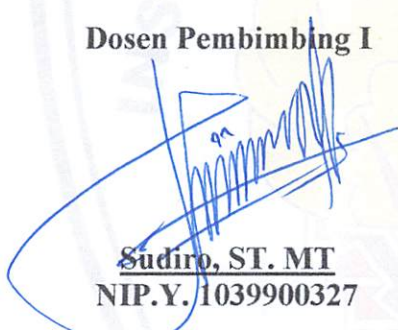
**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**ANALISA KINERJA BIO - BALL FILTER DENGAN PENAMBAHAN  
KARBON AKTIF DALAM MENURUNKAN KADAR BOD DAN TSS  
UNTUK PENGOLAHAN "GREY WATER" (LIMBAH DOMESTIK)**

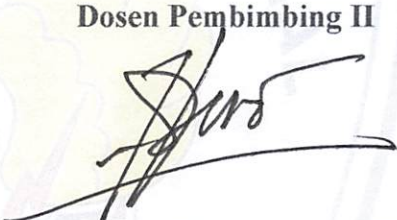
**Disusun Oleh :  
ANGGA PRATAMA  
(07.26.019)**

**Menyetujui :**



**Dosen Pembimbing I**

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

**Dosen Pembimbing II**

  
**Dr. Ir Hery Setyobudiarso. Msi**  
**NIP. 196106201991031002**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Lingkungan**

  
  
**Candra Dwiratna W, 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 : ANGA PRATAMA  
NIM : 07.26.019  
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN  
JUDUL : ANALISA KINERJA BIO - BALL FILTER DENGAN  
PENAMBAHAN KARBON AKTIF DALAM MENURUNKAN  
KADAR BOD DAN TSS UNTUK PENGOLAHAN "GREY  
WATER" (LIMBAH DOMESTIK).

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

Pada Hari : JUM'AT

Tanggal : 23 AGUSTUS 2013

Dengan Nilai : 72,77 ( B<sup>+</sup> )

**PANITIA UJIAN SKRIPSI**

**Ketua**

**Candra Dwiratna W, 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



---

Pratama, Angga., Sudiro., Setyobudiarso, Hery. 2013. **Analisa Kinerja Bio - Ball Filter Dengan Penambahan Karbon Aktif Dalam Menurunkan Kadar BOD Dan TSS Untuk Pengolahan “Grey Water” (Limbah Domestik)**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

---

### ABSTRAKSI

Limbah cair domestik (rumah tangga) adalah 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. Membuang limbah cair domestik ke saluran drainase dan/atau badan air tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan penurunan kualitas air yang cukup berarti. Maka dilakukan penelitian pengolahan limbah domestik dengan menggunakan biofilter media bioball dengan penambahan karbon aktif agar dapat dijadikan teknologi alternatif yang efisien, ekonomis dan aplikatif dalam pengolahan air bersih. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas, ketinggian variasi media, dan waktu operasional reaktor biofilter dalam menurunkan BOD dan TSS pada limbah domestik. Penelitian ini menggunakan reaktor biofilter aliran kontinu dengan media bio ball dengan ketinggian 35 cm dan karbon aktif dengan ketinggian 30 cm pada reaktor I, sedangkan media bio ball dengan ketinggian 45 cm dan karbon aktif dengan ketinggian 40 cm pada reaktor II. Variasi waktu operasional yang digunakan adalah 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam dan 8 jam. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa reaktor bioball filter dengan penambahan karbon aktif mampu menurunkan konsentrasi BOD dan TSS hingga sesuai dengan baku mutu yang ada. Keefektifitasan reaktor ini untuk parameter BOD dan TSS terjadi menggunakan perbandingan media karbon aktif 40 cm dan bioball 45 cm dengan waktu operasional 8 jam. Konsentrasi BOD dapat diturunkan hingga 57 % dari konsentrasi 116 mg/l menjadi 49 mg/l. Sedangkan konsentrasi TSS dapat diturunkan hingga 72 % dari konsentrasi 110 mg/l menjadi 31 mg/l. Semakin tinggi ketinggian media dan lama waktu operasional, maka persentase penurunan BOD dan TSS semakin meningkat.

---

**Kata Kunci** : *Bio-ball filter, biofilm, BOD, TSS, Grey water.*

---

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisa Kinerja Bio - Ball Filter Dengan Penambahan Karbon Aktif Dalam Menurunkan Kadar BOD dan TSS Untuk Pengolahan “Grey Water” (Limbah Domestik)”**.

Skripsi ini disusun setelah melalui penelitian, analisa data dan pembahasan dari data yang diperoleh dari penelitian. terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas atas keikutsertaan pihak-pihak yang dengan ikhlas membantu berupa dorongan dan bimbingan dari semua pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis banyak mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Pudji Harto, (Almarhumah) Ibu Ninik Rudihartini, Adik Canda Hertadi, dan seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan moril, materil, dan kucuran do'a yang tak terbatas, untuk Ibu tercinta semoga amal ibadah diterima dan mendapat tempat terbaik di sisi-Nya.
2. Ibu Evy Hendriarianti ,ST. MMT, selaku dosen wali Teknik Lingkungan angkatan 2007 sekaligus dosen penguji I yang telah memberikan saran dan kritik demi kesempurnaan laporan ini.
3. Ibu Candra Dwiratna W,ST. MT. Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
4. Ibu Anis Artiyani ,ST. MT, selaku kepala laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang, terima kasih izin penelitiannya sekaligus dosen penguji II yang telah memberikan saran dan kritik demi kesempurnaan laporan ini.
5. Bapak Sudiro ,ST. MT, selaku dosen pembimbing I, terima kasih atas bimbingan, saran dan ilmu yang telah diberikan.
6. Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, Msi., selaku dosen pembimbing II, terima kasih atas bimbingan, saran dan ilmu yang telah diberikan.

7. Teman - teman seperjuangan Teknik Lingkungan angkatan 2007 atas dukungan dan semangat yang selalu diberikan.
8. Seluruh Civitas Teknik Lingkungan yang tidak dapat disebutkan satu - persatu, terima kasih atas bantuan serta doanya.
9. Serta pihak lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, yang telah membantu saya dalam pelaksanaan dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam pembuatan laporan skripsi ini banyak terdapat kekurangan dan adanya keterbatasan kemampuan serta pengetahuan dalam menyusun laporan ini. Besar harapan saya akan saran dan kritik yang membangun dari pembaca. Demikian laporan ini disusun, semoga dapat membawa manfaat bagi pembacanya kelak.

Malang, September 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

### LEMBAR PERSETUJUAN

### BERITA ACARA

### ABSTRAKSI

### KATA PENGANTAR

i

### DAFTAR ISI

iii

### DAFTAR GAMBAR

vi

### DAFTAR TABEL

vii

### BAB I PENDAHULUAN

1

#### 1.1 Latar Belakang

1

#### 1.2 Rumusan Masalah

3

#### 1.3 Tujuan Penelitian

3

#### 1.4 Manfaat Penelitian

3

#### 1.5 Ruang Lingkup

4

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Air Limbah Domestik

5

#### 2.2 Karakteristik Air Buangan Domestik

5

#### 2.3 Jenis Pengolahan Air Limbah

7

#### 2.4 Pengolahan Biologis

8

#### 2.5 Mekanisme Kerja Biofilter

11

#### 2.6 Media Biofilter

14

#### 2.7 Karbon Aktif

17

#### 2.8 *Biological Oksigen Demand (BOD)*

19

#### 2.9 *Total Suspended Solid (TSS)*

19

#### 2.10 Metode Pengolahan Data

20

##### 2.10.1 Statistik Deskriptif dan Inferensi

20

##### 2.10.2 Analisis Korelasi

21

##### 2.10.3 Analisis Regresi

22

##### 2.10.4 Pengantar desain eksperimen

22

2.10.4.1 Langkah-langkah dalam desain eksperimen	23
2.10.4.2 <i>Analysis of variance</i> (ANOVA)	23

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Jenis Penelitian	24
3.2 Lokasi Penelitian	24
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	24
3.4 Variabel Penelitian	25
3.5 Pelaksanaan Penelitian	26
3.6 Analisis Parameter Uji	31
3.7 Analisis Data	32
3.8 Kerangka Penelitian	33

### **BAB IV DATA ANALISA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Karakteristik Limbah Cair Perumahan Pondok Harapan Indah Kota Malang	34
4.2 Penyisihan Bahan Organik Pada Tahap Aklimatisasi	35
4.3 Konsentrasi BOD dan TSS Setelah Proses pengolahan	39
4.4 Analisis Deskriptif	40
4.4.1 Analisis Deskriptif Penurunan <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	40
4.4.2 Analisis Deskriptif Penurunan <i>Total suspended solid</i> (TSS)	42
4.5 Analisis Korelasi	43
4.5.1 Analisis Korelasi Penurunan <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	43
4.5.2 Analisis Korelasi Penurunan <i>Total suspended solid</i> (TSS)	45
4.6 Analisis Regresi	46
4.6.1 Analisis Regresi Penurunan <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	47
4.6.2 Analisis Regresi Penurunan <i>Total suspended solid</i> (TSS)	49
4.7 Analisis Varian (ANOVA) Two-way	51
4.7.1 Analisis ANOVA Penurunan <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	51
4.7.2 Analisis ANOVA Penurunan <i>Total suspended solid</i> (TSS)	54



4.8	Pembahasan	57
4.8.1	Penurunan Konsentrasi <i>Biological Oksigen Demand</i> (BOD)	57
4.8.2	Penurunan Konsentrasi <i>Total suspended solid</i> (TSS)	60

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran	64

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Proses metabolisme di dalam sistem biofilm	13
Gambar 2.2 Media bioball	17
Gambar 2.3 Skema Zat Padat	20
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian	33
Gambar 4.1 Persen (%) penyisihan bahan organik pada reaktor I saat aklimatisasi	36
Gambar 4.2 Persen (%) penyisihan bahan organik pada reaktor II saat aklimatisasi	38
Gambar 4.3 Persentase penurunan konsentrasi BOD	41
Gambar 4.4 Persentase penurunan konsentrasi TSS	42

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Domestik atau Perkotaan	5
Tabel 2.2 Karakteristik Fisik Limbah Domestik	7
Tabel 2.3 Karakteristik operasional proses pengolahan air limbah dengan proses biologis.	9
Tabel 2.4 Perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter	16
Tabel 2.5 Spesifikasi pada media bioball	17
Tabel 2.5 Spesifikasi pada media bioball	17
Tabel 4.1 Karakteristik Air Limbah Domestik Perumahan Pondok Harapan Indah Kota Malang	34
Tabel 4.2 Penyisihan Bahan Organik pada Reaktor I	35
Tabel 4.3 Penyisihan Bahan Organik pada Reaktor II	37
Tabel 4.4 Konsentrasi dan persentase BOD Setelah Proses pengolahan	39
Tabel 4.5 Konsentrasi dan persentase TSS Setelah Proses pengolahan	40
Tabel 4.6 Hasil uji korelasi antara ketinggian media, waktu operasional (jam) terhadap persentase (%) penyisihan BOD	44
Tabel 4.7 Hasil uji korelasi antara ketinggian media, waktu operasional (jam) terhadap persentase (%) penyisihan TSS	45
Tabel 4.8 Hasil uji regresi antara ketinggian media, waktu operasional (jam) terhadap persentase (%) penyisihan BOD	47
Tabel 4.9 Hasil uji regresi antara ketinggian media, waktu operasional (jam) terhadap persentase (%) penyisihan TSS	49
Tabel 4.10 Hasil uji ANOVA antara ketinggian media, waktu operasional (jam) terhadap persentase (%) penyisihan BOD	52
Tabel 4.11 Dunnet's Test Penyisihan BOD	53
Tabel 4.12 Hasil uji ANOVA antara ketinggian media, waktu operasional (jam) terhadap persentase (%) penyisihan TSS	54
Tabel 4.13 Dunnet's Test Penyisihan TSS	56

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Saat ini air permukaan seperti danau, laut atau sungai banyak mengalami penurunan kualitas, sungai di Kota Malang mulai mendapat perhatian dari berbagai pihak dan pemerintah Kota Malang. Hal ini merupakan suatu usaha dari pemerintah itu sendiri, untuk memperbaiki kualitas air permukaan yang semakin lama semakin menurun. Berdasarkan data Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Malang, tingkat pencemaran air yang paling tinggi terjadi akibat limbah domestik rumah tangga. Salah satu yang mencolok adalah kandungan deterjen terlarut di dalam air sungai. Menurut Kepala Bidang Pengawasan dan Pengendalian Lingkungan BLH Kota Malang Wasana Putri, saat ini air sungai di wilayah Kota Malang masuk golongan kelas tiga. Berdasarkan pemantauan pada tahun 2010, pencemaran tertinggi yang ditemukan di dalam air sungai adalah deterjen. Seharusnya, kandungan deterjen di dalam air sungai maksimal 16 mg/liter. Namun, di wilayah Kota Malang sudah mencapai 200 mg/liter. Sementara untuk residu atau bahan-bahan yang memicu tingkat kekeruhan air sungai sudah mencapai 400 mg/ liter. Seharusnya, batas maksimal hanya 21 mg/liter ([www.ampl.or.id/di post tanggal 14 Maret 2012](http://www.ampl.or.id/di%20post%20tanggal%2014%20Maret%202012)).

Salah satu sumber pencemaran air permukaan adalah *greywater*. *Greywater* yaitu limbah cair hasil aktivitas dapur, pencucian pakaian, kamar mandi (selain tinja), dan lain sebagainya, yang berasal dari rumah, sekolah, maupun perkantoran adalah salah satu pencemar pada *greywater* tidak begitu tinggi, namun apabila masuk ke dalam air dan terakumulasi dapat menyebabkan penurunan kualitas air yang cukup berarti. Pada pengelolaan air limbah secara individu, *greywater* belum menjadi perhatian utama. *Greywater* secara konvensional masuk ke dalam saluran drainase atau langsung masuk ke badan air seperti sungai. Pola pembuangan tersebut menyebabkan kondisi sanitasi yang



tidak sehat dan menambah beban pencemaran di badan air. Ditambah dengan kurangnya kesadaran masyarakat untuk memelihara lingkungan, seperti membuang sampah ke dalam saluran drainase atau sungai yang juga menyebabkan menurunnya kualitas air. Mengantisipasi semakin tingginya tingkat pencemaran air bawah tanah dan sungai, Beberapa langkah mengatasinya adalah dengan mengembangkan Instalasi Pengolahan Air limbah (IPAL) domestik dengan sistem kluster yang dibangun dalam satu wilayah perkampungan. Limbah rumah tangga yang bersifat cair, harus masuk dalam pengolahan komunal (<http://pusdaling.jatimprov.go.id/di> post tanggal 14 Juni 2011).

Melihat permasalahan yang ada perlu dilakukan upaya untuk mengolah limbah *greywater*. Dimana nantinya *greywater* yang telah diolah sesuai dengan KEPMEN LH No.112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Upaya yang dilakukan agar lebih cepat dengan menggunakan rekayasa teknologi untuk mengolah limbah *greywater*. Dalam penelitian ini, konsep pengolahan yang digunakan adalah biofilter.

Biofilter merupakan suatu istilah dari reaktor yang dikembangkan dengan prinsip mikroba tumbuh dan berkembang menempel pada suatu media filter dan membentuk biofilm (*attached growth*) (Ali Masduqi dan Agus Slamet, 2000). Media adalah bagian yang terpenting dari biofilter, oleh karena itu pemilihan media harus dilakukan dengan seksama disesuaikan dengan kondisi proses serta jenis air limbah yang akan diolah. Pada penelitian ini akan digunakan media pada biofilter yakni bioball dengan penambahan karbon aktif. Dimana bioball mempunyai efisiensi luas permukaan media secara teoritis untuk pertumbuhan mikroorganisme ( $200-240 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ) (Nusa Idaman Said dan Ruliasih, 2005). Penelitian terdahulu oleh (Sintjak, 2010), bioball terbukti efektif sebagai media pada biofilter. Dengan ketinggian 75 cm dapat menurunkan BOD sebesar 76,02%, tapi hasil pada konsentrasi akhir setelah proses belum memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan dikarenakan konsentrasi awal limbah yang tinggi yaitu sebesar 428 mg/l. Dari hasil penelitian sebelumnya menjadikan latar belakang untuk mencoba menggunakan penambahan media karbon aktif sebagai proses adsorpsi setelah pengolahan biologi pada reaktor biofilter. Karbon aktif terbukti





efektif sebagai media adsorpsi karena mempunyai bentuk amorf dengan luas permukaan yang besar (500-1400 m<sup>2</sup>/g) (Layman, 1999 dalam Ade, 2011). Penambahan media karbon aktif diharapkan dapat meningkatkan efisiensi kinerja biofilter, dimana fungsinya tidak hanya sebagai penyangga media utama, tetapi dapat menyerap kandungan pencemar pada limbah domestik dengan parameter uji yaitu BOD dan TSS.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Seberapa efektif penggunaan media bioball pada reaktor biofilter dengan penambahan karbon aktif dalam menurunkan kadar BOD dan TSS pada limbah domestik ?
2. Bagaimana pengaruh variasi ketinggian media dan waktu operasional dalam menurunkan kadar BOD dan TSS dengan menggunakan reaktor biofilter dengan media bioball dan karbon aktif.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui efektifitas reaktor biofilter dengan media bioball dan karbon aktif dalam menurunkan BOD dan TSS pada limbah domestik.
2. Untuk mengetahui perbedaan penurunan kadar BOD dan TSS dengan variasi ketinggian media dan waktu operasional menggunakan reaktor biofilter dengan media bioball dan karbon aktif.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian pengolahan air bersih dengan menggunakan biofilter ini adalah dapat dijadikan teknologi alternatif yang efisien, ekonomis dan aplikatif dalam pengolahan air bersih.

## 1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian adalah :

1. Sampel limbah yang digunakan berasal dari limbah cair domestik Perumahan Pondok Harapan Indah di Kota Malang yang berasal dari buangan dapur, pencucian pakaian, kamar mandi (selain tinja) (*grey water*).
2. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
3. Memakai media bioball dan karbon aktif pada reaktor biofilter.
4. Parameter yang dianalisis adalah BOD dan TSS.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Air Limbah Domestik

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama (KEPMEN LH No.112, 2003)

#### 2.2 Karakteristik Air Buangan Domestik

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

Limbah cair domestik (rumah tangga) Air yang telah dipergunakan yang berasal dari rumah tangga atau permukiman termasuk didalamnya air buangan yang berasal dari WC, kamar mandi, tempat cuci, dan tempat memasak (Sugiharto 1987).

**Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Domestik atau Perkotaan.**

No.	Parameter	Minimum (mg/l)	Maksimum (mg/l)	Rata-rata (mg/l)
1	BOD	31.52	675.33	353.43
2	COD	46.62	1183.4	615.01
3	Angka permanganat (KMnO <sub>4</sub> )	69.84	739.56	404.7
4	Amoniak (NH <sub>3</sub> )	10.79	158.73	84.76
5	Nitrit (NO <sub>2</sub> )	0.013	0.274	0.145
6	Nitrat (NO <sub>3</sub> )	2.25	8.91	5.58
7	Khlorida (Cl)	29.74	103.73	66.73
8	Sulfat (So <sub>4</sub> )	81.3	120.6	100.96
9	PH	4.92	8.99	6.96
10	Zat padat tersuspensi (SS)	27.5	211	119.25
11	Deterjen (MBAS)	1.66	9.79	5.725



12	Minyak lemak	1	125	63
13	Cadmium (Cd)	-	0.016	0.008
14	Timbal (Pb)	0.002	0.04	0.021
15	Tembaga (Cu)	-	0.49	0.245
16	Besi (Fe)	0.19	70	35.1
17	Warna	31	150	76
18	Phenol	0.04	0.63	0.335

*Sumber : Pusat Pengkajian Dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT, 2005*

Air buangan perkotaan mengandung lebih dari 99,9 % cairan dan 0,1 % padatan. Zat-zat yang terdapat didalam 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) .Karateristik Kimiawi

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

b). Karateristik Biologis

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

c) .Karateristik Fisik

Karateristik 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. Selain itu, kekeruhan juga diakibatkan oleh lumpur, tanah liat, zat koloid dan benda-benda terapung tidak segera mengendap. Penguraian bahan-bahan organik juga menimbulkan terbentuknya warna. Parameter ini dapat menunjukkan kekuatan pencemar. Komponen penyusun bahan-bahan organik seperti protein, lemak, minyak dan sabun cenderung mempunyai sifat yang tidak tetap dan mudah menjadi busuk. Keadaan ini menyebabkan air buangan domestik menjadi berbau. Tabel 2.2 menunjukkan pengaruh dan penyebab air buangan domestik dari karateristik fisik.

**Tabel 2.2 Karakteristik Fisik Limbah Domestik**

<b>Sifat-sifat</b>	<b>Penyebab</b>	<b>Pengaruh</b>
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 voliatile, gas terlarut, berasal dari pembusukan bahan organik, minyak terutama dari mikroorganisme	Petunjuk adanya pembusukan 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, 1987

### 2.3 Jenis Pengolahan Air Limbah

Pengolahan berdasarkan unit proses dan unit operasinya (Metcalf and Eddy, 1991) dapat dibedakan menjadi tiga jenis :

#### 1. Pengolahan secara fisik

Merupakan proses pengolahan melakukan *removal* bahan pengotor secara fisik. Yang termasuk proses pengolahan secara fisik adalah

*screening*, sedimentasi, filtrasi, adsorpsi (penyerapan fisik), dan floatasi.

## 2. Pengolahan secara kimiawi

Merupakan proses pengolahan dengan menggunakan *removal* atau konversi kontaminan yang menggunakan bahan kimia dalam air buangan. Yang termasuk proses pengolahan secara kimiawi adalah netralisasi, koagulasi-flokulasi, dan pertukaran ion.

## 3. Pengolahan secara biologis

Merupakan proses pengolahan dengan menggunakan *removal* kontaminan dalam air buangan melalui aktifitas biologis, yang berfungsi untuk menghilangkan bahan organik yang ada dalam air buangan tersebut.

### **2.4 Pengolahan Biologis**

Pengolahan air limbah domestik terpadu adalah sistem pengolahan air limbah yang dilakukan secara bersama-sama (kolektif) sebelum dibuang ke air permukaan (KEPMEN LH No.112, 2003).

Tujuan utama sistem pengolahan air limbah adalah untuk menghilangkan bahan senyawa organik maupun senyawa organik. Di dalam metode pengolahannya umumnya dilakukan dengan cara pengolahan secara kimia untuk penghilangan bahan pencemar organik biasanya dilakukan dengan proses biologis atau biokimia.

Pengolahan air limbah secara biologis secara garis besar dapat di bagi menjadi tiga yakni proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), proses biologis dengan biakan melekat (*attached culture*) dan proses pengolahan dengan sistem lagoon atau kolam.

Proses biologis dengan biakan secara tersuspensi adalah sistem pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraiikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikroorganisme yang digunakan dibiakan secara tersuspensi di dalam suatu reaktor. Beberapa contoh proses

pengolahan dengan sistem ini antara lain : proses lumpur aktif standar/konvensional (*standard activated sludge*), *step aeration*, *contact stabilization*, *extended aeration*, *oxidation ditch* (kolam oksidasi sistem parit) dan lainnya.

**Tabel 2.3 Karakteristik operasional proses pengolahan air limbah dengan proses biologis.**

Jenis proses		Efisiensi penghilangan BOD (%)	Keterangan
Proses biomassa tersuspensi	<i>Lumpur aktif standar</i>	85 - 95	-
	<i>Step aeration</i>	85 - 95	Digunakan untuk beban pengolahan yang cukup besar
	<i>Modified aeration</i>	60 - 75	Untuk pengolahan dengan kualitas sedang
	<i>Contact Stabilization</i>	80 - 90	Digunakan untuk pengolahan paket. Untuk kereduksi akses lumpur
	<i>High rate aeration</i>	75 - 90	Untuk pengolahan paket. Bak aerasi dan bak pengendap akhir merupakan satu paket. Memerlukan area yang kecil.
	<i>Pure oxygen proses</i>	85 - 95	Untuk pengolahan air limbah yang sulit diuraikan secara biologis. Luas area yang dibutuhkan kecil.
	<i>Oxidation ditch</i>	75 - 95	Konstruksinya mudah. tetapi memerlukan area yang luas.
Proses biomassa melekat	<i>Trickling filter</i>	80 - 95	Sering timbulkan alat dan bau. Proses operasinya mudah.
	<i>Rotating biological contactor</i>	80 - 95	Konsumsi energi rendah. Produksi lumpur kecil. Tidak memerlukan proses aerasi
	<i>Contact aeration proses</i>	80 - 95	Memungkinkan untuk penghilangan nitrogen dan phosphor.
	<i>Biofilter anerobic</i>	65 - 85	Memerlukan waktu tinggal yang lama. Lumpur yang terjadi kecil
Lagoon	<i>Kolam stabilisasi</i>	60 - 80	Memerlukan waktu tinggal yang cukup lama, dan area yang dibutuhkan sangat luas.

Sumber : Pusat Pengkajian Dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT , 2005

Berdasarkan pertumbuhan mikroorganisme yang berperan dalam penguraian substrat, bioreaktor dapat dikelompokkan menjadi dua yakni reaktor pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth reactor*) dan reaktor dengan biakan melekat (*attached growth reactor*). Di dalam reaktor biologis dengan biakan tersuspensi mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi dalam fasa cair, sedangkan pada reaktor dengan biakan melekat, mikroorganisme tumbuh dan berkembang di atas suatu media pendukung dengan membentuk lapisan biofilm. Bioreaktor dengan biakan melekat atau biofilter adalah reaktor yang dilengkapi dengan media (support) sebagai tempat pertumbuhan mikroorganisme, yang merupakan reaktor pertumbuhan melekat (*attached growth reactor*). Media penyangga dapat berupa kerikil, pasir, plastik dan partikel karbon aktif, yang di dalam operasinya dapat terendam sebagian atau seluruhnya, atau hanya dilewati air saja. Struktur reaktor biofilter menyerupai saringan (filter) yang terdiri dari susunan atau tumpukan dan granular yang disusun secara teratur maupun acak di dalam reaktor. Fungsi media adalah sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme yang terlibat langsung dalam pengolahan air limbah. Mikroorganisme ini akan melapisi permukaan media membentuk lapisan massa yang tipis yang disebut biofilm. Beberapa keuntungan dari jenis reaktor ini antara lain :

a. Pengoperasiannya mudah.

Di dalam proses pengolahan air dengan sistem biofilm, tanpa dilakukan sirkulasi lumpur dan tidak terjadi masalah “*bulking*” seperti pada proses dengan biakan tersuspensi misalnya pada sistem lumpur aktif. Oleh karena itu pengelolaaanya sangat mudah.

b. Lumpur yang dihasilkan sedikit.

Dibandingkan dengan proses lumpur aktif, lumpur yang dihasilkan pada proses biofilm relatif lebih kecil. Di dalam proses lumpur aktif antara 30 – 60 % dari BOD yang dihilangkan (*removal BOD*) diubah menjadi lumpur aktif (biomasa), sedangkan pada proses biofilm hanya sekitar 10-30 %. Hal ini disebabkan karena pada proses biofilm rantai



makanan lebih panjang dan melibatkan aktifitas mikroorganisme dengan orde yang lebih tinggi dibandingkan pada proses lumpur aktif.

- c. Dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi.

Oleh karena di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilm mikroorganisme atau mikroba melekat pada permukaan medium penyangga maka pengontrolan terhadap mikroorganisme atau mikroba lebih mudah. Proses biofilm tersebut cocok digunakan untuk mengolah air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi.

- d. Tahan terhadap fluktuasi jumlah air limbah maupun fluktuasi konsentrasi.

Di dalam proses biofilter mikro-organisme melekat pada permukaan unggun media, akibatnya konsentrasi biomasa mikroorganisme per satuan volume relatif besar sehingga relatif tahan terhadap fluktuasi beban organik maupun fluktuasi beban hidrolis.

- e. Pengaruh penurunan suhu terhadap efisiensi pengolahan kecil.

Jika suhu air limbah turun maka aktifitas mikroorganisme juga berkurang, tetapi oleh karena di dalam proses biofilm substrat maupun enzim dapat terdifusi sampai ke bagian dalam lapisan biofilm dan juga lapisan biofilm bertambah tebal maka pengaruh penurunan suhu (suhu rendah) tidak begitu besar (*Nusa Idaman Said dan Ruliasih, 2005*).

## 2.5 Mekanisme kerja biofilter

Di dalam reaktor biofilter, mikroorganisme tumbuh melapisi keseluruhan permukaan media. Pada saat operasi, air yang mengandung senyawa polutan mengalir melalui celah media dan kontak langsung dengan lapisan massa mikroba (biofilm). Biofilm yang terbentuk pada lapisan atas media dinamakan *zooglyphic film*, yang terdiri dari bakteri, fungi, alga, protozoa. Metcalf dan Edy (2003) mengatakan bahwa sel bakterilah yang paling berperan dan banyak dipakai secara luas di dalam proses pengolahan air buangan, Proses yang terjadi pada

pembentukan biofilm pada pengolahan air limbah sama dengan yang terjadi di lingkungan alami. Mikroorganisme yang ada pada biofilm akan mendegradasi senyawa organik yang ada di dalam air. Lapisan biofilm yang semakin tebal akan mengakibatkan berkurangnya difusi oksigen ke lapisan biofilm yang dibawahnya. Menurut Lim dan Grady (1980) Mekanisme yang terjadi pada reaktor biofilter tercelup adalah :

- Transportasi dan adsorpsi zat organik dan nutrien dari fasa liquid ke fasa biofilm
- Transportasi mikroorganisme dari fasa liquid ke fasa biofilm
- Adsorpsi mikroorganisme yang terjadi ke dalam lapisan biofilm
- Reaksi metabolisme mikroorganisme yang terjadi dalam lapisan biofilm, memungkinkan terjadinya mekanisme pertumbuhan, pemeliharaan, kematian dan *lysis* sel.
- Pelekatan mikroba pada permukaan media pada saat lapisan biofilm mulai terbentuk dan terakumulasi pada lapisan biofilm.
- Mekanisme pelepasan (*detachment biofilm*) dan produk lainnya (*by product*).

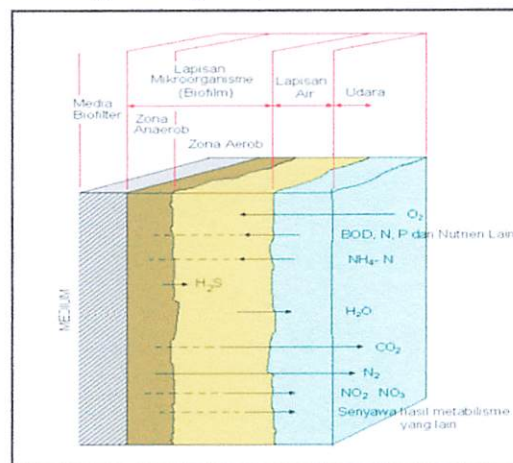
- **Lapisan *Biofilm* atau *Schmutzdecke***

Kata *Schmutzdecke* berasal dari bahasa Jerman yaitu berarti "Lapisan kotor". Lapisan *film* yang lengket ini, yang mana berwarna merah kecoklatan, terdiri dari bahan organik yang terdekomposisi, besi, mangan dan silika dan oleh karena itu bertindak sebagai suatu saringan yang baik yang berperan untuk meremoval partikel-partikel koloid dalam air baku. *Schmutzdecke* juga merupakan suatu *zone* dasar untuk aktivitas biologi, yang dapat mendegradasi beberapa bahan organik yang dapat larut pada air baku, yang mana bermanfaat untuk mengurangi rasa, bau dan warna. Biasanya istilah *Schmutzdecke* digunakan untuk menandakan zona aktivitas biologi yang umumnya terjadi di dalam *bed* pasir. Dalam kaitannya dengan fungsi ganda yang meliputi penyaringan mekanis, kedalaman *Schmutzdecke* bisa dikatakan dapat menghubungkan kepada zona penetrasi dari partikel-partikel padatan dimana ukurannya antara 0,5-2 cm dari *bed*. Pada

cakupan kedalaman ini, *Schmutzdecke* menggabungkannya dengan lapisan biologi yang lebih dalam dan partikel-partikel bebas yang mengalir ke dalam zona ini setelah melintasi lapisan *Schmutzdecke* tersebut. Zona yang lebih dalam ini bukan merupakan sebuah zona penyaringan mekanis tetapi lebih merupakan suatu lanjutan area perlakuan secara biologis.

*Schmutzdecke* perlu didiamkan tanpa adanya gangguan. Hal ini dilakukan sehingga populasi biologi yang ada di puncak tidaklah diganggu atau ditekan, yang mana tidak membiarkan lapisan *film* yang penuh untuk dihancurkan, yang akan mengurangi efek ketegangan pada *film* tersebut sedangkan partikel padatan akan terdorong lebih lanjut ke dalam media. (Yung & Kathleen, 2003).

Mekanisme proses metabolisme di dalam sistem biofilm secara aerobik secara sederhana dapat diterangkan seperti gambar di bawah ini :



Gambar 2.1 Mekanisme Proses metabolisme di dalam sistem biofilm. (Arvin dan Harremoos, 1990)

Gambar tersebut menunjukkan suatu sistem biofilm yang terdiri dari medium penyangga, lapisan biofilm yang melekat pada medium, lapisan alir limbah dan lapisan udara yang teletak di luar. Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah misalnya senyawa organik (BOD dan COD), amonia, fospor dan lainnya akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam air limbah senyawa polutan tersebut diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan

akan diubah menjadi biomassa. Suplai oksigen pada lapisan biofilm dapat dilakukan dengan beberapa cara misalnya pada sistem RBC yakni cara kontak dengan udara luar, pada sistem "*Trickling filter*" dengan udara terbalik, sedangkan pada sistem biofilter tercelup dengan menggunakan blower udara atau pompa sirkulasi (Nusa Idaman Said dan Ruliasih, 2005).

## 2.6 Media Biofilter

Media filter yang ideal merupakan bahan yang mempunyai luas permukaan tinggi per satuan volume, murah harganya, mempunyai daya tahan lama, dan tidak mudah tersumbat. Media penyangga adalah merupakan bagian yang terpenting dari biofilter, oleh karena itu pemilihan media harus dilakukan dengan seksama disesuaikan dengan kondisi proses serta jenis air limbah yang akan diolah. Di dalam prakteknya ada beberapa kriteria media biofilter ideal yang perlu diperhatikan antara lain yaitu :

- Mempunyai luas permukaan spesifik besar

Luas permukaan spesifik adalah ukuran seberapa besar luas area yang aktif secara biologis tiap satuan volume media. Satuan pengukuran adalah meter persegi per meter kubik media. Luas permukaan spesifik sangat bervariasi namun secara umum sebagian besar media biofilter mempunyai nilai antara 30 sampai dengan 250 sq.ft/cu.ft atau 100 hingga 820 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.

- Mempunyai fraksi volume rongga tinggi

Fraksi volume rongga adalah prosentasi ruang atau volume terbuka dalam media. Dengan kata lain, fraksi volume rongga adalah ruang yang tidak tertutup oleh media itu sendiri. Fraksi volume rongga bervariasi dari 15 % sampai 98 %. Fraksi volume rongga tinggi akan membuat aliran air atau udara bebas tidak terhalang. Untuk biofilter dengan kapasitas yang besar umumnya menggunakan media dengan fraksi volume rongga yang besar yakni 90 % atau lebih.

- Diameter celah bebas besar

Cara terbaik untuk menjelaskan pengertian diameter celah bebas adalah dengan membayangkan suatu kelereng atau bola yang membayangkan

suatu kelereng atau bola yang dijatuhkan melalui media. Ukuran bola yang paling besar yang dapat melewati media adalah diameter celah bebas.

➤ Tahan terhadap penyumbatan

Parameter ini ini sangat penting namun sulit untuk diangkakan. Penyumbatan pada biofilter dapat terjadi melalui perangkap mekanikal dari partikel dengan cara sama dengan filter atau saringan padatan lainnya bekerja. Penyumbatan dapat juga disebabkan oleh pertumbuhan biomasa dan menjembatani ruangan dalam media. Kecenderungan penyumbatan untuk berbagai macam media dapat diperkirakan atau dibandingkan dengan melihat fraksi rongga dan diameter celah bebas. Diameter celah bebas merupakan variabel yang lebih penting.

➤ Dibuat dari bahan inert

Kayu, kertas atau bahan lain yang dapat terurai secara biologis tidak cocok digunakan untuk bahan media biofilter. Demikian juga bahan logam seperti besi, alumunium atau tembaga tidak sesuai karena berkarat sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikro- organisme. Media biofilter yang dijual secara komersial umumnya terbuat dari bahan yang tidak korosif, tahan terhadap pembusukan dan perusakan secara kimia. Namun demikian beberapa media dari plastik dapat dipengaruhi oleh radiasi ultraviolet. Plastik yang tidak

terlindung sehingga terpapar oleh matahari akan segera menjadi rapuh. Masalah ini dapat diatasi dengan menggunakan penghalang UV yang dapat disatukan dengan plastik pelindung UV.

➤ Ringan

Ukuran berat media dapat mempengaruhi biaya bagian lain dari sistem. Semakin berat media akan memerlukan penyangga dan bejana atau reaktor yang lebih kuat dan lebih mahal. Apabila media dari seluruh biofilter harus dipindahkan maka akan lebih baik jika medianya ringan. Secara umum makin ringan media biofilter yang digunakan maka biaya konstruksi reaktor menjadi lebih rendah.



➤ **Fleksibilitas**

Karena ukuran dan bentuk reaktor biofilter dapat bermacam-macam, maka media yang digunakan harus dapat masuk kedalam reaktor dengan mudah, serta dapat disesuaikan dengan bentuk reaktor (Nusa Idaman Said dan Ruliasih, 2005).

**Tabel 2.4 Perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter.**

No.	Jenis Media	Luas permukaan spesifik (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )
1	Trickling filter dengan batu pecah (kerikil)	100-200
2	Modul sarang tawon (honeycomb modul)	150-240
3	Tipe jaring	50
4	RBC	80-150
5	Bio-ball (random)	200-240

Sumber : (Nusa Idaman Said dan Ruliasih, 2005)

- **Bio ball**

Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau bahan material anorganik. Media Terstruktur (*Structured Packings*) dapat digunakan untuk berbagai keperluan selain biofilter. media ini memiliki semua karakteristik yang ada pada media “ideal”. Media terstruktur telah digunakan pada biofilter selama lebih dari 25 tahun untuk pengolahan air buangan rumah tangga maupun air limbah industri. Salah satu jenis media terstruktur yang sering digunakan adalah *bioball*. Konstruksi media terstruktur biasanya merupakan lembaran dari bahan PVC (*polyvinyl chlorida*) yang dibentuk secara vakum. Pembentukan dengan cara vakum kontinyu adalah proses otomatis kecepatan tinggi yang dapat memproduksi material dalam jumlah besar. Metoda konstruksi ini memungkinkan media terstruktur diproduksi dengan harga yang lebih murah per unit luas permukaan. Mempunyai luas permukaan secara teoritis untuk pertumbuhan biomassa melekat lebih luas daripada media lain secara per satuan media.



**Tabel 2.5 Spesifikasi pada media *bioball*.**

No.	Spesifikasi	Bioball
1	Material	PVC
2	Bentuk	Bola
3	Ukuran	Diameter 4 cm
4	Luas spesifik (luas permukaan media secara teoritis untuk pertumbuhan mikroorganisme)	200 - 240 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
5	Porositas rongga	0,92
6	Warna	Hitam

Sumber : (Nusa Idaman Said dan Ruliasih, 2005)



**Gambar 2.2 Bentuk media bio-ball**

Sumber : (Nusa Idaman Said dan Ruliasih, 2005)

## **2.7 Karbon Aktif (*Activated Carbon*)**

Karbon aktif adalah karbon yang di proses sedemikian rupa sehingga pori – porinya terbuka, dan dengan demikian akan mempunyai daya serap yang tinggi. Karbon aktif merupakan karbon yang bebas serta memiliki permukaan dalam (internal surface), sehingga mempunyai daya serap yang baik. Keaktifan daya menyerap dari karbon aktif ini tergantung dari jumlah senyawa karbonnya yang berkisar antara 85 % sampai 95% karbon bebas. Karbon aktif yang berwarna hitam, tidak berbau, tidak terasa dan mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif yang belum menjalani proses aktivasi, serta mempunyai permukaan yang luas, yaitu memiliki luas antara 300 sampai 2000

m/gram. Karbon aktif ini mempunyai dua bentuk sesuai ukuran butirannya, yaitu karbon aktif bubuk dan karbon aktif granular (butiran). Karbon aktif bubuk ukuran diameter butirannya kurang dari atau sama dengan 325 mesh. Sedangkan karbon aktif granular ukuran diameter butirannya lebih besar dari 325 mesh.

Karbon aktif merupakan suatu bentuk arang yang telah melalui aktivasi dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub>, uap air atau bahan-bahan kimia sehingga pori-porinya terbuka dan dengan demikian daya absorpsinya menjadi lebih tinggi terhadap zat warna dan bau. Karbon aktif mengandung 5 sampai 15 persen air, 2 sampai 3 persen abu dan sisanya terdiri dari karbon. Karbon aktif berbentuk amorf terdiri dari pelat-pelat datar, disusun oleh atom-atom C yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal datar dengan satu atom C pada setiap sudutnya. Pelat-pelat tersebut bertumpuk-tumpuk satu sama lain membentuk kristal-kristal dengan sisa hidrokarbon, senyawa organik lain yang tertinggal pada permukaannya.

Bahan baku karbon aktif dapat berasal dari bahan nabati atau turunannya dan bahan hewani. Mutu karbon aktif yang dihasilkan dari tempurung kelapa mempunyai daya serap tinggi, karena arang ini berpori-pori dengan diameter yang kecil, sehingga mempunyai internal yang luas. Luas permukaan arang adalah  $2 \times 10^4 \text{ cm}^2$  per gram, tetapi sesudah pengaktifan dengan bahan kimia mempunyai luas sebesar  $5 \times 10^6$  sampai  $15 \times 10^7 \text{ cm}^2$  per gram. Ada 2 tahap utama proses pembuatan karbon aktif yakni proses karbonasi dan proses aktivasi.

Dijelaskan bahwa secara umum proses karbonisasi sempurna adalah pemanasan bahan baku tanpa adanya udara sampai temperatur yang cukup tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa dalam karbon. Pada proses ini terjadi dekomposisi termal dari bahan yang mengandung karbon, dan menghilangkan spesies non karbonnya. Proses aktivasi bertujuan untuk meningkatkan volume dan memperbesar diameter pori setelah mengalami proses karbonisasi, dan meningkatkan penyerapan. Pada umumnya karbon aktif dapat diaktivasi dengan 2 (dua) cara, yaitu dengan cara aktivasi kimia dan aktivasi fisika.



- Aktifasi kimia, arang hasil karbonisasi direndam dalam larutan aktifasi sebelum dipanaskan. Pada proses aktifasi kimia, arang direndam dalam larutan pengaktifasi selama 24 jam lalu ditiriskan dan dipanaskan pada suhu 600 – 900 °C selama 1 – 2 jam.
- Aktifasi fisika, yaitu proses menggunakan gas aktifasi misalnya uap air atau CO<sub>2</sub> yang dialirkan pada arang hasil karbonisasi. Proses ini biasanya berlangsung pada temperatur 800 – 1100 °C.  
([http://www.purewatercare.com/karbon\\_aktif.php](http://www.purewatercare.com/karbon_aktif.php))

## 2.8 *Biological Oxygen Demand (BOD)*

*Biochemical Oxygen Demand* atau yang biasa dikenal dengan istilah BOD adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Hariyadi, 2004)

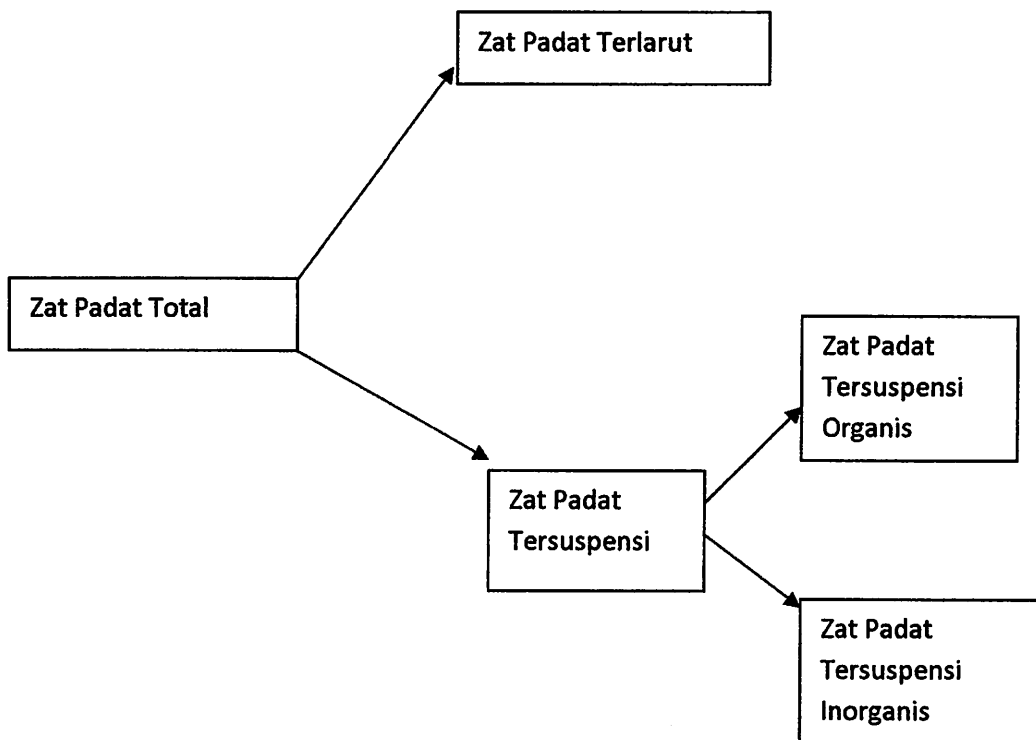
Pemeriksaan BOD dalam limbah didasarkan atas reaksi oksidasi zat-zat organis dengan oksigen dalam air dimana proses tersebut berlangsung karena adanya sejumlah bakteri. BOD adalah kebutuhan oksigen bagi sejumlah bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) semua zat-zat organik yang terlarut maupun sebagai tersuspensi dalam air menjadi bahan organik yang lebih sederhana (Ginting, 2007). BOD<sub>5</sub> adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau mg/l yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri pada suhu 20 °C selama 5 hari. Biasanya dalam waktu 5 hari, sebanyak 60% – 70% kebutuhan terbaik karbon dapat tercapai dan dalam waktu 20 hari akan mencapai 95%. BOD hanya menggambarkan kebutuhan oksigen untuk penguraian bahan organik yang dapat didekomposisikan secara biologis (*biodegradable*).

## 2.9 *Total Suspended Solid (TSS)*

Dalam air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dan molekul organis, dan zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat,

kwarts. Perbedaan pokok antara kedua kelompok zat ini ditentukan melalui ukuran /diameter partikel-partikel tersebut.

Pengertian zat padat total adalah semua zat-zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana, bila sampel air dalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organis dan inorganis seperti dijelaskan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Skema Zat Padat ( Alaerts dan Santika, 1987)

## 2.10 Metode Pengolahan Data

### 2.10.1 Statistika Deskriptif dan Inferensi

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

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

### 2.10.2 Analisis Korelasi

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

Hipotesis

Hipotesis untuk uji korelasi adalah :

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

Dimana  $\rho$  adalah korelasi antara 2 variabel.

Daerah penolakan

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

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

1. koefisien korelasi hanya mengukir hubungan linier. Jika ada hubungan non linear, maka koefisien korelasi akan bernilai 0.

2. koefisien korelasi sangat sensitif terhadap nilai ekstrem.
3. kita bisa membuat korelasi hanya jika variabel memiliki hubungan sebab akibat.

### 2.10.3 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 memperediksikan 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 dependen karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian, variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respon dan 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 :

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

### 2.10.4 Pengantar Desain Eksperimen

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

#### **2.10.4.1 Langkah-langkah dalam Desain Eksperimen**

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

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

#### **2.10.4.2 Analysis of Variance**

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

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Jenis Penelitian**

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental yang dilaksanakan dalam skala laboratorium untuk mengetahui efisiensi biofilter dengan media bioball dan penambahan karbon aktif dalam menurunkan kadar BOD dan TSS pada limbah domestik.

#### **3.2 Lokasi Penelitian**

Adapun lokasi-lokasi yang digunakan sebagai tempat penelitian adalah sebagai berikut :

1. Perumahan Pondok Harapan Indah Kota Malang, sebagai titik pengambilan sampel limbah cair domestik.
2. Laboratorium Teknik Lingkungan, ITN Malang. Merupakan tempat penelitian, yaitu unit *bio-ball filter* dengan penambahan karbon aktif dan tempat menganalisis sampel air untuk mengetahui kandungan BOD dan TSS dari limbah cair domestik.

#### **3.3 Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3.3.1. Alat**

###### **a. Reaktor Biofilter**

Reaktor biofilter merupakan reaktor *rectangular* yang terbuat dari kaca 8 mm. Digunakannya reaktor berbahan kaca bertujuan agar pembentukan lapisan biofilm dan proses yang terjadi di dalam reaktor dapat terlihat secara visual. Sebelum media (bioball dan karbon aktif) 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.

b. Reservoar

Reservoar yang digunakan untuk menampung air proses limbah sebanyak 2 buah, 1 buah reservoar yang memiliki volume 70 liter dan 1 buah reservoar yang memiliki volume 50 liter. Reservoar yang bervolume 70 liter diletakkan diatas menara sebagai reservoar utama, sedangkan 1 reservoar lainnya diletakkan dibawah sebagai tempat penampungan *effluent*/hasil filtrasi.

### 3.3.2. Bahan

- a. Limbah cair domestik Perumahan Pondok Harapan Indah Kota Malang.
- b. Media bio ball.
- c. Media karbon aktif.

## 3.4 Variabel Penelitian

### 1. Variabel tetap

Pada penelitian ini menggunakan reaktor biofilter dengan media bioball dan penambahan karbon aktif.

- Spesifikasi media yang digunakan yaitu :

Tipe	: Bioball
Material	: PVC
Bentuk	: Bola
Ukuran	: Diameter 4 cm
Luas spesifik	: $\pm 230 \text{ m}^2/\text{m}^3$ (luas permukaan media secara teoritis untuk pertumbuhan mikroorganisme)
Porositas rongga	: 0,92
Warna	: Hitam

(Nusa Idaman Said dan Ruliasih, 2005)

Karbon aktif : Diameter 6 mm (Marsono, 1997)

- Debit aliran : 0,2 l/menit (perhitungan debit didasarkan pada dimensi reaktor yang dipakai yaitu  $p \times l = 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$ ).

(sumber : hasil perhitungan)



## 2. Variabel terikat ( *Dependent Variable* )

Parameter yang diteliti adalah konsentrasi BOD dan TSS dari limbah cair domestik.

## 3. Variabel bebas

### A. Variasi tinggi media

- Tinggi 30 cm karbon aktif : 35 cm bioball (P1)
- Tinggi 40 cm karbon aktif : 45cm bioball (P2)

### B. Waktu pengambilan sampel :

- Pengambilan pertama (jam ke-0)  
Pengambilan sampel saat efluen keluar pertama
- Pengambilan kedua  
Pengambilan sampel setelah 2 jam
- Pengambilan ketiga  
Pengambilan sampel setelah 4 jam
- Pengambilan keempat  
Pengambilan sampel setelah 6 jam
- Pengambilan kelima  
Pengambilan sampel setelah 8 jam

## 3.5 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan. Tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut :

### 3.5.1 Proses Sampling

Pengambilan sampel dilakukan pada 05.30-08.00, karena pada waktu tersebut penghuni rumah melakukan banyak aktifitas dalam hal pemakaian air bersih, sehingga air limbah yang dibuang banyak (Alaerts, G, 1984).

#### 1. Persiapan pengambilan sampel

Yang harus dipersiapkan dalam pengambilan sampel 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 dicegah sekaligus kontaminasi dari logam. Wadah pengambil sampel setelah dibersihkan dibilas terlebih dahulu dengan aquadest.

2. Pengambilan sampel

Sampel air buangan yang diambil harus homogen, maka titik sampling dilakukan pada saluran akhir pembuangan dari rumah yang merupakan gabungan dari buangan kamar mandi komunal dan buangan dapur. Dimana sampel diambil pada outlet saluran akhir pembuangan sebelum menuju saluran drainase.

3. Analisa sampel

Parameter yang akan diturunkan dan dianalisa adalah BOD dan TSS.

4. Pengaliran sampel air limbah cair domestik dilakukan secara kontinyu.

### 3.5.2 Persiapan media filter

Sebelum penelitian dilakukan, persiapan dan perlakuan terhadap alat dan media yang akan digunakan haruslah menjadi suatu perhatian yang penting agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan perencanaan. Media-media yang akan digunakan seperti bioball dan karbon aktif harus diperhatikan dan diperlakukan sesuai dengan kriteria yang telah direncanakan. Media bioball harus dicuci sebelum dimasukkan ke dalam filter. Hal ini bertujuan untuk agar media yang digunakan dalam keadaan bersih dan steril dari bakteri dan kotoran lainnya.

Selanjutnya, pada tahap pengeringan untuk media karbon aktif dilakukan dengan menggunakan oven, tujuan penggunaan oven ini dilakukan agar media yang masih basah dapat kering secara cepat dan homogen serta bersih dari bakteri-bakteri yang mungkin masih terbawa dari proses pencucian. Untuk karbon aktif dari tempurung kelapa, proses Aktivasi dan karbonisasi dilakukan sesuai prosedur di bawah ini :

1. Melakukan proses karbonisasi dengan cara arang dimasukkan pada furnace pada suhu 600°C selama  $\pm$  2 jam.

2. Mengeringkan karbon aktif dengan cara memanaskan dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam.
3. Karbon aktif dihaluskan, kemudian diayak dengan ukuran 6 mm.

### **3.5.3 Persiapan Alat reaktor BioFilter**

Mengatur ketinggian media bioball dan karbon aktif pada masing- masing reaktor. Setelah itu debit air yang masuk diatur sebesar 0,2 l/menit dengan cara, siapkan bak penampung influen lalu hubungkan dengan bak pengatur debit dan bak penampung limpahan dari debit. Lalu atur ketinggian muka air pada bak pengatur debit agar debit yg disalurkan ke reaktor tetap tidak berubah-ubah. Kemudian buka valve secara perlahan dan tampung air yg keluar dari valve selama 1 menit, apabila air yg ditampung kurang atau lebih dari 0,2 l/menit prosedur dapat diulang kembali seperti diatas. Lakukan prosedur tersebut seperti diatas untuk variasi ketinggian media yang lainnya. *Efluent* yang masuk dan keluar dari biofilter diambil serta dianalisis sesuai parameter yang diukur secara berkala. Untuk tiap variabel dilakukan analisis parameter hingga grafik yang dihasilkan berhenti pada satu titik (stagnan).

### **3.5.4 Pengujian Sampel Awal**

Air baku yang digunakan sebagai objek penelitian ini diambil dari air sisa proses limbah domestik. Sebelum memulai penelitian ini, dilakukan pengujian sampel awal kandungan BOD dan TSS dimana uji awal tersebut digunakan sebagai acuan penelitian sampel berikutnya.

### **3.5.5 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.

Analisa terhadap bahan organik dilakukan untuk mengetahui perkembangan penguraiaan 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 :

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

### 3.5.6 Tahap operasional.

Prosedur pengoperasian ini dilakukan setelah reaktor dalam kondisi *steady state*, yaitu tahap *aklimatisasi* selesai. Adapun cara pengoperasian reaktor *Bio-ball filter* sebagai berikut :

- a. Limbah cair domestik kawasan Perumahan Pondok Harapan Indah dimasukkan dan ditampung dalam bak penampung limbah. Kemudian, sampel yang digunakan di atur pH nya (pH kontrol 6,5 – 7,5).
- b. Setelah itu, dilakukan analisis awal untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi limbah cair domestik kawasan Perumahan Pondok Harapan Indah.
- c. Kemudian atur debit air limbah sesuai perhitungan sebelum limbah dialirkan dari bak penampung limbah ke reaktor.
- d. Setelah limbah melewati media filter, 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*).



1. Adı Soyadı: ...  
2. Doğum Tarihi: ...  
3. Kimlik No: ...  
4. ...  
5. ...

6. ...  
7. ...  
8. ...

9. ...  
10. ...  
11. ...

12. ...  
13. ...  
14. ...

15. ...  
16. ...  
17. ...

18. ...  
19. ...  
20. ...

21. ...  
22. ...  
23. ...

- f. Apabila telah tercapai kondisi *steady state*, air limbah pada reservoir diganti dengan air limbah yang baru untuk kemudian dianalisa kandungan BOD dan TSS dari masing – masing outlet pada reaktor dengan waktu pengambilan sampel jam ke-0 (saat effluent pertama kali keluar (To)), kemudian jam ke-2, jam ke-4, jam ke-6 dan jam ke-8.

### **3.6 Analisis Parameter Uji**

#### **3.6.1 Permanganat value**

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

#### **3.6.2 Biological Oksigen Demand(BOD)**

Analisis BOD terlarut dilakukan untuk mengetahui besarnya BOD terlarut awal dari air limbah sebelum dilaksanakan penelitian, yang nantinya akan dibandingkan dengan BOD terlarut *effluent* sehingga dapat diketahui penyisihan BOD<sub>5</sub> yang terjadi. Sampel yang digunakan untuk menganalisis BOD<sub>5</sub> terlarut terlebih dahulu disaring agar sampel terbebas dari padatan tersuspensi maupun koloid. Metode analisis yang digunakan adalah metode titrimetri (Alaerts dan Santika, 1987). 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<sub>4</sub>) 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<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 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*)

### 3.6.3 Total suspended solid (TSS)

Metode yang digunakan dalam menganalisis TSS adalah metode gravimetri. Prinsip metode gravimetri adalah bila zat padat dalam sampel dipisahkan dengan menggunakan filter kertas atau filter fiber glass (serabut kaca) dan kemudian zat padat yang tertahan pada filter dikeringkan pada suhu  $\pm 105^{\circ}\text{C}$ . Maka berat residu sesudah pengeringan adalah zat padat tersuspensi (TSS) (Alaerts dan Santika, 1987). Tahapan uji pada sampel air yang akan dilakukan adalah :

1. Panaskan filter kertas di dalam oven pada suhu  $150^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator selama 15 menit dan kemudian timbang dengan cepat. Pemanasan biasanya cukup 1 jam. Namun pemanasan perlu diulang sampai didapatkan berat yang konstan atau kehilangan berat sesudah pemanasan ulang kurang dari 0,5 mg.
2. Sampel yang sudah dikocok merata, sebanyak 100 ml dipindahkan dengan menggunakan pipet, ke dalam alat penyaringan atau cawan yang sudah ada filter kertas di dalamnya. Kemudian saring.
3. Filter kertas diambil dari alat penyaring dengan hati-hati dan masukan dalam oven untuk pemanasan pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator dan kemudian timbang dengan cepat.

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

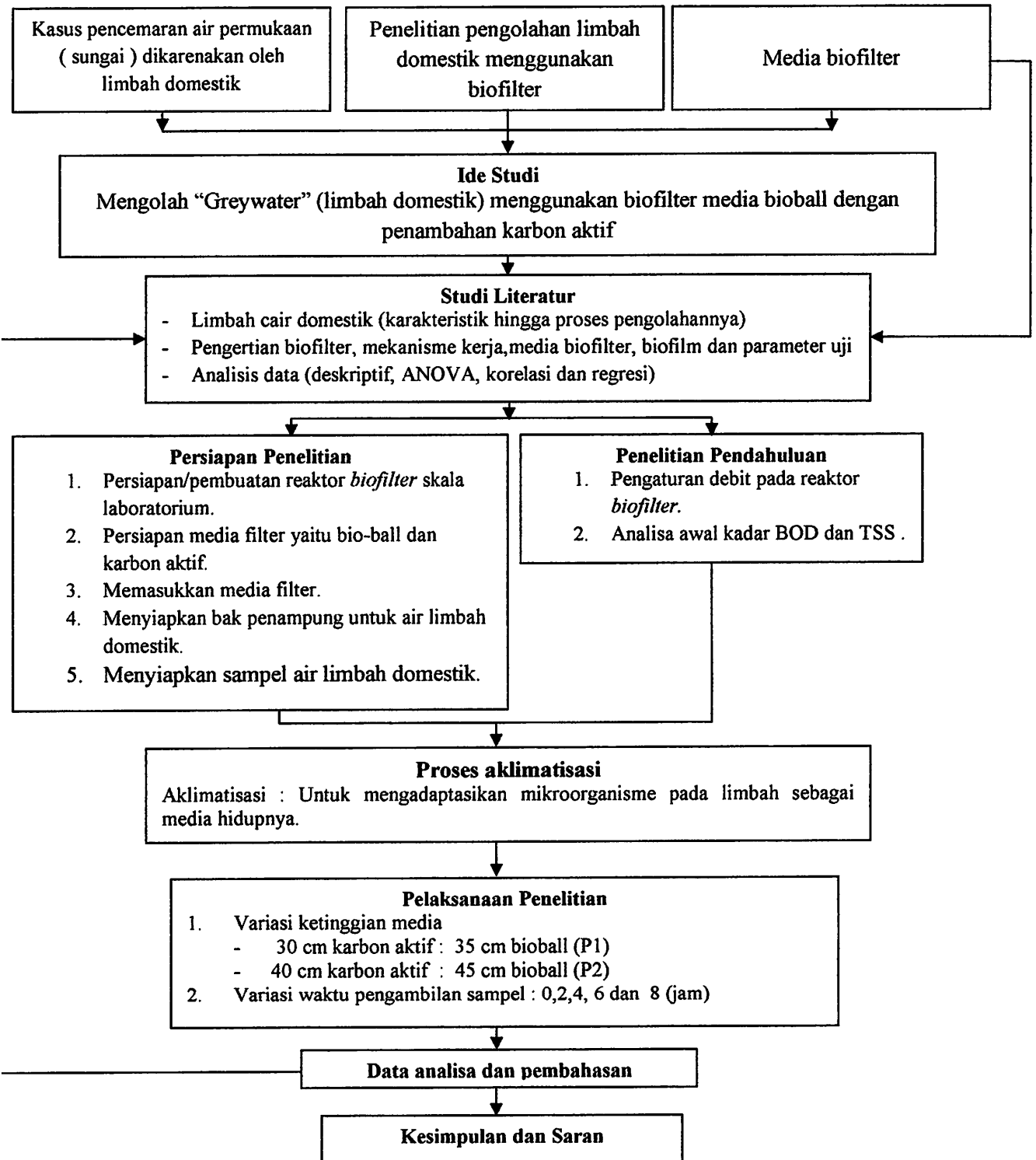
## 3.7 Analisis Data

Sebelum data diolah lebih lanjut, terlebih dahulu dilakukan analisa pendahuluan dimana bertujuan untuk mengetahui apakah data yang didapat tersebut layak digunakan atau tidak.

Analisa data statistik hasil penelitian dilakukan dengan metode analisis deskriptif, uji korelasi dan regresi. Analisis deskriptif ditujukan untuk mendapatkan gambaran berdasarkan fakta yang diperoleh dari sampel penelitian yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

Analisa varian untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan nyata atau tidak (secara statistik) antara berbagai variasi percobaan terhadap penurunan BOD dan TSS. Kemudian dilanjutkan dengan analisa korelasi dan regresi untuk mengetahui tingkat keterkaitan suatu variabel terhadap variabel lain.

### 3.8 Kerangka Penelitian



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian



## BAB IV

### DATA ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Karakteristik Limbah Cair Perumahan Pondok Harapan Indah Kota Malang

Dalam penelitian ini dilakukan analisa pendahuluan untuk memperoleh data karakteristik air limbah yang akan digunakan sebagai sampel influen pada reaktor. Berdasarkan analisa laboratorium yang dilakukan, diperoleh data karakteristik air limbah Perumahan Pondok Harapan Indah Kota Malang yang terdapat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1. Karakteristik Air Limbah Domestik Perumahan Pondok Harapan Indah Kota Malang**

No.	Parameter	Hasil*)	Baku Mutu**)	Satuan
1.	BOD	116	100	mg/L
2.	TSS	110	100	mg/L
3.	pH	7,2	6-9	-

Sumber : \*) *Analisa Laboratorium Lingkungan ITN Malang*

\*\*) *Kepmen Negara LH No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*

Berdasarkan Kepmen Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik kadar maksimum yang diperbolehkan untuk BOD dan TSS adalah 100 mg/l. Dari hasil analisa tersebut diketahui bahwa kadar BOD dan TSS yang ada melampaui baku mutu jika dibandingkan dengan Kepmen Negara LH No. 112 Tahun 2003. Sehingga dilakukan penelitian untuk menurunkan BOD dan TSS pada sampel limbah Perumahan Pondok Harapan Indah Kota Malang menggunakan metode bio-ball filter dengan penambahan karbon aktif.



#### 4.2 Penyisihan Bahan Organik Pada Tahap Aklimatisasi

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

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 mikroorganismenya mendekati harga yang stabil atau konstan. Apabila selisih penurunan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10 % maka dapat dikatakan bahwa kondisi telah *steady state*.

Untuk mengetahui penyisihan bahan organik digunakan rumus :

- Penyisihan bahan organik =  $\frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$
- Contoh perhitungan penyisihan bahan organik pada reaktor I hari ke 2 :

$$\text{Penyisihan bahan organik} = \frac{20,86 - 18,33}{20,86} \times 100\% = 12,12 \%$$

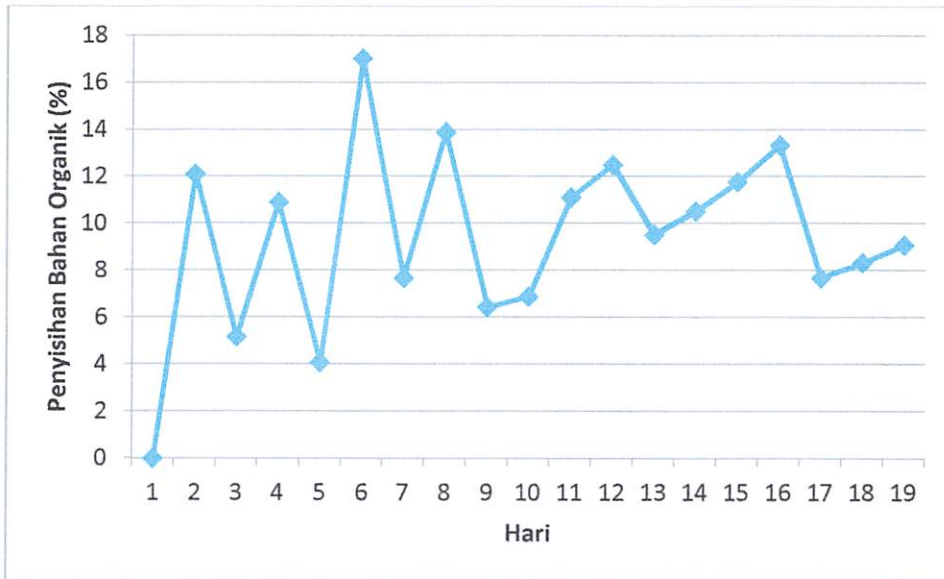
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka data konsentrasi akhir bahan organik pada proses aklimatisasi masing-masing reaktor I ( Tinggi media karbon aktif 30 cm dan bioball 35 cm) dan reaktor II ( Tinggi media karbon aktif 40 cm dan bioball 45 cm) dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

**Tabel 4.2 Penyisihan Bahan Organik pada Reaktor I ( Tinggi media karbon aktif 30 cm dan bioball 35 cm)**

Hari ke	Tanggal	temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	23-Mei	26,2	6,9	20,86	0	0
2	24-Mei	26,5	7,2	18,33	2,528	12,12
3	25-Mei	26,3	7,3	17,38	0,948	5,17
4	26-Mei	26,2	7,2	15,48	1,896	10,91
5	27-Mei	25,6	7,1	14,85	0,632	4,08
6	28-Mei	26,8	6,8	12,32	2,528	17,02
7	29-Mei	26,6	6,8	11,38	0,948	7,69

Hari ke	Tanggal	temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
8	30-Mei	25,7	7,2	9,80	1,58	13,89
9	31-Mei	25,9	7,5	9,16	0,632	6,45
10	01-Jun	26,1	7,3	8,53	0,632	6,90
11	02-Jun	26,4	7,4	7,58	0,948	11,11
12	03-Jun	26,1	6,8	6,64	0,948	12,50
13	04-Jun	25,4	6,5	6,00	0,632	9,52
14	05-Jun	25,3	7,3	5,37	0,632	10,53
15	06-Jun	26,5	7,3	4,74	0,632	11,76
16	07-Jun	26,3	7,2	4,11	0,632	13,33
17	08-Jun	26,1	7,1	3,79	0,316	7,69
18	09-Jun	26,2	7,3	3,48	0,316	8,33
19	10-Jun	26,4	7,4	3,16	0,316	9,09

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang



**Gambar 4.1. Persen (%) penyisihan bahan organik pada reaktor I ( Tinggi media karbon aktif 30 cm dan bioball 35 cm) saat aklimatisasi**

Berdasarkan tabel 4.2 dan gambar 4.1 pada saat aklimatisasi terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik pada reaktor I. Aklimatisasi ini dilakukan secara kontinyu selama 19 hari. Untuk penyisihan bahan organik terendah terjadi pada hari ke 5 sebesar 4,08%, sedangkan penyisihan bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 6 sebesar 17,02%. Untuk penyisihan bahan organik dengan fluktuasi

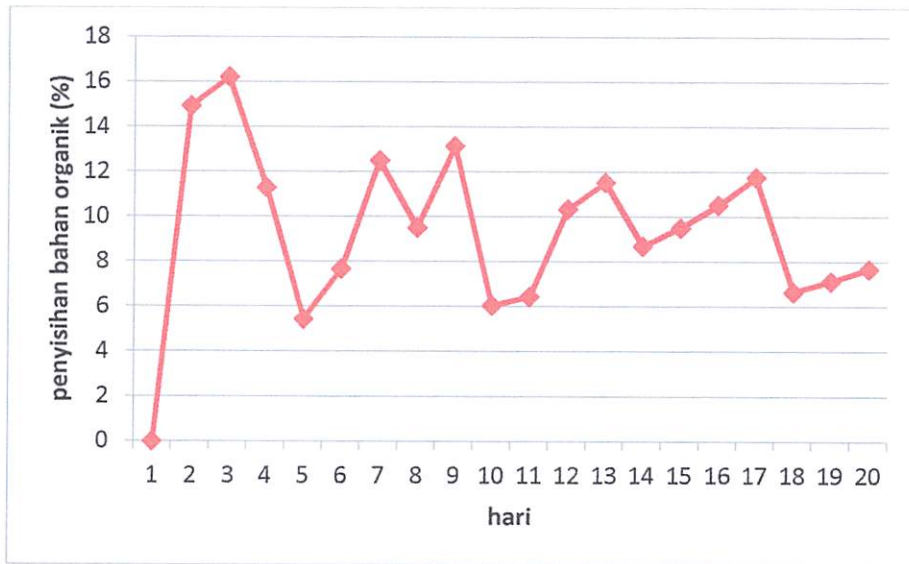
dibawah 10% selama tiga hari berturut-turut terjadi pada hari ke 17, 18 dan 19 sebesar 7,69%, 8,33% dan 9,09% dengan konsentrasi bahan organik sebesar 3,79 mg/l, 3,48 mg/l dan 3,16 mg/l. Pada tahap ini dapat dikatakan kondisi *steady state* telah tercapai.

**Tabel 4.3 Penyisihan Bahan Organik pada Reaktor II ( Tinggi media karbon aktif 40 cm dan bioball 45 cm)**

Hari ke	Tanggal	temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	23-Mei	26,2	6,9	27,49	0	0
2	24-Mei	26,3	7,1	23,38	4,108	14,94
3	25-Mei	26,5	7,3	19,59	3,792	16,22
4	26-Mei	26,2	7,2	17,38	2,212	11,29
5	27-Mei	25,8	7,1	16,43	0,948	5,45
6	28-Mei	25,8	6,8	15,17	1,264	7,69
7	29-Mei	25,8	6,8	13,27	1,896	12,50
8	30-Mei	25,7	7,2	12,01	1,264	9,52
9	31-Mei	25,9	7,4	10,43	1,58	13,16
10	01-Jun	26,1	6,8	9,80	0,632	6,06
11	02-Jun	26,2	7,3	9,16	0,632	6,45
12	03-Jun	26,1	7,6	8,22	0,948	10,34
13	04-Jun	25,4	7,5	7,27	0,948	11,54
14	05-Jun	25,5	6,9	6,64	0,632	8,70
15	06-Jun	26,5	7,3	6,00	0,632	9,52
16	07-Jun	26,3	7,2	5,37	0,632	10,53
17	08-Jun	26,1	7,4	4,74	0,632	11,76
18	09-Jun	26,2	7,3	4,42	0,316	6,67
19	10-Jun	26,4	7,2	4,11	0,316	7,14
20	11-Jun	26,4	7,4	3,79	0,316	7,69

*Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang*





**Gambar 4.2. Persen (%) penyisihan bahan organik pada reaktor II ( Tinggi media karbon aktif 40 cm dan bioball 45 cm) saat aklimatisasi**

Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.2 pada saat aklimatisasi terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik pada reaktor II. Aklimatisasi ini dilakukan secara kontinyu selama 20 hari. Untuk penyisihan bahan organik terendah terjadi pada hari ke 5 sebesar 5,45%, sedangkan penyisihan bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 3 sebesar 16,22%. Untuk penyisihan bahan organik dengan fluktuasi dibawah 10% selama tiga hari berturut-turut terjadi pada hari ke 18, 19 dan 20 sebesar 6,67%, 7,14% dan 7,69% dengan konsentrasi bahan organik sebesar 4,42 mg/l, 4,11 mg/l dan 3,79 mg/l. Pada tahap ini dapat dikatakan kondisi *steady state* telah tercapai.

Proses aklimatisasi membutuhkan waktu yang cukup lama dan sulit, karena harus menumbuhkan mikroorganismenya yang mampu beradaptasi dengan karakteristik air limbah. Penyisihan bahan organik yang berfluktuasi pada saat aklimatisasi menunjukkan belum cukupnya populasi mikroorganismenya yang tersedia serta belum mampunya mikroorganismenya untuk beradaptasi dengan kondisi yang ada seperti konsentrasi dan komposisi substrat di dalam reaktor. Peningkatan konsentrasi bahan organik pada tahap aklimatisasi dikarenakan juga terjadinya kematian mikroorganismenya yang tidak mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ada.

Nilai yang stabil pada penyisihan bahan organik menunjukkan telah terbentuknya mikroorganisme yang mampu untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah dan mampu beradaptasi dengan kondisi yang ada seperti konsentrasi dan komposisi substrat di dalam reaktor (Prabowo, 2000). Kegiatan ini dilakukan sampai kondisi *steady state* dicapai, yaitu apabila penyisihan bahan organik yang dikonsumsi oleh 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 kondisi telah *steady state* (Prastiwi, 2004). Hal ini ditunjukkan melalui pengukuran bahan organik selama kondisi aklimatisasi pada effluent sehingga diperoleh angka pengolahan yang konstan dengan penyisihan di bawah 10%.

#### 4.3 Konsentrasi BOD dan TSS Setelah Proses Pengolahan

Dari hasil penelitian yang dilakukan menggunakan sampel limbah cair dari Perumahan Pondok Harapan Indah Kota Malang menggunakan bio-ball filter dengan penambahan karbon aktif mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi BOD dan TSS dengan tingkat penurunan yang bervariasi seiring dengan perlakuan waktu operasional.

Analisis persentase penurunan BOD dan TSS pada setiap variasinya digunakan rumus :

$$\% \text{ Removal} = \frac{(\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir})}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Besarnya persentase penurunan konsentrasi BOD dan TSS pada masing-masing reaktor dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

**Tabel 4.4. Konsentrasi dan persentase BOD Setelah Proses pengolahan**

Reaktor	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir BOD (mg/l)	Persentase Penyisihan BOD (%)
1	116	0	97	17
	116	2	83	28
	116	4	76	34
	116	6	62	47
	116	8	54	54

2	116	0	92	20
	116	2	79	32
	116	4	66	43
	116	6	57	51
	116	8	49	57

Sumber : Hasil penelitian dan perhitungan.

Berdasarkan tabel 4.4 didapatkan persentase penurunan konsentrasi BOD pada masing-masing reaktor uji adalah 17%-54% pada reaktor I dan 20%-57% pada reaktor II.

**Tabel 4.5. Konsentrasi dan persentase TSS Setelah Proses pengolahan**

Reaktor	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)	Persentase Penyisihan TSS (%)
1	110	0	97	12
	110	2	87	21
	110	4	73	33
	110	6	61	45
	110	8	42	62
2	110	0	93	15
	110	2	82	26
	110	4	69	38
	110	6	43	61
	110	8	31	72

Sumber : Hasil penelitian dan perhitungan.

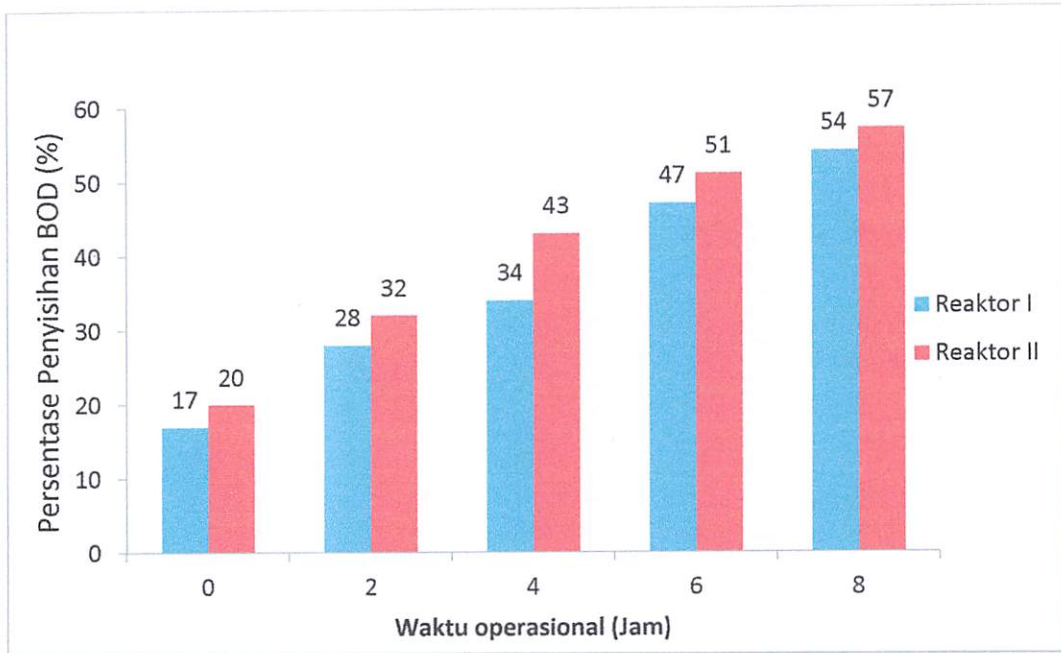
Berdasarkan tabel 4.5 didapatkan persentase penurunan konsentrasi TSS pada masing-masing reaktor uji adalah 12%-62% pada reaktor I dan 15%-72% pada reaktor II.

#### 4.4 Analisis Deskriptif

##### 4.4.1 Analisis Deskriptif Penurunan BOD

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair Perumahan Pondok Harapan Indah Kota Malang yang menggunakan *bioball filter* dengan penambahan karbon aktif mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi BOD dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi BOD pada masing-masing reaktor uji pada tabel 4.4 maka dapat

diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan konsentrasi BOD pada gambar 4.3 berikut ini:



**Gambar 4.3. Persentase penurunan konsentrasi BOD**

Berdasarkan tabel 4.4 dan gambar 4.3 menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi BOD cenderung semakin naik seiring dengan semakin lamanya waktu operasional. Persentase penurunan BOD pada reaktor I dari waktu operasional jam ke 0 ke jam 2 mempunyai nilai selisih persentase penurunan sebesar 11%, jam ke 2 ke jam 4 mempunyai nilai selisih persentase penurunan sebesar 6%, jam ke 4 ke jam 6 mempunyai nilai selisih persentase penurunan sebesar 13%, jam ke 6 ke jam 8 mempunyai nilai selisih persentase penurunan sebesar 7%. Persentase penurunan BOD tertinggi pada reaktor I sebesar 54% terjadi pada waktu operasional jam ke 8, sedangkan persentase penurunan BOD terendah sebesar 17% terjadi pada waktu operasional jam ke 0.

Persentase penurunan BOD pada reaktor II dari waktu operasional jam ke 0 ke jam 2 mempunyai nilai selisih persentase penurunan sebesar 12%, jam ke 2 ke jam 4 mempunyai nilai selisih persentase penurunan sebesar 11%, jam ke 4 ke jam 6 mempunyai nilai selisih persentase penurunan sebesar 8%, jam ke 6 ke jam 8 mempunyai nilai selisih persentase penurunan sebesar 6%. Persentase penurunan BOD tertinggi pada reaktor II sebesar 57% terjadi pada waktu



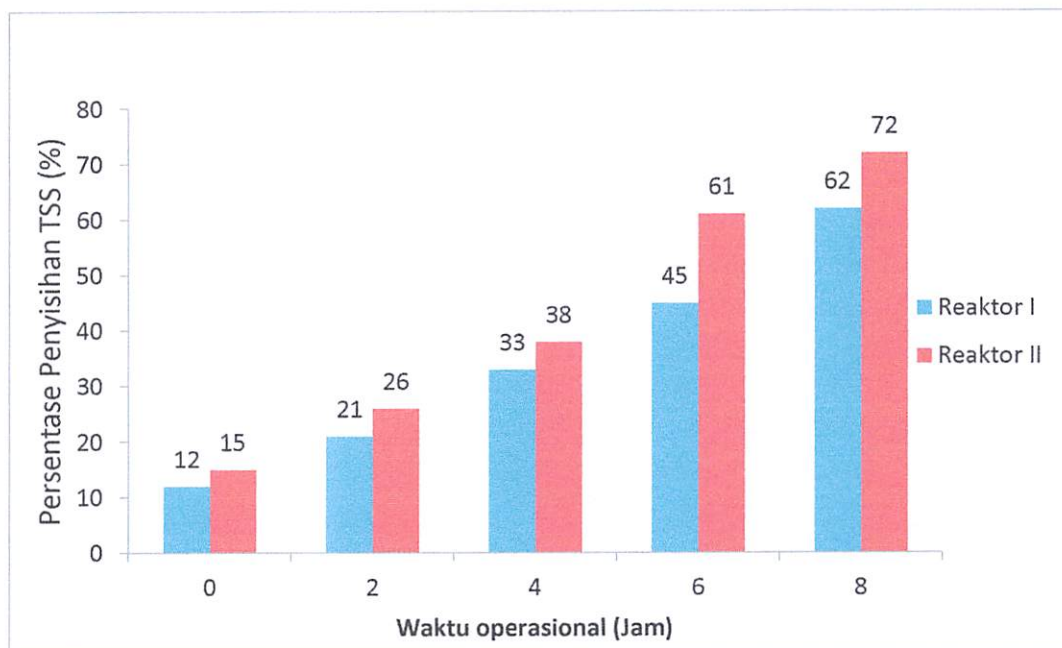


operasional jam ke 8, sedangkan persentase penurunan BOD terendah sebesar 20% terjadi pada waktu operasional jam ke 0.

#### 4.4.2 Analisis Deskriptif Penurunan TSS

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair Perumahan Pondok Harapan Indah Kota Malang yang menggunakan *bioball filter* dengan penambahan karbon aktif mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi TSS dengan tingkat penurunan yang bervariasi.

Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi TSS pada masing-masing reaktor uji pada tabel 4.5 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan konsentrasi TSS pada gambar 4.4 berikut ini:



**Gambar 4.4. Persentase penurunan konsentrasi TSS**

Berdasarkan tabel 4.5 dan gambar 4.4 menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi TSS cenderung semakin naik seiring dengan semakin lamanya waktu operasional. Persentase penurunan TSS pada reaktor I dari waktu operasional jam ke 0 ke jam 2 mempunyai nilai selisih persentase penurunan sebesar 9%, jam ke 2 ke jam 4 mempunyai nilai selisih persentase penurunan sebesar 12%, jam ke 4 ke jam 6 mempunyai nilai selisih persentase penurunan



В соответствии с требованиями...

Исполнительный директор

М. П. \_\_\_\_\_

И. П. \_\_\_\_\_

Согласно с требованиями...

Исполнительный директор

М. П. \_\_\_\_\_

И. П. \_\_\_\_\_

Согласно с требованиями...

Исполнительный директор

М. П. \_\_\_\_\_

И. П. \_\_\_\_\_

sebesar 12%, jam ke 6 ke jam 8 mempunyai nilai selisih persentase penurunan sebesar 17%. Persentase penurunan TSS tertinggi pada reaktor I sebesar 62% terjadi pada waktu operasional jam ke 8, sedangkan persentase penurunan TSS terendah sebesar 12% terjadi pada waktu operasional jam ke 0.

Persentase penurunan TSS pada reaktor II dari waktu operasional jam ke 0 ke jam 2 mempunyai nilai selisih persentase penurunan sebesar 11%, jam ke 2 ke jam 4 mempunyai nilai selisih persentase penurunan sebesar 12%, jam ke 4 ke jam 6 mempunyai nilai selisih persentase penurunan sebesar 23%, jam ke 6 ke jam 8 mempunyai nilai selisih persentase penurunan sebesar 11%. Persentase penurunan TSS tertinggi pada reaktor II sebesar 72% terjadi pada waktu operasional jam ke 8, sedangkan persentase penurunan TSS terendah sebesar 15% terjadi pada waktu operasional jam ke 0.

#### **4.5 Analisis Korelasi**

Analisis korelasi dilakukan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linear antara variabel yang diamati.

Analisis korelasi ini juga terdapat hipotesa ada tidaknya korelasi antar variabel, dimana :

- $H_0$  = Tidak ada korelasi antara variabel ( $\rho = 0$ )
- $H_1$  = Ada korelasi antara variabel ( $\rho \neq 0$ )

Sementara dasar pengambilan keputusan dapat dilihat dari daerah penolakan berdasarkan nilai probabilitas, yaitu :

- . Jika probabilitas  $\geq 0,05$  , maka  $H_0$  diterima
- Jika probabilitas  $< 0,05$  , maka  $H_0$  ditolak

##### **4.5.1 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan BOD**

Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui tingkat keeratan persentase penyisihan BOD dengan ketinggian media dan waktu operasional, hasil uji korelasi dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut ini:

**Tabel 4.6 Hasil uji korelasi antara ketinggian media, waktu operasional (jam) terhadap persentase (%) penyisihan BOD.**

<b>Correlations: % penyisihan BOD; ketinggian media; waktu operasional</b>		
	% penyisihan	ketinggian m
ketinggian m	0,171 0,637	
waktu operas	0,978 0,000	0,000 1,000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

**Keterangan :**

Pearson Correlation : Nilai korelasi Pearson (korelasi yang digunakan untuk variabel kuantitatif adalah Korelasi Pearson)

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

Keputusan:

Berdasarkan tabel 4.6 diketahui bahwa nilai korelasi antara ketinggian media terhadap penyisihan BOD sebesar 0,171. Artinya hubungan antara ketinggian media terhadap persentase penyisihan BOD lemah karena mendekati 0. Untuk nilai probabilitas antara ketinggian media terhadap persentase penyisihan BOD sebesar 0,637 ( $>0,05$ ) maka hipotesis ( $H_0$ ) diterima. Artinya nilai persentase penyisihan terhadap ketinggian media tidak signifikan. Hubungan antara kedua variabel searah, hal ini di tunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang positif, yang berarti jika semakin besar ketinggian media maka semakin besar peningkatan persentase penyisihan BOD.

Nilai korelasi antara variasi waktu operasional terhadap persentase penyisihan BOD sebesar 0,978. Artinya hubungan antara variasi waktu operasional terhadap persentase penyisihan kuat karena mendekati 1. Untuk nilai probabilitas variasi waktu operasional terhadap penyisihan BOD sebesar 0,000 ( $<0,05$ ) maka menolak hipotesis ( $H_0$ ). Artinya nilai persentase penyisihan BOD

terhadap waktu operasional signifikan. Hubungan antara variasi waktu operasional terhadap persentase penyisihan BOD searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai korelasi, yang berarti semakin besar waktu operasional maka persentase penyisihan BOD semakin meningkat.

#### 4.5.2 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan TSS

Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui tingkat keeratan persentase penyisihan TSS dengan ketinggian media dan waktu operasional, hasil uji korelasi dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut ini:.

**Tabel 4.7 Hasil uji korelasi antara ketinggian media, waktu operasional (jam) terhadap persentase (%) penyisihan TSS.**

<b>Correlations: % penyisihan TSS; ketinggian media; waktu operasional</b>		
	% penyisihan	ketinggian m
ketinggian m	0,196	
	0,588	
waktu operas	0,969	0,000
	0,000	1,000
Cell Contents: Pearson correlation		
P-Value		

#### **Keterangan :**

**Pearson Correlation** : Nilai korelasi Pearson (korelasi yang digunakan untuk variabel kuantitatif adalah Korelasi Pearson)

**P-value** : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

#### Keputusan:

Berdasarkan tabel 4.7 diketahui bahwa nilai korelasi antara ketinggian media terhadap penyisihan TSS sebesar 0,196. Artinya hubungan antara ketinggian media terhadap persentase penyisihan TSS lemah karena mendekati 0. Untuk nilai probabilitas antara ketinggian media terhadap persentase penyisihan TSS sebesar 0,588 ( $>0,05$ ) maka hipotesis ( $H_0$ ) diterima. Artinya nilai persentase penyisihan terhadap ketinggian media tidak signifikan. Hubungan antara kedua

variabel searah, hal ini di tunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang positif, yang berarti jika semakin besar ketinggian media maka semakin besar peningkatan persentase penyisihan TSS.

Nilai korelasi antara variasi waktu operasional terhadap persentase penyisihan TSS sebesar 0,969. Artinya hubungan antara variasi waktu operasional terhadap persentase penyisihan kuat karena mendekati 1. Untuk nilai probabilitas variasi waktu operasional terhadap penyisihan TSS sebesar 0,000 ( $<0,05$ ) maka menolak hipotesis ( $H_0$ ). Artinya nilai persentase penyisihan TSS terhadap waktu operasional signifikan. Hubungan antara variasi waktu operasional terhadap persentase penyisihan TSS searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai korelasi, yang berarti semakin besar waktu operasional maka persentase penyisihan TSS semakin meningkat.

#### 4.6 Analisis Regresi

Analisis regresi digunakan untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel respons dan variabel prediktor, sehingga diketahui ketepatan atau signifikansi prediksi dari hubungan atau korelasi data, pada analisis regresi juga diperlukan beberapa pengujian, yaitu :

- Uji T yang digunakan untuk mengetahui signifikansi koefisien dari variabel prediktor

Uji T mempunyai hipotesis bahwa :

$H_0$  = koefisien regresi tidak signifikan

$H_1$  = koefisien regresi signifikan

Dalam pengambilan keputusan, uji T membandingkan statistik T hitung dengan statistik T tabel. Jika statistik T hitung  $<$  statistik T tabel, maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak. Jika statistik T hitung  $>$  statistik T tabel, maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima.

Sementara dasar pengambilan keputusan dapat dilihat dari daerah penolakan berdasarkan nilai probabilitas, yaitu :

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$  , maka  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$  , maka  $H_0$  ditolak.

#### 4.6.1 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan BOD

Analisis regresi dilakukan untuk mengetahui besarnya hubungan persentase penyisihan BOD dengan ketinggian media dan waktu operasional, hasil uji regresi dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut ini.

**Tabel 4.8 Hasil Uji Regresi antara ketinggian media, waktu operasional (jam) Terhadap persentase (%) penyisihan BOD.**

<b>Regression Analysis: % penyisihan BOD versus Ketinggian m; waktu operasional</b>				
The regression equation is				
% penyisihan = 2,45 + 0,230 Ketinggian media + 4,65 waktu operasional				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	2,450	4,637	0,53	0,614
Ketinggian media	0,23000	0,06024	3,82	0,070
waktu operasional	4,6500	0,2130	21,83	0,000
S = 1,90488    R-Sq = 98,6%    R-Sq(adj) = 98,2%				

Pada tabel 4.8 memuat keterangan sebagai berikut :

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

Pada tabel 4.8 dapat kita ketahui :

a) Analisis regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 2,45 + 0,230 X_1 + 4,65 X_2$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan BOD

$X_1$  = Variasi ketinggian media

$X_2$  = Waktu operasional (jam).

Persamaan regresi pada tabel 4.8 dapat disimpulkan :

- Konstanta sebesar 2,45 yang menyatakan bahwa jika variasi ketinggian dan waktu operasional konstan maka persentase penurunan BOD sebesar 2,45 %.
  - Koefisien regresi sebesar 0,230 untuk variasi ketinggian media ( $X_1$ ) menyatakan bahwa setiap ketinggian media akan menurunkan prosentase penyisihan BOD sebesar 0,230 % dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.
  - Koefisien regresi sebesar 4,65 untuk variasi waktu operasional ( $X_2$ ) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu operasional sebesar 2 jam akan meningkatkan prosentase penyisihan BOD sebesar 4,65 % dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.
- b). Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi ( R Square =  $r^2$  ) sebesar 98,6 %. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi BOD dipengaruhi oleh variasi ketinggian media dan waktu operasional, sedangkan sisanya 1,4 % penurunan penyisihan BOD dipengaruhi oleh faktor lainnya.
- c). Uji t untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas
- Berdasarkan nilai t  
Uji T dilakukan untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5 %, maka  $t_{\alpha/2, n-1}$  tabel distribusi t(0.025,9) didapat 2,262. Nilai t variasi ketinggian media dan variasi waktu operasional pada tabel 4.8 adalah sebesar 3,82 dan 21,83. Untuk variasi ketinggian media t hitung > statistik t tabel jadi keputusannya adalah  $H_0$  ditolak, maka kesimpulannya variasi ketinggian media dan waktu operasional berpengaruh secara signifikan terhadap presentase penyisihan BOD.
  - Berdasarkan probabilitas  
Terlihat pada tabel 4.8 nilai probabilitas (P) untuk variasi ketinggian media sebesar 0,070. Untuk variasi ketinggian media probabilitasnya > 0,05 sehingga  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak atau koefisien regresi tidak



signifikan. Sedangkan untuk variasi waktu operasional sebesar 0,000. Untuk variasi waktu operasional probabilitasnya  $< 0,05$  sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima atau koefisien regresi signifikan.

#### 4.6.2 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan TSS

Analisis regresi dilakukan untuk mengetahui besarnya hubungan persentase penyisihan TSS dengan ketinggian media dan waktu operasional, hasil uji regresi dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut ini:

**Tabel 4.9 Hasil Uji Regresi antara ketinggian media, waktu operasional (jam) Terhadap persentase (%) penyisihan TSS.**

Regression Analysis: % penyisihan TSS versus ketinggian m; waktu operasional				
The regression equation is				
% penyisihan = 18,1 + 0,390 ketinggian media + 6,83 waktu operasional				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	18,050	8,822	2,05	0,080
ketinggian media	0,3900	0,1146	3,40	0,011
waktu operasional	6,8250	0,4052	16,84	0,000
S = 3,62432    R-Sq = 97,7%    R-Sq(adj) = 97,0%				

Pada tabel 4.9 memuat keterangan sebagai berikut :

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

Pada tabel 4.9 dapat kita ketahui :

a) Analisis regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 18,05 + 0,39 X_1 + 6,83 X_2$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan TSS

X1 = Variasi ketinggian media

X2 =Waktu operasional (jam).

Persamaan regresi pada tabel 4.9 dapat disimpulkan :

- Konstanta sebesar 18,05 yang menyatakan bahwa jika variasi ketinggian dan waktu operasional konstan maka persentase penurunan TSS sebesar 18,05 %.
  - Koefisien regresi sebesar 0,39 untuk variasi ketinggian media ( $X_1$ ) menyatakan bahwa setiap ketinggian media akan menurunkan prosentase penyisihan TSS sebesar 0,39 % dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.
  - Koefisien regresi sebesar 6,83 untuk variasi waktu operasional ( $X_2$ ) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu operasional sebesar 2 jam akan meningkatkan prosentase penyisihan TSS sebesar 6,83 % dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.
- b). Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi ( R Square =  $r^2$  ) sebesar 97,7 %. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi TSS dipengaruhi oleh variasi ketinggian media dan waktu operasional, sedangkan sisanya 2,3 % penurunan penyisihan TSS dipengaruhi oleh faktor lainnya.
- c). Uji t untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas
- Berdasarkan nilai t  
Uji T dilakukan untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5 %, maka  $t_{\alpha/2, n-1}$  tabel distribusi t(0.025,9) didapat 2,262. Nilai t variasi ketinggian media dan variasi waktu operasional pada tabel 4.9 adalah sebesar 3,40 dan 16,84. Untuk variasi ketinggian media t hitung > statistik t tabel jadi keputusannya adalah  $H_0$  ditolak, maka kesimpulannya variasi ketinggian media dan waktu operasional berpengaruh secara signifikan terhadap presentase penyisihan TSS.
  - Berdasarkan probabilitas  
Terlihat pada tabel 4.9 nilai probabilitas (P) untuk variasi ketinggian media sebesar 0,011. Untuk variasi ketinggian media probabilitasnya > 0,05 sehingga  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak atau koefisien regresi tidak

signifikan. Sedangkan untuk variasi waktu operasional sebesar 0,000. Untuk variasi waktu operasional probabilitasnya  $< 0,05$  sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima atau koefisien regresi signifikan.

#### 4.7 Analisis ANOVA Two Way

Analisis ANOVA ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh ketinggian media dan waktu operasional terhadap persentase penyisihan BOD dan TSS.

Dalam analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah, yaitu :

$H_0 = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 = 6$  (identik)

$H_1 = 1 \neq 2 \neq 3 \neq 4 \neq 5 \neq 6$  (tidak identik)

Sementara dalam pengambilan keputusan akan didasarkan pada nilai probabilitas dan nilai F hitung, yaitu :

Nilai probabilitas,

Jika probabilitas  $\geq 0,05$  ,  $H_0$  diterima

Jika probabilitas  $< 0,05$  ,  $H_0$  ditolak

Nilai F hitung,

F hitung output  $>$  F tabel,  $H_0$  ditolak

F hitung output  $<$  F tabel,  $H_0$  diterima



##### 4.7.1 Analisis Anova Two Way untuk Persentase Penyisihan BOD

Analisis anova dilakukan untuk mengetahui besarnya pengaruh ketinggian media dan waktu operasional terhadap persentase penyisihan BOD, hasil analisis untuk ketinggian media dan waktu operasional terhadap persentase penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut ini:

**Tabel 4.10 Hasil Uji ANOVA antara ketinggian media, waktu operasional (jam) Terhadap persentase (%) penyisihan BOD.**

<b>Two-way ANOVA: % penyisihan BOD versus Ketinggian media; waktu operasional</b>					
Source	DF	SS	MS	F	P
Ketinggian media	1	52,9	52,90	16,79	0,015
waktu operasional	4	1742,6	435,65	138,30	0,000
Error	4	12,6	3,15		
Total	9	1808,1			

S = 1,775    R-Sq = 99,30%    R-Sq(adj) = 98,43%

Hasil tabel diatas memuat keterangan sebagai berikut :

DF = Derajat Bebas

SS = Variasi Residual

MS = Mean Square

F = Nilai statistik uji (membandingkan dengan nilai tabel F pada lampiran)

P = Nilai Probabilitas (dengan  $\alpha = 0,05$ )

Untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka dari tabel distribusi F ketinggian media didapat  $F_{(0,05.1.4)} = 7,71$  dan tabel distribusi F waktu operasional didapat  $F_{(0,05.4.4)} = 6,39$ . Nilai F hitung output ketinggian media dan waktu operasional secara berturut-turut adalah sebesar 16,79 dan 138,30. Nilai probabilitas ketinggian media dan waktu operasional adalah 0,015 dan 0,000.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu operasional adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung  $>$  F tabel dan nilai  $P < 0,05$ . Artinya bahwa prosentase penyisihan BOD dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi ketinggian media adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung  $>$  F tabel dan nilai  $P \leq 0,05$ . Artinya bahwa prosentase penyisihan BOD dalam perlakuan tersebut tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan. Perbedaan yang signifikan didukung pula adanya kondisi yang beda nyata terjadi

peningkatan prosentase penyisihan BOD pada waktu operasional dari jam ke-0 sampai jam ke-8 yang cukup besar.

Untuk mengetahui perbedaan signifikan, maka dilakukan uji lanjutan salah satunya adalah dengan menggunakan Dunnett's Test. Aturan keputusan dalam Dunnett's Test adalah pertama, apabila dalam interval rata – rata atau antara nilai terendah (*lower*) sampai nilai tertinggi (*upper*) mencakup bilangan 0, maka kesimpulannya adalah tidak ada perbedaan rata – rata. Kedua, apabila nilai level kontrolnya diatas nilai kritis, maka kesimpulannya adalah terdapat perbedaan yang signifikan.

**Tabel 4.11 Dunnett's Test Penyisihan BOD**

Dunnett's comparisons with a control				
Family error rate = 0,05				
Individual error rate = 0,0177				
Critical value = 3,48				
Control = level (0) of waktu operasional				
Intervals for treatment mean minus control mean				
Level	Lower	Center	Upper	-----+-----+-----+-----
-				
2	-1,081	11,500	24,081	(-----*-----)
4	7,419	20,000	32,581	(-----*-----)
6	17,919	30,500	43,081	(-----*-----)
8	24,419	37,000	49,581	(-----*-----)
-				-----+-----+-----+-----
				0 15 30 45

Dari tabel diatas digunakan waktu operasional jam ke 0 (*comparisom control*) untuk membandingkan dengan waktu operasional lainnya. Dari tabel diperoleh data :

- Nilai kritis (*critical value*) = 3.48
- Nilai level waktu operasional jam ke 2 mencakup nilai 0 karena rentang nilai terendah (*lower*) sampai nilai tertinggi (*upper*) adalah -1.081 sampai 24.081.
- Nilai level waktu operasional jam ke 4 tidak mencakup nilai 0 karena rentang nilai terendah (*lower*) sampai nilai tertinggi (*upper*) adalah 7.419 sampai 32.581

- Nilai level waktu operasional jam ke 6 tidak mencakup nilai 0 karena rentang nilai terendah (*lower*) sampai nilai tertinggi (*upper*) adalah 17.919 sampai 43.081
- Nilai level waktu operasional jam ke 8 tidak mencakup nilai 0 karena rentang nilai terendah (*lower*) sampai nilai tertinggi (*upper*) adalah 24.107 sampai 49.581

Keputusan :

Dengan membandingkan nilai tengah (center) dari masing – masing waktu operasional terhadap nilai kritis (kontrol levelnya adalah waktu operasional jam ke 0) menunjukkan bahwa nilai dari waktu operasional jam ke 8 sebesar  $37.0 > 3.48$ . Artinya bahwa waktu operasional jam ke 8 memiliki perbedaan yang signifikan dibanding dengan waktu operasional 0, 2, 4 dan 6 jam dalam penurunan persentase penyisihan BOD.

**4.7.2 Analisis Anova Two Way untuk Persentase Penyisihan TSS**

Analisis anova dilakukan untuk mengetahui besarnya pengaruh ketinggian media dan waktu operasional terhadap persentase penyisihan TSS, hasil analisis untuk ketinggian media dan waktu operasional terhadap persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.12 berikut ini:

**Tabel 4.12 Hasil Uji ANOVA antara ketinggian media, waktu operasional (jam) Terhadap persentase (%) penyisihan TSS.**

<b>Two-way ANOVA: % penyisihan TSS versus Ketinggian media; waktu operasional</b>					
Source	DF	SS	MS	F	P
Ketinggian media	1	152,1	152,10	10,98	0,030
waktu operasiona	4	3763,0	940,75	67,92	0,001
Error	4	55,4	13,85		
Total	9	3970,5			

S = 3,722    R-Sq = 98,60%    R-Sq(adj) = 96,86%

Hasil tabel diatas memuat keterangan sebagai berikut :

- DF = Derajat Bebas
- SS = Variasi Residual



Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.



MS = Mean Square

F = Nilai statistik uji (membandingkan dengan nilai tabel F pada lampiran)

P = Nilai Probabilitas (dengan  $\alpha = 0,05$ )

Untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka dari tabel distribusi F ketinggian media didapat  $F_{(0,05.1.4)} = 7,71$  dan Tabel distribusi F waktu operasional didapat  $F_{(0,05.4.4)} = 6,39$ . Nilai F hitung output ketinggian media dan waktu operasional secara berturut-turut adalah sebesar 10,98 dan 67,92. Nilai probabilitas ketinggian media dan waktu operasional adalah 0,030 dan 0,001.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu operasional adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung  $>$  F tabel dan nilai  $P < 0,05$ . Artinya bahwa prosentase penyisihan TSS dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi ketinggian media adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung  $>$  F tabel dan nilai  $P \leq 0,05$ . Artinya bahwa prosentase penyisihan TSS dalam perlakuan tersebut tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan. Perbedaan yang signifikan didukung pula adanya kondisi yang beda nyata terjadi peningkatan prosentase penyisihan TSS pada waktu operasional dari jam ke-0 sampai jam ke-8 yang cukup besar.

Untuk mengetahui perbedaan signifikan, maka dilakukan uji lanjutan salah satunya adalah dengan menggunakan Dunnet's Test. Aturan keputusan dalam Dunnet's Test adalah pertama, apabila dalam interval rata – rata atau antara nilai terendah (*lower*) sampai nilai tertinggi (*upper*) mencakup bilangan 0, maka kesimpulannya adalah tidak ada perbedaan rata – rata. Kedua, apabila nilai level kontrolnya diatas nilai kritis, maka kesimpulannya adalah terdapat perbedaan yang signifikan.



**Tabel 4.13 Dunnett's Test Penyisihan TSS**

Dunnett's comparisons with a control				
Family error rate = 0,05				
Individual error rate = 0,0177				
Critical value = 3,48				
Control = level (0) of waktu operasional				
Intervals for treatment mean minus control mean				
Level	Lower	Center	Upper	
2	-12,393	10,000	32,393	(-----*-----)
4	-0,393	22,000	44,393	(-----*-----)
6	17,107	39,500	61,893	(-----*-----)
8	31,107	53,500	75,893	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----
				0                    25                    50                    75

Dari tabel diatas digunakan waktu operasional jam ke 0 (*comparisom control*) untuk membandingkan dengan waktu operasional lainnya. Dari tabel diperoleh data :

- Nilai kritis (*critical value*) = 3.48
- Nilai level waktu operasional jam ke 2 mencakup nilai 0 karena rentang nilai terendah (*lower*) sampai nilai tertinggi (*upper*) adalah -12.393 sampai 32.393.
- Nilai level waktu operasional jam ke 4 mencakup nilai 0 karena rentang nilai terendah (*lower*) sampai nilai tertinggi (*upper*) adalah -0.393 sampai 44.393
- Nilai level waktu operasional jam ke 6 tidak mencakup nilai 0 karena rentang nilai terendah (*lower*) sampai nilai tertinggi (*upper*) adalah 17.107 sampai 61.893
- Nilai level waktu operasional jam ke 8 tidak mencakup nilai 0 karena rentang nilai terendah (*lower*) sampai nilai tertinggi (*upper*) adalah 31.107 sampai 75.893

Keputusan :

Dengan membandingkan nilai tengah (center) dari masing – masing waktu operasional terhadap nilai kritis (kontrol levelnya adalah waktu operasional jam

ke 0) menunjukkan bahwa nilai dari waktu operasional jam ke 8 sebesar 53.5 > 3.48. Artinya bahwa waktu operasional jam ke 8 memiliki perbedaan yang signifikan dibanding dengan waktu operasional 0, 2, 4 dan 6 jam dalam penurunan persentase penyisihan TSS.

#### **4.8 Pembahasan**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair Perumahan Pondok Harapan Indah Kota Malang dengan menggunakan reaktor *bio-ball filter* dengan penambahan karbon aktif mampu menurunkan konsentrasi BOD dan TSS.

##### **4.8.1 Penurunan Konsentrasi BOD**

Pada tabel 4.4 dapat diketahui bahwa hasil dari konsentrasi akhir BOD setelah proses pengolahan berkisar antara 97 mg/l - 49 mg/l. Dari gambar 4.3 menunjukkan bahwa persentase penyisihan BOD tertinggi sebesar 57 % yaitu pada variasi ketinggian media karbon aktif 40 cm dan bioball 45 cm (P2) dengan waktu operasional 8 jam, sedangkan persentase penyisihan BOD terendah sebesar 17 % yaitu pada variasi ketinggian media karbon aktif 30 cm dan bioball 35 cm (P1) dengan waktu operasional jam ke 0 (saat effluent pertama keluar).

Variasi tinggi media dengan perbandingan media karbon aktif 40 cm dan bioball 45 cm (P2) lebih banyak terjadi penurunan BOD dibandingkan dengan variasi tinggi media karbon aktif 30 cm dan bioball 35 cm (P1). Hal ini dikarenakan lapisan biomassa melekat atau dikenal dengan lapisan biofilm yang ada pada media reaktor II tumbuh lebih banyak dibandingkan reaktor I. Lapisan ini terbentuk dari bahan organik yang terdekomposisi, karena itu bertindak sebagai suatu saringan yang baik yang berperan untuk meremoval partikel-partikel koloid dalam air baku. Lapisan biofilm ini mengandung mikroorganisme yang hidup pada media untuk mengekstrak nutrisi yang terkandung dalam air limbah yang dilewatkan pada lapisan ini. Lapisan biofilm yang sudah ditumbuhi berkembang pada tahap aklimatisasi ini yang berperan dalam mendegradasi bahan organik, aklimatisasi bertujuan untuk mengadaptasikan mikroba yang terbentuk dengan limbah yang akan diolah (Indriyanti, 2002).

Selain tahap aklimatisasi, pemilihan media pendukung untuk tumbuhnya bakteri sangat mempengaruhi kinerja dari reaktor yang akan digunakan. Faktor-faktor yang mempengaruhi efektifitas media pendukung adalah ukuran dan bentuk, perbandingan luas permukaan dan volume, porositas dan kekasaran permukaan media pendukung, didalam penelitian ini salah satu media yang digunakan adalah bioball, yang mempunyai luas permukaan secara teoritis untuk pertumbuhan biomassa melekat lebih luas daripada media lain secara per satuan media dibandingkan media biofilter lain (Pasir, kerikil, dan batuan). Satu hal yang penting adalah membedakan antara total luas teoritis dengan luas permukaan yang tersedia sebagai substrat untuk pertumbuhan mikroorganisme. Luas permukaan yang terdapat pada pori-pori yang halus tidak selalu dapat membuat mikroorganisme hidup. Pada saat biofilter yang sudah stabil/matang, biomasa bakteri yang menutupi permukaan media menjadi tebal. Selama organisme yang berada pada bagian dalam lapisan hanya mendapat makanan dan oksigen secara difusi, maka bakteri ini memperoleh makanan dan oksigen semakin lama semakin sedikit sejalan dengan bertambah tebalnya lapisan. Secara umum hanya bakteri yang berada dilapisan paling luar yang bekerja secara maksimal. Apabila lapisan bakteri sudah cukup tebal, maka bagian dalam lapisan menjadi anaerobik. Jika hal ini terjadi, lapisan akan kehilangan gaya adhesi terhadap substrat dan kemudian lepas. Apabila bakteri yang mati terdapat dalam celah kecil, maka tidak dapat lepas dan tetap berada dalam biofilter. Hal ini akan menambah beban organik (BOD) dan amoniak dalam biofilter. Media bioball dibuat dari bahan inert dibandingkan media biofilter seperti kayu, kertas atau bahan lain yang dapat terurai biologis tidak cocok digunakan untuk bahan media biofilter. Demikian juga bahan logam seperti besi, aluminium, atau tembaga tidak sesuai karena berkarat sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme (Nusa idaman dan Ruliasih, 2005).

Proses pertumbuhan melekat di dalam reaktor yang terjadi adalah bakteri tumbuh dan berkembang biak diatas suatu media pendukung dengan membentuk suatu lapisan lendir atau biofilm. Mekanisme proses yang terjadi adalah transportasi dan adsorpsi cairan substrat/mikroorganisme ke fasa biofilm, reaksi metabolisme mikroorganisme sehingga terjadi mekanisme pertumbuhan,

kestabilan dan kematian, adanya akumulasi biofilm secara kontinyu pada media dan adanya mekanisme pelepasan biofilm. Keuntungan menggunakan pertumbuhan melekat adalah dapat menghindari penyumbatan, konsentrasi biomassa yang tinggi dapat dicapai, adanya kontak yang baik antara air limbah dengan mikroorganisme dan memberikan waktu yang lama kepada mikroorganisme anaerobik dalam pertumbuhannya. Sehingga dapat memaksimalkan penurunan konsentrasi BOD dalam air limbah (Indriyanti, 2002).

Suatu sistem biofilm yang terdiri dari medium penyangga, lapisan biofilm yang melekat pada medium, lapisan alir limbah dan lapisan udara yang teletak di luar. Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah misalnya senyawa organik (BOD dan COD), amonia, phospor dan lainnya akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam air limbah senyawa polutan tersebut diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomassa (Nusa Idaman Said dan Ruliasih, 2005). Pada proses biodegradasi ini, bahan organik terlarut merupakan sumber makanan bagi mikroorganisme sehingga konsentrasinya menjadi berkurang, sebaliknya jika semakin banyak mikroorganisme yang tumbuh pada lapisan biofilm maka dapat menyebabkan meningkatnya bahan organik (Slamet dan Masduqi, 2000).

Dengan demikian media bioball dan karbon aktif mampu menurunkan BOD dengan efektif menggunakan variasi ketinggian media, Selain ketinggian media persentase penurunan BOD juga dipengaruhi oleh waktu operasional, semakin lama waktu operasional maka penyisihan konsentrasi BOD menjadi semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin besar pula kesempatan adsorben dan lapisan biofilm untuk mengikat material organik dalam limbah cair perumahan. Pori-pori yang terdapat pada adsorben ini mampu menyerap material organik yang terkandung dalam air limbah dan mengurangi konsentrasi BOD. Pada penelitian ini, waktu operasional tertinggi yang dicapai pada penyisihan BOD belum mengalami kondisi titik kejenuhan, yaitu kondisi pada proses adsorpsi dimana adsorben tidak bisa lagi melakukan penyerapan sehingga perlu

dilakukan proses regenerasi yaitu proses pengaktifan kembali atau pergantian adsorben. (Luluk, 2009). Penurunan konsentrasi BOD juga dipengaruhi oleh adanya penambahan media karbon aktif. Proses adsorpsi oleh karbon aktif terjadi karena terperangkapnya molekul adsorbat dalam rongga karbon aktif, sedang pada sisi aktifnya terjadi karena interaksi antara sisi tersebut dengan molekul adsorbat. Pori-pori ini yang nantinya akan menyerap bahan kimia yang terkandung dalam air limbah dan mengurangi konsentrasi partikel tersuspensi dan zat organik (Alfi Rumidatul, 2006).

Analisa korelasi antara ketinggian media terhadap penyisihan BOD lemah karena mendekati 0. Ini menunjukkan bahwa ada pengaruh dari ketinggian media terhadap persentase penurunan BOD, namun memiliki pengaruh yang lemah terhadap persentase penyisihan BOD. Korelasi antara ketinggian media terhadap persentase penyisihan lemah dikarenakan oleh adanya pengaruh dari ketinggian media yang digunakan, dimana semakin tinggi media yang digunakan persentase penurunan BOD juga semakin tinggi namun selisih persentase menurun pada reaktor I dan reaktor II, yaitu 3% pada operasional jam ke 0, 4% pada waktu operasional 2 jam, 9% pada waktu operasional 4 jam, 4% pada waktu operasional 6 jam, dan 3% pada waktu operasional 8 jam. Selisih penurunan konsentrasi BOD yang menurun pada waktu operasional menyebabkan korelasi antara ketinggian media terhadap persentase penyisihan menjadi lemah.

Berdasarkan Kepmen Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik kadar maksimum yang diperbolehkan untuk BOD adalah 100 mg/l. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi akhir BOD 49 mg/l dibawah 100 mg/l, maka memenuhi standart kualitas baku mutu air limbah domestik.

#### **4.8.2 Penurunan Konsentrasi TSS**

Pada tabel 4.5 dapat diketahui bahwa hasil dari konsentrasi akhir TSS setelah proses pengolahan berkisar antara 97 mg/l - 31 mg/l. Dari gambar 4.4 menunjukkan bahwa persentase penyisihan TSS tertinggi sebesar 72 % yaitu pada variasi ketinggian media karbon aktif 40 cm dan bioball 45 cm (P2) dengan waktu

operasional 8 jam, sedangkan persentase penyisihan TSS terendah sebesar 12 % yaitu pada variasi ketinggian media karbon aktif 30 cm dan bioball 35 cm (P1) dengan waktu operasional jam ke 0 (saat effluent pertama keluar).

Variasi tinggi media dengan perbandingan media karbon aktif 40 cm dan bioball 45 cm (P2) lebih banyak terjadi penurunan TSS dibandingkan dengan variasi tinggi media karbon aktif 30 cm dan bioball 35 cm (P1). Hal ini dikarenakan media adsorpsi yaitu karbon aktif yang ada pada reaktor II lebih banyak dibandingkan reaktor I. Media filtrasi berupa butiran seperti karbon aktif sering digunakan dalam pengolahan air limbah. Butiran partikel ini mempunyai kemampuan adsorpsi sehingga sering digunakan dalam meremoval kontaminan biologi dan kimia dalam air limbah (Cheremisnoff, 2002). Penurunan konsentrasi TSS juga dipengaruhi oleh adanya lapisan biofilm yang menempel pada permukaan bioball. Mikroorganisme yang menempel pada permukaan media filter akan memanfaatkan oksigen untuk mengoksidasi senyawa organik dalam limbah cair sehingga TSS menjadi berkurang (Sahani, 2008).

Pada umumnya partikel tersuspensi memiliki ukuran lebih besar dari pada 1 mikron dan untuk partikel koloid mempunyai ukuran antara 1 milimikron hingga 1 mikron (Alaerts G dan Sumestri, 1984). Karbon aktif yang akan digunakan sebagai media, diaktivasi terlebih dahulu melalui proses pemanasan sehingga pori-porinya terbuka, dengan demikian akan mempunyai daya serap yang tinggi. Dengan terbukanya pori-pori pada karbon aktif, maka karbon aktif mampu menyerap molekul lain yang mempunyai ukuran lebih kecil dari ukuran porinya. Proses adsorpsi oleh karbon aktif terjadi karena terperangkapnya molekul adsorbat dalam rongga karbon aktif, sedang pada sisi aktifnya terjadi karena interaksi antara sisi tersebut dengan molekul adsorbat. Pori-pori ini yang nantinya akan menyerap bahan kimia yang terkandung dalam air limbah dan mengurangi konsentrasi partikel tersuspensi dan zat organik. Dengan semakin banyaknya pori-pori yang ada di dalam karbon aktif maka luas permukaan adsorben tersebut menjadi sangat besar. Dengan semakin besar luas permukaan akan semakin efektif untuk melakukan penyerapan dan mengurangi konsentrasi partikel tersuspensi dan zat organik (Alfi Rumidatul, 2006). Adsorben merupakan salah satu faktor yang

penting dalam proses adsorpsi, dan sering digunakan dalam proses adsorpsi ialah padatan berpori seperti zeolit, silika gel, dan karbon aktif. Dari beberapa jenis adsorben tersebut yang paling banyak digunakan ialah karbon aktif, hal ini disebabkan karbon aktif memiliki luas permukaan yang lebih tinggi dari adsorban-adsorban yang lain sehingga dapat mengadsorpsi lebih banyak molekul (Mahmud Sudibandriyo dan lidia, 2011).

Mekanisme adsorpsi dapat diterangkan sebagai berikut : molekul adsorbat berdifusi melalui suatu lapisan batas ke permukaan luar adsorben (disebut difusi eksternal); sebagian ada yang teradsorpsi di permukaan luar, sebagian besar berdifusi lanjut di dalam pori-pori adsorben (disebut difusi internal). Proses adsorpsi pada karbon aktif terjadi melalui tiga tahap dasar, yaitu zat terserap pada bagian luar, zat bergerak menuju pori-pori karbon dan zat terserap ke dinding bagian dalam dari karbon ([repository.ipb.ac.id](http://repository.ipb.ac.id)). Menurut Azah dan Rudyanto (1984) daya serap arang aktif dapat terjadi karena adanya pori-pori mikro yang sangat banyak yang dapat menimbulkan gejala kapiler yang menyebabkan timbulnya daya serap, juga pengaruh permukaan yang luas dari arang aktif, dan pada kondisi bervariasi hanya sebagian permukaan yang mempunyai daya serap, hal ini karena permukaan arang aktif bersifat heterogen, penyerapannya hanya terjadi pada permukaan yang aktif saja.

Selain ketinggian media persentase penurunan TSS juga dipengaruhi oleh waktu operasional, semakin lama waktu operasional maka penyisihan konsentrasi TSS menjadi semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin besar pula kesempatan adsorben untuk mengikat partikel tersuspensi dan zat organik dalam limbah cair. Pengendapan yang terjadi juga semakin lama sehingga efisiensinya semakin besar, waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik (Alfi Rumidatul, 2006).

Analisa korelasi antara ketinggian media terhadap penyisihan TSS lemah karena mendekati 0. Ini menunjukkan bahwa ada pengaruh dari ketinggian media terhadap persentase penurunan TSS, namun memiliki pengaruh yang lemah terhadap persentase penyisihan TSS. Korelasi antara ketinggian media terhadap

persentase penyisihan lemah dikarenakan oleh adanya pengaruh dari ketinggian media yang digunakan, dimana semakin tinggi media yang digunakan persentase penurunan TSS juga semakin tinggi namun selisih persentase menurun pada reaktor I dan reaktor II, yaitu 3% pada operasional jam ke 0, 5% pada waktu operasional 2 jam, 5% pada waktu operasional 4 jam, 16% pada waktu operasional 6 jam, dan 10% pada waktu operasional 8 jam. Selisih penurunan konsentrasi TSS yang menurun pada waktu operasional menyebabkan korelasi antara ketinggian media terhadap persentase penyisihan menjadi lemah.

Berdasarkan Kepmen Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik kadar maksimum yang diperbolehkan untuk TSS adalah 100 mg/l. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi akhir TSS 31 mg/l dibawah 100 mg/l, maka memenuhi standart kualitas baku mutu air limbah domestik.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Reaktor bioball filter dengan penambahan karbon aktif mampu menurunkan konsentrasi BOD hingga 57 % dari konsentrasi 116 mg/l menjadi 49 mg/l. Sedangkan konsentrasi TSS dapat diturunkan hingga 72 % dari konsentrasi 110 mg/l menjadi 31 mg/l, sehingga hasil penelitian memenuhi baku mutu yang ada.
2. Semakin tinggi ketinggian media bioball dan karbon aktif, maka semakin efektif menurunkan BOD dan TSS pada limbah domestik, seiring dengan semakin lama waktu operasional.

#### **5.2 Saran**

1. Perlu dilakukan penelitian dengan menambah jenis media adsorben untuk meningkatkan efektifitas reaktor.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait dengan kinerja reaktor bioball filter terhadap parameter-parameter yg lain.
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menambah variasi ketinggian media dan interval waktu operasional sehingga dapat diketahui sejauh mana reaktor bioball filter mencapai kondisi titik jenuh dalam menurunkan konsentrasi pencemar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Sri Santika S, 1987. **Metode Penelitian Air**. Usaha Nasional, Surabaya.
- Anonim, 2013. **Mekanisme adsorpsi**. <http://repository.ipb.ac.id> ( diakses tanggal 13 Juli 2013 pukul 20.35 WIB)
- Anonim, 2013. **Karbon Aktif**. <http://www.purewatercare.com> ( diakses tanggal 14 Juli 2013 pukul 20.28 WIB)
- Anonim, 2013. **Pencemaran Air Sungai Parah**. <http://www.ampl.or.id> ( diakses tanggal 21 Maret 2013 pukul 21.03 WIB)
- Anonim, 2013. **Kurangi Limbah Domestik, BLH Jatim Kembangkan IPAL Komunal**. <http://pusdaling.jatimprov.go.id> ( diakses tanggal 21 Maret 2013 pukul 19.07 WIB)
- Anonim, 2010. **Teknik Analisis Pencemaran Lingkungan**. Laboratorium Teknik Lingkungan ITN, Malang.
- Anonim, 2005. **Karakteristik Limbah Domestik atau Perkotaan**. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Arvin.E and Harremoes.P , 1990, **Concept And Model For Biofilm Reaktor Performance**, dalam Technical Advance in biofilm reaktors. Water Science and Technology. Bernard. J. (editor). Vol .22.Printed in Great Britain.
- Azah, D dan J.S. Rudiyanto. 1984. **Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Inti sawit**. Balai Penelitian dan Pengembangan Industri, Medan.
- Cheremisinoff, N.P, 2002. **Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies**. Butterworth-Heinemann, United State of America.
- Edahwati, Luluk dan Suprihatin. **Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, dan Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah**. Surabaya: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan. UPN Veteran. 2009.
- Gardy, C.P.L & Lim,H.C, 1980, **Biological Wastewater Treatment : Teory and Treatment**, by Marcell Deker INC, New York
- Ginting, Perdana. **Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri**. Bandung. 2007.

- Hariyadi, Sigit. **BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah**. Bogor: Makalah Pengantar Falsafat Sains , Sekolah Pascasarjana/S3, IPB, 2004
- Iriawan, N dan Astuti, S.P, 2006. **Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14**. Andi. Yogyakarta.
- Indriyanti. **Proses Pembenihan (Seeding) Dan Aklimatisasi Pada Reaktor Tipe Fixed Bed**. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2002.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003. **Baku Mutu Air Limbah Domestik**. Deputi MENLH Bidang Kebijakan dan Kelembagaan Lingkungan Hidup. Jakarta
- Maherystiawan, Ade, 2011. **Penggunaan Reaktor Biosand Filter dengan Penambahan Tembikar dan Karbon Aktif Sekam Padi untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Susun (Parameter Terolah: COD, TSS dan Minyak Lemak)**. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITN Malang.
- Marsono, B. D, 1997. **Pengolahan Limbah Cair Biologis**. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS Surabaya.
- Masduqi, dan Slamet, 2000. **Satuan Proses . Fakultas Teknik Lingkungan ITS, Surabaya**.
- Metcalf and Eddy, 1991. **Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, Reuse, Revised by Geo Tchobanoglous**, Tata Mc Graw-Hil Publising Company LTD, New Delhi
- Rumidatul, Alfi. **Efektivitas arang aktif sebagai adsorben pada pengolahan air limbah**. Thesis, Institut Pertanian Bogor. 2006.
- Sahani, Wahyu, 2008. **Pengaruh Ketebalan Media Filter dan Kebutuhan Oksigen Terhadap Penurunan Kadar TSS, BOD, COD dan Koliform Pada Limbah Cair Rumah Sakit**. Skripsi, Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan. Makasar.
- Sintjak, 2010. **Analisa kinerja horizontal bio-ball filter Untuk Pengolahan Limbah Domestik**. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS Surabaya.
- Said, Nusa Idaman dan Ruliasih. **Aspek Teknis Pemilihan Media Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah**. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2005.

Sugiharto, 1987. **Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah**, Universitas Indonesia, Jakarta.

Sudibandriyo, mahmud dan Lidia. **Karakteristik Luas Permukaan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Dengan Aktivasi Kimia**. Jakarta: Jurnal Teknik Kimia. Universitas Indonesia. 2011.

Yung, Kathleen .2003. **Biosand Filtration : Application in the Developing World**. Civil Engineering, University of Waterloo.

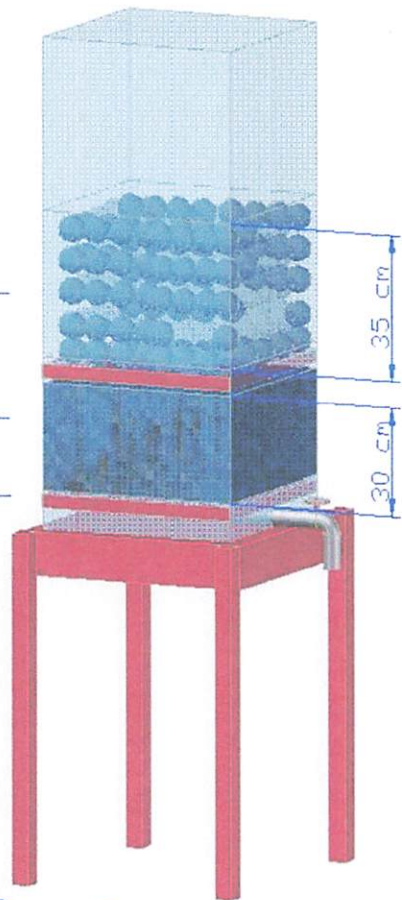
# Lampiran

# Desain Reaktor

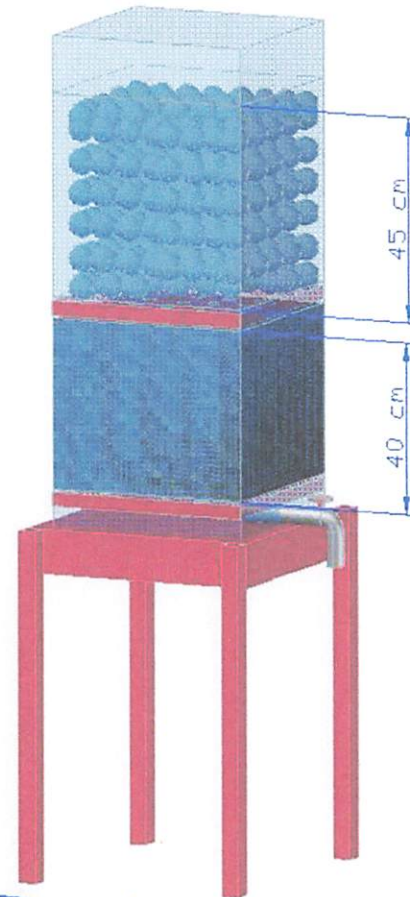
Media bioball

Media karbon aktif

Perforated baffle



Reaktor 1



Reaktor 2





**Lampiran**

**Baku Mutu KEPMEN**

**LH No.112 Tahun 2003**



SALINAN



KEPUTUSAN  
MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP  
NOMOR 112 TAHUN 2003  
TENTANG  
BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK

MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP,

Menimbang : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 21 ayat (1) Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, maka dipandang perlu menetapkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik;

- Mengingat :
1. Undang-undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Tahun 1997 Nomor 68, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3699);
  2. Undang-undang Nomor 22 Tahun 1999 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Tahun 1999 Nomor 60, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3839);
  3. Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 1999 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Tahun 1999 Nomor 59, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3838);
  4. Peraturan Pemerintah Nomor 25 Tahun 2000 tentang Kewenangan Pemerintah dan Kewenangan Provinsi Sebagai Daerah Otonom (Lembaran Negara Tahun 2000 Nomor 54, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3952);
  5. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lembaran Negara Tahun 2001 Nomor 153, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4161);



- Keputusan Presiden Nomor 2 Tahun 2002 tentang Perubahan Atas Keputusan Presiden Nomor 101 Tahun 2001 tentang Kedudukan, Tugas, Fungsi, Kewenangan, Susunan Organisasi, Dan Tata Kerja Menteri Negara;

#### MEMUTUSKAN :

Menetapkan : KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP  
TENTANG BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK.

#### Pasal 1

Dalam Keputusan ini yang dimaksud dengan :

- Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restauran*), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama;
- Baku mutu air limbah domestik adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah domestik yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan;
- Pengolahan air limbah domestik terpadu adalah sistem pengolahan air limbah yang dilakukan secara bersama-sama (kolektif) sebelum dibuang ke air permukaan;
- Menteri adalah Menteri yang ditugasi untuk mengelola lingkungan hidup dan pengendalian dampak lingkungan.

#### Pasal 2

- Baku mutu air limbah domestik berlaku bagi usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restauran*), perkantoran, perniagaan dan apartemen.
- Baku mutu air limbah domestik sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) berlaku untuk pengolahan air limbah domestik terpadu.

#### Pasal 3

Baku mutu air limbah domestik adalah sebagaimana tercantum dalam lampiran Keputusan ini.

#### Pasal 4

Baku mutu air limbah domestik dalam keputusan ini berlaku bagi :

- a. semua kawasan permukiman (real estate), kawasan perkantoran, kawasan perniagaan, dan apartemen;
- b. rumah makan (restauran) yang luas bangunannya lebih dari 1000 meter persegi; dan
- c. asrama yang berpenghuni 100 (seratus) orang atau lebih.

#### Pasal 5

Baku mutu air limbah domestik untuk perumahan yang diolah secara individu akan ditentukan kemudian.

#### Pasal 6

- (1) Baku mutu air limbah domestik daerah ditetapkan dengan Peraturan Daerah Provinsi dengan ketentuan sama atau lebih ketat dari ketentuan sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini.
- (2) Apabila baku mutu air limbah domestik daerah sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) belum ditetapkan, maka berlaku baku mutu air limbah domestik sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini.

#### Pasal 7

Apabila hasil kajian Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup atau hasil kajian Upaya Pengelolaan Lingkungan dan Upaya Pemantauan Lingkungan dari usaha dan atau kegiatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 mensyaratkan baku mutu air limbah domestik lebih ketat, maka diberlakukan baku mutu air limbah domestik sebagaimana yang dipersyaratkan oleh Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup atau Upaya Pengelolaan Lingkungan dan Upaya Pemantauan Lingkungan .

#### Pasal 8

Setiap penanggung jawab usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan dan apartemen wajib :

- a. melakukan pengolahan air limbah domestik sehingga mutu air limbah domestik yang dibuang ke lingkungan tidak melampaui baku mutu air limbah domestik yang telah ditetapkan;
- b. membuat saluran pembuangan air limbah domestik tertutup dan kedap air sehingga tidak terjadi perembesan air limbah ke lingkungan.
- c. membuat sarana pengambilan sample pada *outlet* unit pengolahan air limbah.



#### Pasal 9

- (1) Pengolahan air limbah domestik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 8 dapat dilakukan secara bersama-sama (kolektif) melalui pengolahan limbah domestik terpadu.
- (2) Pengolahan air limbah domestik terpadu harus memenuhi baku mutu limbah domestik yang berlaku

#### Pasal 10

- (1) Pengolahan air limbah domestik terpadu sebagaimana dimaksud dalam Pasal 8 menjadi tanggung jawab pengelola.
- (2) Apabila pengolahan air limbah domestik sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) tidak menunjuk pengelola tertentu, maka tanggung jawab pengolahannya berada pada masing-masing penanggung jawab kegiatan

#### Pasal 11

Bupati/Walikota wajib mencantumkan persyaratan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 dalam izin pembuangan air limbah domestik bagi usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama.

#### Pasal 12

Menteri meninjau kembali baku mutu air limbah domestik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 secara berkala sekurang-kurangnya sekali dalam 5 (lima) tahun.

#### Pasal 13

Apabila baku mutu air limbah domestik daerah telah ditetapkan sebelum keputusan ini :

- a. lebih ketat atau sama dengan baku mutu air limbah sebagaimana dimaksud dalam Lampiran Keputusan ini, maka baku mutu air limbah domestik tersebut tetap berlaku;
- b. lebih longgar dari baku mutu air limbah sebagaimana dimaksud dalam Lampiran Keputusan ini, maka baku mutu air limbah domestik tersebut wajib disesuaikan dengan Keputusan ini selambat-lambatnya 1 (satu) tahun setelah ditetapkannya Keputusan ini.

#### Pasal 14

Pada saat berlakunya Keputusan ini semua peraturan perundang-undangan yang berkaitan dengan baku mutu air limbah domestik bagi usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama yang telah ada, tetap berlaku sepanjang tidak bertentangan dengan Keputusan ini.

Pasal 15

Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di: Jakarta  
pada tanggal : 10 Juli 2003

Menteri Negara  
Lingkungan Hidup,

ttd

**Nabiel Makarim, MPA, MSM**

Salinan sesuai dengan aslinya  
Deputi MENLH Bidang Kebijakan  
Dan Kelembagaan Lingkungan Hidup,

**Hoetomo, MPA.**

**Lampiran**  
**Cara Kerja Analisa**  
**Parameter Uji**

## Metode Analisis Angka Permanganat (Bahan Organik)

### 1. Metode

Titration permanganometri

### 2. Prinsip

Zat organik dioksidasi oleh  $\text{KMnO}_4$  berlebih dalam suasana asam dan panas

### 3. Pereaksi

#### 3.1 Larutan $\text{KMnO}_4$ 0,1 N

3,16 gr  $\text{KMnO}_4$  dilarutkan dalam air destilasi lalu diencerkan hingga volumenya tepat 1 liter.

#### 3.2 Larutan $\text{KMnO}_4$ 0,01 N

100 ml larutan  $\text{KMnO}_4$  0,1 N dipipet, kemudian diencerkan dalam air destilasi hingga volumenya tepat 1 liter.

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

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

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

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

#### 3.5 Larutan $\text{H}_2\text{SO}_4$ 8 N bebas zat organik

222 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat dituangkan sedikit demi sedikit ke dalam labu ukur 1000 ml yang sebelumnya telah diisi air suling. Dinginkan dan encerkan sampai 1 liter dalam labu ukur tersebut. Pindahkan ke gelas piala dan tetesi dengan larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai berwarna merah muda. Panaskan pada temperatur  $80^\circ\text{C}$  selama 10 menit, bila warna merah muda hilang selama pemanasan tambah kembali larutan  $\text{KMnO}_4$  sampai warna stabil.



#### 4. Cara Kerja

##### 4.1 Pembebasan labu erlenmeyer dari zat organik

- 100 ml air keran dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer dan tambahkan beberapa batu didih.
- Tambahkan 5 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  8 N dan tetes demi tetes larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai cairan berwarna merah muda.
- Panaskan di atas hot plate dan biarkan mendidih selama 10 menit.
- Jika selama mendidih warna merah muda hilang, tambahkan lagi larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai warnanya tidak hilang. Lalu buang cairan dalam erlenmeyer. (dinginkan)

##### 4.2 Pemeriksaan zat organik

- 100 ml contoh air dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer bebas zat organik
- Tambahkan 5 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  8 N dan tetes demi tetes larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai cairan berwarna merah muda.
- Panaskan di atas hot plate dan biarkan mendidih pada suhu  $70^\circ\text{C}$ .
- Jika selama mendidih warna merah muda hilang, tambahkan lagi larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai warnanya stabil. ( $\pm$  5 menit) (dinginkan).
- Tambahkan 10 ml larutan baku  $\text{KMnO}_4$  0,01 N kemudian tambahkan lagi hingga mendidih selama 10 menit, suhu  $100^\circ\text{C}$ .
- Setelah itu tambahkan 10 ml larutan baku asam oksalat 0,01 N (temperatur  $80-70^\circ\text{C}$ )
- Selanjutnya titrasi dengan larutan baku  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai menunjukkan warna merah muda.
- Catat volume  $\text{KMnO}_4$  0,01 N yang dibutuhkan (10 ml + ml titrasi), apabila pemakaian larutan baku  $\text{KMnO}_4$  0,01 N lebih dari 7 ml (titrasi), ulangi analisa dengan cara mengencerkan larutan uji.





### 4.3 Standardisasi $\text{KMnO}_4$

- Ukur 100 ml air suling secara duplo dan masukkan dalam erlenmeyer 250 ml, panaskan sampai suhu  $\pm 70^\circ\text{C}$  (dinginkan)
- Tambahkan 5 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  8 N bebas zat organik
- Tambahkan 10 ml larutan baku asam oksalat 0,01 N
- Titrasi dengan larutan baku  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai menunjukkan warna merah muda.
- Catat volume  $\text{KMnO}_4$  yang dibutuhkan untuk titrasi, apabila perbedaan pemakaian larutan baku lebih kecil atau  $\leq 0,1$  ml maka hasilnya dirata-rata. (Nilai yang di dapat pada standardisasi  $\text{KMnO}_4$  digunakan untuk perhitungan normalitas larutan baku  $\text{KMnO}_4$ )

### 5. Perhitungan

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

Dengan penjelasan :

A = ml larutan baku  $\text{KMnO}_4$  yang dipakai untuk titrasi (total)

B = normalitas larutan baku  $\text{KMnO}_4$

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

Dengan penjelasan :

$V_1$  = ml larutan baku asam oksalat

$V_2$  = ml larutan baku  $\text{KMnO}_4$  yang dipakai untuk titrasi

$N_1$  = normalitas larutan baku asam oksalat

$N_2$  = normalitas larutan baku  $\text{KMnO}_4$  yang dicari

p = faktor pengenceran larutan uji

## Metode Analisis *Biological Oxygen Demand* (BOD)

### 1. Metode

Metode titrimetri

### 2. Prinsip

Analisis BOD terlarut dilakukan untuk mengetahui besarnya BOD terlarut awal dari air limbah sebelum dilaksanakan penelitian, yang nantinya akan dibandingkan dengan BOD terlarut *effluent* sehingga dapat diketahui penyisihan BOD<sub>5</sub> yang terjadi. Sampel yang digunakan untuk menganalisis BOD<sub>5</sub> terlarut terlebih dahulu disaring agar sampel terbebas dari padatan tersuspensi maupun koloid.

### 3. Pereaksi

- 3.1 MnSO<sub>4</sub>
- 3.2 NaOH
- 3.3 KI
- 3.4 NaN<sub>3</sub>
- 3.5 Amilum
- 3.6 Natrium thiosulfat
- 3.7 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

### 4. Cara Kerja

- Isi botol winkler dengan sampel air hingga penuh
- Tambahkan 2 ml larutan mangan sulfat (MnSO<sub>4</sub>) dengan pipet di bawah permukaan air
- Tambahkan 2 ml larutan alkali – iodide – azida
- Botol ditutup, dikocok dengan membolak – balik beberapa kali, biarkan 10 menit
- Botol diinkubasi pada suhu 25°C selama 5 hari
- Kemudian buang 100 ml larutan jernih dengan pipet

- Tambahkan 2 ml asam sulfat pekat  $H_2SO_4$ , kocok kemudian pindahkan ke Erlenmeyer
- Titrasi dengan thiosulfat hingga terjadi warna kuning muda
- Tambahkan indikator amylum, sampai timbul warna biru
- Titrasi dengan thiosulfat sampai warna biru hilang pertama kali.

## 5. Perhitungan

$$DO \text{ (mg/l)} = \frac{a \times n \times 8000}{V - 4}$$

Dengan penjelasan :

DO = dissolved oksigen (mg/l)

a = volume natrium thiosulfat 1 dan 2 (ml)

n = normalitas natrium thiosulfat (mg/l)

v = volume botol winkler (ml)

$$BOD \text{ (mg/l)} = DO_0 - DO_5$$

$DO_0$  = oksigen terlarut pada t = 0 hari

$DO_5$  = oksigen terlarut pada t = 5 hari

## **Metode Analisis TSS (Total Suspended Solid)**

### **1. Metode**

Gravimetri

### **2. Prinsip**

Bila zat padat dalam sampel dipisahkan dengan menggunakan filter kertas atau filter fiber glass (serabut kaca) dan kemudian zat padat yang tertahan pada filter dikeringkan pada suhu 105°C. Maka berat residu sesudah pengeringan adalah zat padat tersuspensi.

### **3. Peralatan**

3.1 Cawan porselen

3.2 Oven

3.3 Desikator

3.4 Neraca Analitis

3.5 Filter kertas

### **4. Cara Kerja**

4.1 Panaskan filter kertas di dalam oven pada suhu 150°C selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator selama 15 menit dan kemudian timbang dengan cepat. Pemanasan biasanya cukup 1 jam. Namun pemanasan perlu diulang sampai didapatkan berat yang konstan atau kehilangan berat sesudah pemanasan ulang kurang dari 0,5 mg.

4.2 Sampel yang sudah dikocok merata, sebanyak 100 ml dipindahkan dengan menggunakan pipet, ke dalam alat penyaringan atau cawan yang sudah ada filter kertas di dalamnya. Kemudian saring.

4.3 Filter kertas diambil dari alat penyaring dengan hati-hati dan masukan dalam oven untuk pemanasan pada suhu 105°C selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator dan kemudian timbang dengan cepat.

## 5. Perhitungan

$$\text{TSS (mg/l)} = \frac{(a-b) \times 1000}{c}$$

Dimana :

a = berat filter dan residu sesudah pemanasan 105°C (mg)

b = berat filter kering (sesudah pemanasan) (mg)

c = volume sampel (ml)

# Lampiran

## Data Hasil Analisa



### HASIL ANALISIS SAMPEL

A.n : Angga Pratama (NIM : 07.26.019)

Alamat : Teknik Lingkungan ITN Malang

Lokasi : Perumahan Pondok Harapan Indah. Kota Malang

Tanggal analisis sampel : 23 Mei – 11 Juni 2013



#### 1) Analisis BOD

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir BOD reaktor I (mg/l)			
			1	2	3	Rata-rata
1	116	0	96	98	96	97
2	116	2	83	82	84	83
3	116	4	78	76	75	76
4	116	6	59	63	64	62
5	116	8	54	53	54	54

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir BOD reaktor II (mg/l)			
			1	2	3	Rata-rata
1	116	0	92	94	91	92
2	116	2	78	81	77	79
3	116	4	65	64	69	66
4	116	6	55	58	58	57
5	116	8	48	50	50	49



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



2) Analisis TSS

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir TSS Reaktor I (mg/l)			
			1	2	3	Rata-rata
1	110	0	99	97	96	97
2	110	2	87	85	88	87
3	110	4	76	71	73	73
4	110	6	58	64	60	61
5	110	8	42	44	39	42

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir TSS reaktor II (mg/l)			
			1	2	3	Rata-rata
1	110	0	92	95	93	93
2	110	2	84	80	81	82
3	110	4	70	67	69	69
4	110	6	39	41	48	43
5	110	8	29	30	33	31





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



### 3) Analisis bahan organik

#### Reaktor I

Hari ke	Tanggal	temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	23-Mei	26,2	6,9	20,86	0	0
2	24-Mei	26,5	7,2	18,33	2,528	12,12
3	25-Mei	26,3	7,3	17,38	0,948	5,17
4	26-Mei	26,2	7,2	15,48	1,896	10,91
5	27-Mei	25,6	7,1	14,85	0,632	4,08
6	28-Mei	26,8	6,8	12,32	2,528	17,02
7	29-Mei	26,6	6,8	11,38	0,948	7,69
8	30-Mei	25,7	7,2	9,80	1,58	13,89
9	31-Mei	25,9	7,5	9,16	0,632	6,45
10	01-Jun	26,1	7,3	8,53	0,632	6,90
11	02-Jun	26,4	7,4	7,58	0,948	11,11
12	03-Jun	26,1	6,8	6,64	0,948	12,50
13	04-Jun	25,4	6,5	6,00	0,632	9,52
14	05-Jun	25,3	7,3	5,37	0,632	10,53
15	06-Jun	26,5	7,3	4,74	0,632	11,76
16	07-Jun	26,3	7,2	4,11	0,632	13,33
17	08-Jun	26,1	7,1	3,79	0,316	7,69



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



Hari ke	Tanggal	temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
18	09-Jun	26,2	7,3	3,48	0,316	8,33
19	10-Jun	26,4	7,4	3,16	0,316	9,09

### Reaktor II

Hari ke	Tanggal	temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	23-Mei	26,2	6,9	27,49	0	0
2	24-Mei	26,3	7,1	23,38	4,108	14,94
3	25-Mei	26,5	7,3	19,59	3,792	16,22
4	26-Mei	26,2	7,2	17,38	2,212	11,29
5	27-Mei	25,8	7,1	16,43	0,948	5,45
6	28-Mei	25,8	6,8	15,17	1,264	7,69
7	29-Mei	25,8	6,8	13,27	1,896	12,50
8	30-Mei	25,7	7,2	12,01	1,264	9,52
9	31-Mei	25,9	7,4	10,43	1,58	13,16
10	01-Jun	26,1	6,8	9,80	0,632	6,06
11	02-Jun	26,2	7,3	9,16	0,632	6,45
12	03-Jun	26,1	7,6	8,22	0,948	10,34
13	04-Jun	25,4	7,5	7,27	0,948	11,54



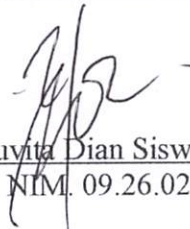
LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
Kampus 1 Jl.Bendungan Sigura-gura No.2  
Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax (0341) 553015) Extension 187  
Malang 65145



Hari ke	Tanggal	temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
14	05-Jun	25,5	6,9	6,64	0,632	8,70
15	06-Jun	26,5	7,3	6,00	0,632	9,52
16	07-Jun	26,3	7,2	5,37	0,632	10,53
17	08-Jun	26,1	7,4	4,74	0,632	11,76
18	09-Jun	26,2	7,3	4,42	0,316	6,67
19	10-Jun	26,4	7,2	4,11	0,316	7,14
20	11-Jun	26,4	7,4	3,79	0,316	7,69

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


  
Yuvia Dian Siswanti  
NIM. 09.26.020

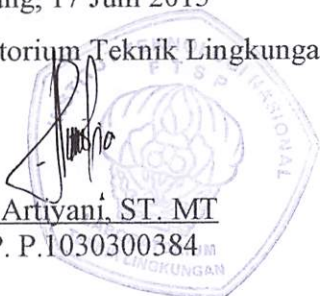
Mahasiswa

  
Angga Pratama  
NIM. 07.26.019

Malang, 17 Juni 2013

Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan

  
Anis Artiyani, ST. MT  
NIP. P.1030300384

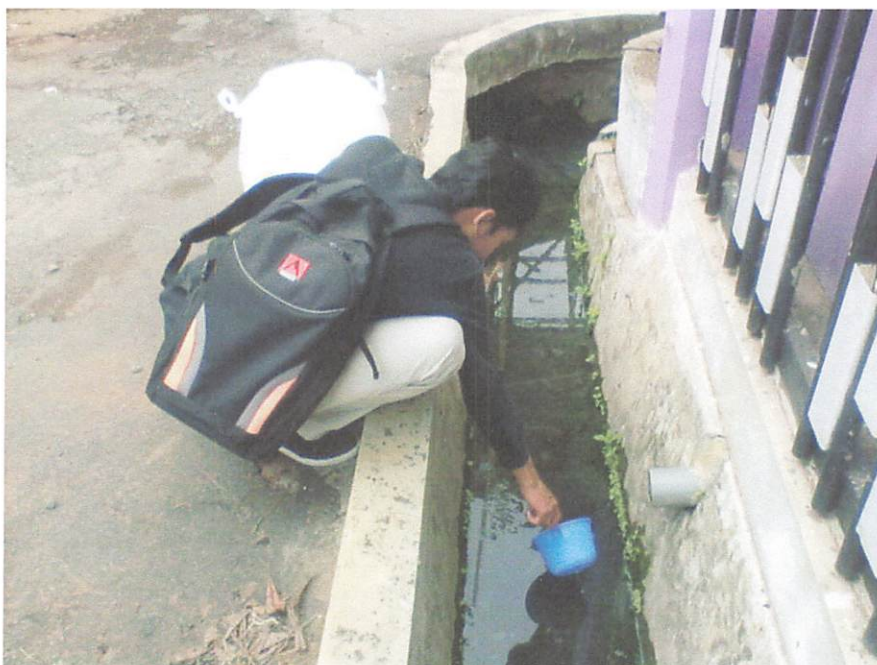


**Lampiran**  
**Dokumentasi**  
**Penelitian**





Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel



Gambar 2. Pengambilan Sampel

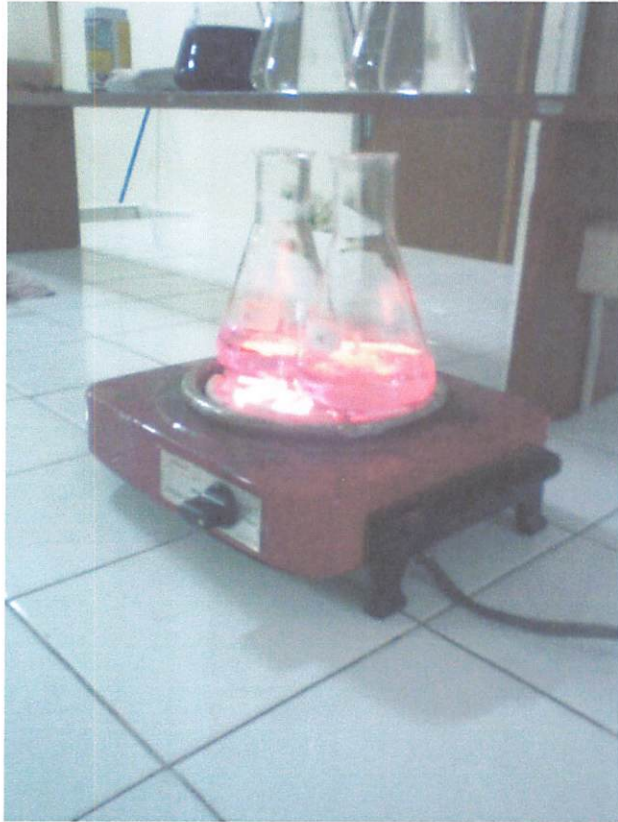


Gambar 3. Reaktor Biofilter dengan tinggi media karbon aktif 30 cm : bioball 35 cm pada reaktor I dan karbon aktif 40 cm : bioball 45 cm pada reaktor II.



Gambar 4. Pencucian media





Gambar 5. Analisis Bahan Organik



Gambar 6. Analisis BOD



Gambar 7. Analisis TSS

## Terima Kasih.....

Segala puji bagi Allah SWT dengan sebaik-baik pujian, puji yang tidak bisa diungkapkan dengan kata. Bagi-Mu puji atas iman dan islam yang Engkau anugerahkan. Maha mulia Engkau, Maha suci nama-nama Mu.

Bapak, (almarhumah) ibu, dan adik yang selalu menjaga dan menguatkan hidup saya untuk tetap terus berjalan pada satu tujuan. Bapak yang selalu membimbing dan memberikan nasehat tanpa pernah lelah, adik semoga saya bisa sedikit memberikan panutan dan bimbingan ke depannya, (almarhumah) Ibu semoga mendapat terbaik di sisi-Nya, seandainya kebersamaan kita dibatasi oleh garis bukan waktu, saya ingin catatan kecil ini ibu baca.

Om, tante, helmi, hilda dan ita terima kasih untuk dukungan dan doa yang tidak pernah segan-segan diberikan, setiap sore menunggu kabar dari kesempurnaan catatan kecil ini.

Ibu Candra Dwiratna, ST. MT, Ibu Evy Hendriarianti, ST. MMT, Ibu Anis Artiyani, ST. MT, Bapak Sudiro, ST. MT dan Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, Msi terima kasih atas bimbingan, nasehat, saran, kritik dan dukungan yang telah diberikan. Membuat dari kurang baik menjadi lebih baik dan tidak mengerti menjadi mengerti, untuk selalu belajar dan memahami. Anda semua adalah inspirasi saya dalam bidangnya.

Humairoh Suhastrri .L, bersama saya menjalani perjalanan menuju kematangan pemikiran. Junaidin Mansyur, kawan menghabiskan waktu ketika jenuh datang, yang selalu memberikan semangat dengan tawa. Yael Dannis .A. Yolanda Olivia A.P. Ronna Rahayu dan Yanuar Tajmi yang menemani saya dengan kebersamaan, bertukar pikiran, cerita dan apapun itu, serta keluarga Teknik Lingkungan 2007, kalian adalah teman-teman saya yang luar biasa.

Seluruh civitas teknik lingkungan yang membantu saya ketika berpikir, mohon maaf untuk terima kasih yang belum sempat terucap yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu, terima kasih atas bantuan dan doanya sehingga catatan kecil ini lebih berarti.