

# **SKRIPSI**

**Pengaruh Ketinggian Media Terhadap Efektifitas Reaktor *Biosand Filter*  
Untuk Mengolah Limbah Cair Domestik Perumahan Sawojajar I**



DISUSUN OLEH:  
PRABHAVALI AJI ASTIRA (09.26.005)

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

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**Pengaruh Ketinggian Media Terhadap Efektifitas Reaktor *Biosand Filter*  
Untuk Mengolah Limbah Cair Domestik Perumahan Sawojajar I**

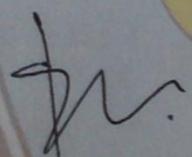
Oleh :  
**Prabhavali Aji Astira**

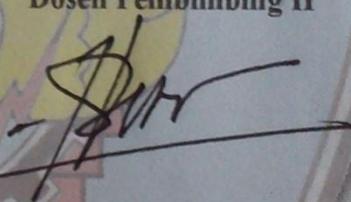
(09.26.005)

Mengetahui  
**Dosen Pembimbing**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

  
**Evy Hendriarianti, ST. MT**  
NIP. P.1030300382

  
**Dr. Ir Herv Setvobudiarso, MSc.**  
NIP.196106201991031002

Mengetahui

**Ketua Jurusan Teknik Lingkungan**



**(Candra Dwi Ratna, ST.MT)**  
NIP. Y. 1030000349



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

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

BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

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

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

NAMA : PRABHAVALI AJI ASTIRA

NIM : 09.26.005

JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN

JUDUL : PENGARUH KETINGGIAN MEDIA TERHADAP EFEKTIFITAS  
REAKTOR *BIOSAND FILTER* UNTUK MENGOLAH LIMBAH  
CAIR DOMESTIK PERUMAHAN SAWOJAJAR I

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

Pada Hari : KAMIS

Tanggal : 22 AGUSTUS 2013

Dengan Nilai: 79,33 ( B<sup>+</sup> )

**PANITIA UJIAN SKRIPSI**

**Ketua**

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

**Sekretaris**

Evy Hendrianti, ST, MMT  
NIP. Y. 1030300382

**ANGGOTA PENGUJI**

**Dosen Pembahas I**

Sadiro ST, MT.  
NIP. Y.1039900327

**Dosen Pembahas II**

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

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul *“Pengaruh Ketinggian Media Terhadap Efektifitas Reaktor Biosand Filter Untuk Mengolah Limbah Cair Domestik Perumahan Sawojajar I”* ini tepat pada waktunya.

Skripsi ini disusun setelah melalui penelitian, analisa data dan pembahasan dari data yang telah diperoleh dari penelitian. Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, kerja sama dan bimbingan dari semua pihak. Dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Ibu Candra Dwiratna, ST. MT., selaku dosen Wali dan Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
2. Ibu Evy Hendriarianti, ST. MMT., selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Dr.Ir Hery Setyobudiarso, MSc., selaku Dosen Pembimbing II.
4. Dosen-dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
5. Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2009 dan semua pihak yang telah membantu dan memberi dukungan dalam penyusunan laporan skripsi ini.

Kesadaran akan masih banyaknya kekurangan atas laporan ini, membuat penyusun berharap akan adanya masukan dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi yang kami susun.

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

Malang, Agustus 2013

Penyusun

---

---

Astira, Prabhavali Aji., Hendriarianti, E., Setyobudiarso, H., 2013. **The Effect of Media Height in Determining the Effectiveness of Reactor Biosand Filter for the Treatment of Domestic Liquid Disposal Waste in Sawojajar I housing.** Thesis of Environmental Engineering National Institut of Technology Malang.

---

---

## ABSTRACT

Household disposal which is not optimally treated can be the cause of disease, distortion of water organism, the increase of BOD levels in water, rise of Eutrophication and the decline of environmental esthetic. The high rate of expenses in constructing, maintaining and place needed for the installation of household disposal device caused the developers of housing rarely yet reaches to never in making the waste disposal devices. As a result, based on KEPMEN Negara LH No. 112 in 2003 the number of liquid waste is being disposed in environment is exceeding its safety levels. In that case, it is strongly needed a cheap and efficient methods to treat the household disposal. For resolving, the use of Reactor *Biosand Filter* (RSBF) with addition of *activated carbon* is strongly recommended. This Research aims to measure the effectiveness in every media as the Reactor effective time in reducing the concentration of COD, TSS and fats consist in liquid disposal waste in Sawo Jajar I Housing. This Research used Reactor *Biosand Filter*-Continuous flow with variety in height of fine sand, hoggin, active carbon and gravel which is differs in all three reactors. In operational time variation the length which used on is 0, 5 and 10 hours. As the testing parameter, COD, TSS and fats contained in waste will be used. After doing treatment of RSBF, the best result in reducing COD concentration found on RSBF with the height variety in media 40 : 25 : 10 :15 on the 10<sup>th</sup> hours with efficiency of COD 72.66%, TSS 96.48% and fats 61,97%. Meanwhile, for media in variety of height on 30 : 35 : 15 : 15 the waste got reduction in COD 70.38%, TSS 95.47% and fats 61.18%. And the last, for RSBF in height of media 35 : 30 :20 : 15 got reduction on COD 69.58%, TSS 95% and fats 60.51%. The decrease of Pollutant concentration is the result of biochemical process, filtration and absorption of RSBF with the addition of *activated carbon*.

---

---

**Keyword :** household liquid disposal waste, COD, TSS, fats, *biosand filter*, *activated carbon*

---

---

---

Astira, Prabhavali Aji., Hendriarianti, E., Setyobudiarso, H., 2013. **Pengaruh Ketinggian Media Terhadap Efektifitas Reaktor Biosand Filter Untuk Mengolah Limbah Cair Domestik Perumahan Sawojajar I.** Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

---

## ABSTRAKSI

Limbah cair rumah tangga yang tidak diolah secara optimal dapat menimbulkan gangguan terhadap kesehatan, gangguan terhadap biota perairan, peningkatan nilai BOD di badan air, peningkatan eutrofikasi dan gangguan estetika. Mahalnya biaya yang harus dikeluarkan untuk pembuatan maupun perawatan instalasi pengolahan limbah rumah tangga serta keberadaan lahan yang besar kadang membuat para pengembang perumahan tidak membuat instalasi pengolahan limbah, sehingga air limbah yang dibuang ke lingkungan melebihi baku mutu menurut KEPMEN Negara LH No. 112 Tahun 2003. Karenanya, diperlukan suatu metode pengolahan limbah rumah tangga yang relatif murah dan efisien, yaitu menggunakan Reaktor *Biosand Filter (RBSF)* dengan penambahan *activated carbon*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas dari setiap media dan waktu efektif dari reaktor dalam menurunkan konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair Perumahan SawojajarI. Penelitian ini menggunakan Reaktor *Biosand Filter* aliran kontinyu dengan variasi ketinggian media pasir halus, pasir kasar, karbon aktif dan kerikil yang berbeda pada ketiga reaktor. Variasi waktu operasional yang digunakan 0, 5 dan 10 jam. Parameter pencemar yang diuji adalah COD, TSS dan minyak lemak. Setelah dilakukan pengolahan menggunakan RBSF penurunan konsentrasi COD tertinggi terdapat pada RBSF dengan variasi ketinggian media 40 : 25 : 10 : 15 pada jam ke-10 dengan efisiensi sebesar 72,66%, TSS sebesar 96,48% dan minyak lemak sebesar 61,97%. Sedangkan untuk RBSF dengan variasi ketinggian media 30 : 35 : 15 : 15 memiliki penurunan konsentrasi COD sebesar 70,38%, TSS sebesar 95,47% dan minyak lemak sebesar 61,18%. Dan untuk RBSF dengan variasi ketinggian media 35 : 30 : 20 : 15 memiliki penurunan konsentrasi COD sebesar 69,58%, TSS sebesar 95% dan minyak lemak sebesar 60,51%. Penurunan konsentrasi polutan terjadi dikarenakan adanya proses biokimia, filtrasi, dan adsorpsi pada RBSF dengan penambahan *activated carbon*.

---

**Kata Kunci** : limbah cair rumah tangga, COD, TSS, minyak-lemak, *biosand filter*, *activated carbon*.

---

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b>	i
<b>LEMBAR BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI</b>	ii
<b>KATA PENGANTAR</b>	iii
<b>ABSTRAKSI</b>	iv
<b>DAFTAR ISI</b>	v
<b>DAFTAR TABEL</b>	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.2.1 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Lingkup Penelitian	6
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Air Limbah	7
2.1.1. Sumber Limbah Rumah Tangga ( <i>Domestic Wastewater</i> )	8
2.1.2. Karakteristik Air Limbah Domestik	8
2.1.3. Kandungan Limbah Rumah Tangga	10
2.2. Kriteria Desain Slow Sand Filter	11
2.3. Reaktor <i>Biosand Filter (BSF)</i>	12
2.3.1. Mekanisme Penyisihan Kontaminan Dalam <i>Biosand Filter</i>	13
2.3.2. Aklimatisasi	15
2.3.3. Lapisan <i>Biofilm</i> dan <i>Schmutzdecke</i>	16
2.3.4. Pematangan Lapisan <i>Biofilm</i>	17
2.3.5. Pembersihan Reaktor <i>Bioand Filter</i>	17
2.4. Media Filter	18
2.4.1. Pasir	18
2.4.2. Karbon Aktif	18

2.4.2.1.1.	Pembuatan Karbon Aktif	19
2.4.3.	Kerikil	20
2.5.	Parameter Air Limbah	20
2.5.1.	<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	20
2.5.2.	<i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	21
2.5.3.	Minyak dan Lemak	21
2.6.	Metode Pengolahan Data	23
2.6.1.	Statistik Deskriptif dan Inferensi	23
2.6.2.	Analisa Korelasi	24
2.6.3.	Analisa Regresi	25
2.6.4.	Analisa ANOVA	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>		
3.1	Umum	28
3.2	Jenis Penelitian	28
3.3	Objek Penelitian	28
3.4	Lokasi Penelitian	29
3.5	Variabel Penelitian	29
3.5.1	Variabel Tetap	29
3.5.2	Variabel Terikat	30
3.5.3	Variabel Bebas	30
3.6	Bahan dan Alat Penelitian	31
3.6.1	Bahan	31
3.6.2	Alat Penelitian	31
3.6.2.1	Karbon Aktif - Biosand Filter (BFS)	31
3.6.2.2	Reservoar	31
3.7	Pelaksanaan Penelitian	32
3.7.1	Persiapan Media Pasir Halus, Kasar, Kerikil, dan Karbon Aktif	32
3.7.1.1	Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa	32
3.7.2	Persiapan Alat	33
3.7.2.1	Biosand Filter	33

3.7.2.2	Operasional Reaktor <i>Biosand Filter</i> (BSF)	35
3.7.2.3	Proses Sampling	36
3.7.2.3	Pengujian Sampel Awal	37
3.8	Aklimatisasi	37
3.9	Pengukuran COD, TSS dan Minyak Lemak	37
3.10	Mekanisme/Tahapan Penelitian dengan Reaktor <i>Biosand Filter</i>	38
3.11	Analisis Data	39
3.12	Kesimpulan dan Saran	39
3.13	Kerangka Penelitian	40

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

4.1.	Karakteristik Limbah Cair Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang	41
4.2	Penyisihan Bahan Organik Pada Tahap Aklimatisasi	42
4.3	Konsentrasi COD, TSS, dan Minyak Lemak Setelah Proses	47
4.4	Pengolahan Data	51
4.4.1	Persentase Penurunan COD	51
4.4.2	Persentase Penurunan TSS	53
4.4.3	Persentase Penurunan Minyak dan Lemak	55
4.5	Analisis Deskriptif	58
4.5.1	Analisis Deskriptif Penurunan COD	58
4.5.1.1	Analisis Deskriptif Penurunan COD Secara Kumulatif	58
4.5.1.2	Analisis Deskriptif Penurunan COD Pada Masing-Masing Outlet	59
4.5.2	Analisis Deskriptif Penurunan TSS	62
4.5.2.1	Analisis Deskriptif Penurunan TSS Secara Kumulatif	62
4.5.2.2	Analisis Deskriptif Penurunan TSS Pada Masing-Masing Outlet	64
4.5.3	Analisis Deskriptif Penurunan Minyak Lemak	66
4.5.3.1	Analisis Deskriptif Penurunan Minyak Lemak Secara Kumulatif	66

4.5.3.2	Analisis Deskriptif Penurunan Minyak Lemak Pada Masing-Masing Outlet	66
4.6	Analisis Korelasi	71
4.6.1	Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan COD dan Waktu	72
4.6.2	Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan TSS dan Waktu Operasional	74
4.6.3	Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan Minyak dan Lemak (M.L) dan Waktu Operasional	76
4.6.4	Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan COD dan Tinggi Media	78
4.6.5	Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan TSS dan Ketinggian Media	80
4.6.7	Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan Minyak dan Lemak (M.L) dan Ketinggian Media	82
4.7	Analisis Regresi	84
4.7.1	Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan COD	85
4.7.2	Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan TSS	92
4.7.3	Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan Minyak dan Lemak (M.L)	98
4.8	Analisis ANOVA One Way	104
4.8.1	Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan COD	105
4.8.2	Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan TSS	108
4.8.3	Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak	111
4.8.4	Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan COD	114
4.8.5	Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan TSS	117
4.8.6	Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak	120

4.9	Pembahasan	
4.9.1	Penurunan Konsentrasi TSS	123
4.9.2	Penurunan Konsentrasi COD	130
4.9.3	Penurunan Konsentrasi Minyak dan Lemak	137

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan	147
5.2	Saran	149

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Fisik Limbah Domestik	9
Tabel 2.2 Komposisi Limbah Cair Rumah Tangga	10
Tabel 2.3 Perbedaan Antara Saringan Pasir Lambat Dengan Saringan Pasir Cepat	9
Tabel 3.1 Tinggi/Ketebalan Media Filter yang Digunakan	30
Tabel 4.1 Karakteristik Air Limbah Domestik Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang	41
Tabel 4.2 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor I	42
Tabel 4.3 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor II	44
Tabel 4.4 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor III	45
Tabel 4.5 Konsentrasi COD Pada Reaktor I Setelah Proses	47
Tabel 4.6 Konsentrasi COD Pada Reaktor II Setelah Proses	47
Tabel 4.7 Konsentrasi COD Pada Reaktor III Setelah Proses	48
Tabel 4.8 Konsentrasi TSS Pada Reaktor I Setelah Proses	48
Tabel 4.9 Konsentrasi TSS Pada Reaktor II Setelah Proses	49
Tabel 4.10 Konsentrasi TSS Pada Reaktor III Setelah Proses	49
Tabel 4.11 Konsentrasi MinyakLemak Pada Reaktor I Setelah Proses	50
Tabel 4.12 Konsentrasi MinyakLemak Pada Reaktor II Setelah Proses	50
Tabel 4.13 Konsentrasi MinyakLemak Pada Reaktor III Setelah Proses	51
Tabel 4.13 Tinggi/Ketebalan Media Filter yang Digunakan	51
Tabel 4.14 Persentase Penurunan Konsentrasi COD pada Reaktor I	52
Tabel 4.15 Persentase Penurunan Konsentrasi COD pada Reaktor II	52
Tabel 4.16 Persentase Penurunan Konsentrasi COD pada Reaktor III	53
Tabel 4.17 Persentase Penurunan Konsentrasi TSS pada Reaktor I	54
Tabel 4.18 Persentase Penurunan Konsentrasi TSS pada Reaktor II	54
Tabel 4.19 Persentase Penurunan Konsentrasi TSS pada Reaktor III	55
Tabel 4.20 Persentase Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak pada Reaktor I	56

Tabel 4.21 Persentase Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak pada Reaktor II	57
Tabel 4.22 Persentase Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak pada Reaktor III	55
Tabel 4.23 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan COD(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji I	72
Tabel 4.24 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan COD(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji II	73
Tabel 4.25 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan COD(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji III	73
Tabel 4.26 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan TSS(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji I	74
Tabel 4.27 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan TSS(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji II	75
Tabel 4.28 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan TSS(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji III	75
Tabel 4.29 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan M.L(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji I	66
Tabel 4.30 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan M.L(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji II	77
Tabel 4.31 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan M.L(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji III	77
Tabel 4.32 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan COD(%) Terhadap Ketinggian Meia (cm) pada Reaktor Uji I	78
Tabel 4.33 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan COD(%) Terhadap Ketinggian Meia (cm) pada Reaktor Uji II	79
Tabel 4.34 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan COD(%) Terhadap Ketinggian Meia (cm) pada Reaktor Uji III	79
Tabel 4.35 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan TSS(%) Terhadap Ketinggian Meia (cm) pada Reaktor Uji I	80

Tabel 4.36 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan TSS(%) Terhadap Ketinggian Meia (cm) pada Reaktor Uji II	81
Tabel 4.37 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan TSS(%) Terhadap Ketinggian Meia (cm) pada Reaktor Uji III	81
Tabel 4.38 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan M.L(%) Terhadap Ketinggian Meia (cm) pada Reaktor Uji I	82
Tabel 4.39 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan M.L(%) Terhadap Ketinggian Meia (cm) pada Reaktor Uji II	83
Tabel 4.40 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan M.L(%) Terhadap Ketinggian Meia (cm) pada Reaktor Uji III	84
Tabel 4.41 Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan COD(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji I	85
Tabel 4.42 Hasil Uji Kelinearan Analisis Regresi Persen Penyisihan COD(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji I	86
Tabel 4.43 Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan COD(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji II	87
Tabel 4.44 Hasil Uji Kelinearan Analisis Regresi Persen Penyisihan COD(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji II	88
Tabel 4.45 Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan COD(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji III	89
Tabel 4.46 Hasil Uji Kelinearan Analisis Regresi Persen Penyisihan COD(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji III	90
Tabel 4.47 Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan TSS(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji I	92
Tabel 4.48 Hasil Uji Kelinearan Analisis Regresi Persen Penyisihan TSS(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji I	92

Tabel 4.49	Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan TSS(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji II	94
Tabel 4.50	Hasil Uji Kelinearan Analisis Regresi Persen Penyisihan TSS(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji II	94
Tabel 4.51	Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan TSS(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji III	96
Tabel 4.52	Hasil Uji Kelinearan Analisis Regresi Persen Penyisihan TSS(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji III	96
Tabel 4.53	Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan M.L(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji I	98
Tabel 4.54	Hasil Uji Kelinearan Analisis Regresi Persen Penyisihan M.L(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji I	100
Tabel 4.55	Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan M.L(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji II	100
Tabel 4.56	Hasil Uji Kelinearan Analisis Regresi Persen Penyisihan M.L(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji II	102
Tabel 4.57	Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan M.L(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji III	102
Tabel 4.58	Hasil Uji Kelinearan Analisis Regresi Persen Penyisihan M.L(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji III	105
Tabel 4.58	Hasil Uji ANOVA Waktu Operasional (Jam) Terhadap Persen Penyisihan COD (%) Terhadap Reaktor Uji I	105
Tabel 4.59	Hasil Uji ANOVA Waktu Operasional (Jam) Terhadap Persen Penyisihan COD (%) Terhadap Reaktor Uji II	106
Tabel 4.60	Hasil Uji ANOVA Waktu Operasional (Jam) Terhadap Persen Penyisihan COD (%) Terhadap Reaktor Uji III	107

Tabel 4.61	Hasil Uji ANOVA Waktu Operasional (Jam) Terhadap Persen Penyisihan TSS (%) Terhadap Reaktor Uji I	108
Tabel 4.62	Hasil Uji ANOVA Waktu Operasional (Jam) Terhadap Persen Penyisihan TSS (%) Terhadap Reaktor Uji II	109
Tabel 4.63	Hasil Uji ANOVA Waktu Operasional (Jam) Terhadap Persen Penyisihan TSS (%) Terhadap Reaktor Uji III	110
Tabel 4.64	Hasil Uji ANOVA Waktu Operasional (Jam) Terhadap Persen Penyisihan M.L (%) Terhadap Reaktor Uji I	111
Tabel 4.65	Hasil Uji ANOVA Waktu Operasional (Jam) Terhadap Persen Penyisihan M.L (%) Terhadap Reaktor Uji II	112
Tabel 4.66	Hasil Uji ANOVA Waktu Operasional (Jam) Terhadap Persen Penyisihan M.L (%) Terhadap Reaktor Uji III	113
Tabel 4.67	Hasil Uji ANOVA Ketinggian Media (cm) Terhadap Persen Penyisihan COD (%) Terhadap Reaktor Uji I	114
Tabel 4.68	Hasil Uji ANOVA Ketinggian Media (cm) Terhadap Persen Penyisihan COD (%) Terhadap Reaktor Uji II	115
Tabel 4.69	Hasil Uji ANOVA Ketinggian Media (cm) Terhadap Persen Penyisihan COD (%) Terhadap Reaktor Uji III	116
Tabel 4.70	Hasil Uji ANOVA Ketinggian Media (cm) Terhadap Persen Penyisihan TSS (%) Terhadap Reaktor Uji I	117
Tabel 4.71	Hasil Uji ANOVA Ketinggian Media (cm) Terhadap Persen Penyisihan TSS (%) Terhadap Reaktor Uji II	118
Tabel 4.72	Hasil Uji ANOVA Ketinggian Media (cm) Terhadap Persen Penyisihan TSS (%) Terhadap Reaktor Uji III	119
Tabel 4.73	Hasil Uji ANOVA Ketinggian Media (cm) Terhadap Persen Penyisihan M.L (%) Terhadap Reaktor Uji I	120
Tabel 4.74	Hasil Uji ANOVA Ketinggian Media (cm) Terhadap Persen Penyisihan M.L (%) Terhadap Reaktor Uji II	121
Tabel 4.75	Hasil Uji ANOVA Ketinggian Media (cm) Terhadap Persen Penyisihan M.L (%) Terhadap Reaktor Uji III	122

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Unit <i>Biosand Filter</i>	12
Gambar 2.2 Fase Pertumbuhan Bakteri	15
Gambar 2.2 Skema Zat Padat	21
Gambar 3.1 Reaktor <i>Biosand Filter</i>	34
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 4.1 Persen (%) Penyisihan Bahan Organik pada Reaktor I Saat Aklimatisasi	43
Gambar 4.2 Persen (%) Penyisihan Bahan Organik pada Reaktor II Saat Aklimatisasi	44
Gambar 4.3 Persen (%) Penyisihan Bahan Organik pada Reaktor III Saat Aklimatisasi	45
Gambar 4.4 Persentase Penurunan Konsentrasi COD Reaktor I	58
Gambar 4.5 Persentase Penurunan Konsentrasi COD Reaktor II	58
Gambar 4.6 Persentase Penurunan Konsentrasi COD Reaktor III	59
Gambar 4.7 Kemampuan masing-Masing Outlet Dalam Menurunkan COD (%) Pada Reaktor I	60
Gambar 4.8 Kemampuan masing-Masing Outlet Dalam Menurunkan COD (%) Pada Reaktor II	60
Gambar 4.9 Kemampuan masing-Masing Outlet Dalam Menurunkan COD (%) Pada Reaktor III	61
Gambar 4.10 Persentase Penurunan Konsentrasi TSS Reaktor I	62
Gambar 4.11 Persentase Penurunan Konsentrasi TSS Reaktor II	63
Gambar 4.12 Persentase Penurunan Konsentrasi TSS Reaktor III	63
Gambar 4.13 Kemampuan masing-Masing Outlet Dalam Menurunkan TSS (%) Pada Reaktor I	64
Gambar 4.14 Kemampuan masing-Masing Outlet Dalam Menurunkan TSS (%) Pada Reaktor II	65
Gambar 4.15 Kemampuan masing-Masing Outlet Dalam Menurunkan TSS (%) Pada Reaktor III	65

Gambar 4.16 Persentase Penurunan Konsentrasi M.L Reaktor I	67
Gambar 4.17 Persentase Penurunan Konsentrasi M.L Reaktor II	67
Gambar 4.18 Persentase Penurunan Konsentrasi M.L Reaktor III	68
Gambar 4.19 Kemampuan masing-Masing Outlet Dalam Menurunkan MInyak Lemak (%) Pada Reaktor III	69
Gambar 4.20 Kemampuan masing-Masing Outlet Dalam Menurunkan MInyak Lemak (%) Pada Reaktor III	69
Gambar 4.21 Kemampuan masing-Masing Outlet Dalam Menurunkan MInyak Lemak (%) Pada Reaktor III	70

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, pertumbuhan penduduk dunia menunjukkan *trend* peningkatan yang sangat pesat. Data survei resmi *United Nation* dalam *The 2010* (Laporan data jumlah penduduk dengan mengakomodasi survei populasi terbaru di seluruh dunia) *Revision* mengestimasi bahwa jumlah penduduk dunia akan mencapai 7 miliar di akhir tahun 2011 sehingga dapat dikatakan bahwa jumlah penduduk dunia meningkat lebih dari dua kali lipat dari 2,53 miliar pada tahun 1950. Diperkirakan bahwa jumlah penduduk ini akan menjadi 9 miliar pada tahun 2050 dan 10 miliar pada tahun 2100. Tambahan 3 miliar penduduk hingga tahun 2100 akan meningkatkan jumlah penduduk di negara berkembang yang diprediksi akan meningkat dari 5,7 miliar pada tahun 2011 menjadi 8 miliar pada tahun 2050 dan 8,8 miliar pada tahun 2100. Sementara itu, populasi di negara maju diperkirakan akan meningkat sedikit dari 1,24 miliar pada tahun 2011 menjadi 1,34 miliar pada tahun 2100. Peningkatan jumlah penduduk ini tentu saja akan berdampak juga pada peningkatan akan kebutuhan air bersih.

Air bersih merupakan kebutuhan utama bagi kehidupan manusia, dimana dengan ketersediaan air bersih akan meningkatkan taraf hidup dan kesehatan masyarakat. Kebutuhan air akan meningkat seiring meningkatnya jumlah penduduk. Seakan sudah menjadi hukum alamiah, setiap adanya peningkatan akan kebutuhan air, maka akan meningkat pula buangan (air limbah) yang dihasilkan dari aktivitas sehari-hari masyarakat (Suriawiria, 2001). Air limbah hasil dari kegiatan sehari-hari masyarakat biasanya disebut air limbah domestik.

Air limbah domestik menurut Robert Kudoatie (2003) dalam Sahutorin Siregar (2004) adalah air bekas yang tidak dapat dipergunakan lagi untuk tujuan semula baik yang mengandung kotoran manusia (*black water*) atau dari aktivitas dapur, kamar mandi dan cuci (*grey water*) dimana kualitasnya 50-70% dari rata-rata pemakaian air bersih (120-140 L/orang/hari) dan mengandung 90% cairan. Seperti yang disampaikan Suriawiria (2001) di negara berkembang seperti

Indonesia pencemaran oleh air limbah domestik merupakan jumlah pencemar terbesar (85%) yang masuk ke badan air. Sedang di negara maju pencemar domestik merupakan 15% dari seluruh pencemar yang memasuki badan air. Efek yang dapat ditimbulkan akibat membuang limbah domestik secara langsung ke saluran drainase dan/atau badan air tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu diantaranya adalah gangguan terhadap kesehatan, gangguan terhadap biota perairan, peningkatan nilai BOD di badan air, peningkatan eutrofikasi, infiltrasi ke air tanah dan gangguan estetika.

Pengolahan air limbah domestik mayoritas masih belum dilakukan. Masih banyak kota-kota di Indonesia yang belum memiliki sistem pengolahan limbah secara terpusat (*off site*). Hanya ada 2,33% wilayah di Indonesia yang memiliki sistem pengolahan *off site*, antara lain Medan, Denpasar, Jogjakarta (Kementrian Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2003).

Pada kawasan perumahan Kota Malang, khususnya di Kawasan Perumahan Sawojajar I Kelurahan Sawojajar Kecamatan Kedungkandang belum memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik. Di Kota Malang sendiri, hanya memiliki satu IPAL yang terdapat di Kelurahan Mergosono (Profil Kabupaten/Kota Malang, 2003). Keterbatasan biaya dalam pembangunan IPAL domestik menjadi masalah tersendiri. Selain keterbatasan biaya, adanya keterbatasan tenaga operator dalam bidang pengoperasian IPAL, serta diperlukan lahan yang luas untuk pembangunan IPAL domestik menyebabkan teknologi tersebut sukar untuk diwujudkan. Belum lagi biaya perawatan dan operasionalnya (Hindarko, 2003). Sehingga diperlukan suatu teknologi baru yang sederhana, mudah dan murah serta terjangkau dalam sistem pengoperasian dan perawatannya.

Salah satu teknologi tepat guna yang berpotensi mampu mengolah limbah domestik adalah *Biosand Filter*. *Biosand filter* merupakan salah satu pengembangan dari *Slow Sand Filter*. Selama proses penyaringan, air yang diolah akan dilewatkan pada media filter dengan kecepatan aliran yang rendah. *Biosand Filter* dikembangkan dalam memenuhi kebutuhan air bersih dan sehat pada negara-negara berkembang. Pada beberapa contoh manfaat penerapan dari teknologi ini

adalah mampu mencapai 99,99% untuk menghilangkan bakteri virus tipus, mampu menurunkan hingga 83% - 99,6% bakteri E.coli, mampu menurunkan kandungan besi dan arsen dengan rata-rata efisiensi penurunan 93% (dinegara Nepal), dan mampu menurunkan kekeruhan dan jumlah padatan dalam air hingga 75% . Keuntungan teknologi ini selain murah, membutuhkan sedikit pemeliharaan dan beroperasi secara grafitasi ([www.BioSandFilter.org](http://www.BioSandFilter.org)).

Penelitian tentang biosand filter sebelumnya pernah dilakukan oleh Chairi Abdillah, Ade Maherysetiawan. Chairi Abdillah (2011) dengan penelitiannya yang berjudul Penggunaan Reaktor Biosand Filter dengan Penambahan Karbon Aktif Sekam Padi untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Susun mampu menurunkan konsentrasi TSS dengan efisiensi 95,72%, konsentrasi COD dengan efisiensi 69,23% dan konsentrasi minyak dan lemak sebesar 56,35%. Sedangkan Ade Maherysetiawan (2011) dengan penelitiannya yang berjudul Penggunaan Reaktor Biosand Filter Dengan Penambahan Gerabah dan Karbon Aktif untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Susun mampu menurunkan konsentrasi TSS dengan efisiensi 90,1%, konsentrasi COD dengan efisiensi 69,2% dan konsentrasi minyak dan lemak sebesar 70,5%. Namun dalam penelitian-penelitian sebelumnya, hanya melihat efektifitas media filtrasi secara keseluruhan, padahal setiap media memiliki kemampuan dan efektifitas yang berbeda-beda dalam menurunkan nilai COD, TSS, dan minyak lemak. Untuk itu penelitian ini dilakukan guna melihat seberapa besar efektifitas dari masing-masing media dalam menurunkan nilai COD, TSS dan minyak lemak, sehingga untuk kedepannya dapat menjadi bahan pertimbangan dalam merencanakan pengolahan limbah cair domestik agar tidak terjadi *over design* (desain berlebih) dalam penggunaan media filter selama pengolahan. Ditinjau dari dari aspek keilmuan teknik lingkungan bahwa masing-masing media filter memiliki kemampuan dalam penurunan parameter terukur. Seperti pada media pasir, menurut Tri Joko (2010), pasir yang memiliki pori-pori (ruang antar pasir) yang cukup kecil, mengakibatkan partikel-partikel yang mempunyai ukuran butir lebih besar dari ruang antar butir media pasir dapat tertahan, yang secara langsung dapat berperan dalam penurunan nilai COD, TSS dan minyak lemak. Variasi yang digunakan

dalam penelitian ini adalah ketebalan media dan waktu operasional limbah terhadap media dengan hipotesa awal bahwa semakin lama waktu operasional dan semakin tinggi ketebalan media, efektifitas penurunan parameter terukur akan semakin tinggi pula.

Hal ini didukung oleh hasil penelitian yang dilakukan Zamrul (2011), dimana dalam penelitiannya dilakukan variasi ketinggian media dan waktu detensi dalam penurunan parameter COD, TSS, dan minyak lemak pada limbah domestik kawasan Perumahan Sawojajar. Dengan efektifitas tertinggi dicapai oleh reaktor ke tiga pada waktu detensi 12 jam dengan susunan media pasir halus setebal 40cm (diameter 0,2mm), pasir kasar setebal 25cm (diameter 0,3mm), karbon aktif setebal 20cm (diameter 0,2mm) dan kerikil dengan diameter 10mm dengan tebal 15cm, dimana nilai penurunan yang dicapai TSS sebesar 97,08%, COD sebesar 77,24%, dan minyak lemak sebesar 80,16%. Presentase penurunan parameter terukur ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Chairi Abdillah (2011) dan Ade Maherysetiawan (2011) yang menggunakan variasi waktu detensi hanya 8 jam. Seperti yang dikutip dari Andriani Astuti (2005), waktu detensi yang lebih lama akan memberikan kesempatan untuk terjadi kontak (seperti bereaksi, mengikat, mengendap dan lain-lain) antara air limbah yang diolah dengan media filter. Selain waktu detensi, yang mempengaruhi kurang maksimalnya penurunan parameter terukur pada penelitian Chairi Abdillah dan Ade Maherysetiawan (2011) adalah pada penentuan ketebalan media filter yang digunakan.

Dengan pemilihan serta penggunaan media filter dan waktu kontak yang tepat dan sesuai dapat mencegah terjadinya *over design* (desain berlebih) dalam merencanakan teknologi pengolahan limbah cair domestik dengan teknologi *Biosand Filter*, dan kedepannya diharapkan dapat memberi manfaat dari segi efektifitas biaya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

### **1.2.1 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana efektifitas dari setiap media pada reaktor *Biosand Filter* dalam menurunkan COD, TSS dan minyak lemak di dalam limbah cair domestik yang berasal dari kawasan Perumahan Sawojajar hingga sesuai dengan baku mutu yang ada.
2. Mencari waktu optimum dan komposisi tinggi media yang efektif pada reaktor uji dalam menurunkan nilai COD, TSS dan Minyak Lemak sampai pada standar baku mutu yang ditetapkan.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui efektifitas dari setiap media yang digunakan pada reaktor biosand filter dalam penurunan konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair domestik kawasan Perumahan Sawojajar.
2. Mengetahui waktu optimum dan komposisi tinggi media yang efektif pada reaktor uji untuk menurunkan COD, TSS dan minyak lemak di dalam Limbah domestik kawasan Perumahan Sawojajar I.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini antara lain sebagai berikut ini:

1. Mendapatkan susunan media serta waktu operasional yang paling efektif dari suatu alternatif teknologi pengolahan limbah yang murah, sederhana, dan mudah pengoperasiaannya untuk menurunkan kandungan COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair domestik kawasan Perumahan Sawojajar.
2. Memberikan data dan informasi tentang kemampuan dari setiap media serta waktu operasional optimum yang digunakan di dalam reaktor biosand filter dalam menurunkan kandungan COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair domestik kawasan Perumahan Sawojajar sehingga untuk selanjutnya air tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih.

3. Menekan jumlah biaya dalam pembuatan reaktor terhadap pemakaian media yang berlebihan serta meminimalisir resiko terjadinya penyakit yang disebabkan karena mengkonsumsi air yang tercemar.

### **1.5 Lingkup Penelitian**

Lingkup penelitian ini adalah :

1. Sampel limbah yang digunakan berasal dari limbah cair domestik kawasan Perumahan Sawojajar, yang berasal dari buangan dapur dan kamar mandi (*grey water*).
2. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium.
3. Parameter yang dianalisis adalah konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Air Limbah**

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

Kualitas air limbah menunjukkan spesifikasi limbah yang diukur dari kandungan pencemar dalam limbah. Air limbah merupakan air bekas yang sudah tidak terpakai lagi sebagai hasil dari adanya berbagai kegiatan manusia sehari-hari. Air limbah tersebut biasanya dibuang ke alam yaitu tanah dan badan air. Menurut Metcalf dan Eddy (2003) air limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah-sampah cair yang berasal dari daerah pemukiman, perdagangan, perkantoran dan industri bersamaan dengan air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada.

Sesuai dengan penggunaannya, setiap air bekas pemakaian telah terkontaminasi oleh bahan-bahan yang dipakainya, yang mungkin bersifat fisik (misal: air menjadi keruh, berwarna), bersifat kimiawi (air mengandung bahanbahan kimia yang mengganggu kesehatan/lingkungan), bersifat organo-biologis (air mengandung zat organik, mikroba/bakteri patogen, dan sebagainya). Untuk cemaran air limbah domestik yang dominan umumnya bersifat organomikrobiologis. Sedangkan untuk limbah non-domestik yang dominan fisik-kimiawi, terutama logam berat.

### **2.1.1. Sumber Limbah Rumah Tangga (*Domestic Wastewater*)**

Sugiharto (1987) membagi klasifikasi sumber air limbah menjadi dua bagian yaitu air limbah rumah tangga (*domestic wastewater*) dan air limbah industri.

Limbah domestik mengandung bahan-bahan pencemar organik, nonorganik dan bakteri yang sangat potensial untuk mencemari sumber-sumber air. Sumber utama air limbah domestik (rumah tangga) dari masyarakat adalah berasal dari perdagangan dan daerah pemukiman. Adapun sumber lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah daerah perkantoran atau lembaga, serta tempat rekreasi (Sugiharto, 1987).

### **2.1.2. Karakteristik Air Limbah Domestik**

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 (Sugiharto, 1987).

#### a) Karakteristik Kimiawi

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

#### b) Karakteristik Biologis

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

#### c) Karakteristik Fisik

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

**Tabel 2.1 Karakteristik Fisik Limbah Domestik**

Sifat-sifat	Penyebab	Pengaruh
Suhu	Kondisi udara sekitarnya, serta suhu air atau limbah yang dibuang ke saluran dari rumah maupun industri	Mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen/gas lain, kerapatan air, daya viskositas dan tekanan permukaan
Kekeruhan	Benda-benda tercampur seperti limbah cair, limbah padat, garam, tanah liat, bahan organik yang halus dari buah-buahan asli, algae, organisme kecil	Memantulkan sinar, mengurangi produksi oksigen yang dihasilkan tumbuhan, merusak estetika dan mengganggu kehidupan biota
Warna	Benda terlarut seperti sisa bahan organik dari daun dan tanaman, buangan industri	Umumnya tidak berbahaya dan berpengaruh terhadap kualitas estetika lingkungan
Bau	Bahan volatil, gas terlarut, berasal dari pembusukan bahan organik, minyak terutama dari mikroorganisme	Petunjuk adanya pembusukan air limbah sehingga perludanya 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*

### 2.1.3. Kandungan Limbah Rumah Tangga

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

Limbah cair domestik (rumah tangga) adalah air yang telah dipergunakan yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk di dalamnya air buangan yang berasal dari WC, kamar mandi, tempat cuci, dan tempat memasak (Sugiharto 1987). Tabel 2.2 menunjukkan komposisi limbah cair rumah tangga.

**Tabel 2.2 Komposisi Limbah Cair Rumah Tangga**

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

Sumber: Metcalf and Eddy, 2003

## 2.2. Kriteria Desain Slow Sand Filter

Saringan pasir lambat adalah bak saringan yang menggunakan pasir sebagai media filter dengan ukuran butiran sangat kecil, namun mempunyai kandungan kuarsa yang tinggi. Proses penyaringan berlangsung secara gravitasi, sangat lambat, dan simultan pada seluruh permukaan media. Proses penyaringan merupakan kombinasi antara proses fisis (filtrasi, sedimentasi dan adsorpsi), proses biokimia dan proses biologis. Saringan pasir lambat lebih cocok mengolah air baku, yang mempunyai kekeruhan sedang sampai rendah, dan konsentrasi oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) sedang sampai tinggi. Kandungan oksigen terlarut tersebut dimaksudkan untuk memperoleh proses biokimia dan biologis yang optimal. Tabel 2.3 menunjukkan perbedaan antara saringan pasir lambat dengan saringan pasir cepat.

**Tabel 2.3 Perbedaan Antara Saringan Pasir Lambat Dengan Saringan Pasir Cepat**

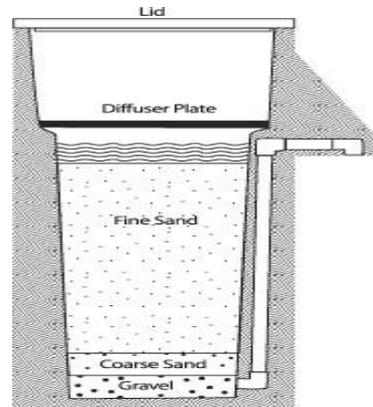
No	Subyek	Saringan Pasir Cepat	Saringan Pasir Lambat
1	Kekeruhan air baku	5-10 NTU	< 50 NTU
2	Diameter media	0,40 - 0,70 mm	0,20 - 0,40 mm
3	Kedalaman media	0,8 - 1,0 m	1,0 - 1,4 m
4	Kecepatan filtrasi	4,0 - 21,0 m/jam	0,1 - 0,4 m/jam
5	Pencucian	12 - 72 jam sekali	20 - 60 hari sekali
6	Cara pencucian	<i>High rate backwash</i> atau <i>air water backwash</i>	Pasir bagian tas dikeruk, dicuci, dan dipakai lagi atau diganti
7	Waktu Operasi	12 - 24 - 72 jam	20 - 30 - 120 hari
8	Headloss	30 - 275 cm	100 - 150 cm
9	Penetrasi kekeruhan	Lebih dalam (semua media harus dicuci dengan <i>backwashing</i> )	Hanya di permukaan pasir
10	Pengolahan awal	Perlu koagulasi, flokulasi dan sedimentasi	<i>Roughing filter</i> , Prased, dan aerasi

Sumber : Marsono, 1997

### 2.3. Reaktor *Biosand Filter (BSF)*

*Biosand filter* merupakan suatu proses penyaringan atau penjernihan air dimana air yang akan diolah dilewatkan pada suatu media proses dengan kecepatan rendah yang dipengaruhi oleh diameter butiran pasir dan pada media tersebut telah dilakukan penanaman bakteri (*seeding*) sehingga terjadi proses biologis didalamnya. BSF sangat mirip dengan *Slow Sand Filter (SSF)* dalam arti bahwa mayoritas dari filtrasi dan kepindahan kekeruhan terjadi ada di puncak lapisan pasir dalam kaitan dengan ukuran pori-pori yang menurun, disebabkan oleh deposisi partikel butir. Keuntungan teknologi ini selain murah, membutuhkan sedikit pemeliharaan dan beroperasi secara gravitasi. Faktor yang berperan penting dalam *Biosand Filter* adalah ukuran butiran pasir dan kedalaman pasir. Keduanya memiliki efek penting dalam ilmu bakteri dan kualitas air secara fisik.

Ukuran pasir yang efektif yang digunakan untuk saringan pasir lambat yang dioperasikan sekitar 0,15-0,35 mm dan keseragaman koefisien sekitar 1,5-3 mm.



Gambar 2.1 Unit *Biosand Filter*  
(Yung & Kathleen, 2003)

*Biosand Filter* yang merupakan pengembangan dari *Slow Sand Filter*, hanya saja pada *biosand filter*, lapisan atas media filter dilakukan penumbuhan bakteri (*biofilm*). Syarat-syarat kualitas air yang akan diolah dengan menggunakan *Biosand Filter* sama seperti kualitas air yang diolah dengan menggunakan *Slow Sand Filter* (Yung & Kathleen, 2003).

Keuntungan *biosand filter* :

a. Efektif

*Biosand filter* merupakan instansi pengolahan yang dapat berdiri sendiri sekaligus dapat memperbaiki kualitas secara fisik, kimia, biologis, bahkan dapat menghilangkan bakteri pathogen tetapi dengan ketentuan operasi dan pemeliharaan filter dilakukan secara benar dan baik.

b. Murah

Karena pada dasarnya saringan pasir lambat tidak memerlukan energi dan bahan kimia serta pembangunannya tidak memerlukan biaya besar, biaya konstruksinya akan lebih murah dari biaya konstruksi saringan pasir cepat.

c. Sederhana

Karena operasi dan pemeliharaannya murah, tidak memerlukan tenaga khusus yang terdidik dan terampil, sehingga cara ini cocok untuk digunakan di daerah pedesaan, khususnya di negara- negara yang sedang berkembang.

Kerugian *biosand filter* :

a. Sangat sensitif dengan variasi pH air baku.

b. Waktu pengendapan air baku cukup lama sehingga proses filtrasi juga berlangsung lama apabila kapasitas besar.

c. Karena pencucian umumnya dilakukan secara manual sehingga akan membutuhkan tenaga manusia yang banyak, tetapi dalam skala kecil tidak terlalu berat.

### **2.3.1. Mekanisme Penyisihan Kontaminan Dalam *Biosand Filter***

Pada *biosand filter* terdapat beberapa mekanisme dalam penyisihan kontaminan-kontaminan di dalam air limbah. Mekanisme tersebut antara lain:

1. *Mechanical straining*

Dengan ukuran media 0,15 mm, maka partikel berukuran  $> 20 \mu\text{m}$  akan tertahan pada media. Sedangkan partikel berukuran 5-10  $\mu\text{m}$  akan tertahan seiring dengan pertambahan deposit partikel di permukaan media pada saat operasional filter. Koloid (0,001-1  $\mu\text{m}$ ) dan bakteri (1  $\mu\text{m}$ ) tidak dapat

disisihkan dengan mekanisme ini. *Mechanical straining* terutama terjadi pada permukaan filter sampai kedalaman 5 cm.

## 2. Sedimentasi

Partikel mengendap pada permukaan media filter. Pengendapan ini terjadi akibat aliran air di dekat media, dimana efisiensi sedimentasi sangat dipengaruhi oleh beban permukaan dan kecepatan pengendapan pada pori media. Untuk partikel yang mempunyai kecepatan mengendap lebih besar dari beban permukaan akan mengendap seluruhnya, sedangkan dengan diameter yang lebih kecil akan mengendap sebagian.

## 3. Adsorpsi

Adsorpsi dapat terjadi secara aktif ataupun pasif. Secara aktif, adsorpsi dipengaruhi oleh gaya tarik antar dua partikel (gaya *Van der Waals*) dan gaya tarik elektrostatis antara muatan yang berbeda (gaya *Coulomb*). Sedangkan adsorpsi secara pasif dipengaruhi oleh interaksi dan ikatan kimia.

## 4. Biokimia

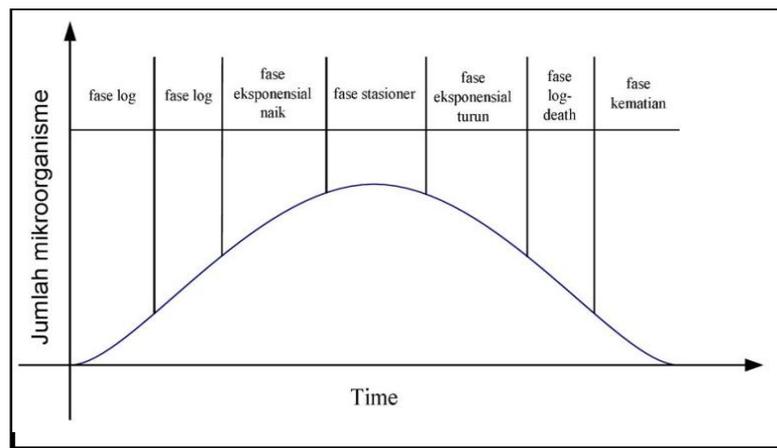
Beberapa partikel yang terakumulasi di permukaan media akan mengalami proses biokimia. Seperti misalnya oksidasi  $Fe^{2+}$  dan  $Mn^{2+}$  dari bentuk terlarut menjadi bentuk yang tidak larut. Hal yang sama terjadi pula pada bahan-bahan organik terlarut, yang dimanfaatkan sebagai elektron donor untuk pembangkitan energi mikroorganisme. Tetapi oksidasi biokimia ini hanya dapat berjalan secara optimal pada kondisi dimana terdapat cukup waktu kontak dan temperatur tidak terlalu rendah.

## 5. Aktivitas bakteri

Aktivitas bakteri melibatkan akumulasi mikroorganisme di permukaan filter, kematian bakteri akibat adanya predator dan juga pengurangan mikroorganisme akibat berkurangnya *supply* elektron donor. Aktivitas mikroorganisme pada permukaan filter dikenal sebagai lapisan *Schmutzdecke*, dimana lapisan ini tersusun dari matriks gelatin bakteri, jamur, protozoa, rotifera dan larva serangga air. Seiring dengan makin bertambahnya usia *Schmutzdecke* maka alga cenderung untuk tumbuh dan

kemungkinan organisme akuatik yang lebih besar akan muncul seperti brizoa, siput dan cacing. (Yung & Kathleen, 2003).

Namun demikian menurut Marsono (1999) pertumbuhan bakteri tidak dapat terus menerus berlangsung, disebabkan keterbatasan substrat, nutrient dan ukuran volume reaktor. Secara umum pertumbuhan bakteri dalam biakan secara *batch* mengacu pada gambar berikut :



### 2.3.2. Aklimatisasi

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

Analisa terhadap bahan organik dilakukan untuk mengetahui perkembangan penguraian bahan organik. Kegiatan ini dilakukan melalui pengukuran Permanganat value (PV) selama aklimatisasi sampai kondisi stabil (*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 stabil (*steady state*) (Lee, 2001).

### 2.3.3. Lapisan *Biofilm* dan *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 meremvoal 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* suatu BSF. 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 pasir 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 kedalam pasir itu. (Yung & Kathleen, 2003).

#### **2.3.4. Pematangan Lapisan *Biofilm***

*Biosand filter* membutuhkan periode satu hingga tiga minggu untuk membentuk lapisan *biofilm*. Periode ini memungkinkan pertumbuhan yang cukup dari lapisan biologis dalam lapisan pasir. Periode pematangan dapat diperpendek beberapa hari dan bisa juga lama sampai beberapa minggu, tergantung dari temperatur air dan mekanisme kimia. Sebagai contoh konsentrasi tinggi dari senyawa organik dalam air dapat memacu pematangan *biofilm* (Tommy & Sophie, 2003).

#### **2.3.5. Pembersihan Reaktor *Biosand Filter***

Pasir di dalam *biosand filter* membutuhkan pembersihan periodik. Umumnya karena lapisan *biofilm* dalam *biosand filter* terus terakumulasi dan tumbuh hingga tekanan akan aliran hilang karena lapisan *biofilm* menjadi berlebihan. Lapisan *biofilm* dalam *biosand filter* dan saringan pasir lambat biasanya di bersihkan setiap 1 hingga 3 bulan tergantung pada level kekeruhan. Tetapi, selama kekeruhan begitu tinggi dimana pasir membutuhkan pemberihan setiap 2 minggu atau bahkan sesering mungkin. Selain kekeruhan, jumlah pembersihan tergantung pada distribusi partikel, kualitas air yang masuk dan temperatur air.

Pembersihan filter untuk *biosand filter* jauh lebih sederhana di banding filter yang lain, yaitu *biosand filter* tidak perlu dikeringkan. Saat tingkat filtrasi menurun drastis, waktu refensi hidrolis akan meningkat, yang menunjukkan bahwa *biosand filter* perlu dibersihkan. Karena jika kekeruhannya tinggi maka terjadi kemacetan/penyumbatan (*clogging*) pada *biosand filter*. Pembersihan kondisi turbiditas normal hanya dengan cara memecah lapisan *biofilm* dengan cara mengaduk secara perlahan-lahan air diatas lapisan *biofilm*. Oleh sebab itu, kedalaman air 5 cm diatas permukaan media cukup penting untuk efisiensi BSF yang mana alasan utamanya adalah untuk mencegah pasir dari kekeringan di lapisan atas. Selain itu juga nantinya air tersebut akan diambil untuk dibuang sebanyak kurang lebih 2 cm saat pembersihan (Marsono, 1997).

## **2.4. Media Filter**

### **2.4.1. Pasir**

Media Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir halus dengan diameter 0,2 mm dan pasir kasar dengan diameter 0,3 mm. Saringan pasir lambat (*slow sand filter*) meliputi proses removal material yang tersuspensi dalam air dengan aliran berkecepatan rendah (Imaning Tyas.F, 2003).

Secara prinsip, saringan pasir lambat adalah proses menyusun lapisan media pasir dengan volume tertentu sehingga dapat dilewati air dengan kecepatan yang rendah (Cheremisinoff, 2002). Selain itu pasir yang memiliki pori-pori (ruang antar butir) yang cukup kecil, mengakibatkan partikel-partikel yang mempunyai ukuran butir lebih besar dari ruang antar butir media pasir dapat tertahan. Semakin lama waktu kontak yang terjadi, maka akan semakin banyak partikel-partikel koloid yang tertahan diantara ruang antar butir. Sehingga ruang antar butir pasir akan semakin kecil dan sempit yang mengakibatkan semakin banyaknya partikel koloid yang akan tertahan (Tri Joko, 2010).

### **2.4.2. Karbon Aktif**

Dalam pengolahan air limbah khususnya limbah tekstil, karbon aktif umumnya digunakan untuk menyerap substansi organik yang tidak diinginkan seperti warna, logam berat serta bahan toksik yang tidak dapat diuraikan.

Karbon aktif adalah suatu bentuk karbon yang mampu mengadsorpsi baik dari fase gas, fase cair dan padatan. Kemampuan karbon aktif mengadsorpsi ditentukan juga oleh jumlah senyawa karbonnya. Dimana senyawa karbonnya mempunyai bentuk amorf dengan luas permukaan yang besar (500-1400 m<sup>2</sup>/g). Luas permukaan yang besar menunjukkan bahwa struktur pori internalnya juga besar, sehingga dapat digunakan untuk menyerap zat-zat yang tidak diinginkan baik di dalam air maupun gas. Karbon aktif yang baik adalah karbon yang mempunyai kadar karbon tinggi dan kadar abu serta air rendah.

Struktur dari karbon aktif ini adalah berpori dengan celah yang dapat dilewati oleh molekul. Adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya kapiler yang besar dan struktur pori yang dimilikinya. Untuk karbon aktif dengan fase air

(*liquid*) mempunyai tiga macam pori yang terbentuk selama proses karbonisasi dan aktivasi. Adapun macam ukuran porinya, yaitu makropori dengan jari-jari efektif  $\geq 100$  nm, mesopori dengan jari-jari efektif antara 1,5 nm-100 nm, dan mikropori mempunyai jari-jari efektif  $\leq 1,5$  nm. Struktur dari pori-pori baik mikropori maupun makropori ini merupakan bagian terpenting selama proses adsorpsi, karena struktur dan ukuran dari ruang pori akan menentukan distribusi ukuran molekul-molekul yang terserap masuk ke dalam pori-pori karbon aktif (Cheremisoff dan Ellerbusch, 1978).

#### **2.4.2.1.1. Pembuatan Karbon Aktif**

Produksi karbon aktif dapat dilakukan dengan mengaktifkan bahan yang mengandung karbon pada kondisi tertentu. Bahan-bahan tersebut dapat berupa tulang, kayu, sekam, kulit kerang, lignin, aspal, tempurung kelapa, gergajian kayu, dan sebagainya yang dapat diubah jadi karbon aktif.

Pembuatan karbon aktif melalui beberapa tahap proses produksi yang terbagi menjadi tiga tahap produksi, yaitu:

1. Proses dehidrasi, yaitu proses penghilangan kadar air.
2. Proses karbonisasi, yaitu pirolisis dengan pembakaran tak sempurna dengan udara bebas.
3. Proses aktivasi menggunakan aktifator yang sesuai.

Proses-proses ini berjalan berurutan sehingga pori-pori yang tadinya masih tertutup oleh adanya sisa-sisa zat organik dapat menjadi bersih sehingga akan mengoptimalkan daya tangkap karbon aktif yang dihasilkan nantinya juga ditentukan oleh bahan yang digunakan serta metode aktivasi yang dilakukan.

### **2.4.3. Kerikil**

Pada proses filtrasi, umumnya kerikil digunakan sebagai media penahan. Dimana fungsi kerikil tidak hanya sebagai media penahan di atasnya, tetapi dapat menyerap kandungan pencemar dari limbah cair rumah tangga (Triandini, 2001). Kerikil memiliki nilai porositas sebesar 0,43. Dengan porositas yang tinggi memungkinkan air untuk mudah merembes pada kerikil, sehingga memiliki kemampuan menyerap kandungan polutan dengan baik. Karena ukuran media dan porositas berpengaruh terhadap penurunan TSS (Marsono, 1999).

## **2.5. Parameter Air Limbah**

### **2.5.1. Chemical Oxygen Demand (COD)**

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

Ketuntasan tes COD dibandingkan tes BOD (Alaerts dan Santika, 1987) :

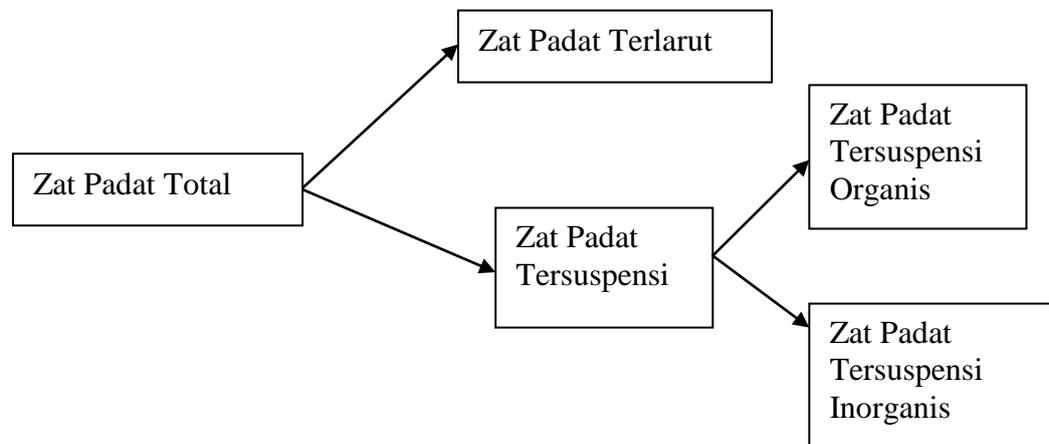
- Analisis COD hanya memakan waktu kurang lebih 3 jam, sedangkan analisis BOD<sub>5</sub> memerlukan 5 hari
- Untuk menganalisa COD antara 50 sampai 800 mg/l, tidak dibutuhkan pengenceran sampel sedang pada umumnya analisis BOD selalu membutuhkan pengenceran.
- Ketelitian dan ketepatan (reproducibility) tes COD adalah 2 sampai 3 kali lebih tinggi dari tes BOD
- Gangguan dari zat yang bersifat racun terhadap mikroorganisme pada tes BOD, tidak menjadi soal pada tes COD.

Kekurangan tes COD hanya merupakan suatu analisis yang menggunakan suatu reaksi oksidasi kimia yang menirukan oksidasi biologis (yang sebenarnya terjadi di alam), sehingga merupakan suatu pendekatan saja. Karena hal tersebut maka tes COD tidak dapat membedakan antara zat-zat yang sebenarnya tidak teroksidasi (inert) dan zat-zat yang teroksidasi secara biologis (Alaerts dan Santika, 1987).

### 2.5.2. Total Suspended Solid (TSS)

Dalam air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dan molekul organik, 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 organik dan inorganis seperti dijelaskan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Skema Zat Padat (Sumber : Alaerts dan Santika, 1987)

### 2.5.3. Minyak dan Lemak

Minyak lemak termasuk salah satu anggota golongan lipid yaitu merupakan lipid netral (Ketaren, 1986 dalam Griswidia, 2008). Emulsi air dalam minyak terbentuk jika droplet-droplet air ditutupi oleh lapisan minyak dimana sebagian besar emulsi minyak tersebut akan mengalami degradasi melalui foto oksidasi spontan dan oksidasi oleh mikroorganisme.

Suatu perairan yang terdapat minyak lemak di dalamnya maka minyak lemak tersebut akan selalu berada di atas permukaan air hal ini dikarenakan minyak lemak tidak larut dalam air dan berat jenis minyak lemak lebih kecil dari pada berat jenis air (Sugihato,1987).

Efek buruk dari minyak dan lemak adalah menimbulkan permasalahan pada saluran air limbah dan bangunan pengolah air limbah. Hal ini disebabkan karena lemak menempel pada dinding bangunan dan terakumulasi yang kemudian akan menimbulkan penyumbatan pada saluran. Sedangkan keberadaan minyak dalam air akan membentuk selaput film yang mengganggu proses absorpsi oksigen dari udara. Minyak dan lemak terutama tahan terhadap perombakan secara anaerob (Titaheluw, 2010).

Apabila minyak lemak tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air penerima maka akan membentuk selaput. Minyak akan membentuk ester dan alkohol atau gliserol dengan asam lemak. Gliserol dari asam lemak dalam fase padat maka dikenal dengan nama lemak, sedangkan apabila dalam fase cair disebut minyak (Sugihato, 1987).

Lapisan minyak lemak yang berada di permukaan air akan mengganggu kehidupan organisme dalam air hal ini dikarenakan :

1. Lapisan minyak pada permukaan air akan mengalami difusi oksigen dari udara ke dalam air sehingga jumlah oksigen terlarut di dalam air akan menjadi berkurang. Dengan berkurangnya kandungan oksigen dalam air akan mengganggu kehidupan organisme yang berada di perairan.
2. Dengan adanya lapisan minyak pada permukaan air akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air sehingga proses fotosintesis oleh tanaman air tidak dapat berlangsung.
3. Air yang telah tercemar oleh minyak lemak tidak layak dikonsumsi oleh manusia dikarenakan pada air yang mengandung minyak tersebut terdapat zat-zat yang beracun seperti senyawa benzen dan toluen. Semua jenis minyak mengandung senyawa-senyawa volatil yang segera dapat menguap dan ternyata selama beberapa hari, 25% dari volume minyak akan hilang karena menguap, sisa minyak yang tidak menguap akan mengalami emulsifikasi yang menyebabkan air dan minyak dapat bercampur.

(Suyasa, 2011)

Beberapa komponen yang menyusun minyak juga diketahui bersifat racun terhadap hewan maupun manusia, tergantung dari struktur dan berat molekulnya. Komponen hidrokarbon jenuh yang mempunyai titik didih rendah diketahui dapat menyebabkan anastesi dan narkosis pada berbagai hewan tingkat rendah dan jika terdapat pada konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan kematian. Minyak juga mengandung naftalen dan penetren yang lebih beracun terhadap ikan di banding dengan benzen, toluen dan xilen. Untuk menghilangkan atau mengurangi pengaruh negatif tersebut di atas, maka air bungan harus diolah terlebih dahulu sebelum di buang keperairan terbuka (Suyasa, 2011).

Sedangkan sumber minyak lemak adalah :

- a. Hewan : Jaringan Minyak dibawah kulit, antara otot-otot, sekeliling alat tubuh, Dalam sumsum ulang dan lain-lain.
- b. Tumbuhan
  - Terutama dalam benih-benih (exp minyak kelapa, Palam, kacang, dan sebagainya)
  - Terdapat dalam daun-daunan juga bunga.

Dalam kelarutannya minyak-minyak ini memiliki gliserida yang berasal dari lemak yang lebih tinggi tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik seperti : eter, Petroleumeter (Suyasa, 2011)

## **2.6. Metode Pengolahan Data**

### **2.6.1. Statistik 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).

### **2.6.2. Analisa Korelasi**

Analisis korelasi dilakukan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linear antara variabel yang diamati. Nilai korelasi berkisar antara -1 sampai +1. Nilai korelasi negatif mempunyai artian bahwa hubungan antara dua variabel adalah tidak searah, dimana jika salah satu variabel menurun maka variabel lainnya meningkat. Nilai korelasi bernilai positif berarti hubungan antara kedua variabel adalah searah, dimana jika salah satu variabel meningkat maka variabel lainnya meningkat pula.

Suatu hubungan antara dua variable dikatakan berkorelasi kuat apabila makin mendekati 1 atau (-1) dan jika sebuah hubungan antara dua variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol). Nilai dari derajat keeratan ( $r$ ) tersebut dapat dibaca dengan melihat klasifikasi hubungan statistika dua peubah. 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

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.

(Iriawan dan Astuti, 2006).

### **2.6.3. Analisa 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. Variabel respons adalah variabel yang dipengaruhi suatu variabel prediktor. Sedangkan variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respons. Kedua variabel dihubungkan dengan bentuk persamaan aritmatika dimana variabel respons dan variabel prediktor dalam model regresi harus berskala kontinyu. Artinya bahwa skala data untuk kedua variabel harus ratio atau interval (Iriawan, 2004).

Analisis regresi sangat berguna dalam berbagai penelitian antara lain:

1. Model regresi dapat digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor.
2. Model regresi dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh suatu atau beberapa variabel predictor terhadap variabel respon.
3. 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 *dependent* karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian, variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respon dan sering disebut variabel *independent* karena peneliti bebas mengendalikannya.

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

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

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

(Iriawan dan Astuti, 2006)

#### 2.6.4. Analisa ANOVA

*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).

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 :

- a. Nilai probabilitas,
  - Jika probabilitas  $\geq 0,05$  ,  $H_0$  diterima
  - Jika probabilitas  $< 0,05$  ,  $H_0$  ditolak
- b. Nilai F hitung,
  - F hitung output  $> F$  Tabel,  $H_0$  ditolak
  - F hitung output  $< F$  Tabel,  $H_0$  diterima

(Iriawan dan Astuti, 2006)

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Pengembangan dari metode *Slow Sand Filter* sudah sangat banyak, yang salah satunya adalah teknologi *biosand filter* yang sudah mulai diterapkan di beberapa negara sebagai salah satu teknologi yang tepat guna dalam mengolah air dengan karakteristik tertentu. Penelitian mengenai teknologi *Biosand-Filter* ini dalam mengolah air limbah juga telah banyak dilakukan di beberapa tempat.

Pada penelitian ini akan dibahas sejauh mana efektifitas dari masing – masing media yang digunakan pada teknologi *biosand filter* dengan penambahan karbon aktif dari tempurung kelapa dalam menurunkan konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair domestik kawasan Perumahan Sawojajar Kota Malang.

#### **3.2 Jenis Penelitian**

Penelitian ini termasuk dalam penelitian Laboratorium (*LabourExperiment*), yang dilaksanakan dalam skala laboratorium. Adapun jenis penelitian yang dilakukan adalah dengan percobaan dalam batasan waktu tertentu terhadap kadar COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair domestik kawasan Perumahan Sawojajar I Kota Malang dengan menggunakan teknologi *biosand filter* dengan tujuan mengetahui nilai efektifitas dari setiap media.

#### **3.3 Objek Penelitian**

Sebagai objek penelitian ini adalah kandungan COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair domestik kawasan Perumahan Sawojajar yang dapat diturunkan oleh setiap media yang digunakan dalam reaktor *biosand filter*.

### 3.4 Lokasi Penelitian

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

1. Perumahan Sawojajar I Kelurahan Sawojajar, Kecamatan Kedungkandang Kota Malang, sebagai titik pengambilan sampel limbah cair domestik.
2. Laboratorium Teknik Sipil, ITN Malang . Merupakan tempat pengayakan media filter, yaitu pasir halus, pasir kasar, karbon aktif dan kerikil. Selain pengayakan, dilakukan juga pengeringan (menggunakan oven) untuk media pasir halus dan pasir kasar.
3. Laboratorium Teknik Lingkungan, ITN Malang. Merupakan tempat penelitian, yaitu mengukur nilai efektifitas dan manfaat setiap media pada unit *biosand filter* dan tempat menganalisis sampel air untuk mengetahui nilai kandungan COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair domestik kawasan Perumahan Sawojajar.

### 3.5 Variabel Penelitian

#### 1. Variabel tetap

Pada penelitian ini menggunakan reaktor *biosand filter* dengan media filter berupa pasir halus, pasir kasar, karbon aktif dari tempurung kelapa dan kerikil.

- Tinggi /ketebalan media penahan (kerikil) yang digunakan yaitu :
  - Lapisan pertama : 5 cm (diameter 3 mm)
  - Lapisan kedua : 10 cm (diameter 10 mm)

Berdasarkan SNI 3981, 2008 tinggi media penahan untuk lapisan pertama adalah 5-10 cm dengan diameter media 3-4mm, sedangkan tinggi media penahan untuk lapisan kedua adalah 10-20 cm dengan diameter media 10-30mm.

- Diameter media filter
  - Pasir halus : 0,20 mm
  - Pasir kasar : 0,35 mm
  - Karbon aktif : 0,20 mm

Berdasarkan Bowo Joko, 1997 ukuran diameter untuk media penyaring dalam *slow sand filter* adalah 0,2-0,4 mm.

- Debit aliran : 1,9 ml/detik  
(sumber : hasil perhitungan)

- Kecepatan rata-rata aliran

Reaktor	Jenis dan Kecepatan Aliran Tiap Media					Vs Average
	Pasir Halus	Pasir Kasar	Karbon Aktif	Kerikil I	Kerikil II	
I	0,2 m/h	0,27 m/h	0,31 m/h	4,68 m/h	14,72 m/h	4,03 m/h
II	0,17 m/h	0,219 m/h	0,34 m/h	4,68 m/h	14,72 m/h	4,02 m/h
III	0,15 m/h	0,3 m/h	0,37 m/h	4,68 m/h	14,72 m/h	4,04 m/h

(sumber : hasil perhitungan)

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

Parameter yang diteliti adalah konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair domestik kawasan Perumahan Sawojajar I.

## 3. Variabel bebas

- Tinggi /ketebalan media filter yang digunakan yaitu :

Reaktor	Jenis dan Tinggi Media					Total
	Pasir Halus	Pasir Kasar	Karbon Aktif	Kerikil I	Kerikil II	
I	30cm	35cm	20cm	5cm	10cm	100cm
II	35cm	30cm	15cm	5cm	10cm	95cm
III	40cm	25cm	10cm	5cm	10cm	90cm

Berdasarkan SNI 3981, 2008 tinggi total media penyaring untuk *slow sand filter* adalah 60-100 cm.

- Waktu pengambilan sampel :

- Pengambilan pertama

Pengambilan sampel saat efluent keluar pertama kali.

- Reaktor I : 3,47 jam ~ 3,5 jam
- Reaktor II : 3,85 jam ~ 3,9 jam
- Reaktor III : 3,47 jam ~ 3,5 jam

- Pengambilan kedua

Pengambilan sampel setelah 5 jam

- Pengambilan ketiga

Pengambilan sampel setelah 10 jam

### **3.6 Bahan dan Alat Penelitian**

#### **3.6.1 Bahan**

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Air Limbah Perumahan Sawojajar I
- Aquadest
- Media Filter yaitu pasir, karbon aktif tempurung kelapa dan kerikil
- Bahan-bahan pereaksi

#### **3.6.2 Alat Penelitian**

##### **3.6.2.1 Karbon Aktif Biosand Filter (BSF)**

Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah *biosand filter (BSF)*.

Panjang unit	: 20 cm
Lebar unit	: 20 cm
Tinggi unit	: 125 cm
Tinggi total media	: - Reaktor I 100 cm - Reaktor II 95 cm - Reaktor III 90 cm
Tinggi air diatas media pasir halus	: 5 cm
Tinggi <i>perforated baffle</i> dari muka air	: 7 cm
<i>Freeboard</i> (fb)	: 10 cm

##### **3.6.2.3 Reservoir**

Reservoir yang digunakan untuk menampung limbah cair Perumahan Sawojajar sebanyak 6, reservoir yang bervolume 60 liter diletakkan diatas menara sebagai reservoir utama, sedangkan 3 reservoir lainnya diletakkan dibawah menara sebagai tempat penampungan sementara sebelum dialirkan ke reservoir utama.

### **3.7 Pelaksanaan Penelitian**

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

#### **3.7.1 Persiapan Media Pasir Halus, Pasir Kasar, Kerikil dan Karbon Aktif**

Sebelum penelitian dilakukan, persiapan dan perlakuan terhadap media yang akan digunakan haruslah menjadi suatu perhatian yang penting agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan perencanaan. Media-media yang akan digunakan seperti pasir halus, pasir kasar, kerikil, dan karbon aktif harus diperhatikan dan diperlakukan sesuai dengan kriteria yang telah direncanakan. Media seperti pasir dan kerikil sebelum dimasukkan ke dalam filter, terlebih dahulu dilakukan pengayakan media. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan diameter butiran media yang seragam. Setelah mendapatkan ukuran media sesuai yang direncanakan maka selanjutnya dilakukan pencucian media, hal tersebut bertujuan agar media yang digunakan dalam keadaan bersih dan steril dari bakteri dan kotoran lainnya.

Selanjutnya, pada tahap pengeringan media 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, pembuatannya dilakukan sesuai prosedur di bawah ini :

##### **3.7.1.1 Pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa**

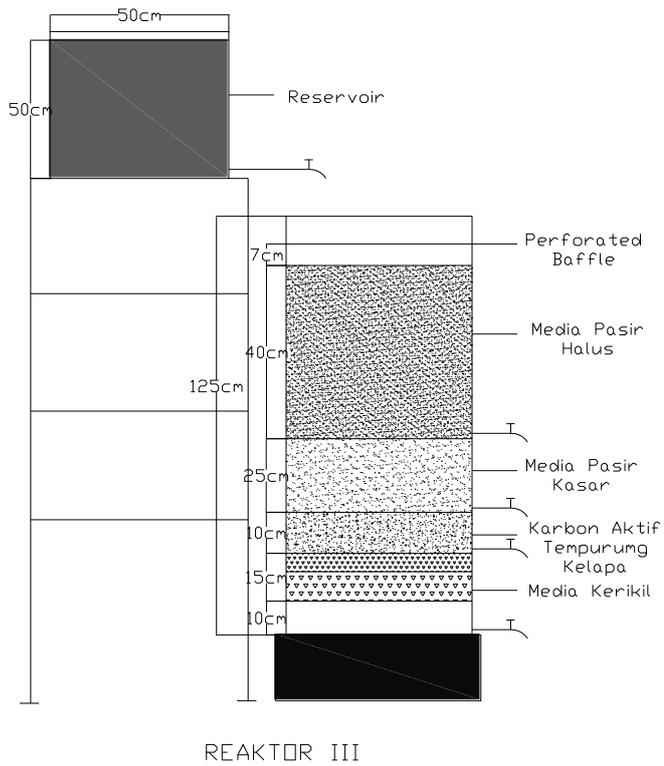
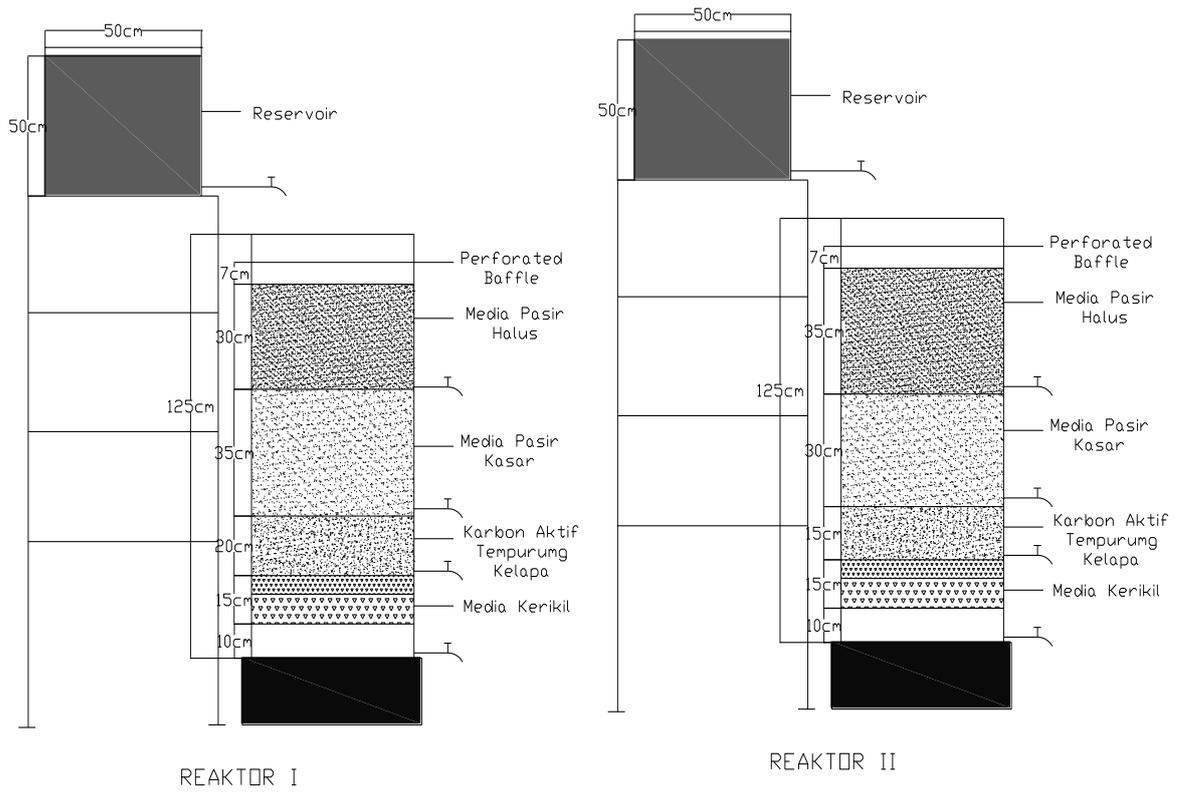
Aktivasi dan karbonisasi

1. Melakukan proses karbonisasi dengan cara tempurung kelapa dimasukkan pada furnace pada suhu  $700^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 2$  jam.
2. Mengeringkan karbon aktif dengan cara memanaskan dalam oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam.
3. Karbon aktif dihaluskan, kemudian diayak dengan ukuran 200 mesh.

### 3.7.2 Persiapan Alat

#### 3.7.2.1 Biosand Filter (BSF)

Dalam penelitian ini unit *biosand filter* yang digunakan berbentuk *rectangular* yang terbuat dari *stainless steel* 0.5 mm pada bagian samping digunakan mika 8 mm. Digunakannya mika pada satu bagian unit bertujuan agar pembentukan lapisan *biofilm* dan proses filtrasi dapat terlihat secara visual. Sebelum media filter dimasukkan ke dalam unit, unit sudah dalam keadaan siap digunakan. Setelah unit *biosand filter* siap, media filter dimasukkan ke masing-masing unit *biosand filter*, dimana tiap unitnya memiliki ketinggian media filter yang berbeda. Reaktor *Biosand Filter* I memiliki ketinggian total media 100 cm dimana ketinggian pasir halus (d 0,2mm) 30 cm, pasir kasar (0,3mm) 35 cm, karbon aktif (0,2mm) 20 cm dan kerikil (d 5mm dan 10mm) 15 cm. Reaktor *Biosand Filter* II tinggi total media 95 cm dimana ketinggian pasir halus (d 0,2mm) 35 cm, pasir kasar (0,3mm) 30 cm, karbon aktif (0,2mm) 15 cm dan kerikil (d 5mm dan 10mm) 15 cm. Reaktor *Biosand Filter* III memiliki ketinggian total media 90 cm dimana ketinggian pasir halus (d 0,2mm) 40 cm, pasir kasar (0,3mm) 25 cm, karbon aktif (0,2mm) 10 cm dan kerikil (d 5mm dan 10mm) 15 cm. Pada penelitian ini direncanakan reaktor I, II dan III menggunakan ketinggian air yang setinggi 5 cm dari atas permukaan media pasir halus. Air berfungsi agar pasir halus tidak kering dan selalu dalam keadaan lembab. Selain itu, media pasir halus juga merupakan tempat terbentuknya lapisan *biofilm* sehingga lapisan *biofilm* yang telah terbentuk tidak rusak. Agar lapisan atas media filter (pasir halus) tidak mengalami kerusakan saat sampel air dimasukkan ke dalam unit, maka ditempatkan *perforated baffle* yang dibuat dari bahan *fiber glass* dengan jarak setinggi 5 cm dari muka air.



**Gambar 3.1 Reaktor Biosand Filter**

### **3.7.2.2 Operasional Reaktor Biosand Filter (BSF)**

Air limbah yang akan diolah dimasukkan kedalam bak penampung (reservoir) untuk distabilkan alirannya sebelum dialirkan ke dalam reaktor *Biosand Filter*. Limbah kemudian dialirkan kedalam reaktor, didalam reaktor limbah akan melalui beberapa media filter. Media filter yang pertama adalah pasir halus dengan diameter 0,2mm. Di media pertama ini limbah akan mengalami proses *filtrasi* dan proses oksidasi dan degradasi secara biologis yang terjadi akibat adanya lapisan *biofilm* yang terdapat pada permukaan media pasir halus. Lapisan biofilm ini terbentuk dari berbagai mikroorganisme yang tertahan dan melekat pada permukaan media pasir

Pada media filter kedua, yaitu media pasir kasar dengan diameter 0,3mm, air limbah kembali akan mengalami proses filtrasi, namun tidak mengalami proses pengolahan secara biologis, karena pada media kedua, tidak terdapat lapisan *biofilm* seperti pada lapisan pertama. Kemudian pada lapisan ke tiga yaitu media karbon aktif yang mempunyai diameter media 0,2mm, air limbah akan kembali mengalami proses filtrasi. Namun pada lapisan ketiga ini, limbah juga akan mengalami proses adsorpsi, mengingat karbon aktif adalah sebuah adsorben yang cukup baik dalam pengolahan limbah. Kandungan-kandungan zat kimia-organik dalam limbah yang tidak dapat diolah dengan filtrasi maupun proses biologis, akan dihilangkan pada lapisan ketiga dengan media karbon aktif.

Limbah juga akan melalui media kerikil yang merupakan media terakhir pada reaktor dalam penelitian ini. Kerikil pada reaktor di fungsikan sebagai media penyangga/penahan media diatasnya agar tidak masuk kedalam freeboard. Namun pada kenyataanya, selain sebagai media penyangga, kerikil juga dapat berfungsi sebagai media filter.

### **3.7.2.3 Proses Sampling**

Sampel diambil dari limbah yang berasal dari kamar mandi dan dapur (*grey water*) Perumahan Sawojajar Jalan Danau Maninjau Barat, Kelurahan Sawojajar Kota Malang. Pengambilan sampel dilakukan pada 05.30-08.00, karena

pada waktu tersebut masyarakat 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 diambil dari saluran akhir pembuangan yaitu berupa saluran limbah/selokan yang kedalamannya  $\pm 0,5m$ . Dimana sampel diambil kira-kira pada  $\frac{1}{2}$  sampai  $\frac{2}{3}$  tingkat penampang basah dari bawah permukaan air.

3. Pengawetan sampel

Karena jarak antara lokasi pengambilan dan tempat penelitian serta analisa cukup jauh maka dilakukan pengawetan sampel dengan pendinginan dan penyimpanan sampel ditempat gelap dengan cara pembungkusan wadah sampel dengan plastik/kain warna gelap.

4. Analisa sampel

Parameter yang akan diturunkan dan dianalisa adalah COD, TSS dan minyak lemak.

5. Pengaliran sampel air limbah cair domestik kawasan Perumahan Sawojajar di dalam reaktor dilakukan secara kontinyu.

6. Sampel untuk pengujian diambil dari lima titik, titik pertama yaitu pada inlet reaktor, titik kedua yaitu pada outlet media pasir halus, titik ketiga yaitu pada outlet media pasir kasar, titik keempat yaitu pada outlet media karbon aktif dan titik kelima yaitu pada outlet media kerikil.

#### **3.7.2.4 Pengujian Sampel Awal**

Air baku yang digunakan sebagai objek penelitian ini diambil dari air limbah kawasan Perumahan Sawojajar. Sebelum memulai penelitian ini, dilakukan pengujian sampel awal untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi limbah cair kawasan Perumahan Sawojajar.

### **3.8 Aklimatisasi**

Aklimatisasi merupakan proses penyesuaian diri oleh mikroorganisme terhadap lingkungan barunya dan berakhir ketika proses adaptasi sejumlah bakteri aktif dengan air limbah telah menunjukkan kestabilan. Menurut Lee (2001), waktu efektif yang diperlukan untuk proses adaptasi sejumlah bakteri hingga menunjukkan kestabilan adalah selama  $\pm 10-20$  hari.

Analisa terhadap bahan organik dilakukan untuk mengetahui perkembangan penguraian bahan organik. Kegiatan ini dilakukan melalui pengukuran Permanganat value (PV) selama aklimatisasi sampai kondisi *steady state* dicapai. Kondisi *steady state* merupakan suatu kondisi dimana penyisihan zat organik yang dikonsumsi oleh 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*.

### **3.9 Pengukuran COD, TSS dan Minyak Lemak**

Unit *Carbon Active-Biosand Filter* dan nilai sampel effluent dari reaktor karbon aktif biosand filter dianalisa di Laboratorium Teknik Lingkungan, ITN Malang. Metode pengujian COD menggunakan metode *closed refluks titrimetric*, pengujian TSS menggunakan metode gravimetri sedangkan pengujian minyak lemak menggunakan metode gravimetri.

### **3.10 Mekanisme/Tahapan Penelitian dengan Reaktor *Biosand Filter***

1. Limbah cair domestik kawasan Perumahan Sawojajar I dimasukkan dan ditampung dalam bak penampung limbah utama(A).
2. Kemudian limbah cair domestik dianalisis (analisis awal) untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi limbah cair domestik kawasan perumahan sawojajar.
3. Setelah itu, atur debit limbah sesuai perhitungan sebelum limbah dialirkan dari bak penampung limbah(A) ke dalam reaktor *Biosand Filter*(B).
4. 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.
5. 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 telah stabil (*steady state*).
6. Apabila telah tercapai kondisi *steady state*, air limbah diganti dengan limbah yang baru, untuk kemudian dianalisa kandungan COD, TSS dan Minyak dan Lemak dari setiap effluent pada pipa *outlet* (C) dari masing-masing media dan reaktor dengan waktu pengambilan sampel jam ke-0 (saat effluent pertama kali keluar), 5 dan 10 jam.

### **3.11 Analisis Data**

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 warna dan krom. Kemudian dilanjutkan dengan analisa korelasi dan regresi untuk mengetahui tingkat keterkaitan suatu variabel terhadap variabel lain.

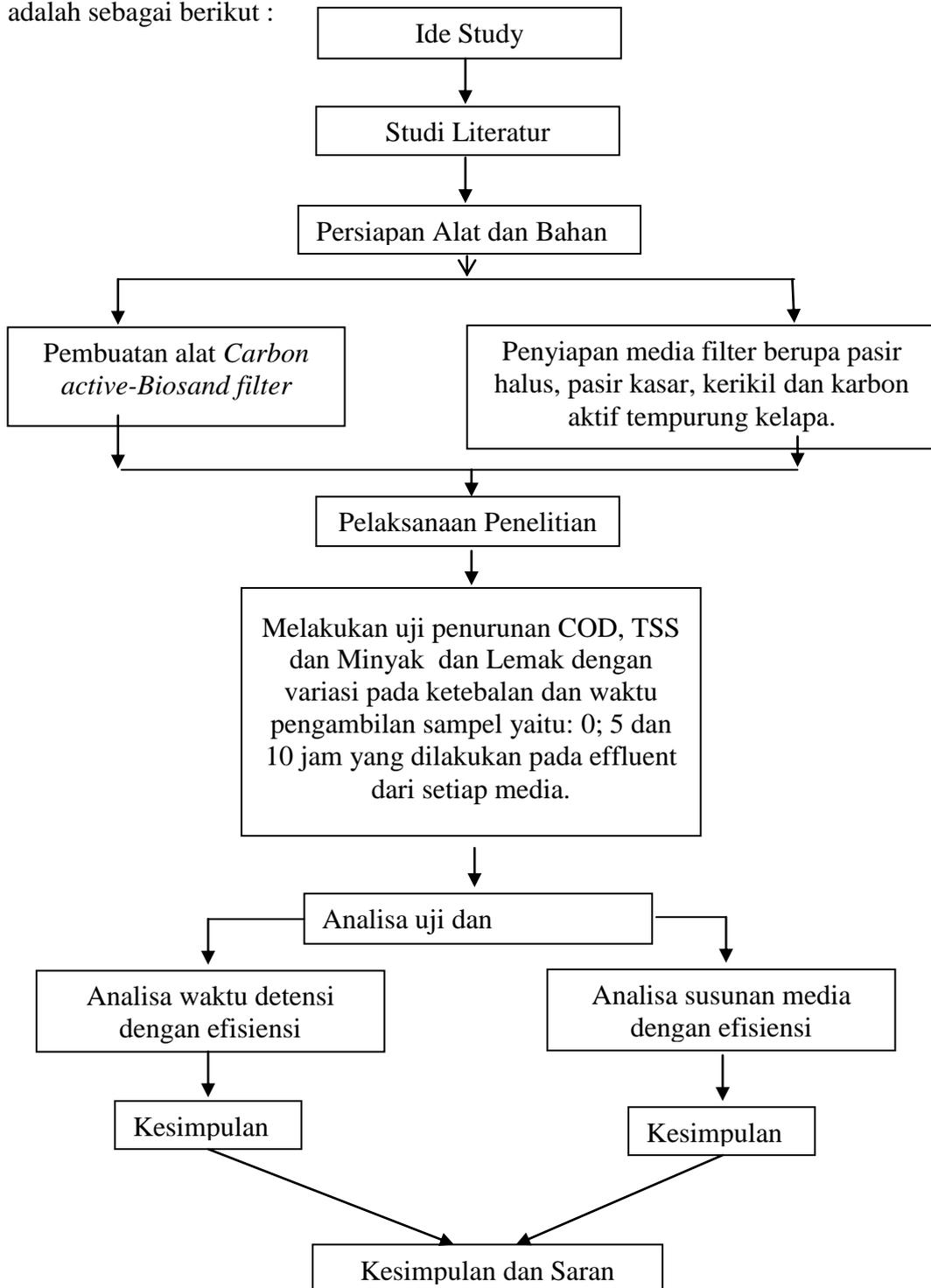
### **3.12 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan dituliskan untuk menjawab tujuan dari penelitian ini dan mempermudah pembaca memperoleh gambaran hasil penelitian yang dilakukan. Kesimpulan ini diambil dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan.

Saran yang diberikan nantinya diharapkan dapat berguna bagi penelitian selanjutnya yaitu penyempurnaan penelitian ini.

### 3.13 Kerangka Penelitian

Untuk mempermudah proses pengerjaan tugas akhir ini, maka dibuat diagram alir penelitian. Adapun metodologi penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

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

**4.2. Karakteristik Limbah Cair Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang**

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 domestik Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang yang terdapat pada Tabel 4.1 :

**Tabel 4.1. Karakteristik Air Limbah Domestik Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang**

No.	Parameter	Hari/Tanggal Pengambilan Sampel	Hasil <sup>1)</sup>	Baku Mutu <sup>2)</sup>	Satuan
1.	COD	Kamis, 23 Mei 2013 <sup>3)</sup>	265,4	100	mg/L
		Sabtu, 8 Juni 2013 <sup>4)</sup>	263		
		Minggu, 9 Juni 2013 <sup>4)</sup>	267,4		
2.	TSS	Kamis, 23 Mei 2013	121,3	100	mg/L
		Sabtu, 8 Juni 2013	120,73		
		Minggu, 9 Juni 2013	124,70		
3.	Minyak Lemak	Kamis, 23 Mei 2013	15,00	10	mg/l
		Sabtu, 8 Juni 2013	15,2		
		Minggu, 9 Juni 2013	15,8		

Sumber : <sup>1)</sup> Analisa Laboratorium Lingkungan ITN Malang

<sup>2)</sup> Kepmen Negara LH No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

<sup>3)</sup> Sampel digunakan untuk analisa bahan organik pada saat aklimatisasi.

<sup>4)</sup> Sampel digunakan pada waktu operasional reaktor.

Dari hasil analisa tersebut diketahui bahwa kadar COD, TSS dan minyak lemak yang ada melampaui baku mutu jika dibandingkan dengan Kepmen Negara LH No. 112 Tahun 2003. Sehingga dilakukan penelitian untuk menurunkan COD, TSS dan minyak lemak pada sampel limbah Perumahan Sawojajar I menggunakan metode *Biosand Filter* dengan penambahan karbon aktif dan menggunakan tiga reaktor dengan variasi ketinggian dan waktu operasional yang berbeda untuk

mendapatkan komposisi yang efektif dalam menurunkan COD, TSS dan Minyak dan Lemak.

#### 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 stabil (*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 stabil (*steady state*). Untuk mengetahui penyisihan bahan organik digunakan rumus :

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

$$\text{Penyisihan bahan organik} = \frac{45,713 - 40,629}{45,713} \times 100\% = 11,12 \%$$

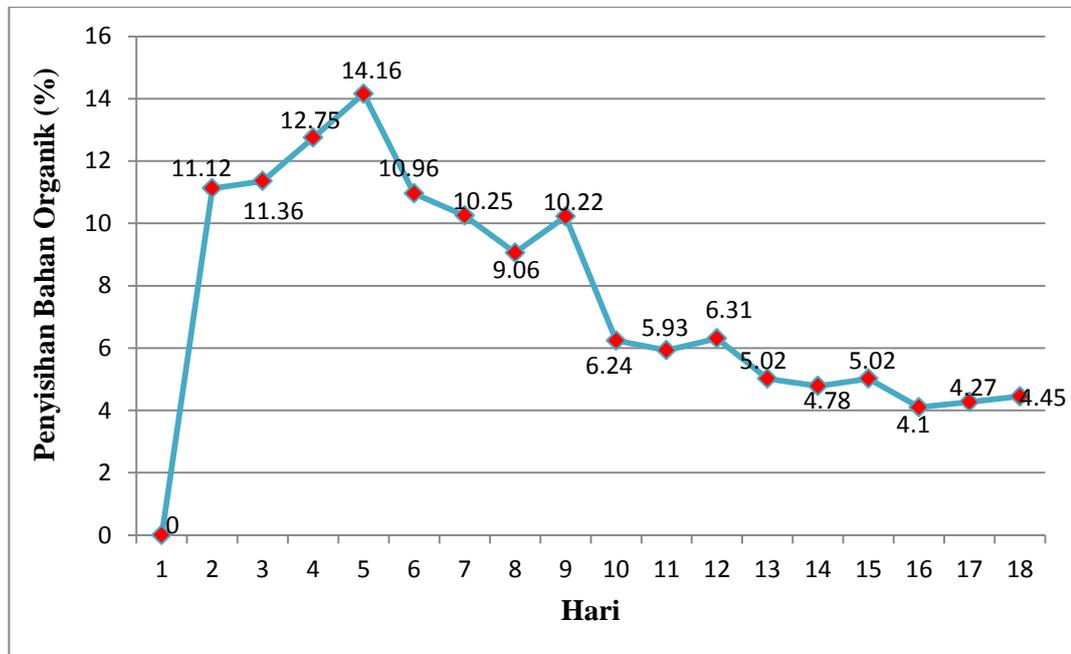
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka data konsentrasi akhir bahan organik pada proses aklimatisasi dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor I**

Hari ke	Tanggal	temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	23-Mei	24,5	6,9	45.713	0	0
2	24-Mei	24,8	7,1	40.629	5.084	11.12
3	25-Mei	24,8	7,2	36.012	4.617	11.36
4	26-Mei	24,5	7,1	31.421	4.591	12.75
5	27-Mei	24,6	7,3	26.972	4.449	14.16
6	28-Mei	24,5	6,8	24.016	2.956	10.96
7	29-Mei	24,5	6,8	21.555	2.461	10.25

8	30-Mei	24,5	7,1	19.602	1.953	9.06
9	31-Mei	24,8	7,4	17.598	2.004	10.22
10	1-Juni	24,8	7,4	16.5	1.098	6.24
11	2-Juni	24,8	7,3	15.521	0.979	5.93
12	3-Juni	24,9	7,6	14.542	0.979	6.31
13	4-Juni	24,9	7,2	13.812	0.73	5.02
14	5-Juni	25,1	7,3	13.152	0.66	4.78
15	6-Juni	25,1	7,3	12.492	0.66	5.02
16	7-Juni	24,8	7,1	11.98	0.512	4.10
17	8-Juni	24,8	7,3	11.468	0.512	4.27
18	9-Juni	24,8	7,2	10.958	0.51	4.45

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang

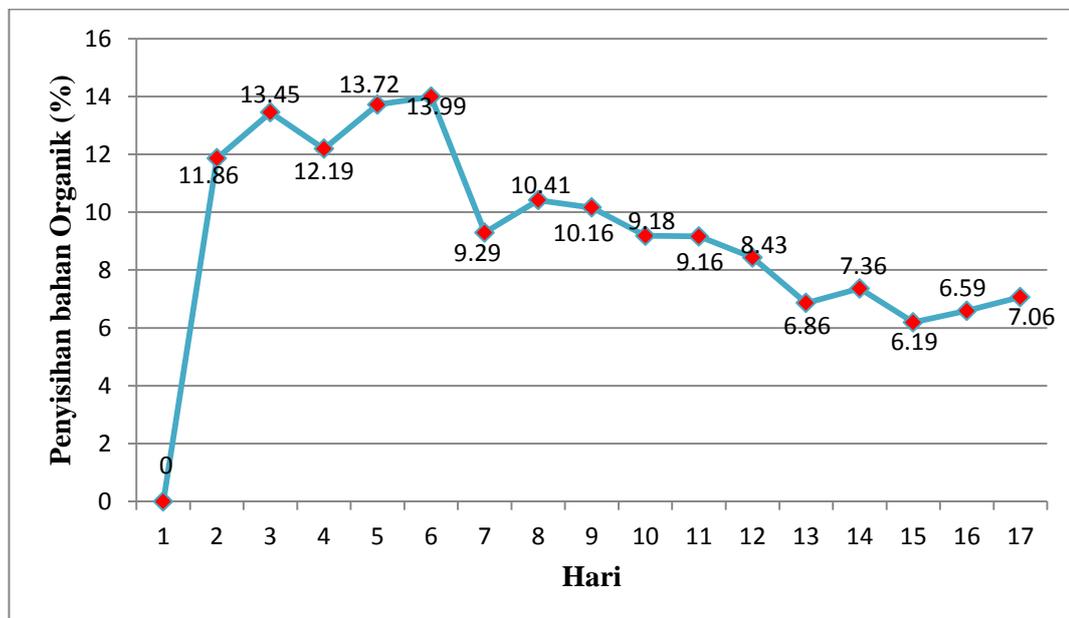


Gambar 4.1. Persen (%) penyisihan bahan organik pada reaktor I saat aklimatisasi

**Tabel 4.3 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor II**

Hari ke	Tanggal	temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	23-Mei	25,6	6,8	46.321	0	0
2	24-Mei	25,3	7,1	40.829	5.492	11.86
3	25-Mei	25,3	7,3	35.337	5.492	13.45
4	26-Mei	25,5	7,2	31.029	4.308	12.19
5	27-Mei	25,3	7,1	26.772	4.257	13.72
6	28-Mei	24,8	6,8	23.026	3.746	13.99
7	29-Mei	24,8	6,8	20.887	2.139	9.29
8	30-Mei	25,2	7,1	18.713	2.174	10.41
9	31-Mei	25,2	7,1	16.812	1.901	10.16
10	1-Juni	25,6	7,1	15.269	1.543	9.18
11	2-Juni	25,5	7,1	13.871	1.398	9.16
12	3-Juni	25,5	7,3	12.702	1.169	8.43
13	4-Juni	25,2	7,3	11.831	0.871	6.86
14	5-Juni	25,5	7,3	10.96	0.871	7.36
15	6-Juni	25,5	7,3	10.282	0.678	6.19
16	7-Juni	25,6	7,2	9.604	0.678	6.59
17	8-Juni	25,5	7,4	8.926	0.678	7.06

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang

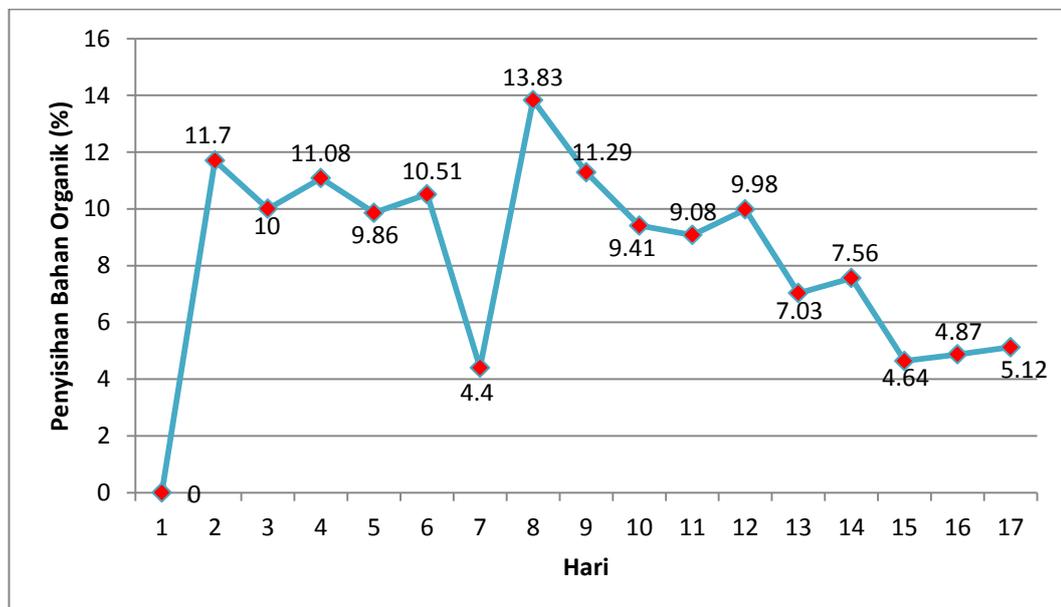


**Gambar 4.2. Persen (%) penyisihan bahan organik pada reaktor II saat aklimatisasi**

**Tabel 4.4 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor III**

Hari ke	Tanggal	temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	23-Mei	25,6	6,8	45.662	0	0
2	24-Mei	25,6	7,1	40.321	5.341	11.70
3	25-Mei	25,8	7,3	36.287	4.034	10.00
4	26-Mei	25,8	7,2	32.266	4.021	11.08
5	27-Mei	25,8	7,1	29.084	3.182	9.86
6	28-Mei	25,5	6,8	26.026	3.058	10.51
7	29-Mei	25,5	6,8	24.882	1.144	4.40
8	30-Mei	26	7,1	21.442	3.44	13.83
9	31-Mei	26	7,1	19.021	2.421	11.29
10	1-Juni	26,2	7,1	17.231	1.79	9.41
11	2-Juni	26,1	7,1	15.667	1.564	9.08
12	3-Juni	25,8	7,3	14.103	1.564	9.98
13	4-Juni	25,8	7,3	13.112	0.991	7.03
14	5-Juni	25,8	7,3	12.121	0.991	7.56
15	6-Juni	25,8	7,3	11.558	0.563	4.64
16	7-Juni	25,6	7,2	10.995	0.563	4.87
17	8-Juni	25,8	7,4	10.432	0.563	5.12

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang



**Gambar 4.3. Persen (%) penyisihan bahan organik pada reaktor III saat aklimatisasi**

Berdasarkan Tabel 4.2, 4.3 dan 4.4 serta Gambar 4.1, 4.2 dan 4.3 pada saat aklimatisasi terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik pada hari ke 4, 5, 6, 7 dan 8. Aklimatisasi ini dilakukan secara batch selama 17-18 hari. Untuk penyisihan bahan organik tertinggi berturut-turut terjadi pada hari ke 5, 6 dan 8 sebesar 14,16%, 13,99% dan 13,83%, sedangkan penyisihan bahan organik terendah terjadi pada hari ke 16 dan 15 sebesar 4,10%, 6,19% dan 4,40%. Untuk penyisihan bahan organik dengan fluktuasi dibawah 10% selama tiga hari berturut-turut terjadi pada hari ke 15, 16, 17 dan 18. Pada tahap ini dapat dikatakan kondisi stabil (*steady state*) telah tercapai.

Proses aklimatisasi membutuhkan waktu yang cukup lama dan sulit, karena harus menumbuhkan mikroorganisme yang mampu beradaptasi dengan karakteristik air limbah. Penyisihan bahan organik yang berfluktuasi pada saat aklimatisasi menunjukkan belum cukupnya populasi mikroorganisme yang tersedia serta belum mampunya mikroorganisme untuk beradaptasi dengan kondisi yang ada seperti konsentrasi dan komposisi substrat di dalam reaktor. Peningkatan konsentrasi bahan organik pada tahap aklimatisasi dikarenakan juga terjadinya kematian mikroorganisme 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. Kegiatan ini dilakukan sampai kondisi stabil (*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 stabil (*steady state*). 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 COD, TSS, dan Minyak Lemak Setelah Proses

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui nilai konsentrasi akhir masing-masing parameter pada reaktor uji dapat dilihat pada Tabel 4.5; 4.6 dan 4.7 untuk COD, Tabel 4.8; 4.9 dan 4.10 untuk TSS dan Tabel 4.11; 4.12 dan 4.13 untuk Minyak Lemak.

**Tabel 4.5. Konsentrasi COD pada reaktor I Setelah Proses**

No	Konsentrasi Awal (mgO <sub>2</sub> /l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir COD (mgO <sub>2</sub> /l)
1	267,4	0	I	239.78
			II	222.08
			III	206.63
			IV	195.33
2	267,4	5	I	173.76
			II	130.86
			III	113.3
			IV	98.54
3	267,4	10	I	147.12
			II	112
			III	93
			IV	81.33

*Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang, 2013*

**Tabel 4.6. Konsentrasi COD pada reaktor II Setelah Proses**

No	Konsentrasi Awal (mgO <sub>2</sub> /l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir COD (mgO <sub>2</sub> /l)
1	263	0	I	232
			II	218.33
			III	203
			IV	190.78
2	263	5	I	166.6
			II	122.73
			III	109.33
			IV	96
3	263	10	I	144.9
			II	104.71
			III	84.02
			IV	77.9

*Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang, 2013*

**Tabel 4.7. Konsentrasi COD pada reaktor III Setelah Proses**

No	Konsentrasi Awal (mgO <sub>2</sub> /l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir COD (mgO <sub>2</sub> /l)
1	263	0	I	209.33
			II	193
			III	189.33
			IV	168.67
2	263	5	I	157.6
			II	119.73
			III	102.33
			IV	91
3	263	10	I	129.33
			II	98.02
			III	85.67
			IV	71.9

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang, 2013

**Tabel 4.8. Konsentrasi TSS pada reaktor I Setelah Proses**

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)
1	124,7	0	I	65.41
			II	41.21
			III	25.74
			IV	16.5
2	124,7	5	I	50.4
			II	32.78
			III	19.02
			IV	11.37
3	124,7	10	I	43.2
			II	29.13
			III	17
			IV	6.24

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang, 2013

**Tabel 4.9. Konsentrasi TSS pada reaktor II Setelah Proses**

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)
1	120,73	0	I	60.81
			II	39.21
			III	23.4
			IV	13.97
2	120,73	5	I	49.4
			II	30.81
			III	17.78
			IV	11.37
3	120,73	10	I	38
			II	21.13
			III	13.7
			IV	5.47

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang, 2013

**Tabel 4.10. Konsentrasi TSS pada reaktor III Setelah Proses**

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)
1	120,73	0	I	49.29
			II	34.05
			III	20.97
			IV	11.27
2	120,73	5	I	42.31
			II	26.91
			III	17.2
			IV	9.21
3	120,73	10	I	34.59
			II	18.1
			III	11.37
			IV	4.25

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang, 2013

**Tabel 4.11. Konsentrasi Minyak dan Lemak pada reaktor I Setelah Proses**

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir Minyak Lemak (mg/l)
1	15,8	0	I	14.69
			II	13.97
			III	13.31
			IV	13.12
2	15,8	5	I	12.3
			II	10.78
			III	8.89
			IV	7.75
3	15,8	10	I	11.08
			II	8.23
			III	7.12
			IV	6.24

*Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang, 2013*

**Tabel 4.12. Konsentrasi Minyak dan Lemak pada reaktor II Setelah Proses**

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir Minyak Lemak (mg/l)
1	15,2	0	I	14.13
			II	13.33
			III	12.6
			IV	12.12
2	15,2	5	I	11.76
			II	9.38
			III	8.5
			IV	7.21
3	15,2	10	I	9.87
			II	7.04
			III	6.21
			IV	5.9

*Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang, 2013*

**Tabel 4.13. Konsentrasi Minyak dan Lemak pada reaktor III Setelah Proses**

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir Minyak Lemak (mg/l)
1	15,2	0	I	13.68
			II	13.02
			III	12.4
			IV	11.89
2	15,2	5	I	11.02
			II	9.1
			III	8.47
			IV	7.2
3	15,2	10	I	9.44
			II	7.13
			III	6.17
			IV	5.78

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang, 2013

#### 4.4 Pengolahan Data

##### 4.4.1 Persentase Penurunan COD

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang Kota Malang dengan menggunakan *biosand filter* dengan penambahan karbon aktif mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi COD dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Hal ini disebabkan adanya variasi ketinggian dan diameter media pada setiap reaktor uji. Untuk detail dari susunan media pada setiap reaktor uji I, II dan III dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.13 Tinggi /ketebalan serta diameter media filter yang digunakan.**

Reaktor	Jenis dan Tinggi Media					Total
	Pasir Halus	Pasir Kasar	Karbon Aktif	Kerikil I	Kerikil II	
	d = 0,2mm	d = 0,3mm	d = 0,2mm	d = 5mm	d = 10mm	
I	30cm	35cm	20cm	5cm	10cm	100cm
II	35cm	30cm	15cm	5cm	10cm	95cm
III	40cm	25cm	10cm	5cm	10cm	90cm

Analisis persentase penurunan COD pada setiap variasinya digunakan rumus :

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

Besarnya persentase penurunan konsentrasi COD pada reaktor uji dapat dilihat pada Tabel berikut.

**Tabel 4.14. Persentase Penurunan Konsentrasi COD pada reaktor I**

No	Konsentrasi Awal (mgO <sub>2</sub> /l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir COD (mgO <sub>2</sub> /l)	Persentase Penyisihan COD Kumulatif (%)	Persentase Penyisihan COD pada masing-masing outlet (%)
1	267,4	0	I	239.78	10.33	10.33
			II	222.08	16.95	6.62
			III	206.63	22.73	5.78
			IV	195.33	26.95	4.22
2	267,4	5	I	173.76	35.02	35.02
			II	130.86	51.06	16.04
			III	113.3	57.63	6.57
			IV	98.54	63.15	5.52
3	267,4	10	I	147.12	44.98	44.98
			II	112	58.12	14.14
			III	93	65.22	7.1
			IV	81.33	69.58	4.36

*Sumber : Hasil perhitungan*

**Tabel 4.15. Persentase Penurunan Konsentrasi COD pada reaktor II**

No	Konsentrasi Awal (mgO <sub>2</sub> /l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir COD (mgO <sub>2</sub> /l)	Persentase Penyisihan COD Kumulatif (%)	Persentase Penyisihan COD pada masing-masing outlet (%)
1	263	0	I	232	11.79	11.79
			II	218.33	16.98	5.19
			III	203	22.81	5.83
			IV	190.78	27.46	4.65
2	263	5	I	166.6	36.65	36.65
			II	122.73	53.33	16.68
			III	109.33	58.43	5.1
			IV	96	63.50	507
3	263	10	I	144.9	44.90	44.9
			II	104.71	60.19	15.29
			III	84.02	68.05	7.86
			IV	77.9	70.38	2.33

*Sumber : Hasil perhitungan*

**Tabel 4.16. Persentase Penurunan Konsentrasi COD pada reaktor III**

No	Konsentrasi Awal (mgO <sub>2</sub> /l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir COD (mgO <sub>2</sub> /l)	Persentase Penyisihan COD Kumulatif (%)	Persentase Penyisihan COD pada masing-masing outlet (%)
1	263	0	I	209.33	20.41	20.41
			II	193	26.62	6.21
			III	189.33	28.01	1.39
			IV	168.67	35.87	4.31
2	263	5	I	157.6	40.08	40.08
			II	119.73	54.48	14.4
			III	102.33	61.09	6.61
			IV	91	65.40	4.86
3	263	10	I	129.33	50.83	50.83
			II	98.02	62.73	11.9
			III	85.67	67.43	4.7
			IV	71.9	72.66	5.23

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.14; 4.15 dan 4.16 didapatkan persentase penurunan konsentrasi COD pada reaktor uji berada diantara 10,3% - 72,66%.

#### 4.4.2 Persentase Penurunan TSS

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang Kota Malang dengan menggunakan *biosand filter* dengan penambahan karbon aktif mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi TSS dengan tingkat penurunan yang bervariasi.

Analisis persentase penurunan TSS pada setiap variasinya digunakan rumus :

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

Besarnya persentase penurunan konsentrasi TSS pada reaktor uji dapat dilihat pada Tabel berikut.

**Tabel 4.17. Persentase Penurunan Konsentrasi TSS pada reaktor I**

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)	Persentase Penyisihan TSS Kumulatif (%)	Persentase Penyisihan TSS pada masing-masing outlet (%)
1	124,7	0	I	65.41	47.55	47.55
			II	41.21	66.95	19.4
			III	25.74	79.36	12.41
			IV	16.5	86.77	7.41
2	124,7	5	I	50.4	59.58	59.58
			II	32.78	73.71	14.13
			III	19.02	84.75	11.04
			IV	11.37	90.88	6.13
3	124,7	10	I	43.2	65.36	65.36
			II	29.13	76.64	11.28
			III	17	86.37	9.73
			IV	6.24	95.00	8.63

Sumber : Hasil perhitungan

**Tabel 4.18. Persentase Penurunan Konsentrasi TSS pada reaktor II**

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)	Persentase Penyisihan TSS Kumulatif (%)	Persentase Penyisihan TSS pada masing-masing outlet (%)
1	120,73	0	I	60.81	49.63	49.63
			II	39.21	67.52	17.89
			III	23.4	80.62	13.1
			IV	13.97	88.43	7.81
2	120,73	5	I	49.4	59.08	59.08
			II	30.81	74.48	15.4
			III	17.78	85.27	10.79
			IV	11.37	90.58	5.31
3	120,73	10	I	38	68.52	68.52
			II	21.13	82.50	13.98
			III	13.7	88.65	6.15
			IV	5.47	95.47	6.82

Sumber : Hasil perhitungan

**Tabel 4.19. Persentase Penurunan Konsentrasi TSS pada reaktor III**

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)	Persentase Penyisihan TSS Kumulatif (%)	Persentase Penyisihan TSS pada masing-masing outlet (%)
1	120,73	0	I	49.29	59.17	59.17
			II	34.05	71.80	12.63
			III	20.97	82.63	10.83
			IV	11.27	90.67	8.04
2	120,73	5	I	42.31	64.95	64.95
			II	26.91	77.71	12.76
			III	17.2	85.75	8.04
			IV	9.21	92.37	6.62
3	120,73	10	I	34.59	71.35	71.35
			II	18.1	85.01	13.66
			III	11.37	90.58	5.57
			IV	4.25	96.48	5.9

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.17; 4.18 dan 4.19 didapatkan persentase penurunan konsentrasi TSS pada reaktor uji berada diantara 47,55% - 96,48%.

#### 4.4.3 Persentase Penurunan Minyak Lemak

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang Kota Malang dengan menggunakan *biosand filter* dengan penambahan karbon aktif mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi minyak lemak dengan tingkat penurunan yang bervariasi.

Analisis persentase penurunan minyak lemak pada setiap variasinya digunakan rumus :

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

Besarnya persentase penurunan konsentrasi minyak lemak pada reaktor uji dapat dilihat pada Tabel berikut.

**Tabel 4.20. Persentase Penurunan Minyak dan Lemak pada reaktor I**

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir minyak dan lemak (mg/l)	Persentase Penyisihan minyak dan lemak Kumulatif (%)	Persentase Penyisihan minyak dan lemak pada masing-masing outlet (%)
1	15,8	0	I	14.69	7.03	7.03
			II	13.97	11.58	4.55
			III	13.31	15.76	4.18
			IV	13.12	16.96	1.2
2	15,8	5	I	12.3	22.15	22.15
			II	10.78	31.77	9.62
			III	8.89	43.73	11.96
			IV	7.75	50.95	7.22
3	15,8	10	I	11.08	29.87	29.87
			II	8.23	47.91	18.04
			III	7.12	54.94	7.03
			IV	6.24	60.51	5.57

*Sumber : Hasil Perhitungan*

**Tabel 4.21. Persentase Penurunan Minyak dan Lemak pada reaktor II**

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir minyak dan lemak (mg/l)	Persentase Penyisihan minyak dan lemak Kumulatif (%)	Persentase Penyisihan minyak dan lemak pada masing-masing outlet (%)
1	15,2	0	I	14.13	7.04	7.04
			II	13.33	12.30	5.26
			III	12.6	17.11	4.81
			IV	12.12	20.26	3.15
2	15,2	5	I	11.76	22.63	22.63
			II	9.38	38.29	15.66
			III	8.5	44.08	5.79
			IV	7.21	52.57	8.49
3	15,2	10	I	9.87	35.07	35.07
			II	7.04	53.68	18.61
			III	6.21	59.14	5.46
			IV	5.9	61.18	2.04

*Sumber : Hasil Perhitungan*

**Tabel 4.22. Persentase Penurunan Minyak dan Lemak pada reaktor III**

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir minyak dan lemak (mg/l)	Persentase Penyisihan minyak dan lemak Kumulatif (%)	Persentase Penyisihan minyak dan lemak pada masing-masing outlet (%)
1	15,2	0	I	13.68	10.00	10.00
			II	13.02	14.34	4.34
			III	12.4	18.42	4.08
			IV	11.89	21.78	3.36
2	15,2	5	I	11.02	27.50	27.50
			II	9.1	40.13	12.63
			III	8.47	44.28	4.15
			IV	7.2	52.63	8.35
3	15,2	10	I	9.44	37.89	37.89
			II	7.13	53.09	15.2
			III	6.17	59.41	6.32
			IV	5.78	61.97	2.56

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Berdasarkan Tabel 4.20; 4.21 dan 4.22 didapatkan persentase penurunan konsentrasi minyak lemak pada reaktor uji berada diantara 7,03% - 61,27%.

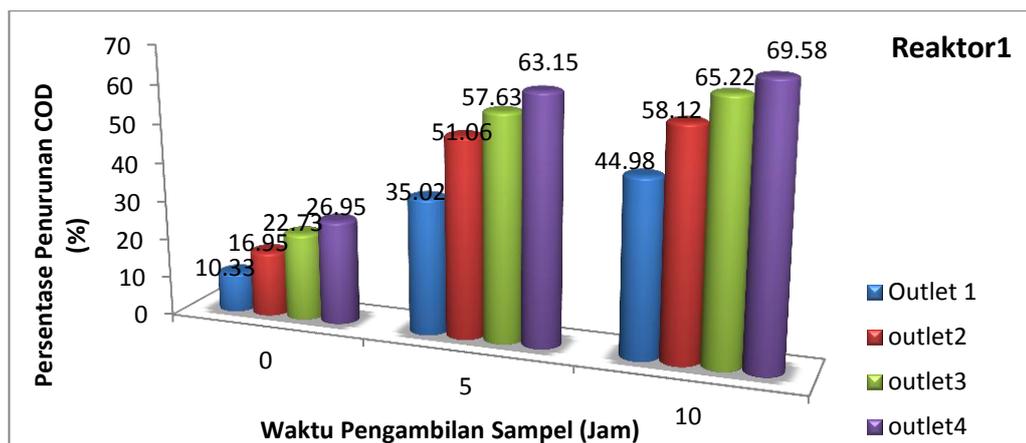
## 4.5 Analisis Deskriptif

### 4.5.1 Analisis Deskriptif Penurunan COD

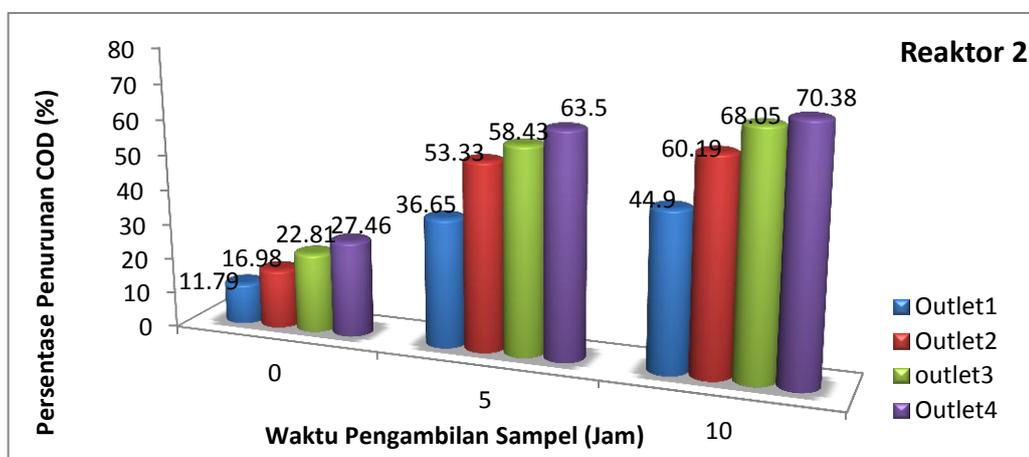
#### 4.5.1.1 Analisis Deskriptif Penurunan COD Secara Kumulatif

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang Kota Malang yang menggunakan *biosand filter* dengan penambahan karbon aktif mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi COD dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Variasi yang digunakan adalah waktu pengambilan sampel yaitu 0, 5 dan 10 jam.

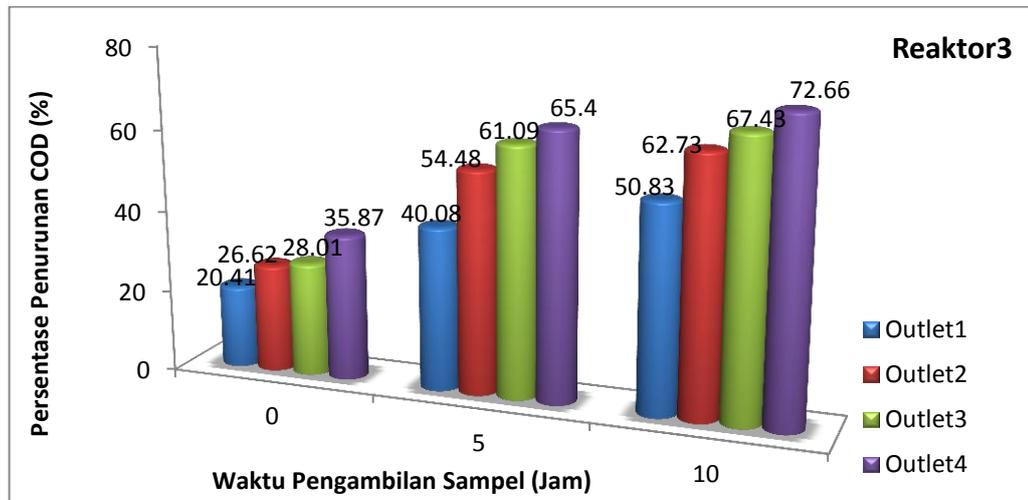
Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi COD pada reaktor uji I, II dan III pada Tabel 4.14; 4.15 dan 4.16 maka dapat diplotkan menjadi grafik persentase penurunan konsentrasi COD pada Gambar berikut.



Gambar 4.4. Persentase penurunan konsentrasi COD reaktor 1



Gambar 4.5. Persentase penurunan konsentrasi COD reaktor 2



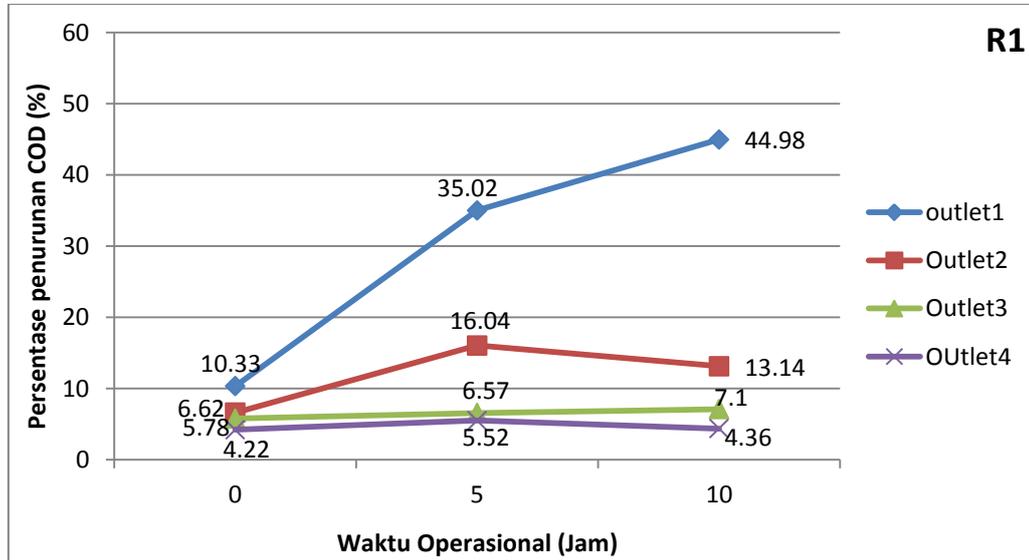
**Gambar 4.6. Persentase penurunan konsentrasi COD reaktor 3**

Berdasarkan Tabel 4.14; 4.15 dan 4.16 serta Gambar 4.4; 4.5 dan 4.6 pada reaktor I, II dan III menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi COD secara kumulatif cenderung semakin meningkat mulai dari outlet I hingga ke outlet IV dan seiring dengan semakin lamanya waktu pengambilan sampel. Persentase penurunan COD tertinggi pada reaktor III sebesar 72,66 yang terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 10 pada outlet ke IV. Sedangkan persentase penurunan COD terendah pada reaktor I sebesar 10,35% terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 0 pada outlet ke I.

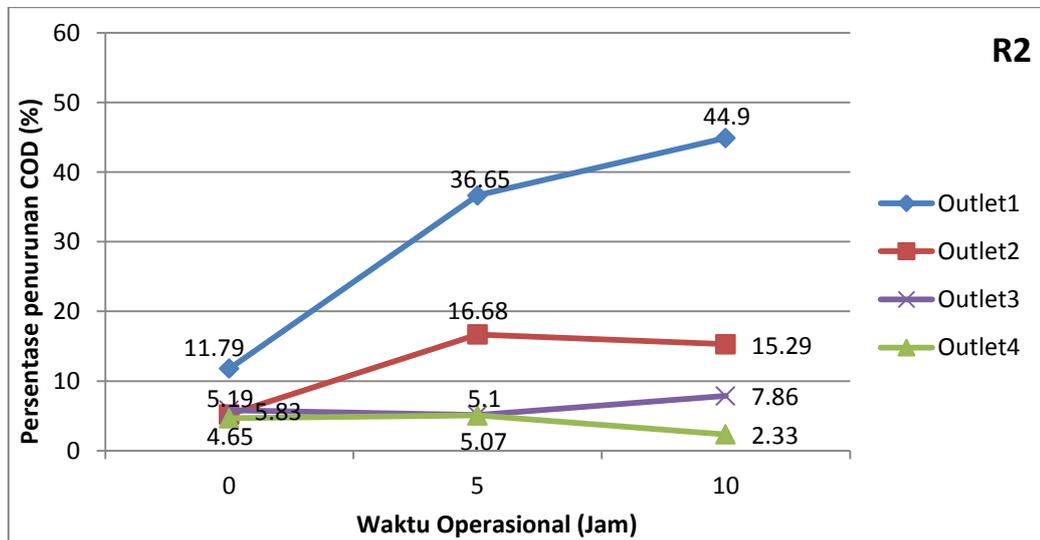
#### **4.5.1.2 Analisis Deskriptif Kemampuan Menurunkan COD Pada Masing - Masing Outlet**

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang Kota Malang yang menggunakan *biosand filter* memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam menurunkan konsentrasi COD pada setiap outletnya, hal ini dipengaruhi perbedaan jenis media yang digunakan. Variasi yang digunakan adalah waktu pengambilan sampel yaitu 0, 5 dan 10 jam.

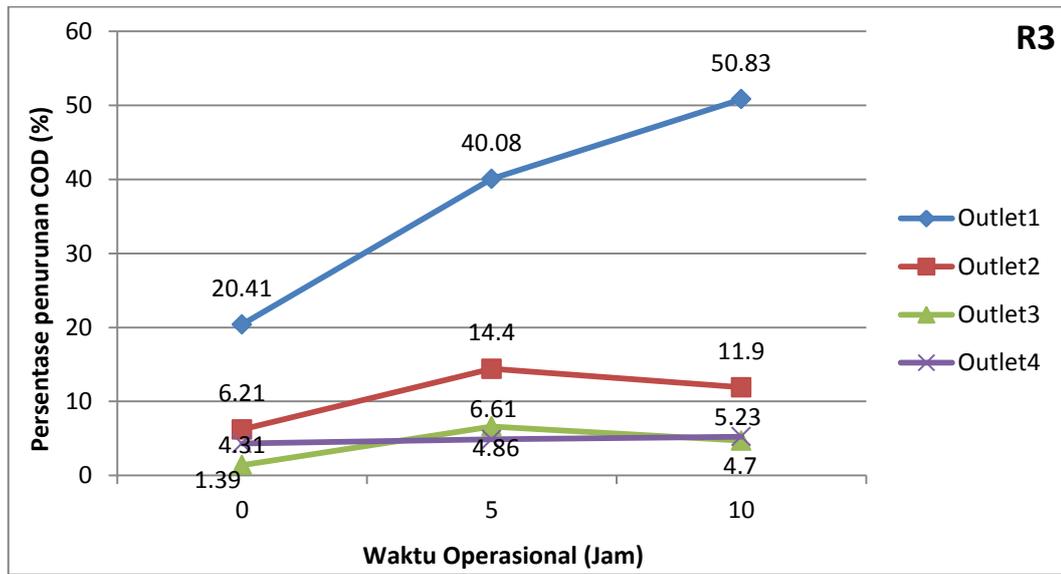
Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi COD pada reaktor uji I, II dan III pada Tabel 4.14; 4.15 dan 4.16 maka dapat diplotkan menjadi grafik persentase penurunan konsentrasi COD pada Gambar berikut.



Gambar 4.7 kemampuan masing-masing outlet dalam menurunkan COD (%) pada reaktor I



Gambar 4.8 kemampuan masing-masing outlet dalam menurunkan COD (%) pada reaktor II



**Gambar 4.9** kemampuan masing-masing outlet dalam menurunkan COD (%) pada reaktor III

Berdasarkan Tabel 4.14 serta Gambar 4.7 pada reaktor I outlet I menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi COD tertinggi pada waktu operasional 10 jam sebesar 44,98% dan yang terendah sebesar 10,33% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet II penurunan tertinggi sebesar 16,04% pada waktu operasional 10 jam dan terendah sebesar 6,62% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet III penurunan tertinggi sebesar 7,1% pada waktu operasional 10 jam dan terendah sebesar 5,78% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet IV penurunan tertinggi sebesar 5,52% pada waktu operasional 10 jam dan terendah sebesar 4,22% pada awal operasional reaktor (0 jam).

Berdasarkan Tabel 4.15 serta Gambar 4.8 pada reaktor II outlet I menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi COD tertinggi pada waktu operasional 10 jam sebesar 44,9% dan yang terendah sebesar 11,79% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet II penurunan tertinggi sebesar 16,68% pada waktu operasional 10 jam dan terendah sebesar 5,19% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet III penurunan tertinggi sebesar 7,86% pada waktu operasional 10 jam dan terendah sebesar 5,1% pada waktu operasional 5 jam. Outlet IV penurunan tertinggi sebesar 5,07% pada waktu operasional 5 jam dan terendah sebesar 2,33% pada waktu operasional reaktor 10 jam.

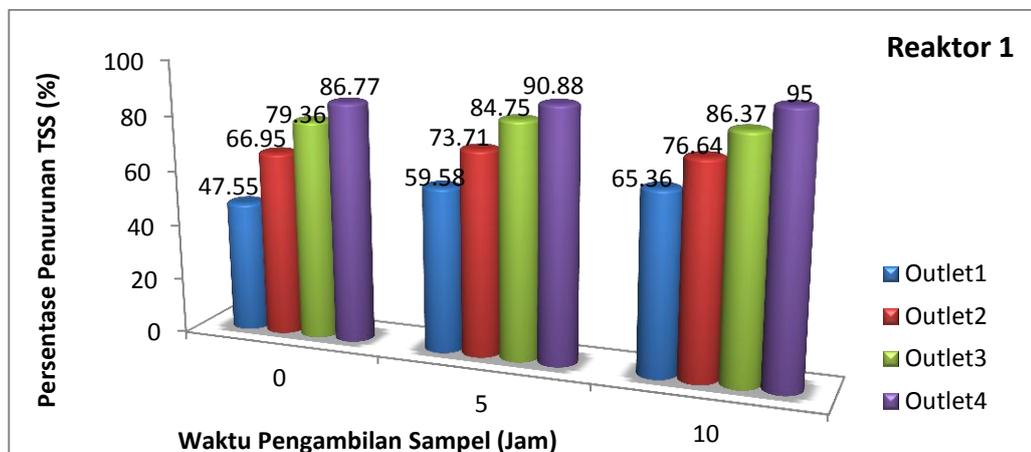
Berdasarkan Tabel 4.16 serta Gambar 4.9 pada reaktor III outlet I menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi COD tertinggi pada waktu operasional 10 jam sebesar 50,83% dan yang terendah sebesar 20,41% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet II penurunan tertinggi sebesar 14,4% pada waktu operasional 10 jam dan terendah sebesar 6,21% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet III penurunan tertinggi sebesar 6,61% pada waktu operasional 10 jam dan terendah sebesar 1,39% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet IV penurunan tertinggi sebesar 4,86% pada waktu operasional 5 jam dan terendah sebesar 4,31% pada awal operasional reaktor (0 jam).

#### 4.5.2 Analisis Deskriptif Penurunan TSS

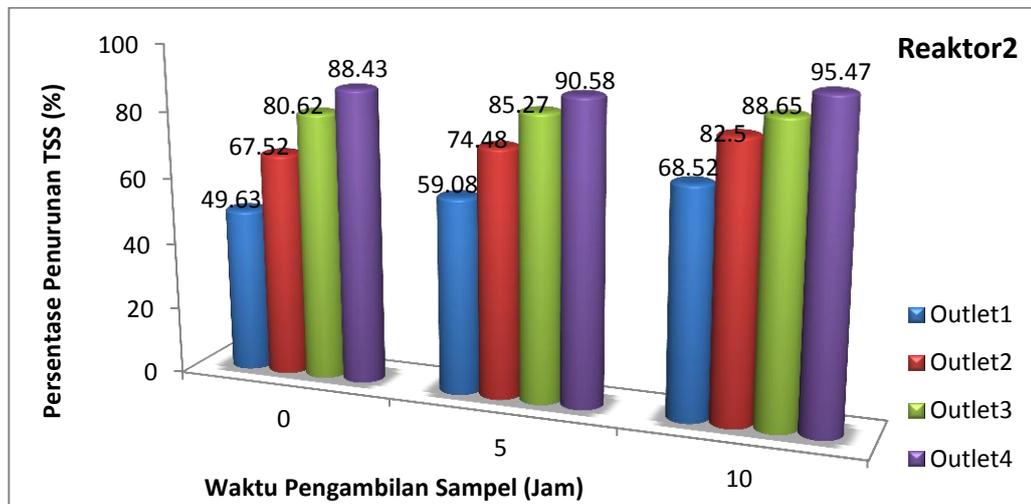
##### 4.5.2.1 Analisis Deskriptif Penurunan TSS Secara Kumulatif

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang Kota Malang yang menggunakan *biosand filter* dengan penambahan karbon aktif mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*) dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Variasi yang digunakan adalah waktu pengambilan sampel yaitu 0, 5 dan 10 jam.

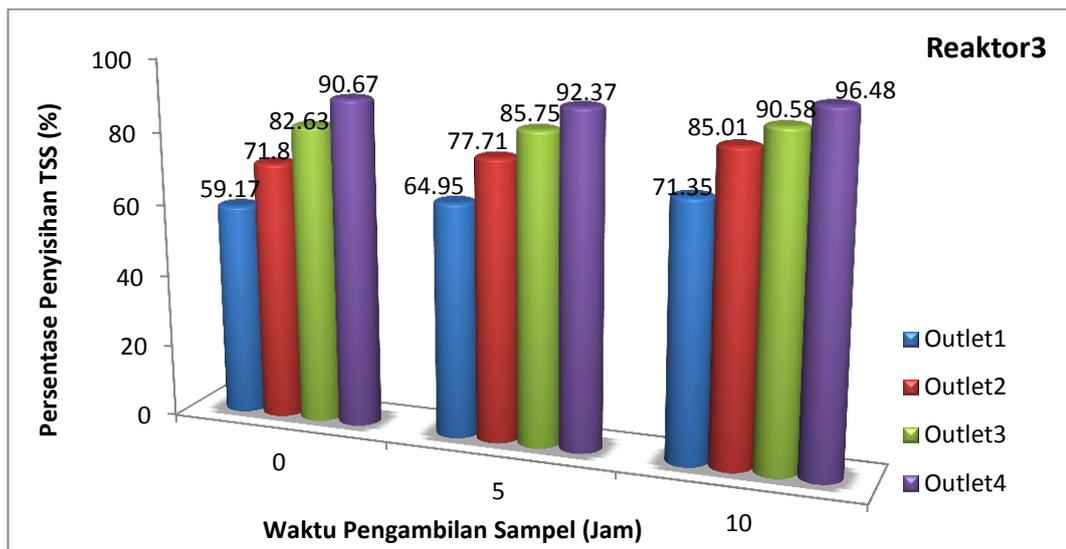
Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi pada reaktor uji pada Tabel 4.17; 4.18 dan 4.19 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan konsentrasi TSS pada Gambar berikut.



Gambar 4.10. Persentase penurunan konsentrasi TSS reaktor 1



**Gambar 4.11. Persentase penurunan konsentrasi TSS reaktor 2**



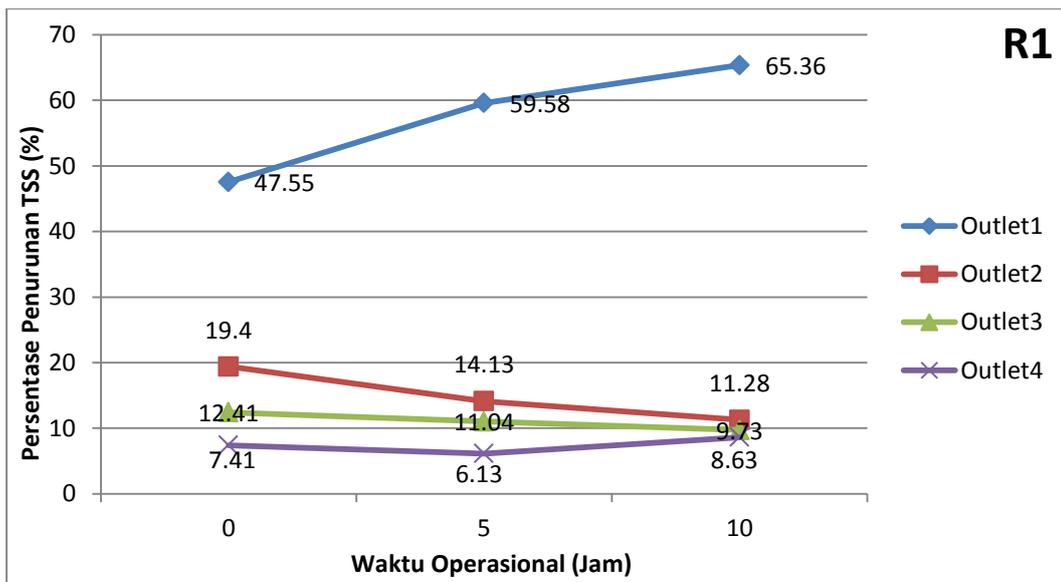
**Gambar 4.12. Persentase penurunan konsentrasi TSS reaktor 3**

Berdasarkan Tabel 4.17; 4.18 dan 4.19 serta Gambar 4.10; 4.11 dan 4.12 pada reaktor I, II dan III menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi TSS cenderung semakin meningkat mulai dari outlet I hingga ke outlet IV dan seiring dengan semakin lamanya waktu pengambilan sampel. Persentase penurunan TSS tertinggi pada reaktor III sebesar 96,48 yang terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 10 pada outlet ke IV. Sedangkan persentase penurunan TSS terendah pada reaktor I sebesar 47,55% terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 0 pada outlet ke I.

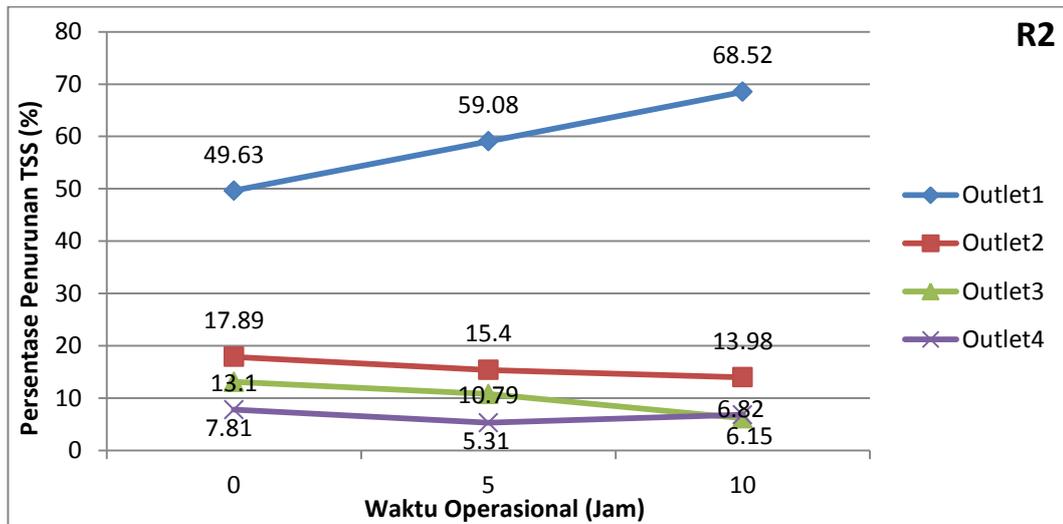
#### 4.5.2.2 Analisis Deskriptif Kemampuan Menurunkan TSS Pada Masing - Masing Outlet

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang Kota Malang yang menggunakan *biosand filter* memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam menurunkan konsentrasi TSS pada setiap outletnya, hal ini dipengaruhi perbedaan jenis media yang digunakan yang berdampak pada proses kimia, fisika dan biologis yang terjadi pada masing-masing media. Variasi yang digunakan adalah waktu pengambilan sampel yaitu 0, 5 dan 10 jam.

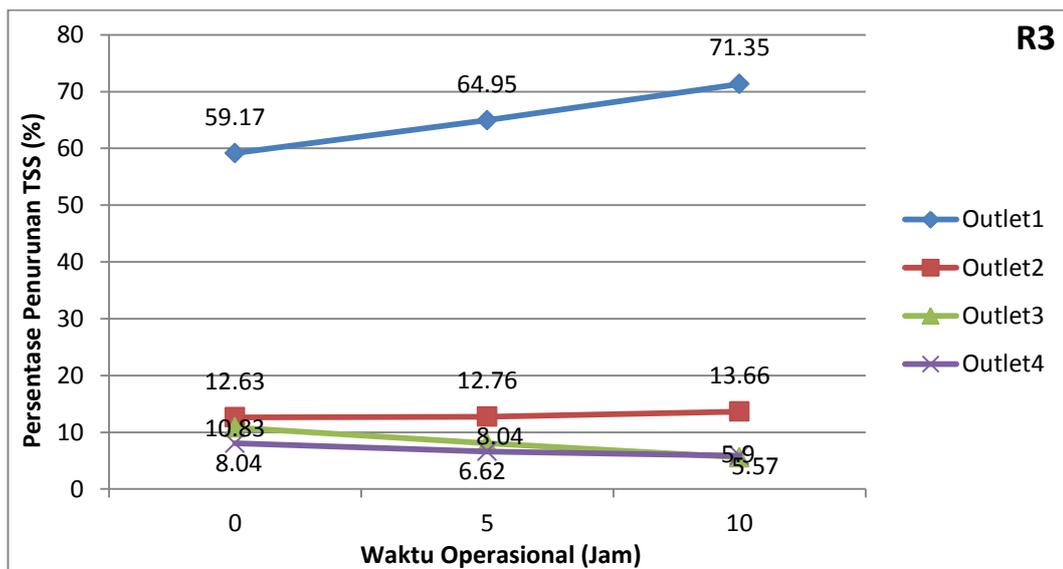
Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi TSS pada reaktor uji I, II dan III pada Tabel 4.17; 4.18 dan 4.19 maka dapat diplotkan menjadi grafik persentase penurunan konsentrasi TSS pada Gambar berikut.



Gambar 4.13 kemampuan masing-masing outlet dalam menurunkan TSS (%) pada reaktor I



**Gambar 4.14** kemampuan masing-masing outlet dalam menurunkan TSS (%) pada reaktor II



**Gambar 4.15** kemampuan masing-masing outlet dalam menurunkan TSS (%) pada reaktor III

Berdasarkan Tabel 4.17 serta Gambar 4.13 pada reaktor I outlet I menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi TSS tertinggi pada waktu operasional 10 jam sebesar 65,36% dan yang terendah sebesar 47,55% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet II penurunan tertinggi sebesar 19,4% pada awal operasional reaktor (0 jam) dan terendah sebesar 11,28% pada waktu operasional 10 jam. Outlet III penurunan tertinggi sebesar 12,41% pada awal

operasional reaktor (0 jam) dan terendah sebesar 9,73% pada waktu operasional 10 jam. Outlet IV penurunan tertinggi sebesar 8,13% pada waktu operasional 10 jam dan terendah sebesar 6,13% pada awal operasional reaktor 5 jam.

Berdasarkan Tabel 4.18 serta Gambar 4.14 pada reaktor II outlet I menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi TSS tertinggi pada waktu operasional 10 jam sebesar 68,52% dan yang terendah sebesar 49,63% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet II penurunan tertinggi sebesar 17,89% pada awal operasional reaktor (0 jam) dan terendah sebesar 13,98% pada waktu operasional 10 jam. Outlet III penurunan tertinggi sebesar 13,1% pada awal operasional reaktor (0 jam) dan terendah sebesar 6,82% pada waktu operasional 10 jam. Outlet IV penurunan tertinggi sebesar 7,81% pada awal operasional reaktor (0 jam) dan terendah sebesar 5,13% pada waktu operasional 5 jam

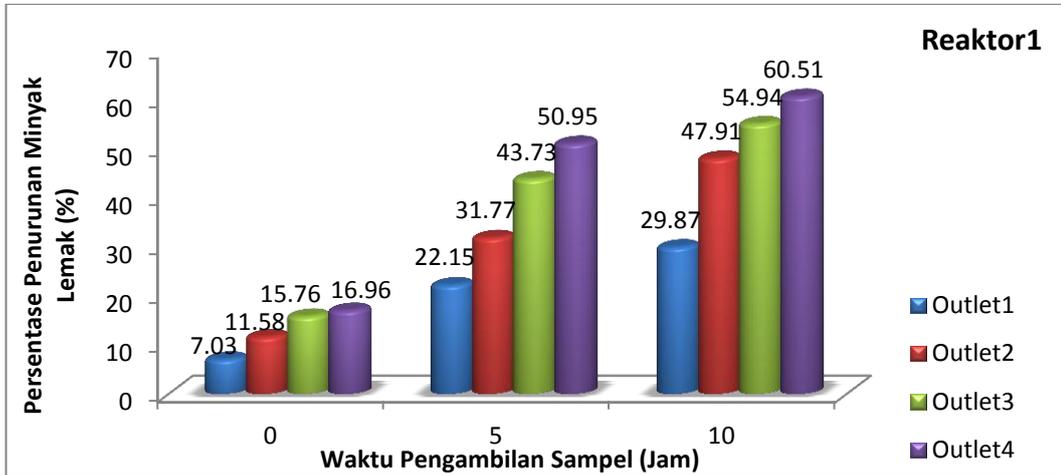
Berdasarkan Tabel 4.19 serta Gambar 4.15 pada reaktor III outlet I menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi TSS tertinggi pada waktu operasional 10 jam sebesar 71,35% dan yang terendah sebesar 59,17% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet II penurunan tertinggi sebesar 13,66% pada waktu operasional 10 jam dan terendah sebesar 12,63% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet III penurunan tertinggi sebesar 10,83% pada awal operasional reaktor (0 jam) dan terendah sebesar 5,57% pada waktu operasional 10 jam. Outlet IV penurunan tertinggi sebesar 8,04% pada awal operasional reaktor (0 jam) dan terendah sebesar 5,9% pada waktu operasional 10 jam.

### **4.5.3 Analisis Deskriptif Penurunan Minyak Lemak**

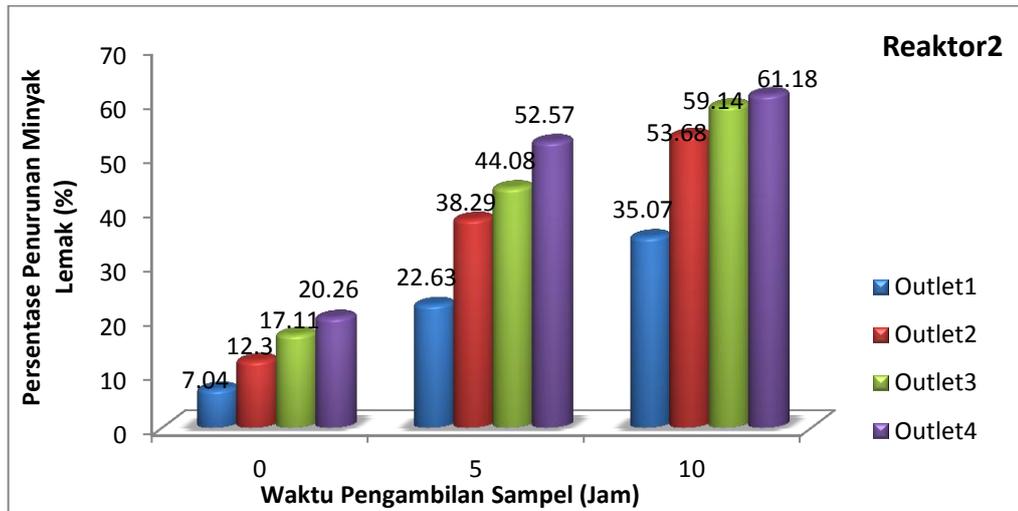
#### **4.5.3.1 Analisis Deskriptif Penurunan Minyak dan Lemak Secara Kumulatif**

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang Kota Malang yang menggunakan *biosand filter* dengan penambahan karbon aktif mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi minyak dan lemak dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Variasi yang digunakan adalah waktu pengambilan sampel yaitu 0, 5 dan 10 jam.

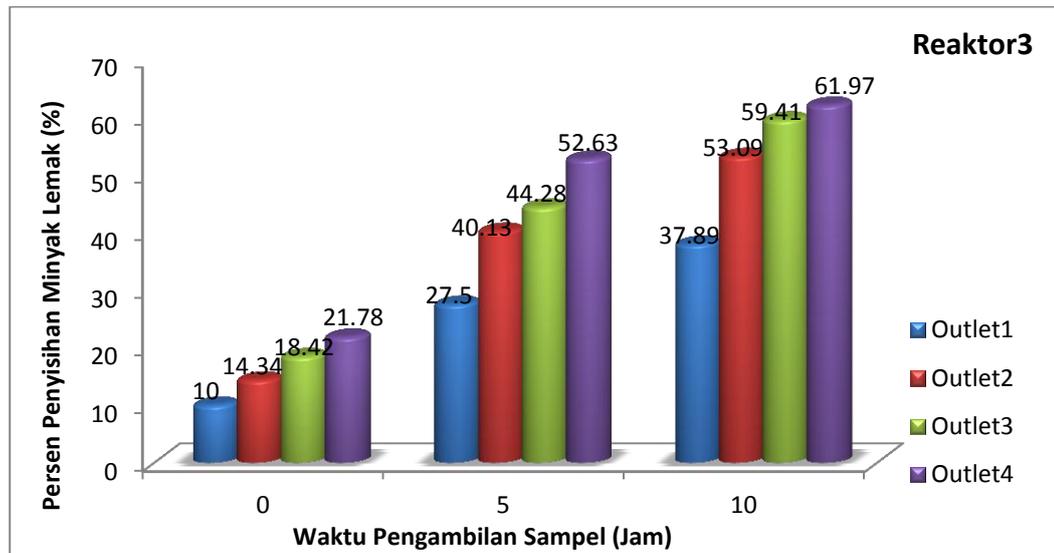
Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi pada reaktor uji I, II dan III pada Tabel 4.20; 4.21 dan 4.22 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan konsentrasi Minyak dan Lemak pada Gambar berikut.



**Gambar 4.16. Persentase penurunan konsentrasi Minyak Lemak reaktor 1**



**Gambar 4.17. Persentase penurunan konsentrasi Minyak Lemak reaktor 2**



**Gambar 4.18. Persentase penurunan konsentrasi Minyak Lemak reaktor 3**

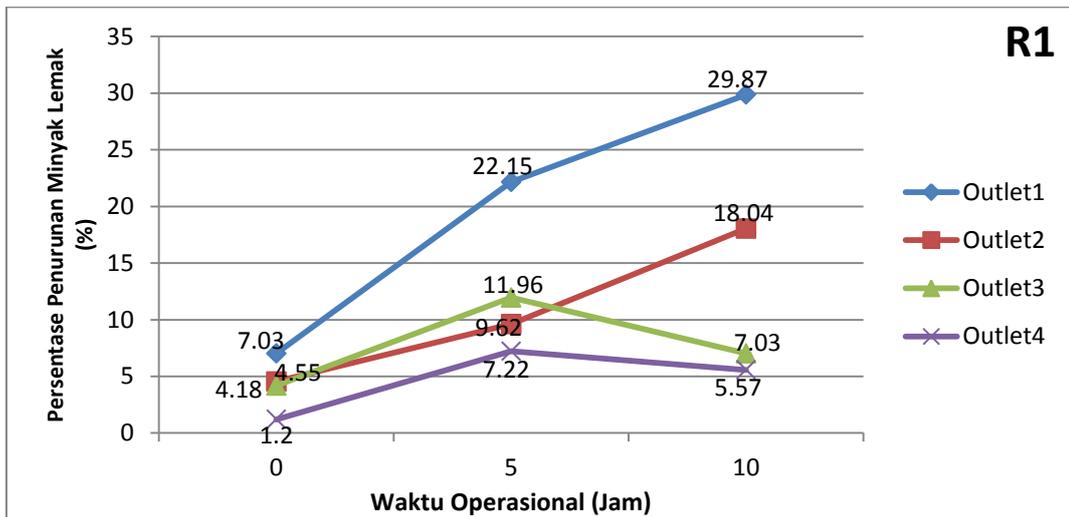
Berdasarkan Tabel 4.20; 4.21 dan 4.22 serta Gambar 4.16; 4.17 dan 4.18 pada reaktor I, II dan III menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi Minyak dan lemak cenderung semakin meningkat mulai dari outlet I hingga ke outlet IV dan seiring dengan semakin lamanya waktu pengambilan sampel.

Persentase penurunan Minyak dan lemak tertinggi pada reaktor I sebesar 60,51 yang terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 10 pada outlet ke IV. Sedangkan persentase penurunan Minyak dan lemak terendah pada reaktor I sebesar 7,03% terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 0 pada outlet ke I.

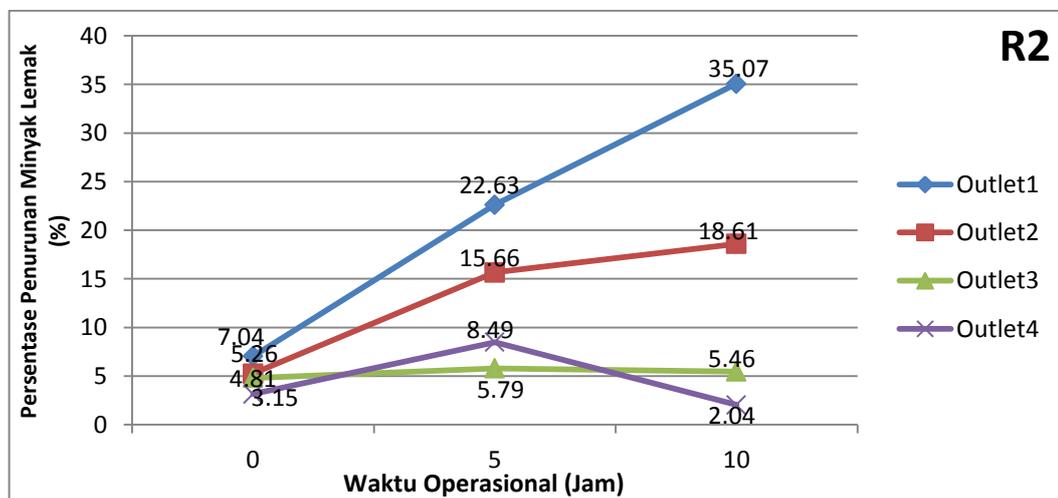
#### **4.5.3.2 Analisis Deskriptif Kemampuan Menurunkan Minyak Lemak Pada Masing - Masing Outlet**

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang Kota Malang yang menggunakan *biosand filter* memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam menurunkan konsentrasi minyak lemak pada setiap outletnya, hal ini dipengaruhi perbedaan jenis media yang digunakan yang berdampak pada proses kimia, fisika dan biologis yang terjadi pada masing-masing media. Variasi yang digunakan adalah waktu pengambilan sampel yaitu 0, 5 dan 10 jam.

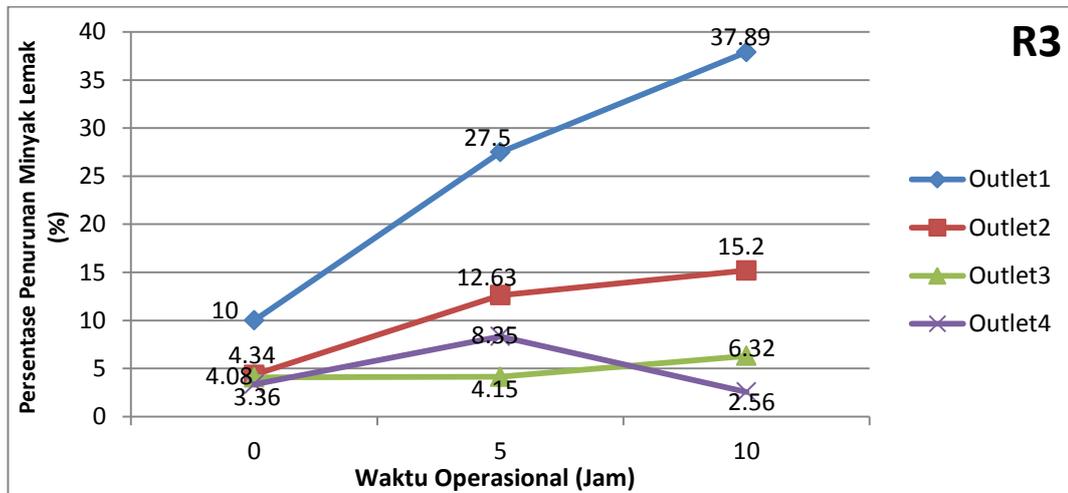
Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi minyak lemak pada reaktor uji I, II dan III pada Tabel 4.20; 4.21 dan 4.22 maka dapat diplotkan menjadi grafik persentase penurunan konsentrasi minyak lemak pada Gambar berikut.



Gambar 4.16 kemampuan masing-masing outlet dalam menurunkan minyak lemak (%) pada reaktor I



Gambar 4.17 kemampuan masing-masing outlet dalam menurunkan minyak lemak (%) pada reaktor II



**Gambar 4.18 kemampuan masing-masing outlet dalam menurunkan minyak lemak (%) pada reaktor III**

Berdasarkan Tabel 4.17 serta Gambar 4.13 pada reaktor I outlet I menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi minyak lemak tertinggi pada waktu operasional 10 jam sebesar 29,87% dan yang terendah sebesar 7,03% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet II penurunan tertinggi sebesar 11,96% pada waktu operasional 10 jam dan terendah sebesar 4,18% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet III penurunan tertinggi sebesar 18,04% pada waktu operasional 10 jam dan terendah sebesar 4,55% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet IV penurunan tertinggi sebesar 7,22% pada waktu operasional 10 jam dan terendah sebesar 6,13% pada awal operasional reaktor 5 jam.

Berdasarkan Tabel 4.18 serta Gambar 4.14 pada reaktor II outlet I menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi minyak lemak tertinggi pada waktu operasional 10 jam sebesar 35,07% dan yang terendah sebesar 7,04% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet II penurunan tertinggi sebesar 18,64% pada waktu operasional 10 jam dan terendah sebesar 5,26% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet III penurunan tertinggi sebesar 5,79% pada waktu operasional 5 jam dan terendah sebesar 4,81% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet IV penurunan tertinggi sebesar 8,49% pada waktu

operasional 5 jam dan terendah sebesar 2,04% pada awal operasional reaktor (0 jam).

Berdasarkan Tabel 4.19 serta Gambar 4.15 pada reaktor III outlet I menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi minyak lemak tertinggi pada waktu operasional 10 jam sebesar 37,89% dan yang terendah sebesar 10% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet II penurunan tertinggi sebesar 15,2% pada waktu operasional 10 jam dan terendah sebesar 4,34% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet III penurunan tertinggi sebesar 6,32% pada waktu operasional 10 jam dan terendah sebesar 4,08% pada awal operasional reaktor (0 jam). Outlet IV penurunan tertinggi sebesar 8,35% pada waktu operasional reaktor 5 jam dan terendah sebesar 2,56% pada waktu operasional 10 jam.

#### **4.6 Analisis Korelasi**

Analisis korelasi dilakukan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linear antara variabel yang diamati. Nilai korelasi berkisar antara -1 sampai +1. Nilai korelasi negatif mempunyai artian bahwa hubungan antara dua variabel adalah tidak searah, dimana jika salah satu variabel menurun maka variabel lainnya meningkat. Nilai korelasi bernilai positif berarti hubungan antara kedua variabel adalah searah, dimana jika salah satu variabel meningkat maka variabel lainnya meningkat pula.

Suatu hubungan antara dua variable dikatakan berkorelasi kuat apabila makin mendekati 1 atau (-1) dan jika sebuah hubungan antara dua variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol). Nilai dari derajat keeratan ( $r$ ) tersebut dapat dibaca dengan melihat klasifikasi hubungan statistika dua peubah. 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

#### 4.6.1 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan COD dan Waktu Operasional

##### I. Reaktor Uji I

Hasil uji korelasi persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.23.

**Tabel 4.23 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji I**

**Correlations: Waktu, % Penyisihan COD R\_1**

Pearson correlation of Waktu and % Penyisihan COD R\_1 = 0.927  
P-Value = 0.0244

**Keterangan :**

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

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

**Keputusan**

Berdasarkan Tabel 4.23 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan COD dengan waktu operasional pada Reaktor I adalah 0,927. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu operasional maka persen penyisihan COD yang dihasilkan akan semakin meningkat. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,024 < 0,05$ . Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan COD dengan waktu operasional.

## II. Reaktor Uji II

Hasil uji korelasi persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.24.

**Tabel 4.24 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji II**

**Correlations: Waktu, % Penyisihan COD R\_2**

Pearson correlation of Waktu and % Penyisihan COD R\_2 = 0.931  
P-Value = 0.023

### Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.24 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan COD dengan waktu operasional pada Reaktor II adalah 0,931. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu operasional maka persen penyisihan COD yang dihasilkan akan semakin meningkat. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,023 \geq 0,05$ . Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan COD dengan waktu operasional.

## III. Reaktor Uji III

Hasil uji korelasi persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.25.

**Tabel 4.25 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji III**

**Correlations: % Penyisihan COD R\_3, Waktu**

Pearson correlation of % Penyisihan COD R\_3 and Waktu = 0.944  
P-Value = 0.021

### Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.25 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan COD dengan waktu operasional pada Reaktor III adalah 0,944. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien

korelasi, yang berarti semakin lama waktu operasionalnya maka persen penyisihan COD yang dihasilkan akan semakin meningkat. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,021 < 0,05$ . Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan COD dengan waktu operasional.

#### 4.6.2 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan TSS dan Waktu Operasional

##### I. Reaktor Uji I

Hasil uji korelasi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.26.

**Tabel 4.26 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji I**

**Correlations: Waktu, % Penyisihan TSS R\_1**

Pearson correlation of Waktu\_1 and % Penyisihan TSS R\_1 = 1.000  
P-Value = 0.000

**Keterangan :**

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

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

**Keputusan**

Berdasarkan Tabel 4.26 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan waktu operasional pada Reaktor I adalah 1,000. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah, karena mendekati 0,000. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu operasionalnya maka persen penyisihan TSS yang dihasilkan akan semakin meningkat, meskipun tidak terlalu signifikan. Keputusan yang diambil adalah menerima hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menolak hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,000 < 0,05$ . Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan waktu operasional.

## II. Reaktor Uji II

Hasil uji korelasi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.27.

**Tabel 4.27 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji II**

<p><b>Correlations: Waktu, % Penyisihan TSS R_2</b></p> <p>Pearson correlation of Waktu_1 and % Penyisihan TSS R_2 = 0.976 P-Value = 0.014</p>
--

### Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.27 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan waktu operasional pada Reaktor II adalah 0,976. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah, karena mendekati 0. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu operasionalnya maka persen penyisihan TSS yang dihasilkan akan semakin meningkat, meskipun tidak terlalu signifikan. Keputusan yang diambil adalah menerima hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menolak hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,014 > 0,05$ . Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan waktu operasional.

## III. Reaktor Uji III

Hasil uji korelasi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.28.

**Tabel 4.28 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji III**

<p><b>Correlations: Waktu, % PenyisihanTSS R_3</b></p> <p>Pearson correlation of Waktu_1 and % PenyisihanTSS R_3 = 0.973 P-Value = 0.015</p>
--

### Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.28 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan waktu operasional pada Reaktor III adalah 0,973. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah, karena mendekati 0. Hubungan kedua

variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu operasionalnya maka persen penyisihan TSS yang dihasilkan akan semakin meningkat, meskipun tidak terlalu signifikan. Keputusan yang diambil adalah menerima hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menolak hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,015 < 0,05$ . Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan waktu operasional.

#### 4.6.3 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan Minyak dan Lemak dan Waktu Operasional

##### I. Reaktor Uji I

Hasil uji korelasi persentase penyisihan minyak dan lemak dapat dilihat pada Tabel 4.29.

**Tabel 4.29 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan Minyak Dan Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji I**

<b>Correlations: Waktu, % Penyisihan Minyak Dan Lemak R_1</b>
Pearson correlation of Waktu_2 and % Penyisihan Minyak Lemak R_1 = 0.951 P-Value = 0.0199

##### **Keterangan :**

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

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

##### **Keputusan**

Berdasarkan Tabel 4.29 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan minyak dan lemak dengan waktu operasional pada Reaktor I adalah 0,951. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu operasionalnya maka persen penyisihan minyak dan lemak yang dihasilkan akan semakin meningkat.

Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,0199 < 0,05$ . Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan minyak dan lemak dengan waktu operasional.

## II. Reaktor Uji II

Hasil uji korelasi persentase penyisihan minyak dan lemak dapat dilihat pada Tabel 4.30.

**Tabel 4.30 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan Minyak Dan Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji II**

**Correlations: Waktu, % Penyisihan Minyak Dan Lemak R\_2**

Pearson correlation of Waktu\_2 and % Penyisihan Minyak Lemak R\_2 = 0.948  
P-Value = 0.020

### Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.30 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan minyak dan lemak dengan waktu operasional pada Reaktor II adalah 0,948. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu operasionalnya maka persen penyisihan minyak dan lemak yang dihasilkan akan semakin meningkat.

Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,001 < 0,05$ . Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan minyak dan lemak dengan waktu operasional.

## III. Reaktor Uji III

Hasil uji korelasi persentase penyisihan minyak dan lemak dapat dilihat pada Tabel 4.31.

**Tabel 4.31 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan Minyak Dan Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam) pada Reaktor Uji III**

**Correlations: Waktu, % Penyisihan Minyak Dan Lemak R\_3**

Pearson correlation of Waktu\_2 and % Penyisihan Minyak Lemak R\_3 = 0.955  
P-Value = 0.019

### **Keputusan**

Berdasarkan Tabel 4.31 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan minyak dan lemak dengan waktu operasional pada Reaktor III adalah 0,955. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu operasionalnya maka persen penyisihan minyak dan lemak yang dihasilkan akan semakin meningkat. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,019 < 0,05$ . Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan minyak dan lemak dengan waktu operasional.

#### **4.6.4 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan COD dan Tinggi Media**

##### **I. Reaktor Uji I**

Hasil uji korelasi persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.32.

**Tabel 4.32 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan COD (%) Terhadap Ketinggian Media (cm) pada Reaktor Uji I**

#### **Correlations: Ketinggian Media\_R1, % Penyisihan COD\_R1**

Pearson correlation of Ketinggian Media\_R1 and %Penyisihan COD\_R1 = 0.479  
P-Value = 0.115

#### **Keterangan :**

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

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

### **Keputusan**

Berdasarkan Tabel 4.32 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan COD dengan ketinggian media pada Reaktor I adalah 0,479. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah, karena mendekati 0. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi,

yang berarti semakin tinggi nilai ketinggian media maka persen penyisihan COD yang dihasilkan akan semakin meningkat. Keputusan yang diambil adalah menerima hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menolak hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,115 > 0,05$ . Artinya korelasi antara persentase penyisihan COD dengan ketinggian media tidak signifikan.

## II. Reaktor Uji II

Hasil uji korelasi persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.33.

**Tabel 4.33 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan COD (%) Terhadap Ketinggian Media (cm) pada Reaktor Uji II**

**Correlations: Ketinggian Media\_R2, % Penyisihan COD\_R2**

Pearson correlation of Ketinggian Media\_R2 and % Penyisihan COD\_R2 = 0.724  
P-Value = 0.008

### Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.33 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan COD dengan ketinggian media pada Reaktor II adalah 0,724. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin tinggi nilai ketinggian media maka persen penyisihan COD yang dihasilkan akan semakin meningkat.

Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,008 < 0,05$ . Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan COD dengan ketinggian media.

## III. Reaktor Uji III

Hasil uji korelasi persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.34.

**Tabel 4.34 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan COD (%) Terhadap Ketinggian Media (cm) pada Reaktor Uji III**

**Correlations: Ketinggian Media\_R3, % Penyisihan COD\_R3**

Pearson correlation of Ketinggian Media\_R3 and % Penyisihan COD\_R3 = 0.855  
P-Value = 0.000

### **Keputusan**

Berdasarkan Tabel 4.34 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan COD dengan ketinggian media pada Reaktor III adalah 0,855. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin tinggi nilai ketinggian media maka persen penyisihan COD yang dihasilkan akan semakin meningkat.

Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,000 < 0,05$ . Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan COD dengan ketinggian media.

### **4.6.5 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan TSS dan Ketinggian Media**

#### **I. Reaktor Uji I**

Hasil uji korelasi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.35.

**Tabel 4.35 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan TSS (%) Terhadap Ketinggian Media (cm) pada Reaktor Uji I**

<b>Correlations: Ketinggian Media_R1, % Penyisihan TSS_R1</b>
Pearson correlation of Ketinggian Media_R1 and % Penyisihan TSS_R1 = 0.471 P-Value = 0.123

#### **Keterangan :**

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

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

### **Keputusan**

Berdasarkan Tabel 4.35 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan ketinggian media pada Reaktor I adalah 0,471. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah, karena mendekati 0. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin tinggi nilai ketinggian media maka persen penyisihan TSS

yang dihasilkan akan semakin meningkat. Keputusan yang diambil adalah menerima hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menolak hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,123 > 0,05$ . Artinya korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan ketinggian media tidak signifikan.

## II. Reaktor Uji II

Hasil uji korelasi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.36.

**Tabel 4.36 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan TSS (%) Terhadap Ketinggian Media (cm) pada Reaktor Uji II**

<p><b>Correlations: Ketinggian Media_R2, % Penyisihan TSS_R2</b></p> <p>Pearson correlation of Ketinggian Media_R2 and % Penyisihan TSS_R2 = 0.801 P-Value = 0.002</p>
--

### Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.36 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan ketinggian media pada Reaktor II adalah 0,801. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin tinggi nilai ketinggian media maka persen penyisihan TSS yang dihasilkan akan semakin meningkat.

Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,002 < 0,05$ . Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan ketinggian media.

## III. Reaktor Uji III

Hasil uji korelasi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.37.

**Tabel 4.37 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan TSS (%) Terhadap Ketinggian Media (cm) pada Reaktor Uji III**

<p><b>Correlations: Ketinggian Media_R3, % Penyisihan TSS_R3</b></p> <p>Pearson correlation of Ketinggian Media_R3 and % Penyisihan TSS_R3 = 0.911 P-Value = 0.000</p>
--

### **Keputusan**

Berdasarkan Tabel 4.37 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan waktu operasional pada Reaktor II adalah 0,911. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin tinggi nilai ketinggian media maka persen penyisihan TSS yang dihasilkan akan semakin meningkat.

Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,000 < 0,05$ . Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan ketinggian media.

#### **4.6.7 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan Minyak dan Lemak dan Ketinggian Media**

##### **I. Reaktor Uji I**

Hasil uji korelasi persentase penyisihan minyak dan lemak dapat dilihat pada Tabel 4.38.

**Tabel 4.38 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan Minyak Dan Lemak (%) Terhadap Ketinggian Media (cm) pada Reaktor Uji I**

#### **Correlations: Ketinggian Media\_R1, % Penyisihan Minyak Dan Lemak\_R1**

Pearson correlation of Ketinggian Media\_R1 and % Penyisihan Minyak Lemak\_R1 = 0.479  
P-Value = 0.115

#### **Keterangan :**

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

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

### **Keputusan**

Berdasarkan Tabel 4.38 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan minyak dan lemak dengan ketinggian pada Reaktor I adalah 0,479. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah, karena mendekati 0. Hubungan kedua

variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin tinggi nilai ketinggian media maka persen penyisihan minyak dan lemak yang dihasilkan akan semakin meningkat.

Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,115 > 0,05$ . Artinya korelasi antara persentase penyisihan minyak dan lemak dengan ketinggian media tidak signifikan.

## II. Reaktor Uji II

Hasil uji korelasi persentase penyisihan minyak dan lemak dapat dilihat pada Tabel 4.39.

**Tabel 4.39 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan Minyak Dan Lemak (%) Terhadap Ketinggian Media (cm) pada Reaktor Uji II**

### **Correlations: Ketinggian Media\_R2, % Penyisihan Minyak Dan Lemak\_R2**

Pearson correlation of Ketinggian Media\_R2 and % Penyisihan Minyak Lemak\_R2 = 0.724  
P-Value = 0.008

### **Keputusan**

Berdasarkan Tabel 4.39 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan minyak dan lemak dengan ketinggian media pada Reaktor II adalah 0,724. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin tinggi nilai ketinggian medianya maka persen penyisihan minyak dan lemak yang dihasilkan akan semakin meningkat.

Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,008 < 0,05$ . Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan minyak dan lemak dengan ketinggian media.

### III. Reaktor Uji III

Hasil uji korelasi persentase penyisihan minyak dan lemak dapat dilihat pada Tabel 4.40.

**Tabel 4.40 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan Minyak Dan Lemak (%) Terhadap Ketinggian Media(cm) pada Reaktor Uji III**

**Correlations: Ketinggian Media\_R3, % Penyisihan Minyak Dan Lemak\_R3**

Pearson correlation of Ketinggian Media\_R3 and % Penyisihan MINYAK DAN LEMAK\_R3 = 0.852  
P-Value = 0.000

#### Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.40 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan minyak dan lemak dengan ketinggian media pada Reaktor III adalah 0,852. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin tinggi nilai ketinggian medianya maka persen penyisihan minyak dan lemak yang dihasilkan akan semakin meningkat. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena probabilitas  $0,000 < 0,05$ . Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan minyak dan lemak dengan ketinggian media.

#### 4.7 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. Variabel respons adalah variabel yang dipengaruhi suatu variabel prediktor. Sedangkan variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respons. Kedua variabel dihubungkan dengan bentuk persamaan aritmatika dimana variabel respons dan variabel prediktor dalam model regresi harus berskala kontinyu. Artinya bahwa skala data untuk kedua variabel harus ratio atau interval (Iriawan, 2004).

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

#### 4.7.1 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan COD

##### I. Reaktor Uji I

Hasil uji regresi persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.41.

**Tabel 4.41 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)**

Regression Analysis: % Penyisihan COD R_1 versus Waktu					
The regression equation is					
% Penyisihan COD R_1 = 31.9 + 4.26 Waktu					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	31.91	11.09	2.88	0.213	
Waktu	4.263	1.719	2.48	0.024	
S = 12.1536    R-Sq = 86.0%    R-Sq(adj) = 72.0%					

Pada Tabel 4.41 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

**Tabel 4.42 Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan COD(%)Terhadap Waktu Operasional (Jam)**

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	908.7	908.7	6.15	0.024
Residual Error	1	147.7	147.7		
Total	2	1056.4			

Pada tabel 4.41 dan 4.42 dapat diketahui bahwa :

Model regresi yang didapat adalah :

$$Y = 31,9 + 4,26 x$$

Dimana :

Y = % Penyisihan COD

x = Perbandingan waktu operasional

Berdasarkan tabel 4.41 dapat disimpulkan bahwa :

- Konstanta 31,9 mengartikan bahwa jika variabel perbandingan dan waktu operasional (x) meningkat satu-satuan, maka % penyisihan COD cenderung meningkat sebesar 31,9%.
- Koefisien regresi untuk variabel  $x_1$  (perbandingan waktu operasional) sebesar 4,26 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan waktu operasional maka persentase penyisihan COD akan meningkat sebesar 4,26 %.
- Hasil analisa regresi juga didapatkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 86,0%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan COD dipengaruhi oleh variasi perbandingan waktu operasional sebesar 86,0%, sedangkan sisanya sebesar 14,0% penurunan penyisihan COD dapat dipengaruhi faktor lain seperti diameter media, temperatur atau faktor lingkungan luar lainnya.
- Uji kelinieran untuk analisis regresi atau *F test*, didapat nilai hitung sebesar 6,15. Dari tabel distribusi F didapatkan 4,07 (Sudjana, 2005). Jika dibandingkan antara F tabel dengan F hitung, maka  $F_{hitung} > F_{tabel}$  yaitu sebesar  $6,15 > 4,07$ . Hal ini berarti bahwa hubungan antara persentase penyisihan COD dan waktu operasional.

e. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Keputusan :

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel  
Jika statistik t hitung *output* < statistik t tabel, maka menolak H1 dan menerima Ho. Jika statistik t hitung *output* > statistik t tabel, maka menolak Ho dan menerima H1. Berdasarkan tabel 4.41 statistik t hitung output variasi waktu operasional 2,48. Jika dibandingkan dengan nilai t tabel sebesar 2,2 (Sudjana, 2005) maka nilai t hitung waktu operasional lebih besar dari t tabel ( $2,48 > 2,2$ ), sehingga, H1 diterima dan menolak Ho yang berarti koefisien regresi signifikan.
- Berdasarkan probabilitas  
Nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional sebesar 0.244. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional  $0,024 < 0,05$  sehingga Ho diterima dan menolak H1. Jadi variasi waktu operasional berpengaruh cukup signifikan terhadap persentase penyisihan COD.

## II. Reaktor Uji II

Hasil uji regresi persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.43.

**Tabel 4.43 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)**

Regression Analysis: % Penyisihan COD R_2 versus Waktu				
The regression equation is				
% Penyisihan COD R_2 = 32.3 + 4.29 Waktu				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	32.32	10.87	2.97	0.206
Waktu	4.292	1.684	2.55	0.023
S = 11.9045    R-Sq = 86.7%    R-Sq(adj) = 73.3%				

Pada Tabel 4.34 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

**Tabel 4.44 Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan COD(%) Dengan Waktu Operasional (jam)**

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	921.1	921.1	6.50	0.023
Residual Error	1	141.7	141.7		
Total	2	1062.8			

Pada tabel 4.43 dan 4.44 dapat diketahui bahwa :

Model regresi yang didapat adalah :

$$Y = 32,3 + 4,29x$$

Dimana :

Y = % Penyisihan COD

x = Perbandingan waktu operasional

Berdasarkan tabel 4.34 dapat disimpulkan bahwa :

- a. Konstanta 32,3 mengartikan bahwa jika variabel perbandingan dan waktu operasional (x) meningkat satu-satuan, maka % penyisihan COD cenderung meningkat sebesar 32,3%.
- b. Koefisien regresi untuk variabel x (perbandingan waktu operasional) sebesar 4,29 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan waktu operasional maka persentase penyisihan COD akan meningkat sebesar 4,29%.
- c. Hasil analisa regresi juga didapatkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 86,7%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan COD dipengaruhi oleh variasi perbandingan waktu operasional sebesar 86,7%, sedangkan sisanya sebesar 13,3% penurunan penyisihan COD dapat dipengaruhi faktor lain seperti diameter media, temperatur atau faktor lingkungan luar lainnya.
- d. Uji kelinieran untuk analisis regresi atau *F test*, didapat nilai hitung sebesar 6,50. Dari tabel distribusi F didapatkan 4,07 (Sudjana, 2005). Jika dibandingkan antara F tabel dengan F hitung, maka  $F_{hitung} > F_{tabel}$  yaitu

sebesar  $6,50 > 4,07$ . Hal ini berarti bahwa hubungan antara persentase penyisihan COD dan waktu operasional adalah linier.

e. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Keputusan :

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel  
Jika statistik t hitung *output* < statistik t tabel, maka menolak H1 dan menerima Ho. Jika statistik t hitung *output* > statistik t tabel, maka menolak Ho dan menerima H1. Berdasarkan tabel 4.43 statistik t hitung output variasi waktu operasional 2,55. Jika dibandingkan dengan nilai t tabel sebesar 2.2 (Sudjana, 2005) maka nilai t hitung waktu operasional lebih besar dari t tabel ( $2,55 > 2,2$ ), sehingga, H1 diterima dan menolak Ho yang berarti koefisien regresi signifikan.
- Berdasarkan probabilitas  
Nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional sebesar 0.023. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional  $0,023 < 0.05$  sehingga Ho ditolak dan menerima H1. Jadi variasi waktu operasional berpengaruh cukup signifikan terhadap persentase penyisihan COD.

### III. Reaktor Uji III

Hasil uji regresi persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.45.

**Tabel 4.45 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)**

Regression Analysis: % Penyisihan COD R_3 versus Waktu					
The regression equation is					
% Penyisihan COD R_3 = 39.6 + 3.68 Waktu					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	39.582	8.300	4.77	0.132	
Waktu	3.679	1.286	2.86	0.214	
S = 9.09169		R-Sq = 89.1%		R-Sq(adj) = 78.2%	

Pada Tabel 4.45 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

**Tabel 4.46 Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan COD(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)**

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	676.75	676.75	8.19	0.214
Residual Error	1	82.66	82.66		
Total	2	759.41			

Pada tabel 4.45 dan 4.46 dapat diketahui bahwa :

Model regresi yang didapat adalah :

$$Y = 39,6 + 3,68x$$

Dimana :

Y = % Penyisihan COD

x = Perbandingan waktu operasional

Berdasarkan tabel 4.45 dapat disimpulkan bahwa :

- a. Konstanta 39,6 mengartikan bahwa jika variabel perbandingan dan waktu operasional (x) meningkat satu-satuan, maka % penyisihan COD cenderung meningkat sebesar 39,6%.
- b. Koefisien regresi untuk variabel x (perbandingan waktu operasional) sebesar 3,68 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan waktu operasional maka persentase penyisihan COD akan meningkat sebesar 3,68%.
- c. Hasil analisa regresi juga didapatkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 89,1%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan COD dipengaruhi oleh variasi perbandingan waktu operasional sebesar 89,1%, sedangkan sisanya sebesar 10,9% penurunan penyisihan COD dapat dipengaruhi faktor lain seperti diameter media, temperatur atau faktor lingkungan luar lainnya.

d. Uji kelinieran untuk analisis regresi atau *F test*, didapat nilai hitung sebesar 8,19. Dari tabel distribusi F didapatkan 4,07 (Sudjana, 2005). Jika dibandingkan antara F tabel dengan F hitung, maka  $F \text{ hitung} > F \text{ tabel}$  yaitu sebesar  $8,19 > 4,07$ . Hal ini berarti bahwa hubungan antara persentase penyisihan COD dan waktu operasional adalah linier.

e. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Keputusan :

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel

Jika statistik t hitung *output*  $<$  statistik t tabel, maka menolak  $H_1$  dan menerima  $H_0$ . Jika statistik t hitung *output*  $>$  statistik t tabel, maka menolak  $H_0$  dan menerima  $H_1$ . Berdasarkan tabel 4.45 statistik t hitung output variasi waktu operasional 2,86. Jika dibandingkan dengan nilai t tabel sebesar 2,2 (Sudjana, 2005) maka nilai t hitung waktu operasional lebih besar dari t tabel ( $2,86 > 2,2$ ), sehingga,  $H_1$  diterima dan menolak  $H_0$  yang berarti koefisien regresi signifikan.

- Berdasarkan probabilitas

Nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional sebesar 0,0214. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional  $0,0214 < 0,05$  sehingga  $H_0$  ditolak dan menerima  $H_1$ . Jadi variasi waktu operasional berpengaruh cukup signifikan terhadap persentase penyisihan COD.

## 4.7.2 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan TSS

### I. Reaktor Uji I

Hasil uji regresi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.47.

**Tabel 4.47 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)**

Regression Analysis: % Penyisihan TSS R_1 versus Waktu				
The regression equation is				
% Penyisihan TSS R_1 = 86.8 + 0.823 Waktu_1				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	87.973	1.021	82.3	0.007
Waktu_1	0.9020	0.1582	4.57	0.001
S = 1.22830    R-Sq = 97.2%    R-Sq(adj) = 91.0%				

Pada Tabel 4.47 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

**Tabel 4.48 Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan TSS(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)**

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	33.866	33.866	21.31	0.001
Residual Error	1	0.000	0.000		
Total	2	33.866			

Pada tabel 4.47 dan 4.48 dapat diketahui bahwa :

Model regresi yang didapat adalah :

$$Y = 86,8 + 0,823x$$

Dimana :

Y = % Penyisihan TSS

x = Perbandingan waktu operasional

Berdasarkan tabel 4.47 dapat disimpulkan bahwa :

- a. Konstanta 86,8 mengartikan bahwa jika variabel perbandingan dan waktu operasional ( $x$ ) meningkat satu-satuan, maka % penyisihan TSS cenderung meningkat sebesar 86,8%.
- b. Koefisien regresi untuk variabel  $x$  (perbandingan waktu operasional) sebesar 0,823 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan waktu operasional maka persentase penyisihan TSS akan meningkat sebesar 0,823%.
- c. Hasil analisa regresi juga didapatkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 97,2%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan TSS dipengaruhi oleh variasi perbandingan waktu operasional sebesar 97,2%, sedangkan sisanya sebesar 2,8% penurunan penyisihan TSS dapat dipengaruhi faktor lain seperti diameter media, temperatur atau faktor lingkungan luar lainnya.
- d. Uji kelinieran untuk analisis regresi atau  $F$  test, didapat nilai hitung sebesar 21,31. Dari tabel distribusi  $F$  didapatkan 4,07 (Sudjana, 2005). Jika dibandingkan antara  $F$  tabel dengan  $F$  hitung, maka  $F$  hitung  $>$   $F$  tabel yaitu sebesar  $21,31 > 4,07$ . Hal ini berarti bahwa hubungan antara persentase penyisihan TSS dan waktu operasional adalah linier.
- e. Uji  $t$  untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Keputusan :

- Dengan membandingkan statistik  $t$  hitung dengan statistik  $t$  tabel  
Jika statistik  $t$  hitung *output*  $<$  statistik  $t$  tabel, maka menolak  $H_1$  dan menerima  $H_0$ . Jika statistik  $t$  hitung *output*  $>$  statistik  $t$  tabel, maka menolak  $H_0$  dan menerima  $H_1$ . Berdasarkan tabel 4.47 statistik  $t$  hitung output variasi waktu operasional sebesar 4,57. Jika dibandingkan dengan nilai  $t$  tabel sebesar 2,2 (Sudjana, 2005) maka nilai  $t$  hitung waktu operasional lebih besar dari  $t$  tabel ( $4,57 > 2,2$ ), sehingga,  $H_1$  diterima dan menolak  $H_0$  yang berarti koefisien regresi signifikan.
- Berdasarkan probabilitas  
Nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional sebesar 0,001. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas untuk variasi

perbandingan waktu operasional  $0,001 < 0.05$  sehingga  $H_0$  diditolak dan menerima  $H_1$ . Jadi variasi waktu operasional pengaruhnya signifikan terhadap persentase penyisihan TSS.

## II. Reaktor Uji II

Hasil uji regresi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.48.

**Tabel 4.48 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)**

Regression Analysis: % Penyisihan TSS R_2 versus Waktu				
The regression equation is				
% Penyisihan TSS R_2 = 88.0 + 0.704 Waktu_1				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	87.973	1.021	86.15	0.007
Waktu_1	0.7040	0.1582	4.45	0.014
S = 1.11860    R-Sq = 95.2%    R-Sq(adj) = 90.4%				

Pada Tabel 4.48 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

**Tabel 4.49 Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan TSS(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)**

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	24.781	24.781	19.80	0.014
Residual Error	1	1.251	1.251		
Total	2	26.032			

Pada tabel 4.48 dan 4.49 dapat diketahui bahwa :

Model regresi yang didapat adalah :

$$Y = 88,04 + 0,704x$$

Dimana :

Y = % Penyisihan TSS

x = Perbandingan waktu operasional

Berdasarkan tabel 4.48 dapat disimpulkan bahwa :

- a. Konstanta 88,04 mengartikan bahwa jika variabel perbandingan dan waktu operasional ( $x$ ) meningkat satu-satuan, maka % penyisihan TSS cenderung meningkat sebesar 88,04%.
- b. Koefisien regresi untuk variabel  $x$  (perbandingan waktu operasional) sebesar 0,704 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan waktu operasional maka persentase penyisihan TSS akan meningkat sebesar 0,704%.
- c. Hasil analisa regresi juga didapatkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 95,2%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan TSS dipengaruhi oleh variasi perbandingan waktu operasional sebesar 95,2%, sedangkan sisanya sebesar 4,8% penurunan penyisihan TSS dapat dipengaruhi faktor lain seperti diameter media, temperatur atau faktor lingkungan luar lainnya.
- d. Uji kelinieran untuk analisis regresi atau  $F$  test, didapat nilai hitung sebesar 19.80. Dari tabel distribusi  $F$  didapatkan 4.07 (Sudjana, 2005). Jika dibandingkan antara  $F$  tabel dengan  $F$  hitung, maka  $F$  hitung  $>$   $F$  tabel yaitu sebesar  $19.80 > 4,07$ . Hal ini berarti bahwa hubungan antara persentase penyisihan TSS dan waktu operasional adalah linier.
- e. Uji  $t$  untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Keputusan :

- Dengan membandingkan statistik  $t$  hitung dengan statistik  $t$  tabel  
Jika statistik  $t$  hitung  $output <$  statistik  $t$  tabel, maka menolak  $H_1$  dan menerima  $H_0$ . Jika statistik  $t$  hitung  $output >$  statistik  $t$  tabel, maka menolak  $H_0$  dan menerima  $H_1$ . Berdasarkan tabel 4.48 statistik  $t$  hitung output variasi waktu operasional sebesar 4,45. Jika dibandingkan dengan nilai  $t$  tabel sebesar 2.2 (Sudjana, 2005) maka nilai  $t$  hitung waktu operasional dan ketinggian media lebih besar dari  $t$  tabel ( $4,45 > 2,2$ ), sehingga,  $H_1$  diterima dan menolak  $H_0$  yang berarti koefisien regresi signifikan.
- Berdasarkan probabilitas  
Nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional sebesar 0.0141. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas untuk variasi

perbandingan waktu operasional  $0.0141 < 0.05$  sehingga  $H_0$  ditolak dan menerima  $H_1$ . Jadi variasi waktu operasional pengaruhnya signifikan terhadap persentase penyisihan TSS.

### III. Reaktor Uji III

Hasil uji regresi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.50.

**Tabel 4.50 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)**

Regression Analysis: % PenyisihanTSS R_3 versus Waktu_1					
The regression equation is					
% PenyisihanTSS R_3 = 90.3 + 0.581 Waktu_1					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	90.2683	0.8982	100.50	0.006	
Waktu_1	0.5810	0.1391	4.18	0.015	
S = 0.983878    R-Sq = 94.6%    R-Sq(adj) = 89.2%					

Pada Tabel 4.50 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

**Tabel 4.51 Hasil Uji Kelinearan Analisis Regresi Persen Penyisihan TSS(%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)**

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	16.878	16.878	17.44	0.150
Residual Error	1	0.968	0.968		
Total	2	17.846			

Pada tabel 4.50 dan 4.51 dapat diketahui bahwa :

Model regresi yang didapat adalah :

$$Y = 90,3 + 0,581x$$

Dimana :

Y = % Penyisihan TSS

x = Perbandingan waktu operasional

Berdasarkan tabel 4.50 dapat disimpulkan bahwa :

- a. Konstanta 90,3 mengartikan bahwa jika variabel perbandingan waktu operasional ( $x$ ) meningkat satu-satuan, maka % penyisihan TSS cenderung meningkat sebesar 90,3%.
- b. Koefisien regresi untuk variabel  $x$  (perbandingan waktu operasional) sebesar 0,581 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan waktu operasional maka persentase penyisihan TSS akan meningkat sebesar 0,581%.
- c. Hasil analisa regresi juga didapatkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 94,6%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan TSS dipengaruhi oleh variasi perbandingan waktu operasional sebesar 94,6%, sedangkan sisanya sebesar 5,46% penurunan penyisihan TSS dapat dipengaruhi faktor lain seperti diameter media, temperatur atau faktor lingkungan luar lainnya.
- d. Uji kelinieran untuk analisis regresi atau  $F$  test, didapat nilai hitung sebesar 17,44. Dari tabel distribusi  $F$  didapatkan 4,07 (Sudjana, 2005). Jika dibandingkan antara  $F$  tabel dengan  $F$  hitung, maka  $F$  hitung  $>$   $F$  tabel yaitu sebesar  $17,44 > 4,07$ . Hal ini berarti bahwa hubungan antara persentase penyisihan TSS dan waktu operasional adalah linier.
- e. Uji  $t$  untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Keputusan :

- Dengan membandingkan statistik  $t$  hitung dengan statistik  $t$  tabel  
Jika statistik  $t$  hitung *output*  $<$  statistik  $t$  tabel, maka menolak  $H_1$  dan menerima  $H_0$ . Jika statistik  $t$  hitung *output*  $>$  statistik  $t$  tabel, maka menolak  $H_0$  dan menerima  $H_1$ . Berdasarkan tabel 4.50 statistik  $t$  hitung *output* variasi waktu operasional 4,18. Jika dibandingkan dengan nilai  $t$  tabel sebesar 2,2 (Sudjana, 2005) maka nilai  $t$  hitung waktu operasional lebih besar dari  $t$  tabel ( $4,18 > 2,2$ ), sehingga,  $H_1$  diterima dan menolak  $H_0$  yang berarti koefisien regresi signifikan.
- Berdasarkan probabilitas  
Nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional sebesar 0,015. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas untuk variasi

perbandingan waktu operasional  $0.015 < 0.05$  sehingga  $H_0$  ditolak dan menerima  $H_1$ . Jadi variasi waktu operasional pengaruhnya signifikan terhadap persentase penyisihan TSS.

#### 4.7.3 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan Minyak dan Lemak Reaktor Uji I

Hasil uji regresi persentase penyisihan Minyak Dan Lemak dapat dilihat pada Tabel 4.52.

**Tabel 4.52 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan Minyak Dan Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)**

Regression Analysis: % Penyisihan Minyak Lemak R_1 versus Waktu				
The regression equation is				
% Penyisihan Minyak Lemak R_1 = 21.0 + 4.36 Waktu				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	21.032	9.105	2.31	0.260
Waktu_2	4.355	1.410	3.09	0.019
S = 9.97351    R-Sq = 90.5%    R-Sq(adj) = 81.0%				

Pada Tabel 4.52 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

**Tabel 4.53 Hasil Uji Kelinearan Analisis Regresi Persen Penyisihan Minyak Dan Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)**

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	948.30	948.30	9.53	0.019
Residual Error	1	99.47	99.47		
Total	2	1047.77			

Pada tabel 4.52 dan 4.53 dapat diketahui bahwa :

Model regresi yang didapat adalah :

$$Y = 21,0 + 4,36x$$

Dimana :

Y = % Penyisihan minyak dan lemak

x = Perbandingan waktu operasional

Berdasarkan tabel 4.52 dapat disimpulkan bahwa :

- a. Konstanta 21,04 mengartikan bahwa jika variabel perbandingan dan waktu operasional ( $x_1$ ) meningkat satu-satuan, maka % penyisihan minyak dan lemak cenderung meningkat sebesar 21,04%.
- b. Koefisien regresi untuk variabel  $x_1$  (perbandingan waktu operasional) sebesar 4,36 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan waktu operasional maka persentase penyisihan minyak dan lemak akan meningkat sebesar 4,36%.
- c. Hasil analisa regresi juga didapatkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 90,5%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan minyak dan lemak dipengaruhi oleh variasi perbandingan waktu operasional sebesar 90,5%, sedangkan sisanya sebesar 9,5% penurunan penyisihan minyak dan lemak dapat dipengaruhi faktor lain seperti diameter media, temperatur atau faktor lingkungan luar lainnya.
- d. Uji kelinieran untuk analisis regresi atau *F test*, didapat nilai hitung sebesar 9,53. Dari tabel distribusi F didapatkan 4,07 (Sudjana, 2005). Jika dibandingkan antara F tabel dengan F hitung, maka F hitung > F tabel yaitu sebesar  $9,53 > 4,07$ . Hal ini berarti bahwa hubungan antara persentase penyisihan minyak dan lemak dan waktu operasional adalah linier.
- e. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Keputusan :

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel  
Jika statistik t hitung *output* < statistik t tabel, maka menolak H1 dan menerima Ho. Jika statistik t hitung *output* > statistik t tabel, maka menolak Ho dan menerima H1. Berdasarkan tabel 4.52 statistik t hitung output variasi waktu operasional 3,09. Jika dibandingkan dengan nilai t tabel sebesar 2,2 (Sudjana, 2005) maka nilai t hitung waktu operasional lebih besar dari t tabel ( $3,09 > 2,2$ ), sehingga, H1 diterima dan menolak Ho yang berarti koefisien regresi signifikan.

- Berdasarkan probabilitas

Nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional sebesar 0,019. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional  $0,019 < 0.05$  sehingga  $H_0$  ditolak dan menerima  $H_1$ . Jadi variasi waktu operasional pengaruhnya signifikan terhadap persentase penyisihan minyak dan lemak.

### I. Reaktor Uji II

Hasil uji regresi persentase penyisihan minyak dan lemak dapat dilihat pada Tabel 4.54.

**Tabel 4.54 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan Minyak dan Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)**

Regression Analysis: % Penyisihan Minyak Lemak R_2 versus Waktu_2				
The regression equation is				
% Penyisihan Minyak Lemak R_2 = 24.2 + 4.09 Waktu				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	24.210	8.832	2.74	0.022
Waktu	4.092	1.368	2.99	0.020
S = 9.67548    R-Sq = 89.9%    R-Sq(adj) = 79.9%				

Pada Tabel 4.54 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

**Tabel 4.55 Hasil Uji Kelinearan Analisis Regresi Persen Penyisihan Minyak Dan Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)**

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	837.22	837.22	8.94	0.020
Residual Error	1	93.61	93.61		
Total	2	930.84			

Pada tabel 4.54 dan 4.55 dapat diketahui bahwa :

Model regresi yang didapat adalah :

$$Y = 24,2 + 4,09x$$

Dimana :

Y = % Penyisihan minyak dan lemak

x = Perbandingan waktu operasional

Berdasarkan tabel 4.54 dapat disimpulkan bahwa :

- a. Konstanta 24,2 mengartikan bahwa jika variabel perbandingan dan waktu operasional (x) meningkat satu-satuan, maka % penyisihan minyak dan lemak cenderung meningkat sebesar 24,2%.
- b. Koefisien regresi untuk variabel x (perbandingan waktu operasional) sebesar 4,09 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan waktu operasional maka persentase penyisihan minyak dan lemak akan meningkat sebesar 4,09%.
- c. Hasil analisa regresi juga didapatkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 89,9%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan minyak dan lemak dipengaruhi oleh variasi perbandingan waktu operasional sebesar 89,9%, sedangkan sisanya sebesar 10,1% penurunan penyisihan minyak dan lemak dapat dipengaruhi faktor lain seperti diameter media, temperatur atau faktor lingkungan luar lainnya.
- d. Uji kelinieran untuk analisis regresi atau *F test*, didapat nilai hitung sebesar 8,94. Dari tabel distribusi F didapatkan 4,07 (Sudjana, 2005). Jika dibandingkan antara F tabel dengan F hitung, maka  $F_{hitung} > F_{tabel}$  yaitu sebesar  $8,94 > 4,07$ . Hal ini berarti bahwa hubungan antara persentase penyisihan M. dan waktu operasional adalah linier.
- e. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Keputusan :

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel  
Jika statistik t hitung *output* < statistik t tabel, maka menolak H1 dan menerima Ho. Jika statistik t hitung *output* > statistik t tabel, maka menolak Ho dan menerima H1. Berdasarkan tabel 4.55 statistik t hitung output variasi waktu operasional 2,99. Jika dibandingkan dengan nilai t tabel sebesar 2,2 (Sudjana, 2005) maka nilai t hitung waktu operasional lebih besar dari t tabel ( $2,99 > 2,2$ ), sehingga, H1 diterima dan menolak Ho yang berarti koefisien regresi signifikan.

- Berdasarkan probabilitas

Nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional sebesar 0,02. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional  $0,02 < 0,05$  sehingga  $H_0$  ditolak dan menerima  $H_1$ . Jadi variasi waktu operasional pengaruhnya signifikan terhadap persentase penyisihan minyak dan lemak.

## II. Reaktor Uji III

Hasil uji regresi persentase penyisihan minyak dan lemak dapat dilihat pada Tabel 4.56.

**Tabel 4.56 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan Minyak dan Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)**

Regression Analysis: % Penyisihan Minyak Lemak R_3 versus Waktu				
The regression equation is				
% Penyisihan Minyak Lemak R_3 = 25.4 + 4.02 Waktu				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	25.365	8.016	3.16	0.019
Waktu	4.019	1.242	3.24	0.018
S = 8.78142    R-Sq = 91.3%    R-Sq(adj) = 82.6%				

Pada Tabel 4.56 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

**Tabel 4.57 Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi Persen Penyisihan Minyak dan Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)**

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	807.62	807.62	10.47	0.019
Residual Error	1	77.11	77.11		
Total	2	884.73			

Pada tabel 4.56 dan 4.57 dapat diketahui bahwa :

Model regresi yang didapat adalah :

$$Y = 25,4 + 4,02x$$

Dimana :

Y = % Penyisihan minyak dan lemak

x = Perbandingan waktu operasional

Berdasarkan tabel 4.56 dapat disimpulkan bahwa :

- a. Konstanta 25,4 mengartikan bahwa jika variabel perbandingan dan waktu operasional (x) meningkat satu-satuan, maka % penyisihan minyak dan lemak cenderung meningkat sebesar 25,4%.
- b. Koefisien regresi untuk variabel x (perbandingan waktu operasional) sebesar 4,02 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan waktu operasional maka persentase penyisihan minyak dan lemak akan meningkat sebesar 4,02%.
- c. Hasil analisa regresi juga didapatkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 91,3%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan minyak dan lemak dipengaruhi oleh variasi perbandingan waktu operasional sebesar 91,3%, sedangkan sisanya sebesar 8,7% penurunan penyisihan minyak dan lemak dapat dipengaruhi faktor lain seperti diameter media, temperatur atau faktor lingkungan luar lainnya.
- d. Uji kelinieran untuk analisis regresi atau *F test*, didapat nilai hitung sebesar 10,47. Dari tabel distribusi F didapatkan 4,07 (Sudjana, 2005). Jika dibandingkan antara F tabel dengan F hitung, maka  $F_{hitung} > F_{tabel}$  yaitu sebesar  $10,47 > 4,07$ . Hal ini berarti bahwa hubungan antara persentase penyisihan minyak dan lemak dan waktu operasional adalah linier.
- e. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Keputusan :

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel  
Jika statistik t hitung *output* < statistik t tabel, maka menolak H1 dan menerima Ho. Jika statistik t hitung *output* > statistik t tabel, maka menolak Ho dan menerima H1. Berdasarkan tabel 4.56 statistik t hitung output variasi waktu operasional 3,24. Jika dibandingkan dengan nilai t tabel sebesar 2,2 (Sudjana, 2005) maka nilai t hitung waktu operasional lebih besar dari t tabel ( $3,24 > 2,2$ ), sehingga, H1 diterima dan menolak Ho yang berarti koefisien regresi signifikan.

- Berdasarkan probabilitas

Nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional sebesar 0,019. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional  $0,018 < 0,05$  sehingga  $H_0$  ditolak dan menerima  $H_1$ . Jadi variasi waktu operasional pengaruhnya signifikan terhadap persentase penyisihan minyak dan lemak.

- ❖ Analisis regresi tidak dilakukan pada variabel ketinggian media (variabel predictor) media karena pada variabel ketinggian media terdapat lebih dari 1 (satu) faktor yang dapat berpengaruh terhadap variabel response. Faktor tersebut antara lain jenis media, diameter media dan ketinggian/ketebalan dari media itu sendiri.

#### 4.8 Analisis ANOVA One Way

Analisis ANOVA ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh waktu operasional dan ketinggian media terhadap persentase penyisihan COD, TSS dan Minyak Lemak.

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



## II. Reaktor Uji II

Hasil analisis untuk persentase penyisihan COD terhadap waktu pengambilan sampel dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.59 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu Oparasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan COD (%)**

One-way ANOVA: Waktu, % Penyisihan COD R_2					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	3569	3569	12.83	0.023
Error	4	1113	278		
Total	5	4682			

S = 16.68    R-Sq = 76.23%    R-Sq(adj) = 70.29%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
Waktu	3	5.00	5.00	(-----*-----)
% Penyisihan COD R_2	3	53.78	23.05	(-----*-----)

Pooled StDev = 16.68

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  $\alpha = 0,05$ )

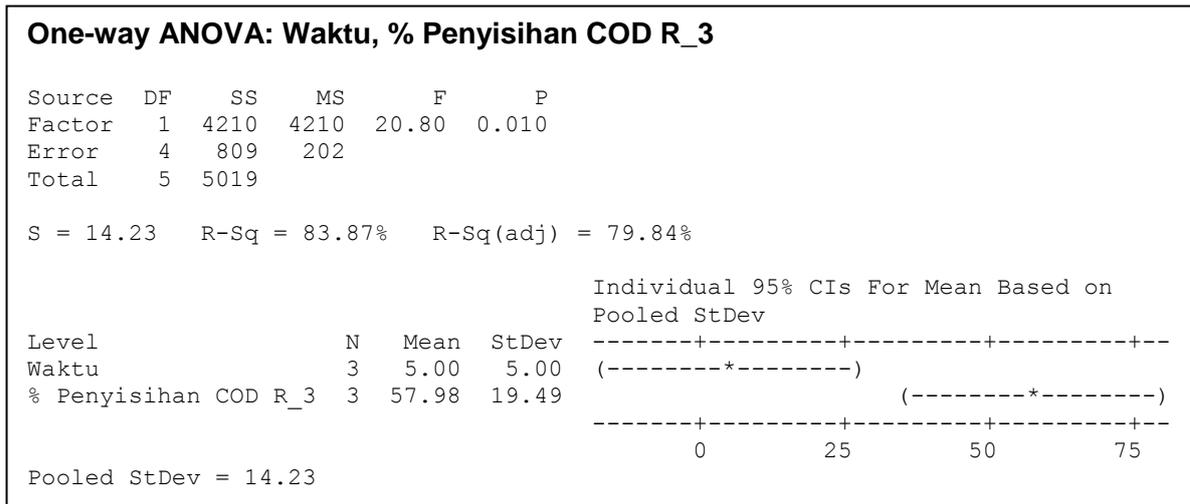
Untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka dari Tabel distribusi F didapat F Tabel adalah 4,07. Nilai F hitung output waktu operasional adalah 12,83. Nilai probabilitas waktu operasional adalah 0,023.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu pengambilan sampel 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 persentase penyisihan COD terhadap waktu operasional dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

### III. Reaktor Uji III

Hasil analisis untuk persentase penyisihan COD terhadap waktu pengambilan sampel dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.60 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu Operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan COD (%)**



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 didapat F Tabel adalah 4,07. Nilai F hitung output waktu operasional adalah 20,80. Nilai probabilitas waktu operasional adalah 0,010.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu pengambilan sampel 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 persentase penyisihan COD terhadap waktu operasional dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

### 4.8.3 Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan TSS

#### I. Reaktor Uji I

Hasil analisis untuk persentase penyisihan TSS terhadap waktu pengambilan sampel dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.61 Hasil Uji ANOVA Antara Variasi Waktu Operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan TSS (%)**

One-way ANOVA: Waktu, % Penyisihan TSS R_1					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	11063.9	11063.9	527.69	0.000
Error	4	83.9	21.0		
Total	5	11147.8			

S = 4.579    R-Sq = 99.25%    R-Sq(adj) = 99.06%

Level	N	Mean	StDev
Waktu	3	5.000	5.000
% Penyisihan TSS R_1	3	90.883	4.115

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	Lower CI	Upper CI
Waktu	(--*-)	
% Penyisihan TSS R_1		(-*--)

Pooled StDev = 4.579

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 didapat F Tabel adalah 4,07. Nilai F hitung output waktu operasional adalah 576,69. Nilai probabilitas waktu operasional adalah 0,000.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu pengambilan sampel 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 persentase penyisihan TSS terhadap waktu operasional dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

## II. Reaktor Uji II

Hasil analisis untuk persentase penyisihan TSS terhadap waktu pengambilan sampel dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.62 Hasil Uji ANOVA Antara Variasi Waktu Operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan TSS (%)**

One-way ANOVA: Waktu, % Penyisihan TSS R_2					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	11221.6	11221.6	590.36	0.000
Error	4	76.0	19.0		
Total	5	11297.7			

S = 4.360    R-Sq = 99.33%    R-Sq(adj) = 99.16%

Level	N	Mean	StDev
Waktu	3	5.000	5.000
% Penyisihan TSS R_2	3	91.493	3.608

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	Lower CI	Upper CI
Waktu	(--*)	
% Penyisihan TSS R_2		(-*--)

Pooled StDev = 4.360

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 didapat F Tabel adalah 4,07. Nilai F hitung output waktu operasional adalah 590,36. Nilai probabilitas waktu operasional adalah 0,000.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu pengambilan sampel 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 persentase penyisihan TSS terhadap waktu operasional dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

### III. Reaktor Uji III

Hasil analisis untuk persentase penyisihan TSS terhadap waktu pengambilan sampel dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.63 Hasil Uji ANOVA Antara Variasi Waktu Operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan TSS (%)**

One-way ANOVA: Waktu, % PenyisihanTSS R_3					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	11661.8	11661.8	687.54	0.000
Error	4	67.8	17.0		
Total	5	11729.7			

S = 4.118    R-Sq = 99.42%    R-Sq(adj) = 99.28%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
Waktu	3	5.000	5.000	(--*-)
% PenyisihanTSS R_3	3	93.173	2.987	(-*-)

Pooled StDev = 4.118

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 didapat F Tabel adalah 4,07. Nilai F hitung output waktu operasional adalah 687,54. Nilai probabilitas waktu operasional adalah 0,000.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu pengambilan sampel 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 persentase penyisihan TSS terhadap waktu operasional dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

### 4.8.3 Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak

#### I. Reaktor Uji I

Hasil analisis untuk persentase penyisihan Minyak dan Lemak terhadap waktu pengambilan sampel dapat dilihat pada taabel berikut ini:

**Tabel 4.64 Hasil Uji ANOVA Antara Variasi Waktu Operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan Minyak Dan Lemak (%)**

One-way ANOVA: Waktu, % Penyisihan M L R_1					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	2144	2144	7.81	0.049
Error	4	1098	274		
Total	5	3242			

S = 16.57    R-Sq = 66.14%    R-Sq(adj) = 57.67%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
Waktu	3	5.00	5.00
% Penyisihan M L R_1	3	42.81	22.89

Pooled StDev = 16.57

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 didapat F Tabel adalah 4,07. Nilai F hitung output waktu operasional adalah 7,81. Nilai probabilitas waktu operasional adalah 0,049.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu pengambilan sampel 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 persentase penyisihan minyak dan lemak terhadap waktu operasional dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.





#### 4.8.4 Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan COD

##### I. Reaktor Uji I

Hasil analisis untuk persentase penyisihan COD terhadap ketinggian media dapat dilihat pada Tabel 4.67 berikut ini:

**Tabel 4.73 Hasil Uji ANOVA antara Ketinggian Media(cm) Terhadap Persentase Penyisihan COD (%)**

One-way ANOVA: % Penyisihan COD_R1 versus Ketinggian Media_R1						
Source		DF	SS	MS	F	P
Ketinggian Media_R1		3	1214.6	404.9	4.73	0.035
Error		8	684.9	85.6		
Total		11	1899.5			

S = 9.253    R-Sq = 63.94%    R-Sq(adj) = 50.42%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
15	3	4.700	0.714	3.272	6.128
20	3	6.483	0.664	5.155	7.811
30	3	30.110	17.839	1.432	48.787
35	3	11.933	4.825	6.283	17.583

Pooled StDev = 9.253

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  $\alpha = 0,05$ )

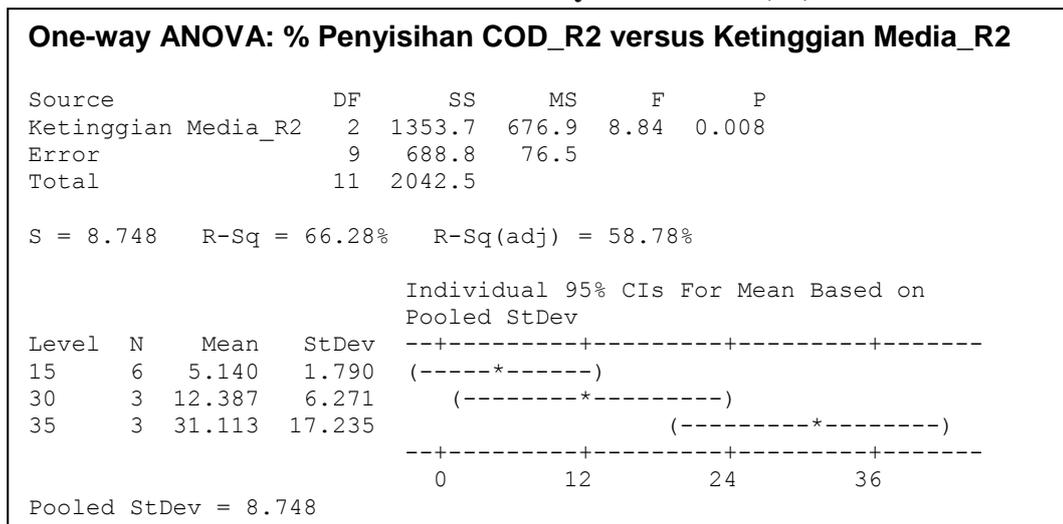
Untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka dari Tabel distribusi F didapat F Tabel adalah 4,07. Nilai F hitung output ketinggian media adalah 4,73. Nilai probabilitas ketinggian media adalah 0,035.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu pengambilan sampel 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 persentase penyisihan COD terhadap ketinggian media dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

## II. Reaktor Uji II

Hasil analisis untuk persentase penyisihan COD terhadap ketinggian media dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.68 Hasil Uji ANOVA antara Ketinggian Media(cm) Terhadap Persentase Penyisihan COD (%)**



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 padalampiran)

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

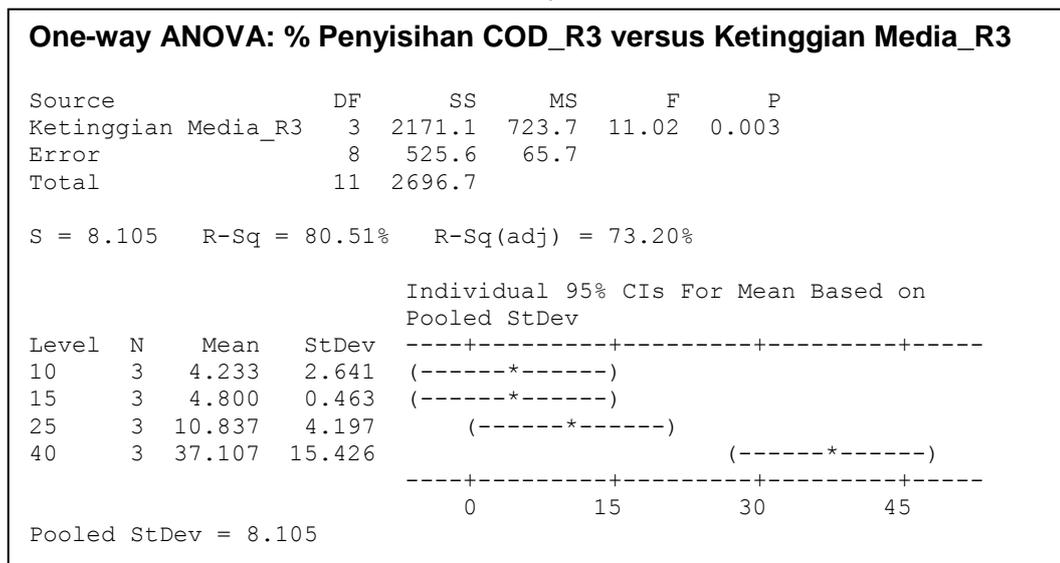
Untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka dari Tabel distribusi F didapat F Tabel adalah 4,07. Nilai F hitung output ketinggian media adalah 8,84. Nilai probabilitas ketinggian media adalah 0,008.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu pengambilan sampel 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 persentase penyisihan COD terhadap ketinggian media dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

### III. Reaktor Uji III

Hasil analisis untuk persentase penyisihan COD terhadap ketinggian media dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.69 Hasil Uji ANOVA antara Ketinggian Media(cm) Terhadap Persentase Penyisihan COD (%)**



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 padalampiran)

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

Untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka dari Tabel distribusi F didapat F Tabel adalah 4,07. Nilai F hitung output ketinggian media adalah 11,04. Nilai probabilitas ketinggian media adalah 0,003.

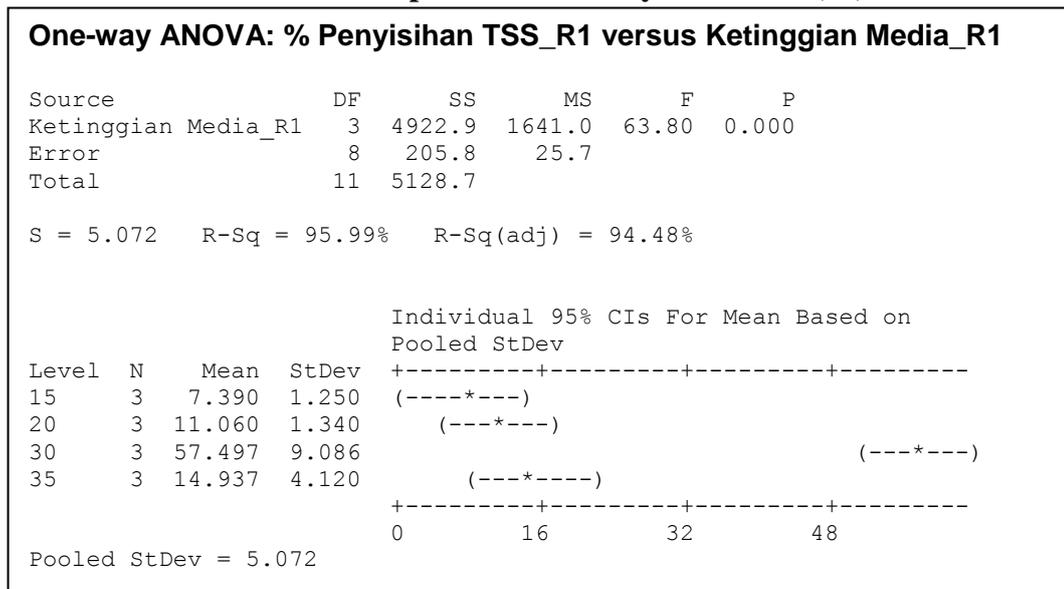
Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu pengambilan sampel adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung > F Tabel dan nilai P < 0,05. Artinya bahwa persentase penyisihan COD terhadap ketinggian media dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

#### 4.8.6 Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan TSS

##### I. Reaktor Uji I

Hasil analisis untuk persentase penyisihan TSS terhadap ketinggian media sampel dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.70 Hasil Uji ANOVA Antara Variasi Ketinggian Media (cm) Terhadap Persentase Penyisihan TSS (%)**



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  $\alpha = 0,05$ )

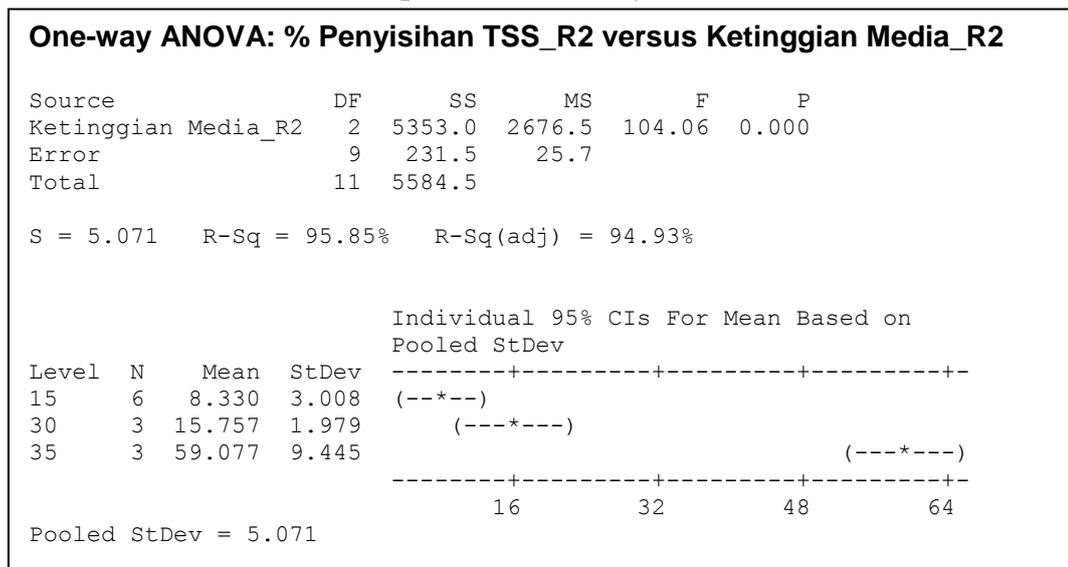
Untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka dari Tabel distribusi F didapat F Tabel adalah 4,07. Nilai F hitung output ketinggian media adalah 63,80. Nilai probabilitas ketinggian media adalah 0,000.

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  $<$  0,05. Artinya bahwa persentase penyisihan TSS terhadap ketinggian media dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

## II. Reaktor Uji II

Hasil analisis untuk persentase penyisihan TSS terhadap ketinggian media sampel dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.71 Hasil Uji ANOVA Antara Variasi Ketinggian Media (cm) Terhadap Persentase Penyisihan TSS (%)**



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 didapat F Tabel adalah 4,07. Nilai F hitung output ketinggian media adalah 104,06. Nilai probabilitas ketinggian media adalah 0,000.

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 < 0,05. Artinya bahwa persentase penyisihan TSS terhadap ketinggian media dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

### III. Reaktor Uji III

Hasil analisis untuk persentase penyisihan TSS terhadap ketinggian media sampel dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.72 Hasil Uji ANOVA Antara Variasi Ketinggian Media (cm) Terhadap Persentase Penyisihan TSS (%)**

One-way ANOVA: % Penyisihan TSS_R3 versus Ketinggian Media_R3						
Source		DF	SS	MS	F	P
Ketinggian Media_R3		3	7073.5	2357.8	207.07	0.000
Error		8	91.1	11.4		
Total		11	7164.6			

S = 3.374    R-Sq = 98.73%    R-Sq(adj) = 98.25%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
10	3	8.147	2.632	(--*)
15	3	6.853	1.089	(-***)
25	3	13.017	0.561	(--*-)
40	3	65.157	6.093	(--*-)

Pooled StDev = 3.374

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 didapat F Tabel adalah 4,07. Nilai F hitung output ketinggian media adalah 207,07. Nilai probabilitas ketinggian media adalah 0,000.

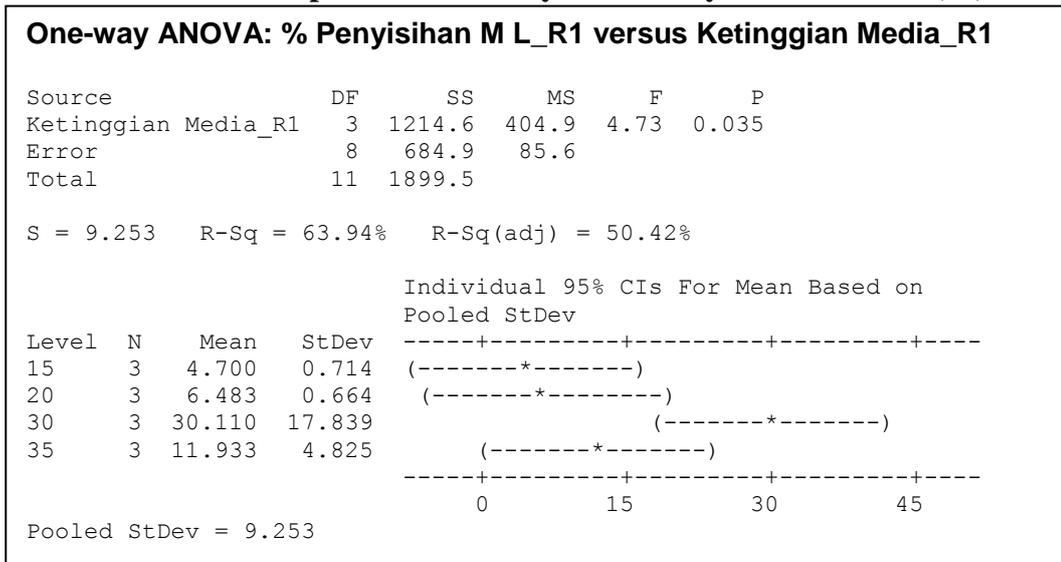
Keputusan yang dapat diambil untuk variasi ketinggian media adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung > F Tabel dan nilai P < 0,05. Artinya bahwa persentase penyisihan TSS terhadap ketinggian media dalam perlakuan tersebut memang tidak identik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

#### 4.8.6 Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak

##### I. Reaktor Uji I

Hasil analisis untuk persentase penyisihan Minyak dan Lemak terhadap ketinggian media dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.73 Hasil Uji ANOVA Antara Variasi Ketinggian Media (cm) Terhadap Persentase Penyisihan Minyak Dan Lemak (%)**



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 didapat F Tabel adalah 4,07. Nilai F hitung output ketinggian media adalah 4,73. Nilai probabilitas ketinggian media adalah 0,035.

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 < 0,05. Artinya bahwa persentase penyisihan minyak dan lemak terhadap ketinggian media dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

## II. Reaktor Uji II

Hasil analisis untuk persentase penyisihan Minyak dan Lemak terhadap ketinggian media dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.74 Hasil Uji ANOVA Antara Variasi Ketinggian Media (cm) Terhadap Persentase Penyisihan Minyak Dan Lemak (%)**

One-way ANOVA: % Penyisihan M L_R2 versus Ketinggian Media_R2						
Source		DF	SS	MS	F	P
Ketinggian Media_R2		2	1353.7	676.9	8.84	0.008
Error		9	688.8	76.5		
Total		11	2042.5			

S = 8.748    R-Sq = 66.28%    R-Sq(adj) = 58.78%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
15	6	5.140	1.790	-1.410	11.690
30	3	12.387	6.271	-1.506	26.271
35	3	31.113	17.235	6.643	55.583

Pooled StDev = 8.748

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  $\alpha = 0,05$ )

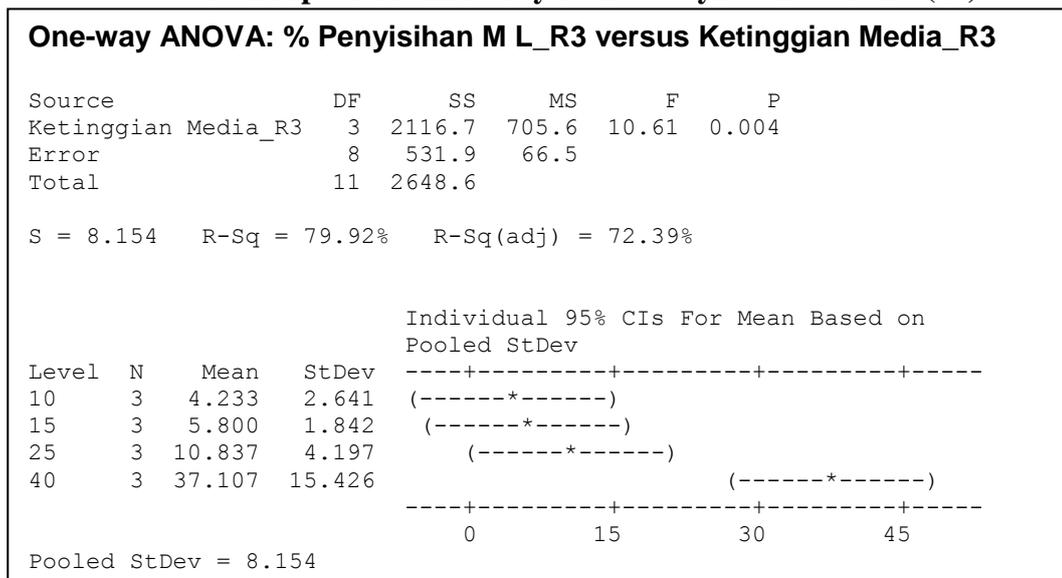
Untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka dari Tabel distribusi F didapat F Tabel adalah 4,07. Nilai F hitung output ketinggian media adalah 8,84. Nilai probabilitas ketinggian media adalah 0,008.

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 < 0,05. Artinya bahwa persentase penyisihan minyak dan lemak terhadap ketinggian media dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

### III. Reaktor Uji III

Hasil analisis untuk persentase penyisihan Minyak dan Lemak terhadap ketinggian media dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.75 Hasil Uji ANOVA Antara Variasi Ketinggian Media (cm) Terhadap Persentase Penyisihan Minyak Dan Lemak (%)**



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 didapat F Tabel adalah 4,07. Nilai F hitung output ketinggian media adalah 10,61. Nilai probabilitas ketinggian media adalah 0,004.

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 < 0,05. Artinya bahwa persentase penyisihan minyak dan lemak terhadap ketinggian media dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

## 4.9 Pembahasan

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair yang bertempat di Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedung Kandang Kota Malang dengan menggunakan reaktor *biosand filter* dengan penambahan karbon aktif mampu menurunkan konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak.

### 4.9.1 Penurunan Konsentrasi TSS

*Total Suspended Solid (TSS)* atau total padatan tersuspensi adalah segala macam zat padat dari padatan total dengan ukuran partikel maksimum 2,0  $\mu\text{m}$  dan dapat mengendap (Standard Methods, 2005). Nilai TSS yang tinggi menunjukkan banyaknya padatan yang terkandung dalam limbah cair Perumahan Sawojajar I, ini sebagian besar berasal dari sisa makanan dan minuman, serta air kamar mandi non *septic tank*.

Pada Tabel 4.17, 4.18 dan 4.19 dapat diketahui bahwa konsentrasi TSS setelah proses pada reaktor uji I berkisar antara 65,41 mg/l sampai dengan 6,24 mg/l atau persentase kumulatif penurunan TSS tertinggi pada reaktor uji I dapat mencapai 95,00% yang diambil pada waktu operasional jam ke-10, dan persentase penurunan terkecil pada jam ke-0 yakni sebesar 47,55%. Perentase penurunan pada reaktor uji II menunjukkan nilai penurunan TSS yang lebih tinggi, yakni sebesar 5,47 mg/l atau 95,47% pada jam ke-10, namun persentase penurunan TSS tertinggi dicapai oleh reaktor uji III yakni sebesar 96,48% penurunannya mencapai nilai 4,25 mg/l dari konsentrasi awal limbah sebesar 120,73 mg/l yang dicapai pada waktu operasional yang sama dengan reaktor uji I dan II yaitu pada jam ke-10. Nilai penurunan TSS ini sudah berada dibawah baku mutu yang ditetapkan dalam KEPMEN LH No.112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik sebesar 100 mg/L.

Terdapatnya *Total Suspended Solid (TSS)* dalam jumlah yang berlebihan di dalam air akan mengakibatkan kualitas air menurun, karena adanya absorpsi oksigen yang ada didalam air berkurang dan akan menyebabkan fotosintesis tidak dapat berjalan dengan baik dan akan mengganggu ekosistem dalam air (Suprihanto Notodarmojo, 2005).

Konsentrasi TSS dalam limbah domestik berbanding lurus dengan konsentrasi-konsentrasi zat-zat kimia yang terdapat dalam limbah termasuk didalamnya COD, BOD, Fe dan Mn (Sugiharto, 2005). Apabila penanganan TSS dalam limbah domestik tepat, maka secara otomatis konsentrasi-konsentrasi zat-zat kimia lainnya dalam limbah akan ikut berkurang juga.

Tabel 4.26, 4.27 dan 4.28 hasil analisis dengan uji korelasi pada reaktor uji I,II, dan III menunjukkan adanya korelasi antara waktu operasional dengan persentase penurunan TSS dimana hubungan dari kedua variabel tersebut memiliki hubungan yang kuat dan searah. Hasil analisis dengan uji ANOVA antara persentase penyisihan TSS berturut-turut pada reaktor I, II, dan III dengan waktu operasional menunjukkan bahwa dari uji F yang dilakukan, hubungan antara keduanya adalah signifikan, yang berarti bahwa lamanya waktu operasional akan sangat mempengaruhi persentase penyisihan TSS. Semakin lama waktu operasional maka persen penyisihan TSS akan semakin besar.

Berdasarkan tabel 4.17, 4.18 dan 4.19 untuk reaktor I, II dan III terlihat penyisihan TSS secara kumulatif tertinggi terjadi pada waktu operasional jam ke 10 secara berturut-turut sebesar 95%, 95,47% dan 96,48%, bila dibandingkan dengan waktu operasional 5 jam sebesar 90,88%, 90,58% dan 92,37% serta 0 jam sebesar 86,77%, 88,43% dan 90,67%. Dalam penelitian ini, waktu operasional terbaik dalam menurunkan konsentrasi TSS pada reaktor I, II dan III yaitu 10 jam, namun belum mencapai kondisi *break trough*. Kondisi *break trough* merupakan kondisi dimana persen penyisihan bahan organik mengalami penurunan karena sudah mengalami kejenuhan ( Slamet dan Ali Masduqi, 2000).

Penurunan konsentrasi TSS dalam reaktor disebabkan oleh adanya pemakaian media saring berupa pasir (diameter 0,2 dan 0,3mm), karbon aktif (diameter 0,2mm) dan kerikil (diameter 3mm dan 10mm) yang disusun rapat dalam reaktor dapat berfungsi sebagai media saring fisik. Akibatnya air limbah yang mengandung padatan tersuspensi konsentrasinya akan berkurang setelah melalui media filter, hal ini dikarenakan padatan tersuspensi yang terkandung dalam air limbah tertahan diantara celah-celah media filter (Tri Joko, 2010).

Gambar 4.10, 4.11 dan 4.12 juga menggambarkan persentase penurunan TSS secara kumulatif dalam penelitian ini terus meningkat dengan seiring bertambahnya interval waktu operasional. Waktu operasional yang lama mengakibatkan partikel-partikel yang mempunyai ukuran butir lebih besar dari ruang antar butir media pasir dapat tertahan. Semakin lama waktu kontak yang terjadi, maka akan semakin banyak partikel-partikel koloid yang tertahan diantara ruang antar butir. Sehingga ruang antar butir pasir akan semakin kecil dan sempit yang mengakibatkan semakin banyaknya partikel koloid yang akan tertahan sehingga konsentrasi TSS dalam air limbah dapat diturunkan (Tri Joko, 2010). Selain itu waktu tinggal yang lama juga memberikan kesempatan pada proses pengendapan yang terjadi juga semakin lama sehingga efisiensinya semakin besar, proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi juga berlangsung dengan lebih baik. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ade Maherystiawan (2011) tentang efektifitas RBSF Dengan Penambahan Karbon Aktif Sekam Padi dan Gerabah Untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Susun Kota Lama Malang. Hasil paling optimum didapat pada waktu ke-8 jam yakni persentase penurunan TSS mencapai 90,1%, bila dibandingkan dengan variasi waktu 0, 2, 4 dan 6 jam. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Zamrul (2011) dimana persentase peningkatan TSS tertinggi pada waktu operasional jam ke-12 sebesar 97,08%, dibandingkan dengan waktu operasional 0, 4 dan 8 jam. Namun demikian perlu diperhatikan juga kemungkinan kejenuhan media (*clogging*) dalam mengolah limbah (Andriani Astuti, 2005).

Persentase penurunan TSS pada reaktor uji I, II, dan III tidak hanya dipengaruhi oleh waktu operasional, penurunan konsentrasi TSS juga dipengaruhi oleh ketebalan/ketinggian media yang digunakan dalam RBSF.

Berdasarkan tabel 4.35 hasil analisa korelasi pada reaktor uji I, menunjukkan hubungan antara ketinggian media dengan persentase penyisihan TSS searah namun sangat lemah. Pada analisis dengan uji ANOVA antara persentase penyisihan TSS dengan ketinggian media pada reaktor I menunjukkan bahwa dari uji F yang dilakukan, hubungan dari keduanya adalah signifikan, yang berarti bahwa ketinggian media akan berpengaruh pada persentase penyisihan

TSS, dimana pada setiap penambahan ketinggian media, maka persen penyisihannya akan semakin besar.

Sedangkan pada tabel 4.36 dan 4.37 hasil analisa korelasi pada reaktor uji II dan III menunjukkan hubungan antara ketinggian media dengan persentase penyisihan TSS adalah kuat dan searah. Dari analisis dengan uji ANOVA antara persentase penyisihan TSS dengan ketinggian media pada reaktor II dan III menunjukkan bahwa dari uji F yang dilakukan, hubungan dari keduanya adalah signifikan, yang berarti bahwa ketinggian media akan berpengaruh pada persentase penyisihan TSS, dimana pada setiap penambahan ketinggian media, maka persen penyisihannya akan semakin besar.

Berdasarkan tabel 4.17, 4.18 dan 4.19 dan gambar 4.13, 4.14 dan 4.15 tentang kemampuan dari masing-masing media dalam meremoval konsentrasi TSS. Terlihat perbedaan kemampuan dalam menurunkan konsentrasi TSS pada masing-masing outlet dengan ketinggian media yang berbeda-beda dalam satu waktu pada tiap reaktor. Media filter yang sering digunakan adalah media butiran (granular). Salah satu media yang umum digunakan adalah pasir (Cheremisinoff, 2002). Pada outlet I media yang digunakan adalah pasir dengan diameter butiran 0,2 mm. Kecepatan aliran pada outlet I reaktor I sebesar 0,2 m/jam, reaktor II sebesar 0,17 m/jam dan outlet III sebesar 0,15 m/jam. Menurut Marsono (1997) kecepatan aliran ini tergolong dalam media saringan pasir lambat (*slow sand filter*) karena berada dalam range 0,2-0,4 m/jam. Ketinggian media pasir pada reaktor I 30 cm, reaktor II 35 cm dan reaktor III 40 cm. Ketiga reaktor ini menunjukkan tren yang sama, yakni pada waktu operasional 0, 5 dan 10 jam persentase penurunan TSS mengalami peningkatan. Persentase penurunan tertinggi pada reaktor III dengan ketinggian media pasir 40 cm yakni sebesar 71,35% pada waktu operasional 10 jam. Dibandingkan dengan reaktor II dengan ketinggian media pasir 35 cm sebesar 68,52% dan reaktor I dengan ketinggian media pasir 30 cm sebesar 68,52% yang diambil pada waktu operasional reaktor yang sama yakni 10 jam. Menurut Chan (2005), semakin tinggi media yang digunakan dalam RBSF, maka *Mechanism Transpor* (Mekanisme Transport) dan *Attachment Mechanism* (Mekanisme Penangkapan/Pemurnian) yang terjadi dalam

RBSF akan berlangsung dengan lebih lama. Mekanisme transport adalah gaya-gaya inersia, sedimentasi, difusi, dan gaya-gaya hidrodinamik untuk menggerakkan partikel-partikel keluar dari jalur aliran menuju sekitar permukaan butiran media, yang didalamnya terjadi juga proses filtrasi. Sedangkan mekanisme penangkapan/pemurnian adalah pelekatan partikel pada permukaan butiran media atau pada endapan partikel yang sudah ada umumnya dihubungkan dengan empat jenis gaya, yaitu gaya tekanan aksial cairan, gaya friksi, gaya-gaya permukaan (van der Waals dan elektrik), serta gaya-gaya kimiawi. Variasi media yang semakin tinggi juga mengakibatkan kecepatan aliran pada outlet I menjadi lebih lama dan jumlah pori pada tiap media yang dilalui oleh air limbah jauh lebih banyak sehingga daya saring dan daya ikat pada masing-masing media akan semakin besar, yang secara otomatis akan berpengaruh pada nilai persen penyisihan TSS pada masing-masing reaktor.

Selain proses fisika, penurunan TSS juga dipengaruhi oleh proses biologis dari lapisan *biofilm* yang terdapat pada permukaan media filter paling atas, yakni pasir halus (Harini Setijowati, 2002). Proses biologis pada lapisan *biofilm* terdiri dari sekumpulan mikroorganisme yang dapat berupa bakteri, jamur, dan alga yang berperan sebagai organisme pemangsa (predator) yang berada di lapisan *biofilm* akan memakan patogen-patogen yang ada (Binofasia T. Suligundi, 2009). Lapisan *biofilm* yang dibentuk Mikroorganisme yang menempel pada permukaan media filter akan memanfaatkan oksigen untuk mengoksidasi senyawa organik dalam limbah cair. Dimana salah satu penyebab terjadinya kekeruhan pada air limbah adalah karena kayanya kandungan zat organik pada air limbah. Dengan berkurangnya kandungan zat organik dalam limbah akibat proses biologis yang terjadi pada lapisan *biofilm* secara langsung hal ini akan berdampak pada berkurangnya konsentrasi TSS pada limbah cair Perumahan Sawojajar I (Ngai dan Walewijk, 2003).

Media Pasir yang digunakan pada lapisan ke-2 (outlet II) adalah pasir dengan diameter 0,3 mm. Kecepatan aliran pada outlet II pada reaktor I sebesar 0,27 m/jam, pada reaktor II sebesar 0,21 m/jam dan reaktor III sebesar 0,15 m/jam. Kecepatan aliran ini tergolong dalam media saringan pasir lambat (*slow*

*sand filter*) karena berada dalam range 0,2-0,4 m/jam (Marsono, 1997). Hal ini sama halnya dengan outlet I, pada saringan pasir lambat terjadi proses removal material yang tersuspensi dalam air dengan aliran berkecepatan rendah (Imaning Tyas.F, 2003). Secara prinsip, saringan pasir lambat adalah proses menyusun lapisan media pasir dengan volume tertentu sehingga dapat dilewati air dengan kecepatan yang rendah (Cheremisinoff, 2002). Dilihat dari gambar 4.13 dan 4.14 pada reaktor I dan II, persentase penurunan TSS mengalami penurunan dari waktu operasional awal ke waktu operasional 10 jam. Pada waktu operasional awal (jam ke-0) pada reaktor II outlet II persentase penurunan TSS sebesar 19,41%, namun turun menjadi 11,28% pada waktu operasional 10 jam. Begitu juga pada reaktor II outlet II pada waktu operasional awal (jam ke-0) persentase penurunan TSS sebesar 17,89%, namun turun menjadi 13,98% pada waktu operasional 10 jam. Hal ini disebabkan oleh media yang mulai mengalami kejenuhan, akibat beban atau konsentrasi TSS pada limbah yang besar. Pasir yang memiliki pori-pori (ruang antar butir) yang cukup kecil, mengakibatkan partikel-partikel yang mempunyai ukuran butir lebih besar dari ruang antar butir media pasir dapat tertahan. Semakin lama waktu kontak yang terjadi, maka akan semakin banyak partikel-partikel koloid yang tertahan diantara ruang antar butir. Sehingga ruang antar butir pasir akan semakin kecil dan sempit yang mengakibatkan semakin banyaknya partikel koloid yang akan tertahan (Tri Joko, 2010). Hal ini akan mengakibatkan penurunan nilai konsentrasi TSS pada air limbah cair Perumahan Sawojajar I atau juga dapat menyebabkan terjadinya clogging yang lebih cepat pada reaktor uji. Lain halnya pada outlet II reaktor III, persentase penurunan TSS mengalami peningkatan dari awal waktu operasional sebesar 12,63%, meningkat menjadi 13,66% setelah dioperasikan selama 10 jam. Meskipun ketinggian media di outlet II pada reaktor III hanya 25 cm, namun persentase penurunan TSS tetap meningkat. Peningkatan yang terjadi pada reaktor III, disebabkan beban limbah yang diterima pada outlet II tidak terlalu berat, karena sudah terolah pada outlet I yang memiliki ketebalan media 40 cm.

Di bawah lapisan pasir terdapat lapisan karbon aktif (outlet III). Selain sebagai media penyaringan, karbon aktif juga dapat berfungsi sebagai adsorben.

Karbon aktif mempunyai bentuk acak dan juga sangat berporos. Pori-pori dari karbon aktif ada di seluruh partikelnya. Struktur pori dari karbon aktif ini mempengaruhi besarnya luas permukaan sehingga mampu untuk mengadsorpsi berbagai senyawa (Cheremisinoff, 2002) termasuk TSS. Karbon aktif yang digunakan memiliki diameter 0,2 mm. Dengan ketinggian media pada reaktor I 20 cm, reaktor II 15 cm dan reaktor III 10 cm. Berdasarkan tabel 4.17, 4.18 dan 4.19 serta gambar 4.13, 4.14 dan 4.15 persentase penurunan TSS mengalami tren yang sama, yakni terjadi penurunan kemampuan dalam meremoval TSS. Persentase penurunan pada reaktor I waktu awal operasional sebesar 12,41% turun setelah dioperasikan selama 10 jam menjadi 9,73%, reaktor II waktu awal operasional sebesar 13,1% efisiensi ini turun menjadi 6,82% setelah dioperasikan selama 10 jam, demikian juga pada reaktor III, waktu awal operasional sebesar 10,83% dan setelah dioperasikan selama 10 jam turun menjadi 5,83%. Menurunnya kemampuan karbon aktif dalam meremovel TSS ini berkaitan kecepatan aliran pada media karbon aktif yang dipengaruhi secara langsung oleh ketinggian dan volume media karbon aktif yang digunakan. Kecepatan aliran pada reaktor I sebesar 0,31 m/jam reaktor II sebesar 0,34 m/jam dan reaktor III sebesar 0,37 m/jam. Meskipun masih tergolong dalam saringan pasir lambat, namun kecepatan aliran pada outlet III tergolong besar. Variasi ketinggian media yang semakin kecil juga mengakibatkan kecepatan aliran pada outlet III menjadi lebih cepat dan jumlah pori pada tiap media yang dilalui oleh air limbah menjadi lebih sedikit sehingga proses adsorpsi dan daya saring pada media dari masing-masing reaktor semakin kecil, yang secara otomatis akan akan berpengaruh pada penurunan nilai persentase penyisihan TSS pada masing-masing reaktor (Chan, 2005).

Pada lapisan paling akhir (outlet IV) digunakan kerikil sebagai media penahan. Ketinggian dan diameter media kerikil yang digunakan pada reaktor I, II dan III yakni kerikil I memiliki diameter 5 mm dengan ketinggian 5 cm dan pada kerikil II diameter 10 mm ketinggian 10 cm. Diameter kerikil I direncanakan memiliki diameter yang lebih kecil dari kerikil II dengan tujuan menahan media diatasnya yakni karbon aktif agar tidak masuk ke dalam *free board*. Dalam

penelitian ini, terlihat bahwa fungsi kerikil tidak hanya sebagai media penahan di atasnya, tetapi dapat menyerap kandungan pencemar dari limbah cair rumah tangga perumahan Sawojajar I (Triandini, 2001). Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.17, 4.18 dan 4.19 serta gambar 4.13, 4.14 dan 4.15. Pada reaktor I persentase penurunan TSS sebesar 8,63% setelah reaktor dioperasikan selama 10 jam. Pada reaktor II setelah dioperasikan selama 10 jam, persentase penurunan TSS sebesar 6,82%. Sedangkan pada reaktor III persentase penurunan TSS sebesar 5,9% setelah reaktor dioperasikan selama 10 jam. Kerikil memiliki nilai porositas sebesar 0,43. Dengan porositas yang tinggi memungkinkan air untuk mudah merembes pada kerikil, sehingga memiliki kemampuan menyerap kandungan TSS. Dimana ukuran media dan porositas media ikut berpengaruh terhadap penurunan TSS pada limbah cair Perumahan Sawojajar I (Marsono, 1999).

#### **4.9.2 Penurunan Konsentrasi COD**

Pada tabel 4.14, 4.15 dan 4.16 dapat diketahui bahwa konsentrasi COD setelah proses pada reaktor uji I berkisar antara 239,7 mgO<sub>2</sub>/l sampai dengan 81,33 mgO<sub>2</sub>/l atau persentase penurunan COD tertinggi pada reaktor uji I dapat mencapai 69,58% yang diambil pada waktu operasional jam ke-10, dan persentase kumulatif penurunan terkecil pada jam ke-0 yakni sebesar 10,33%. Perentase penurunan pada reaktor uji II menunjukkan nilai penurunan COD yang lebih tinggi, yakni sebesar 77,9 mgO<sub>2</sub>/l atau 70,38% pada jam ke-10. Namun persentase penurunan COD tertinggi dicapai oleh reaktor uji III, penurunannya mencapai nilai 71,9 mgO<sub>2</sub>/l dari konsentrasi awal limbah sebesar 263 mgO<sub>2</sub>/l atau 72,66% yang dicapai pada waktu operasional yang sama dengan reaktor uji I dan II yaitu pada jam ke-10. Nilai penurunan COD ini sudah berada dibawah baku mutu yang ditetapkan dalam KEPMEN LH No.112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik sebesar 100mg/L.

Penyisihan kandungan COD pada reaktor *Biosand Filter* (RBSF), terjadi karena adanya proses biologis pada lapisan *biofilm* yang terdapat di media paling atas yakni pasir halus. Selain sebagai tempat menempelnya lapisan *biofilm*, media pasir yang memiliki diameter yang kecil (0,2 mm) dan pori-pori (ruang antar butir) yang cukup kecil dan rapat, memungkinkan pasir untuk menyaring air limbah yang mengandung material-material organik bersamaan dengan nutrient, hal ini mampu menurunkan beban COD yang terdapat pada air limbah perumahan Sawojajar I (Tri Joko, 2010).

Tabel 4.32 hasil analisa korelasi pada reaktor uji I, menunjukkan hubungan antara ketinggian media dengan persentase penyisihan COD searah namun sangat lemah. Pada analisis dengan uji ANOVA antara persentase penyisihan COD dengan ketinggian media pada reaktor I menunjukkan bahwa dari uji F yang dilakukan, hubungan dari keduanya adalah signifikan, yang berarti bahwa ketinggian media akan berpengaruh pada persentase penyisihan COD, dimana pada setiap penambahan ketinggian media, maka persen penyisihannya akan semakin besar. Sedangkan pada tabel 4.33 dan 4.34 hasil analisa korelasi pada reaktor uji II dan III menunjukkan hubungan antara ketinggian media dengan persentase penyisihan COD adalah kuat dan searah. Dari analisis dengan uji ANOVA antara persentase penyisihan COD dengan ketinggian media pada reaktor II dan III menunjukkan bahwa dari uji F yang dilakukan, hubungan dari keduanya adalah signifikan, yang berarti bahwa ketinggian media akan sangat berpengaruh pada persentase penyisihan COD, dimana pada setiap penambahan ketinggian media, maka persen penyisihannya akan semakin besar.

Berdasarkan gambar 4.7, 4.8 dan 4.9 tentang persentase kemampuan masing-masing media dalam menurunkan konsentrasi COD yang diplot dari tabel 4.14, 4.15 dan 4.16 menunjukkan adanya perbedaan kemampuan masing-masing media dalam menurunkan konsentrasi COD. Pada outlet I dari reaktor I, II dan III terlihat jelas memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menurunkan konsentrasi COD bila dibandingkan dengan outlet II, III dan IV. Menurut Luluk Edahwati dan Suprihatin (2006), hal ini disebabkan oleh adanya lapisan *biofilm* pada permukaan media pasir halus, sehingga selain terjadi proses filtrasi terjadi

juga proses biologis yaitu kegiatan mikroorganisme untuk melakukan proses sintesa dan oksidasi sel dalam penguraian bahan-bahan organik dalam air limbah Perumahan Sawojajar I. Ketika air yang terkontaminasi mikroorganisme dimurnikan dengan *biosand filter*, organisme pemangsa (predator) yang berada di lapisan *biofilm* akan memakan patogen-patogen yang ada (Ngai dan Walewijk, 2003). Air limbah yang mengandung material-material organik bersamaan dengan oksigen dan nutrient akan terdifusi ke dalam *biofilm* dan dioksidasi oleh mikroorganisme *heterotopy*. Peningkatan aktivitas biologis akan mempertebal lapisan *biofilm* yang dapat meningkatkan penyisihan bahan organik (Slamet dan Ali Masduqi, 2000). Penyisihan bahan organik ini akan berpengaruh secara langsung terhadap penurunan konsentrasi COD pada air limbah. Namun demikian menurut Marsono (1999) pertumbuhan bakteri tidak dapat terus menerus berlangsung, disebabkan keterbatasan substrat, nutrient dan ukuran volume reaktor.

Persentase penurunan konsentrasi COD tertinggi pada outlet I dicapai reaktor III yakni sebesar 50,83% setelah dioperasikan selama 10 jam, bila dibandingkan dengan dengan outlet I pada reaktor II sebesar 44,9% dan reaktor I sebesar 44,98% pada waktu pengoperasian reaktor yang sama yaitu 10 jam. Media yang digunakan pada lapisan pertama (outlet I) adalah media butiran yaitu pasir dengan diameter media 0,2 mm. Dengan diameter yang sangat halus ini, media pasir sangat cocok menjadi tempat menempelnya lapisan *biofilm*. Lapisan *biofilm* yang terdiri dari sekumpulan mikroorganisme yang dapat berupa bakteri, jamur, dan alga ini merupakan tempat terjadinya proses biologis pada Reaktor *Biosand Filter*. Reaktor *Biosand filter* yang digunakan didesain dengan ketinggian air 5 cm dari permukaan pasir halus. Ketinggian 5 cm merupakan ketinggian optimum. Jika tingkatan air terlalu dangkal, lapisan *biofilm* dapat lebih mudah terganggu karena rusak oleh kecepatan datangnya air. Di sisi lain, jika ketinggian air terlalu dalam, jumlah oksigen (O<sub>2</sub>)nya tidak cukup pada proses difusi oksigen pada lapisan *biofilm*, dan dapat mengakibatkan kematian dari mikroorganisme pada lapisan *biofilm*. Dimana kematian dari mikroorganisme ini akan berdampak pada kemampuan reaktor dalam meremovel zat-zat organik yang nantinya akan

berpengaruh pada besarnya persentase penurunan COD (Binofasia T. Suligundi, 2009).

Tingginya persentase penurunan konsentrasi COD pada outlet I reaktor III disebabkan juga oleh ketinggian media yang digunakan. Ketinggian media ini nantinya akan berkaitan dengan kecepatan aliran dan waktu kontak air limbah dengan lapisan *biofilm* dan media filter. Ketinggian media pada outlet I reaktor III yakni 40 cm dengan kecepatan aliran 0,15 m/jam dan waktu detensi selama 2,66 jam. Reaktor II 35 cm dengan kecepatan aliran 0,17 m/jam dan waktu detensi 2,05 jam. Serta reaktor I 30 cm dengan kecepatan aliran 0,15 m/jam dan waktu detensi 1,5 jam. Variasi ketinggian media yang semakin tinggi juga mengakibatkan kecepatan aliran pada outlet I menjadi lebih lama sehingga waktu kontak antara limbah dan lapisan *biofilm* juga akan semakin lama dan jumlah pori pada tiap media yang dilalui oleh air limbah jauh lebih banyak sehingga proses degradasi dan oksidasi zat organik pada lapisan *biofilm* serta daya saring dan daya ikat pada media akan semakin besar, yang secara otomatis akan berpengaruh pada nilai persen penyisihan COD pada masing-masing reaktor.

Media yang digunakan pada lapisan kedua adalah media pasir dengan diameter 0,3mm. Ditinjau dari gambar 4.7, 4.8 dan 4.9 outlet II pada reaktor I, II dan III menunjukkan tren yang sama, pada waktu operasional awal outlet II reaktor I penurunan konsentrasi COD sebesar 6,67%, mengalami peningkatan efisiensi setelah dioperasikan selama 5 jam sebesar 16,04% , namun efisiensi ini turun pada saat reaktor dioperasikan selama 10 jam menjadi sebesar 13,14%. Outlet II reaktor II pada waktu operasional awal penurunan konsentrasi COD sebesar 5,19%, mengalami peningkatan efisiensi setelah dioperasikan selama 5 jam sebesar 16,68%, namun efisiensi ini turun pada saat reaktor dioperasikan selama 10 jam menjadi 15,29%. Hal yang sama juga terjadi pada reaktor III, persentase penurunan COD pada waktu operasional awal sebesar 6,21% mengalami peningkatan setelah dioperasikan selama 5 jam menjadi 14,4%, kemudian mengalami penurunan menjadi 11,9% setelah reaktor dioperasikan selama 10 jam. Hal ini disebabkan oleh media yang mulai mengalami kejenuhan, akibat beban atau konsentrasi zat-zat organik pada limbah

yang terlalu besar. Selain itu pada outlet kedua hanya terjadi proses pengolahan secara fisik, yakni mekanisme transport dan mekanisme penangkapan sehingga kinerja dari media filter menjadi lebih berat. Tidak seperti pada outlet I, dimana pada outlet I terjadi proses biologis pada permukaan media (adanya lapisan *biofilm*) dan proses fisik, hal ini yang menyebabkan kinerja outlet I bisa lebih baik dari kinerja outlet II, serta kinerja dari media filter pada outlet I menjadi lebih ringan dan tidak begitu berat seperti yang terjadi pada outlet II.

Di bawah lapisan pasir terdapat lapisan karbon aktif (outlet III), yang terbuat dari tempurung kelapa dengan diameter media 0,2 mm dan porositas media 0,38. Ketinggian karbon aktif pada penelitian ini dibuat berbeda antara reaktor I, II dan III. Hal ini dimaksudkan agar dapat diketahui pengaruh ketinggian media terhadap efektifitas dalam menurunkan konsentrasi COD pada air limbah. Karbon aktif dipilih karena mampu menyerap (sebagai *adsorben*) berbagai material organik dan anorganik dalam air termasuk, dimana material organik dan anorganik ini akan berpengaruh terhadap konsentrasi COD (Triandini, 2001). Ketinggian media karbon aktif pada outlet III reaktor I 20 cm yang menghasilkan persentase penurunan konsentrasi COD sebesar 5,78% pada waktu operasional awal, 6,57% setelah reaktor dioperasikan selama 5 jam dan 7,1% setelah reaktor dioperasikan selama 10 jam. Media karbon aktif pada Outlet III reaktor II dengan ketinggian 15 cm mampu menurunkan konsentrasi COD sebesar 5,83% pada waktu awal reaktor dioperasikan, 5,1% setelah reaktor dioperasikan selama 5 jam dan meningkat hingga 7,86% setelah reaktor dioperasikan selama 10 jam. Sedangkan pada outlet III reaktor III yang menggunakan karbon aktif dengan ketinggian 10 cm menurunkan COD hanya sebesar 1,39% pada waktu awal reaktor dioperasikan, dan meningkat menjadi 6,61 saat reaktor dioperasikan selama 5 jam, namun persentase penurunan konsentrasi COD menurun menjadi 4,7% setelah reaktor dioperasikan selama 10 jam. Variasi media yang terlalu pendek mengakibatkan kecepatan aliran pada outlet III menjadi lebih tinggi sehingga jumlah pori pada tiap media yang dilalui oleh air limbah menjadi berkurang, serta proses adsorpsi, daya saring dan daya ikat pada media karbon aktif menjadi kurang maksimal karena berkurangnya

waktu kontak antara air limbah dengan media karbon aktif. Hal ini akan berpengaruh secara langsung pada nilai persen penyisihan COD di outlet III pada masing-masing reaktor (Andriani Astuti, 2005).

Kerikil pada lapisan terakhir di maksudkan sebagai media penyangga. Ketinggian dan diameter media kerikil yang digunakan pada reaktor I, II dan III yakni kerikil I memiliki diameter 5 mm dengan ketinggian 5 cm dengan kecepatan aliran 4,68 m/jam dan waktu detensi 0,01 jam. Kerikil II memiliki diameter 10 mm dan ketinggian 10 cm dengan kecepatan aliran 14,71 m/jam dan waktu detensi 0,0067 jam. Diameter kerikil I direncanakan memiliki diameter yang lebih kecil dari kerikil II dengan tujuan menahan media di atasnya yakni karbon aktif agar tidak masuk ke dalam *free board*. Dalam penelitian ini, terlihat bahwa fungsi kerikil tidak hanya sebagai media penahan di atasnya, tetapi dapat menyerap kandungan pencemar dari limbah cair rumah tangga perumahan Sawojajar I (Triandini, 2001). Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.14, 4.15 dan 4.16 serta gambar 4.7, 4.8 dan 4.9. Pada reaktor I persentase penurunan COD sebesar 4,36% setelah reaktor dioperasikan selama 10 jam. Pada reaktor II setelah dioperasikan selama 10 jam, persentase penurunan TSS sebesar 2,33%. Sedangkan pada reaktor III persentase penurunan TSS sebesar 4,7%% setelah reaktor dioperasikan selama 10 jam. Kecepatan aliran yang tinggi pada media kerikil menyebabkan waktu detensi juga menjadi semakin singkat, sehingga waktu air limbah untuk mengendap serta mengalami mekanisme transport dan mekanisme penangkapan menjadi semakin singkat dan tidak efektif. Hal ini yang menyebabkan rendahnya efisiensi kerikil dalam menurunkan konsentrasi COD.

Tabel 4.23, 4.24 dan 4.25 hasil analisis dengan uji korelasi pada reaktor uji I,II, dan III menunjukkan adanya korelasi antara waktu operasional dengan persentase penurunan COD dimana hubungan dari kedua variabel tersebut memiliki hubungan yang kuat dan searah. Hasil analisis dengan uji ANOVA antara persentase penyisihan COD berturut-turut pada reaktor I, II, dan III dengan waktu operasional menunjukkan bahwa dari uji F yang dilakukan, hubungan antara keduanya adalah signifikan, yang berarti bahwa lamanya waktu operasional

akan sangat mempengaruhi persentase penyisihan COD. Semakin lama waktu operasional maka persen penyisihannya semakin besar.

Waktu operasional yang lama akan memberikan waktu kontak yang lama pula antara air limbah dengan media yang digunakan dalam RBSF serta *lapisan biofilm* yang terbentuk pada permukaan media pasir halus sehingga memberikan kesempatan mikroorganisme untuk melakukan proses sintesa dan oksidasi sel dalam penguraian bahan-bahan organik dengan lebih maksimal (Luluk Edahwati dan Suprihatin, 2006). Berdasarkan tabel 4.14, 4.15 dan 4.16 mengenai persentase penyisihan COD secara kumulatif. Persen penyisihan COD pada reaktor I, II dan III yang tertinggi terjadi setelah reaktor dioperasionalkan selama 10 jam, berturut-turut sebesar 69,58%, 70,38% dan 72,66%, bila dibandingkan dengan operasional reaktor selama 5 jam sebesar 63,15%, 63,5% dan 65,4%. Persentase penyisihan COD terendah pada reaktor I, II dan III terjadi pada saat reaktor pertama kali dioperasionalkan yakni berturut-turut sebesar 26,95%, 27,46% dan 35,87%.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Binofasia T. Suligundi (2009), tentang efektifitas RBSF dengan variasi waktu 0, 24, dan 48 jam. Hasil paling optimum didapat pada waktu ke-48 jam yakni persentase penurunan COD mencapai 98,88%. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Chairi Abdillah (2011) tentang Penggunaan Reaktor *Biosand Filter* Dengan Penambahan Karbon Aktif Sekam Padi Untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Susun Kota Lama Malang. Dengan hasil persentase penurunan COD yang paling tinggi yakni pada jam ke-8 sebesar 69,23%, dengan 5 perlakuan waktu operasional yaitu 0, 2, 4, 6 dan 8 jam. Hal ini juga didukung penelitian yang dilakukan oleh Zamrul (2011) dimana persentase peningkatan COD tertinggi pada waktu operasional jam ke-12 sebesar 77,24%. Dengan variasi waktu yang digunakan 0, 4, 8 dan 12 jam.

Dalam penelitian ini, waktu operasional terbaik dalam menurunkan konsentrasi COD pada reaktor I, II dan III adalah 10 jam. Namun kondisi *break trough* belum tercapai. Kondisi *break trough* merupakan kondisi dimana persen penyisihan bahan organik mengalami penurunan karena sudah mengalami kejenuhan ( Slamet dan Ali Masduqi, 2000).

### **4.9.3 Penurunan Konsentrasi Minyak dan lemak**

Dari hasil penelitian, diperoleh bahwa RBSF dengan penambahan karbon aktif dapat menurunkan konsentrasi minyak dan lemak pada limbah cair Perumahan Sawojajar I. Pada Tabel 4.20, 4.21 dan 4.23 dapat diketahui bahwa konsentrasi minyak dan lemak setelah proses pada reaktor uji I berkisar antara 14,13 mg/l sampai dengan 6,24 mg/l atau persentase penurunan minyak dan lemak tertinggi pada reaktor uji I dapat mencapai 60,51% yang diambil pada waktu operasional jam ke-10, dan persentase penurunan terkecil pada jam ke-0 yakni sebesar 7,03%. Perentase penurunan pada reaktor uji II menunjukkan nilai penurunan minyak dan lemak sebesar 5,9 mg/l atau 61,18% pada jam ke-10, namun persentase penurunan minyak dan lemak tertinggi dicapai oleh reaktor uji III yakni sebesar 5,78 mg/l dari konsentrasi awal limbah sebesar 15,2 mg/l atau 61,97% yang dicapai pada waktu operasional yang sama dengan reaktor uji I dan II yaitu pada jam ke-10. Nilai penurunan minyak dan lemak ini sudah berada dibawah baku mutu yang ditetapkan dalam KEPMEN LH No.112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik sebesar 10 mg/L.

Minyak dan lemak pada limbah domestik yang tidak diolah dengan baik akan menimbulkan berbagai macam masalah, seperti dari segi estetika, dari dekomposisi asam amino bersulfur (sistein) yang terkandung dalam minyak dan lemak akan menghasilkan asam sulfida, gugus thiol dan amoniak yang mengakibatkan bau busuk yang menyengat dan sangat mengganggu serta dapat juga mengganggu kesehatan masyarakat bila terakumulasi terlalu lama. Minyak dan lemak dipermukaan air akan menghambat proses biologis dalam air sehingga menimbulkan gas-gas yang berbau dan berbahaya yang dapat mengganggu keseimbangan ekologis dalam lingkungan air (Suyasa, 2011). Karenanya perlu dilakukan pengolahan terhadap minyak dan lemak pada limbah rumah tangga, dengan harapan limbah yang dibuang sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan.

Penelitian ini dilakukan 3 perlakuan waktu terhadap reaktor I, II dan III, yakni 0, 5 dan 10 jam. Tabel 4.29, 4.30 dan 4.31 hasil analisis dengan uji korelasi pada reaktor uji I, II dan III menunjukkan adanya korelasi antara waktu operasional dengan persentase penurunan minyak dan lemak. Hubungan dari kedua variabel tersebut kuat dan searah. Hasil analisis dengan uji ANOVA antara persentase penyisihan minyak dan lemak dengan waktu operasional berturut-turut pada reaktor I, II, dan III menunjukkan bahwa dari uji F yang dilakukan, hubungan antara keduanya adalah signifikan. Yang berarti bahwa lamanya waktu operasional akan sangat mempengaruhi persentase penyisihan minyak dan lemak. Semakin lama waktu operasional maka persen penyisihan minyak dan lemak nya akan semakin besar.

Berdasarkan tabel 4.20, 4.21 dan 4.22 untuk reaktor I, II dan III terlihat penyisihan minyak dan lemak tertinggi pada waktu operasional jam ke 10 secara berturut-turut sebesar 60,51%, 61,18% dan 61,97%, bila dibandingkan dengan waktu operasional 5 jam sebesar 50,95%, 52,57% dan 52,63% serta 0 jam sebesar 16,96%, 20,26% dan 21,78%. Hasil ini menunjukkan waktu operasional yang lama menunjukkan persentase penyisihan minyak dan lemak yang semakin tinggi. Seperti yang dikatakan Andriani Astuti (2005) semakin lama waktu kontak maka semakin besar pula kesempatan adsorben dan lapisan *biofilm* dalam mendegradasi konsentrasi minyak dan lemak dalam limbah cair rumah tangga. Dalam penelitian ini, waktu operasional terbaik dalam menurunkan konsentrasi minyak dan lemak pada reaktor I, II dan III adalah 10 jam. Namun kondisi *break trough* belum tercapai. Kondisi *break trough* merupakan kondisi dimana persen penyisihan bahan organik mengalami penurunan karena sudah mengalami kejenuhan ( Slamet dan Ali Masduqi, 2000).

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Ade Maherystiawan (2011) tentang efektifitas RBSF Dengan Penambahan Karbon Aktif Sekam Padi dan Gerabah Untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Susun Kota Lama Malang dengan variasi waktu 0, 2, 4, 6 dan 8 jam. Menunjukkan hasil paling tinggi didapat pada waktu ke-8 jam yakni persentase penurunan minyak dan lemak mencapai 70,5%, dibandingkan dengan waktu operasional jam ke-0 sebesar 22,2%, 2 jam sebesar

40,7%, 4 jam sebesar 60,7% dan 6 jam sebesar 67,0%. Penelitian yang dilakukan oleh Chairi Abdillah (2011), dimana persentase peningkatan minyak dan lemak tertinggi pada waktu operasional jam ke-8 pada sebesar 56,35%, bila dibandingkan dengan waktu operasional jam ke-0 sebesar 15,37%, 2 jam sebesar 31,86%, 4 jam sebesar 51,93% dan 6 jam sebesar 53,45%.

Pengolahan-pengolahan limbah rumah tangga, biasanya terkendala dengan adanya kandungan minyak dan lemak, karena minyak dan lemak ini dapat membentuk kerak dan dapat juga menyebabkan penyumbatan pada instalasi pengolahan limbah. Pendegradasian minyak dan lemak pada umumnya sangat sulit bila dilakukan hanya dengan pengolahan secara fisik saja, maupun kimia saja, tetapi bisa sangat efektif bila dilakukan dengan menggunakan proses fisik, kimia, dan biologis (Titaheluw, 2010).

Penurunan konsentrasi minyak dan lemak dalam reaktor disebabkan oleh adanya proses biologis pada lapisan *biofilm* yang terdapat diatas permukaan media filter pasir yang sudah ditumbuh kembangkan pada tahap aklimatisasi, mampu mendegradasi bahan organik sehingga dapat memaksimalkan penyisihan konsentrasi minyak lemak dalam air limbah (Binofasia T. Suligundi, 2009). Gambar 4.16, 4.17 dan 4.18 juga menggambarkan persentase penurunan minyak dan lemak secara kumulatif dalam penelitian ini terus meningkat dengan seiring bertambahnya interval waktu operasional. Waktu operasional yang lama mengakibatkan mekanisme transport dan mekanisme penangkapan yang terjadi pada ruang antar butir media pasir dapat berlangsung dengan lebih lama juga. Semakin lama waktu kontak yang terjadi, maka akan semakin banyak partikel-partikel koloid yang tertahan diantara ruang antar butir media. Sehingga ruang antar butir media akan semakin kecil dan sempit yang mengakibatkan semakin banyaknya partikel koloid dan zat-zat organik yang akan tertahan dan ikut melekat ada permukaan media maupun partikel organik yang sudah terperangkap terlebih dahulu pada permukaan media. Sehingga konsentrasi minyak dan lemak dalam air limbah dapat diturunkan (Tri Joko, 2010).

Salah satu media yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir, dimana pasir memiliki kemampuan sebagai adsorben. Butiran partikel ini mempunyai kemampuan adsorpsi tinggi sehingga dapat digunakan dalam meremoval kontaminan biologi dan kimia dalam air limbah (Cheremisinoff, 2002) termasuk minyak dan lemak. Dengan pori-pori (ruang antar butir) yang cukup kecil, memungkinkan pasir untuk menyaring air limbah yang mengandung material-material organik bersamaan dengan nutrient, hal ini mampu menurunkan beban minyak dan lemak yang terdapat pada air limbah perumahan Sawojajar I (Tri Joko, 2010). Selain sebagai adsorben dan media filter, pasir juga menjadi tempat menempelnya lapisan *biofilm*. Menurut Binofasia T. Suligundi (2009) Lapisan *biofilm* yang sudah ditumbuh kembangkan pada tahap aklimatisasi ini mampu mendegradasi bahan organik sehingga dapat memaksimalkan penurunan konsentrasi minyak lemak dalam air limbah.

Persentase penurunan minyak dan lemak pada reaktor uji I, II, dan III tidak hanya dipengaruhi oleh waktu operasional, penurunan konsentrasi minyak dan lemak juga dipengaruhi oleh ketebalan/ketinggian media yang digunakan dalam RBSF.

Berdasarkan tabel 4.38 hasil analisa korelasi pada reaktor uji I, menunjukkan hubungan antara ketinggian media dengan persentase penyisihan minyak dan lemak searah namun sangat lemah. Pada analisis dengan uji ANOVA antara persentase penyisihan minyak dan lemak dengan ketinggian media pada reaktor I menunjukkan bahwa dari uji F yang dilakukan, hubungan dari keduanya adalah signifikan, yang berarti bahwa ketinggian media akan berpengaruh pada persentase penyisihan minyak dan lemak, yang artinya pada setiap penambahan ketinggian media, maka persen penyisihannya akan semakin besar.

Sedangkan pada tabel 4.39 dan 4.40 hasil analisa korelasi pada reaktor uji II dan III menunjukkan hubungan antara ketinggian media dengan persentase penyisihan minyak dan lemak adalah kuat dan searah. Dari analisis dengan uji ANOVA antara persentase penyisihan minyak dan lemak dengan ketinggian media pada reaktor II dan III menunjukkan bahwa dari uji F yang dilakukan, hubungan dari keduanya adalah signifikan, yang berarti bahwa ketinggian media

akan berpengaruh pada persentase penyisihan minyak dan lemak, dimana pada setiap penambahan ketinggian media, maka persen penyisihannya akan semakin besar.

Berdasarkan tabel 4.17, 4.18 dan 4.19 serta gambar 4.16, 4.17 dan 4.18 terlihat perbedaan kemampuan dalam menurunkan persentase minyak dan lemak pada masing-masing reaktor dengan ketinggian yang berbeda-beda dalam satu waktu. Hal ini disebabkan komposisi ketebalan/ketinggian media yang digunakan pada setiap reaktor BSF berbeda-beda. Sehingga penyisihan minyak dan lemak yang dapat dicapai masing-masing reaktor juga berbeda-beda. Pada outlet I media yang digunakan adalah pasir dengan diameter butiran 0,2 mm. Kecepatan aliran pada outlet I reaktor I sebesar 0,2 m/jam, reaktor II sebesar 0,17 m/jam dan outlet III sebesar 0,15 m/jam. Menurut Marsono (1997) kecepatan aliran ini tergolong dalam media saringan pasir lambat (*slow sand filter*) karena berada dalam range 0,2-0,4 m/jam. Ketinggian media pasir pada reaktor I 30 cm, reaktor II 35 cm dan reaktor III 40 cm. Aliran yang terbilang lambat ini memberikan banyak manfaat terhadap pengolahan minyak dan lemak, karena kesempatan kontak antara limbah dengan media juga semakin besar. Ketiga reaktor ini menunjukkan tren yang sama, yakni pada waktu operasional 0, 5 dan 10 jam persentase penurunan minyak dan lemak mengalami peningkatan. Persentase penurunan tertinggi pada reaktor III dengan ketinggian media pasir 40 cm yakni sebesar 37,89% pada waktu operasional 10 jam. Dibandingkan dengan reaktor II dengan ketinggian media pasir 35 cm sebesar 35,07% dan reaktor I dengan ketinggian media pasir 30 cm sebesar 29,87% yang diambil pada waktu operasional reaktor yang sama yakni 10 jam.

Ketinggian media pada RBSF akan mempengaruhi proses *Mechanism Transpor* (Mekanisme Transport) dan *Attachment Mechanism* (Mekanisme Penangkapan/Pemurnian). Semakin tinggi media yang digunakan dalam RBSF akan mempengaruhi mekanisme transport dan mekanisme penangkapan yang akan berlangsung dengan lebih lama. Mekanisme transport adalah gaya-gaya inersia, sedimentasi, difusi, dan gaya-gaya hidrodinamik untuk menggerakkan partikel-partikel keluar dari jalur aliran menuju sekitar permukaan butiran media,

yang didalamnya terjadi juga proses filtrasi. Sedangkan mekanisme penangkapan/pemurnian adalah pelekatan partikel pada permukaan butiran media atau pada endapan partikel yang sudah ada umumnya dihubungkan dengan empat jenis gaya, yaitu gaya tekanan aksial cairan, gaya friksi, gaya-gaya permukaan (van der Waals dan elektrik), serta gaya-gaya kimiawi (Chan, 2005). Variasi media yang semakin tinggi juga mengakibatkan kecepatan aliran pada outlet I menjadi lebih lama dan jumlah pori pada tiap media yang dilalui oleh air limbah jauh lebih banyak sehingga daya saring dan daya ikat pada masing-masing media akan semakin besar, yang secara otomatis akan berpengaruh pada nilai persen penyisihan minyak dan lemak pada masing-masing reaktor.

Menurut Binofasia T. Suligundi (2009) penurunan minyak dan lemak juga dipengaruhi oleh proses biologis dari lapisan *biofilm* yang terdiri dari sekumpulan mikroorganisme yang dapat berupa bakteri, jamur, dan alga yang berperan sebagai organisme pemangsa (predator) yang berada di lapisan *biofilm* akan memakan patogen-patogen dan zat organik yang ada. Lapisan *biofilm* yang dibentuk Mikroorganisme yang menempel pada permukaan media filter akan memanfaatkan oksigen untuk mengoksidasi senyawa organik dalam limbah cair, karena minyak dan lemak merupakan susunan dari beberapa protein kompleks, maka minyak dan lemak ini akan mampu di degradasi dan dioksidasi oleh mikroorganisme. Proses biologis yang terjadi pada lapisan *biofilm* secara langsung akan berdampak pada berkurangnya konsentrasi minyak dan lemak pada limbah cair Perumahan Sawojajar I (Ngai dan Walewijk, 2003).

Media Pasir yang digunakan pada lapisan ke-2 (outlet II) adalah pasir dengan diameter 0,3 mm. Kecepatan aliran pada outlet II pada reaktor I sebesar 0,27 m/jam, pada reaktor II sebesar 0,21 m/jam dan reaktor III sebesar 0,3 m/jam. Kecepatan aliran ini tergolong dalam media saringan pasir lambat (*slow sand filter*) karena berada dalam range 0,2-0,4 m/jam (Marsono, 1997). Dilihat dari gambar 4.16, 4.17 dan 4.18 pada reaktor I, II dan III, persentase penurunan minyak dan lemak mengalami peningkatan dari waktu operasional awal ke waktu operasional 10 jam. Pada waktu operasional awal (jam ke-0) pada reaktor II outlet II persentase penurunan minyak dan lemak sebesar 4,55%, naik menjadi 18,04%

pada waktu operasional 10 jam. Begitu juga pada reaktor II outlet II pada waktu operasional awal (jam ke-0) persentase penurunan minyak dan lemak sebesar 5,26%, kemudian naik menjadi 18,61% pada waktu operasional 10 jam. Begitu juga pada reaktor III outlet II pada waktu operasional awal (jam ke-0) persentase penurunan minyak dan lemak sebesar 4,34%, kemudian naik menjadi 18,04% pada waktu operasional 10 jam. Peningkatan ini terjadi disebabkan beban limbah yang diterima pada outlet II tidak terlalu berat, karena sudah terolah pada outlet I, dimana pada outlet I selain terjadi proses pengolahan secara fisik (filtrasi) terjadi juga proses pengolahan secara biologis (terjadi pada lapisan *biofilm*).

Di bawah lapisan pasir terdapat lapisan karbon aktif (outlet III) yang terbuat dari tempurung kelapa. Karbon aktif sangat berguna sebagai media filtrasi karena tidak hanya mampu memisahkan partikel solid secara fisik namun mampu menyerap berbagai material dalam air termasuk minyak dan lemak. Efektifitas dari karbon aktif dalam meremoval bahan organik ini dikarenakan besarnya luas permukaan yang merupakan faktor penting dalam proses adsorpsi. Selulosa merupakan komponen terbesar pada dalam tempurung kelapa yaitu 33-44%. Selulosa adalah molekul yang tersusun dari pengulangan unit-unit atau satuan glukosa. Struktur molekul ini memiliki kecenderungan untuk berikatan dengan struktur molekul dalam senyawa lain. Kondisi seperti inilah yang membuat selulosa memiliki gaya tarik-menarik terhadap senyawa lain dan tidak mudah larut dalam pelarut, sehingga molekul-molekul minyak dan lemak dapat terserap masuk kedalam pori-pori karbon aktif, yang mengakibatkan konsentrasi minyak lemak dalam air limbah dapat berkurang (Cheremisinoff, 2002). Hal ini dapat dilihat dari gambar 4.16, 4.17 dan 4.18. Dimana pada outlet III reaktor I, II dan III persentase penyisihan minyak dan lemak mengalami tren peningkatan yang sama, pada waktu operasional awal outlet III reaktor I penurunan konsentrasi minyak dan lemak sebesar 4,18%, mengalami peningkatan efisiensi setelah reaktor dioperasikan selama 5 jam sebesar 11,96%, namun efisiensi ini turun pada saat reaktor dioperasikan selama 10 jam turun menjadi sebesar 7,03%. Outlet III reaktor II pada waktu operasional awal penurunan konsentrasi minyak dan lemak sebesar 4,81%, mengalami peningkatan efisiensi setelah dioperasikan

selama 5 jam sebesar 5,79%, namun efisiensi ini turun pada saat reaktor dioperasikan selama 10 jam menjadi 5,46%. Hal yang sama juga terjadi pada reaktor III, persentase penurunan minyak dan lemak pada waktu operasional awal sebesar 3,36% mengalami peningkatan setelah dioperasikan selama 5 jam menjadi 4,46%, kemudian mengalami peningkatan menjadi 6,32% setelah reaktor dioperasikan selama 10 jam. Hal ini disebabkan oleh media yang mulai mengalami kejenuhan, akibat beban atau konsentrasi minyak dan lemak pada limbah yang besar. Selain itu, ketinggian media karbon aktif yang lebih kecil dari media saringan pasir lambat lainnya menyebabkan karbon aktif lebih cepat menemui titik jenuhnya, yang ditandai dengan kehilangan kemampuannya sebagai adsorben dalam mengadsorpsi kandungan minyak dan lemak yang terdapat di air limbah cair Perumahan Sawojajar I (Luluk Edahwati dan Suprihatin, 2005).

Pada lapisan paling akhir digunakan kerikil sebagai media penahan. Fungsi kerikil tidak hanya sebagai media penahan di atasnya, tetapi dapat menyerap kandungan pencemar dari limbah cair rumah tangga perumahan Sawojajar I (Triandini, 2001). Kerikil memiliki nilai porositas sebesar 0,43. Dengan porositas yang tinggi memungkinkan air untuk mudah merembes pada kerikil, sehingga memiliki kemampuan menyerap kandungan minyak dan lemak yang baik. Karena ukuran media dan porositas berpengaruh terhadap penurunan minyak dan lemak (Marsono, 1999).

Kerikil pada lapisan terakhir yang memiliki diameter 5 mm dan 10 mm memiliki bentuk fisik yang tidak beraturan (acak) dengan faktor bentuk 0,78 (Gayer M. Fair, 1993) yang di maksudkan sebagai media penyangga. Dalam penelitian ini ketinggian dan diameter media kerikil yang digunakan pada reaktor I, II dan III yakni kerikil I memiliki diameter 5 mm dengan ketinggian 5 cm dengan kecepatan aliran 4,68 m/jam dan waktu detensi 0,01 jam. Kerikil II memiliki diameter 10 mm dan ketinggian 10 cm dengan kecepatan aliran 14,71 m/jam dan waktu detensi 0,0067 jam. Diameter kerikil I direncanakan memiliki diameter yang lebih kecil dari kerikil II dengan tujuan menahan media di atasnya yakni karbon aktif agar tidak masuk ke dalam *free board*.

Dalam penelitian ini, terlihat bahwa fungsi kerikil tidak hanya sebagai media penahan di atasnya, tetapi dapat berfungsi sebagai media filter. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.20, 4.21 dan 4.22 serta gambar 4.16, 4.17 dan 4.18. Pada outlet IV reaktor I persentase penurunan minyak dan lemak sebesar 1,2% pada waktu awal operasional reaktor, dan setelah reaktor dioperasikan selama 10 jam persentase penurunan minyak dan lemak menjadi 5,57%. Pada outlet IV reaktor II sebesar 2,04% pada waktu awal operasional reaktor dan setelah dioperasikan selama 10 jam persentase penyisihan minyak dan lemak menjadi 3,15. Persentase penurunan minyak dan lemak pada outlet IV reaktor III sebesar 3,36% pada waktu awal operasional reaktor dan menjadi 2,56% setelah reaktor dioperasikan selama 10 jam. Kecepatan aliran yang tinggi pada media kerikil menyebabkan waktu detensi juga menjadi semakin singkat, sehingga waktu air limbah untuk mengendap serta mengalami mekanisme transport dan mekanisme penangkapan menjadi semakin singkat dan tidak efektif. Hal ini yang menyebabkan rendahnya efisiensi kerikil dalam menurunkan konsentrasi minyak dan lemak. Hal ini erat kaitannya dengan yang dikatakan Chen (2005) dimana semakin tinggi media yang digunakan dalam RBSF, maka *Mechanism Transport* (Mekanisme Transport) dan *Attachment Mechanism* (Mekanisme Penangkapan/Pemurnian) akan berlangsung dengan lebih lama. Variasi media yang semakin tinggi juga mengakibatkan jumlah pori pada tiap media yang dilalui oleh air limbah jauh lebih banyak sehingga daya saring dan daya ikat pada masing-masing media akan semakin besar. Namun rata-rata perbedaan kemampuan masing-masing reaktor pada penelitian ini dalam meremoval minyak dan lemak tidak lebih dari 20%.

Menurut Harini Setijowati (2002) tingkat penurunan polutan baru dapat dilihat secara signifikan pada pengolahan dengan saringan pasir lambat bila perbedaan ketinggian/ketebalan antar medianya minimal 50%. Sementara dalam penelitian ini perbedaan ketinggian antar medianya hanya berkisar 16-30%.

Hal serupa juga diungkapkan oleh Binofasia T. Suligundi (2009) bahwa ketinggian media filter tidak begitu berpengaruh terhadap persentase penurunan minyak dan lemak bila *range* atau jarak variasi ketinggian media terlalu kecil. Hal

ini didukung oleh penelitian yang dilakukan Lita Darmayanti,dkk (2011) tentang Penambahan Media Filter pada RBSF Dalam Usaha Memperbaiki Kualitas Air Limbah Rumah Tangga dengan menggunakan empat variasi media menyebutkan perbedaan persentase penurunan polutan kemungkinan disebabkan juga oleh faktor lain selain ketebalan media seperti diameter dan pori-pori (ruang antar butir) media yang digunakan pada masing-masing variasi, sehingga daya serap, daya lekat maupun gaya-gaya fisika maupun reaksi kimia yang ditimbulkan dari tiap variasi media pun berbeda.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Efektivitas media filter yang digunakan pada Reaktor *Biosand Filter* aliran kontinyu dalam meremovel konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak limbah cair Perumahan Sawojajar I sebesar:

➤ COD

▪ REAKTOR I

- Pasir halus : 44,98%
- Pasir kasar : 14,4%
- Karbon aktif : 7,1%
- Kerikil : 4,36%

▪ REAKTOR II

- Pasir halus : 44,9%
- Pasir kasar : 15,29%
- Karbon aktif : 7,86%
- Kerikil : 2,33%

▪ REAKTOR III

- Pasir halus : 50,83%
- Pasir kasar : 11,9%
- Karbon aktif : 4,7%
- Kerikil : 5,23%

➤ TSS

▪ REAKTOR I

- Pasir halus : 65,36%
- Pasir kasar : 11,28%
- Karbon aktif : 9,73%
- Kerikil : 8,63%

- REAKTOR II
  - Pasir halus : 68,52%
  - Pasir kasar : 13,98%
  - Karbon aktif : 6,15%
  - Kerikil : 6,82%

- REAKTOR III
  - Pasir halus : 71,35%
  - Pasir kasar : 13,66%
  - Karbon aktif : 5,57%
  - Kerikil : 5,9%

➤ Minyak dan lemak

- REAKTOR I
  - Pasir halus : 29,87%
  - Pasir kasar : 18,04%
  - Karbon aktif : 7,03%
  - Kerikil : 5,57%

- REAKTOR II
  - Pasir halus : 35,07%
  - Pasir kasar : 18,61%
  - Karbon aktif : 5,46%
  - Kerikil : 2,04%

- REAKTOR III
  - Pasir halus : 37,89%
  - Pasir kasar : 15,2%
  - Karbon aktif : 6,32%
  - Kerikil : 2,56%

2. Berdasarkan penelitian ini, waktu operasional terbaik untuk menurunkan konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak pada reaktor *Biosand Filter* I, II dan III dengan penambahan karbon aktif adalah 10 jam. Dengan komposisi media paling efektif yaitu pasir halus (0,2mm) 40 cm, pasir kasar (0,3mm) 25 cm, karbon aktif (0,2mm) 15 cm dan kerikil (5mm dan 10mm) 15 cm.

## **5.2 Saran**

1. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan variasi jenis media filter dan media adsorben yang berbeda untuk meningkatkan efektifitas reaktor. Dan menggunakan ketinggian media dengan range yang lebih jauh, sehingga perbedaan kemampuan dari setiap media dapat terlihat dengan lebih jelas.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah interval waktu operasional sehingga dapat diketahui sejauh mana kemampuan reaktor ini dalam menurunkan konsentrasi pencemar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, Chairi, 2011. **Penggunaan Reaktor Biosand Filter dengan Penambahan Karbon Aktif Sekam Padi Untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Susun.** Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang.
- Alaerts, G dan Sri Santika S, 1984. **Metode Penelitian Air.** Usaha Nasional, Surabaya.
- Astuti, A, Juliah, A dan Notodarmojo, S, 2005. **Kajian Unit Pengolahan Menggunakan Media Berbutir Dengan Parameter Kekerkuhan, TSS, Senyawa Organik dan pH.** Program Studi Sains dan Teknologi ITB Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008, SNI – 3981, **Perencanaan Instalasi Saringan Pasir Lambat.**
- Chen, J. Paul et al. (2005). **Gravity Filtration. Handbook of Environmental Engineering, Vol. 3: Physicochemical Treatment Processes.**
- Cheremisinoff, N.P, 2002. **Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies.** Butterworth-Heinemann, United State of America.
- Darmayanti, L, Handayani, Y.L dan Joshua, 2011. **Pengaruh Penambahan Media pada Sumur Resapan dalam Memperbaiki Kualitas Air Limbah Rumah Tangga.** Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNRI Riau.
- Edahwati, Luluk dan Suprihatin, 2005. **Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, dan Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah.** Prodi Teknik Kimia Fakultas Teknik Industri UPN “Veteran” Jawa Timur.
- Fair, G.M, Geyer, J.C, Okun, D.A, 1993, **Elements of Water Supply and Wastewater Disposal.** John Wiley & Son, Inc, Newyork.
- Fitri, Imaning.T, Samudro, G, Sumiyati, S. 2003. **Kecepatan Filtrasi.** Teknik Lingkungan Fakultas Teknik UNDIP. [www.ft.undip.ac.id](http://www.ft.undip.ac.id). Diakses 17 Juni 2013.
- Hindarko, S, 2003. **Mengolah Limbah Supaya Tidak Mencemari Orang Lain.** Esha, Jakarta.
- Iriawan, N dan Astuti, S.P, 2006. **Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14.** Andi. Yogyakarta.

- Joko, Tri, 2010. **Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum**. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003. **Baku Mutu Air Limbah Domestik**. Deputi MENLH Bidang Kebijakan dan Kelembagaan Lingkungan Hidup. Jakarta
- Kodoatie, Robert J, 1995. **Analisis Ekonomi Teknik**. Andi, Yogyakarta.
- Lee, T.L. 2001. **Biosand Household Water Filter Project in Nepal**. Master Thesis. Massachusetts Institute of Technology.
- Maherysetiawan, Ade, 2011. **Penggunaan Reaktor Biosand Filter dengan Penambahan Gerabah dan Karbon Aktif Sekam Padi Untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Susun**. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang.
- Marsono, Bowo Djoko, 1997. **Pengolahan Limbah Cair Biologis**. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS Surabaya.
- Masduqi, Ali dan Slamet, Agus, 2000. **Modul Ajar Satuan Operasi**. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan ITS Surabaya.
- Metcalf & Eddy. 2004. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4thed**. Singapore: Mc.Graw Hill.
- Metcalf and Eddy, 1981. **Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, Reuse, Revised** by Geo Tchobanoglous, Tata Mc Graw-Hil Publising Company LTD, New Delhi.
- Ngai, Tommy dan Walewijk, Sophie. 2003. **The Arsenic Biosand Filter (ABF) Design of an Appropriate Household Drinking Water Filter for Rural Nepal**. Final Project. Massachusetts Institute of Technology.
- Notodarmojo, Suprihanto, 2005. **Evaluasi Single Stage Slow Sand Filter Dalam Menyisihkan Beberapa Polutan Air Permukaan** (Studi Kasus: Sungai Cikapundung). Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB Bandung.
- Reynold. 1997. **Unit Operation and Design**. Mc Graw-Hill. New York. Amerika SNI 3981, 2008. **Perencanaan Instalasi Saringan Pasir Lambat**. Badan Standardisasi Nasional.

- Setijowati, Harini, 2002. **Pengaruh Berbagai Lapisan Pasir Pada Prototype Saringan Pasir Lambat Terhadap Penurunan BOD dan COD Air Sungai.** Jurusan Kesehatan Masyarakat UNDIP. [www.fkm.undip.ac.id](http://www.fkm.undip.ac.id). diakses tanggal 12 juli 2013.
- Sugiharto, 1987. **Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah**, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Suligundi, Binosiasi Tripina, 2013. **Penurunan Kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) Pada Limbah Cair Dengan Menggunakan RBSF Yang dilanjutkan Dengan Reaktor *Activated Carbon*.** Prodi Teknik Lingkungan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- Suprihatin. 2005. **Modul Training Desain dan Optimasi Instalasi Pengolahan Limbah Cair. Lab. Teknologi dan Manajemen Lingkungan.** Departemen Tekonologi Industri Pertanian IPB. Bogor. Suprihatin dan Suparno. 2000. **Teknologi Air Bersih.** IPB. Bogor.
- Suriawiria, U, 2001. **Mikrobiologi Air.** Alumni, Bandung.
- Suyasa IWB, 2011. **Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak/Lemak Dari Beberapa Sedimen Perairan Tercemar Dan Bak Penampung Limbah.**
- Triandini, G., 2001. **Pemanfaatan Arang Aktif untuk Memperbaiki Kualitas Fisik Air.** Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Pekanbaru: UNRI
- Yung, K. 2003. ***Biosand Filtration : Application In The Developing Word. Canada:*** University of Waterloo.
- Zamrul, 2011. **Penurunan Limbah Cair Rumah Tangga dengan Menggunakan Karbon Aktif pada *Biosand Filter* (Studi Kasus Perumahan Sawojajar, Kec. Kedungkandang).** Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang.
- [http : www.BioSandFilter.org](http://www.BioSandFilter.org) ( diakses tanggal 23 November 2011 puku 20.00 WIB)