

SKRIPSI

**PENGARUH GRADASI MEDIA PADA REAKTOR *BIOSAND FILTER* DALAM
MENGOLAH LIMBAH CAIR DOMESTIK PERUMAHAN SAWOJAJAR**



DISUSUN OLEH:

MUHAMMAD KHAIRUL IMAM (09.26.012)

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

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**Pengaruh Gradasi Media Pada Reaktor *Biosand Filter* Dalam Mengolah
Limbah Cair Domestik Perumahan Sawojajar**

Oleh :

MUHAMMAD KHAIRUL IMAM

(09.26.012)

Mengetahui

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Evy Hendriarianti, ST.MMT)

NIP. P. 1030300384

(Dr. Ir Hery Setyobudiarso, Msi)

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

PT. 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 : MUHAMMAD KHAIRUL IMAM

NIM : 09.26.012

JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN

JUDUL : PENGARUH GRADASI MEDIA PADA REAKTOR *BIOSAND FILTER*
DALAM MENGOLAH LIMBAH CAIR DOMESTIK PERUMAHAN
SAWOJAJAR

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

Pada Hari : KAMIS

Tanggal : 22 AGUSTUS 2013

Dengan Nilai: 75,73 (B⁺)

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Ketua

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

Sekretaris

Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP.P.1030300382

ANGGOTA PENGUJI

Penguji I

Sudiro, ST. MT
NIP.Y.1039900327

Penguji II

Anis Artivani, ST. MT
NIP.P.1030300384

Imam, Muhammad Khairul., Hendriaranti Evy., Setyobudiarso, Hery., 2013. **Pengaruh Gradasi Media Pada Reaktor *Biosand Filter* Dalam Mengolah Limbah Cair Domestik Perumahan Sawojajar.**Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAKSI

Berdasarkan tingkat kepadatan penduduk dan laju pertumbuhan penduduk di Indonesia, air limbah domestik di lingkungan pemukiman untuk masa yang akan datang berpotensi menjadi ancaman yang cukup serius terhadap pencemaran lingkungan perairan. Untuk itu, diperlukan unit pengolahan baru agar air olahan dapat memenuhi baku mutu yang disyaratkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh gradasi media dalam mencari waktu efektif yang diperlukan reaktor *biosand filter* dalam mengolah limbah cair domestik Perumahan Sawojajar I. Variasi waktu detensi yang digunakan adalah 0 jam; 4 jam; 8 jam; dan 12 jam. Parameter pencemar yang diuji adalah COD, TSS dan minyak lemak. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa setiap reaktor *biosand filter* dengan gradasi media yang berbeda mampu menurunkan konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak hingga sesuai dengan baku mutu yang ada. Reaktor I dengan gradasi media berdiameter kecil ke besar mampu menurunkan konsentrasi COD sebesar 76,41 %, TSS sebesar 97,46 % dan minyak lemak sebesar 57,24 %, sedangkan reaktor II dengan gradasi media berdiameter besar ke kecil mampu menurunkan konsentrasi COD sebesar 71,19 %, 96,09 % dan minyak lemak sebesar 53,35 %. Keefektifitasan kedua reaktor untuk parameter COD, TSS dan minyak lemak terjadi pada waktu pengambilan sampel 12 jam.

Kata Kunci : *Biosand filter*, COD, limbah cair domestik, minyak lemak dan TSS.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAKSI	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	4
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Hipotesa	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Lingkup Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Air Limbah	6
2.2 Sumber Asal Air Limbah	7
2.2.1 Sumber Air Limbah Rumah Tangga	7
2.2.2 Karakteristik Air Buangan Domestik	7
2.2.3 Kandungan Limbah Rumah Tangga	7
2.3 Kriteria Desain <i>Slow Sand Filter</i>	10
2.4 <i>Biosand Filter</i> (BSF)	10
2.4.1 Mekanisme Penyisihan Kontaminan Dalam <i>Biosand Filter</i>	11
2.4.2 Lapisan <i>Biofilm</i>	13
2.4.3 Pematangan Lapisan <i>Biofilm</i>	14
2.4.4 Pembersihan <i>Biosand Filter</i>	14
2.5 Karbon Aktif (<i>Activated Carbon</i>)	16
2.5.1 Pembuatan Karbon Aktif	17
2.5.2 Proses Karbonisasi	17
2.5.3 Proses Aktivasi	19

2.6	Tempurung Kelapa	20
2.6.1	Selulosa	21
2.6.1	Lignin	22
2.7	<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	22
2.8	<i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	23
2.9	Minyak dan Lemak	24
2.10	Metode Pengolahan Data	28
2.10.1	Statistik Deskriptif	28
2.10.2	Statistik Inferensi	31
2.10.3	Generalisasi Dan Kesimpulan Analisis Data	34
BAB III METODE PENELITIAN		35
3.1	Umum	35
3.2	Jenis Penelitian	35
3.3	Objek Penelitian	35
3.4	Lokasi Penelitian	36
3.5	Variabel Penelitian	36
3.5.1	Variabel Tetap	36
3.5.2	Variabel Terikat	37
3.5.3	Variabel Bebas	37
3.6	Bahan dan Alat Penelitian	38
3.6.1	Bahan	38
3.6.1	Alat Penelitian	36
3.6.2.1	Biosand Filter (BSF)	38
3.6.2.2	Reservoar	38
3.7	Pelaksanaan Penelitian	38
3.7.1	Persiapan Media Kerikil, Pasir dan KarbonAktif	39
3.7.2	Persiapan Alat	39
3.7.2.1	Biosand Filter (BSF)	39
3.7.2.2	Pengujian Sampel Awal	40

3.7.2.3	Proses Sampling	41
3.8	Aklimatisasi	42
3.9	Pengukuran COD, TSS dan Minyak Lemak	42
3.10	Mekanisme/Tahapan Penelitian dengan Reaktor <i>Biosand Filter</i>	43
3.11	Analisis Data	43
3.12	Kesimpulan dan Saran	44
3.13	Kerangka Penelitian	44
BAB IV	ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	46
4.1	Karakteristik Limbah Cair Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang Kelurahan Sawojajar	46
4.2	Penyisihan Bahan Organik	47
4.3	Konsentrasi COD, TSS, dan Minyak Lemak Setelah Proses	51
4.4	Pengolahan Data	54
4.4.1	Persentase Penurunan COD	54
4.4.2	Persentase Penurunan TSS	56
4.4.3	Persentase Penurunan Minyak Lemak	58
4.5	Analisis Deskriptif	59
4.5.1	Analisis Deskriptif Penurunan COD	59
4.5.2	Analisis Deskriptif Penurunan TSS	61
4.5.3	Analisis Deskriptif Penurunan Minyak Lemak	62
4.6	Analisis Korelasi	64
4.6.1	Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan COD	65
4.6.2	Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan TSS	67
4.6.3	Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak	69
4.7	Analisis Regresi	71
4.7.1	Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan COD	72
4.7.2	Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan TSS	75
4.7.3	Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak	79
4.8	Analisis ANOVA One Way	83
4.8.1	Analisis Anova One Way Untuk Persentase Penyisihan COD	83

4.8.2 Analisis Anova One Way Untuk Persentase Penyisihan TSS	85
4.8.3 Analisis Anova One Way Untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak	88
4.9 Pembahasan	91
4.9.1 Penurunan Konsentrasi COD	91
4.9.2 Penurunan Konsentrasi TSS	94
4.9.3 Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak	97
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	101
5.1 Kesimpulan	101
5.2 Saran	102

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Unit <i>Biosand Filter</i>	11
Gambar 2.2 Struktur Molekul Selulosa	22
Gambar 2.3 Skema Zat Padat	24
Gambar 2.4 Diagram Kontrol <i>Shewhart</i>	30
Gambar 3.1 Reaktor <i>Biosand Filter</i>	21
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 4.1 Persen (%) Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor 1 Saat Aklimatisasi	48
Gambar 4.2 Persen (%) Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor 2 Saat Aklimatisasi	49
Gambar 4.3 Persentase Penurunan Konsentrasi COD Reaktor 1	60
Gambar 4.4 Persentase Penurunan Konsentrasi COD Reaktor 2	60
Gambar 4.5 Persentase Penurunan Konsentrasi TSS Reaktor 1	61
Gambar 4.6 Persentase Penurunan Konsentrasi TSS Reaktor 2	62
Gambar 4.7 Persentase Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak Reaktor 1	63
Gambar 4.8 Persentase Penurunan Konsentrasi Minyak lemak Reaktor 2	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Domestik	8
Tabel 2.2 Komposisi Limbah Domestik	9
Tabel 2.3 Perbedaan antara saringan pasir lambat dengan saringan pasir cepat	10
Tabel 2.4 Koefisien Korelasi <i>Guilford</i>	32
Tabel 3.1 Jenis dan Ketinggian media filter	36
Tabel 3.2 Gradasi dan Ukuran Diameter Media Filter	37
Tabel 4.1 Karakteristik Limbah Cair Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang Kelurahan Sawojajar Kota Malang	46
Tabel 4.2 Penyisihan Bahan Organik Reaktor 1	48
Tabel 4.3 Penyisihan Bahan Organik Reaktor 3	49
Tabel 4.4 Konsentrasi COD Pada Reaktor 1 Setelah Proses	51
Tabel 4.5 Konsentrasi COD Pada Reaktor 2 Setelah Proses	52
Tabel 4.6 Konsentrasi TSS Pada Reaktor 1 Setelah Proses	52
Tabel 4.7 Konsentrasi TSS Pada Reaktor 2 Setelah Proses	53
Tabel 4.8 Konsentrasi Minyak Lemak Pada Reaktor 1 Setelah Proses	53
Tabel 4.9 Konsentrasi Minyak Lemak Pada Reaktor 2 Setelah Proses	54
Tabel 4.10 Susunan Media Pada Reaktor 1 dan 2	54
Tabel 4.11 Persentase Penurunan Konsentrasi COD Pada Reaktor 1	55
Tabel 4.12 Persentase Penurunan Konsentrasi COD Pada Reaktor 2	55
Tabel 4.13 Persentase Penurunan Konsentrasi TSS Pada Reaktor 1	56
Tabel 4.14 Persentase Penurunan Konsentrasi TSS Pada Reaktor 2	57
Tabel 4.15 Persentase Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak Pada Reaktor 1	58
Tabel 4.16 Persentase Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak Pada Reaktor 2	59
Tabel 4.17 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 1	65
Tabel 4.18 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 2	66
Tabel 4.19 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 1	67

Tabel 4.20 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 2	68
Tabel 4.21 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 1	69
Tabel 4.22 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 2	70
Tabel 4.23 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 1	72
Tabel 4.24 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 2	73
Tabel 4.25 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 1	75
Tabel 4.26 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 2	72
Tabel 4.27 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 1	79
Tabel 4.28 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 2	81
Tabel 4.29 Hasil Uji ANOVA Antara Persentase Penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 1	83
Tabel 4.30 Hasil Uji ANOVA Antara Persentase Penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 2	84
Tabel 4.31 Hasil Uji ANOVA Antara Persentase Penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 1	86
Tabel 4.32 Hasil Uji ANOVA Antara Persentase Penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 2	88
Tabel 4.33 Hasil Uji ANOVA Antara Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 1	88
Tabel 4.34 Hasil Uji ANOVA Antara Persentase Penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) Pada Reaktor Uji 2	89

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan tingkat kepadatan penduduk dan laju pertumbuhan penduduk di Indonesia, air limbah domestik di lingkungan pemukiman untuk masa yang akan datang berpotensi menjadi ancaman yang cukup serius terhadap pencemaran lingkungan perairan. Bahkan kajian yang dilakukan oleh Perum Jasa Tirta awal tahun 2000 di Kali Mas di Surabaya, menyebutkan bahwa sumber pencemaran terbesar berasal dari limbah cair domestik yang memberikan kontribusi pencemaran sebesar 87% baru sisanya 13% berasal dari limbah cair industri (eprints.undip.ac.id/18696/1/Supradata.pdf). Besarnya jumlah pencemar domestik yang masuk ke badan air ditentukan oleh kesadaran masyarakat akan dampak negatif dari pembuangan limbah serta partisipasi masyarakat dalam pengolahan air limbah yang dihasilkannya (eprints.undip.ac.id/18428/muhammadnurarif.pdf). Untuk itu, diperlukan adanya evaluasi kinerja unit pengolahan yang sudah ada dan untuk meningkatkan efisiensi pengolahannya dapat ditambahkan unit pengolahan baru agar air olahan dapat memenuhi baku mutu yang disyaratkan (lontar.ui.ac.id)

Salah satu teknologi yang tepat guna dan sederhana adalah *Biosand Filter*. *Biosand Filter* (BSF) merupakan adaptasi dari saringan pasir lambat tradisional, yang telah digunakan untuk pengolahan air minum masyarakat selama 200 tahun. *Biosand Filter* telah dipelajari di lapangan dan di laboratorium, teknologi tersebut telah ditunjukkan dapat menghapus air yang terkontaminasi hingga 100% dari cacing, 100% dari protozoa, 98,5% dari bakteri dan 70-99% dari virus (www.cawst.org).

Penelitian tentang *Biosand Filter* sebelumnya pernah dilakukan oleh Chairi Abdillah, Ade Maherysetiawan dan Zamrul. Abdillah, C. (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 90,1%, konsentrasi COD dengan efisiensi 69,2% dan konsentrasi minyak dan lemak sebesar 70,5%. Sedangkan Maherysetiawan, A. (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%. Dan penelitian yang berjudul Penurunan Limbah Cair Rumah Tangga Dengan Menggunakan Karbon Aktif Pada *Biosand Filter* (Studi Kasus Perumahan Sawojajar Kecamatan Kedung Kandang) yang dilakukan oleh Zamrul (2011) yang mampu menurunkan konsentrasi TSS dengan efisiensi 97,08%, konsentrasi COD dengan efisiensi 77,24% dan konsentrasi minyak dan lemak sebesar 80,16% efisiensi ini dicapai oleh reaktor ke tiga. Selain itu, penelitian tentang *Biosand Filter* juga pernah dilakukan oleh Puspitahati, C. (2012) dengan penelitiannya yang berjudul Studi Kinerja *Biosand Filter* Dalam Mengolah Limbah Laundry Parameter Fosfat yang mampu menurunkan konsentrasi fosfat hingga 19,8% pada reaktor I dengan penambahan media karbon aktif setinggi 10 cm dan reaktor II dengan penambahan media karbon aktif setinggi 25 cm mampu menurunkan konsentrasi fosfat sebesar 19,3%. Sedangkan limbah laundry dengan pengenceran 2 kali menunjukkan bahwa filter reaktor 1 dengan karbon aktif setinggi 10 cm dapat menyisihkan fosfat hingga 5,7% dan reaktor 2 dengan karbon aktif setinggi 25cm belum menunjukkan kinerjanya dalam menurunkan kadar fosfat.

Dari beberapa penelitian tersebut dapat dianalisis bahwa nilai efektivitas penurunan setiap parameter yang terkandung dalam limbah cair domestik merupakan nilai keseluruhan dalam satu perangkat reaktor *Biosand Filter* dan belum diketahui nilai efektifitas dari setiap gradasi media filter dengan ukuran diameter besar ke kecil maupun ukuran diameter kecil ke besar. Media dengan diameter besar mempunyai konduktivitas hidraulik besar dan mampu mengurangi terjadinya *clogging* di bagian awal reaktor. Setelah zona inlet yang berdiameter besar digunakan media dengan diameter kecil. Media dengan diameter kecil

memberi manfaat berupa tersedianya area permukaan yang lebih banyak yang dapat digunakan untuk membantu pengolahan (<http://digilib.poltekkesdepkes-sby.ac.id>). Ditinjau dari aspek keilmuan teknik lingkungan bahwa masing-masing media filter memiliki kemampuan dalam penurunan parameter terukur. Seperti pada media kerikil, media ini sering digunakan dalam proses pertumbuhan biofilm dan menghasilkan efektivitas yang cukup bagus dalam penurunan parameter terukur (www.kelair.bppt.go.id). Media kerikil juga berfungsi untuk menahan kotoran dalam partikel skala besar dan akan menyebabkan air semakin jernih (www.slideshare.net). Selain media kerikil, media pasir juga memiliki fungsi yang baik dalam menurunkan kandungan parameter terukur. Menurut Joko, T. (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. Disamping itu, belum diketahui juga waktu efektif yang diperlukan setiap gradasi media filter dengan ukuran diameter besar ke kecil maupun ukuran diameter kecil ke besar dalam menurunkan kandungan parameter yang akan diolah. Seperti yang dikutip dari Jurnal Kimia Lingkungan (2008), 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.

Penelitian ini menggunakan 2 reaktor *Biosand Filter* dengan gradasi media filter yang berbeda untuk menyaring air limbah yang mengandung padatan, dimana saringan atau media filter tersebut diberikan penambahan karbon aktif tempurung kelapa sebagai media akhir dalam menurunkan parameter limbah cair domestik.



1.2 Rumusan Masalah

1. Seberapa besar pengaruh gradasi media filter dalam satu rangkaian 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. Berapa lama waktu efektif yang diperlukan setiap media filter untuk menurunkan COD, TSS dan minyak lemak di dalam limbah domestik kawasan Perumahan Sawojajar.

1.3 Hipotesa

Reaktor *Biosand Filter* dengan gradasi media filter berdiameter kecil ke besar dapat menurunkan nilai COD, TSS dan minyak lemak lebih efektif.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh gradasi media filter yang digunakan pada reaktor *Biosand Filter* dalam penurunan konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair domestik kawasan Perumahan Sawojajar.
2. Mencari waktu efektif yang diperlukan setiap media filter pada reaktor *Biosand Filter* untuk menurunkan COD, TSS dan minyak lemak di dalam Limbah domestik kawasan Perumahan Sawojajar.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain sebagai berikut ini:

1. Mendapatkan gradasi media filter yang paling efektif dari suatu alternatif teknologi yang murah, sederhana, dan mudah pengoperasiannya untuk menurunkan kandungan COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair domestik kawasan Perumahan Sawojajar.
2. Memberikan data dan informasi tentang pengaruh dari komposisi media filter 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.

1.6 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.
4. Waktu pengambilan sampel dilakukan saat effluent keluar pertama, kemudian 4, 8, dan 12 jam setelahnya

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 bersama-sama 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 fisikkimawi, terutama logam berat.

2.2 Sumber Asal Air Limbah

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

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

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). Limbah domestik seperti sampah-sampah organik dapat terurai menjadi nitrat, fosfat, dan karbonat, sedangkan deterjen dapat terurai menjadi fosfat.

2.2.2 Karakteristik Air Buangan Domestik

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

a) Karakteristik Kimiawi

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

b) Karakteristik Biologis

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

c) Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik yang menjadi parameter didalam pengolahan meliputi temperatur, total solid, warna, bau dan kekeruhan. Sebagian besar penyusun air buangan domestik berupa bahan-bahan organik. Penguraian bahan-bahan ini akan

menyebabkan munculnya kekeruhan. Selain itu, kekeruhan juga diakibatkan oleh lumpur, tanah liat, zat koloid dan bendabenda

terapung tidak segera mengendap. Penguraian bahan-bahan organik juga menimbulkan terbentuknya warna. Parameter ini dapat menunjukkan kekuatan pencemar. Komponen penyusun bahan-bahan organik seperti protein, lemak, minyak dan sabun cenderung mempunyai sifat yang tidak tetap dan mudah menjadi busuk. Keadaan ini menyebabkan air buangan domestik menjadi berbau. Tabel 2.1 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

2.2.3 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) Air yang telah dipergunakan yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk didalamnya air buangan yang berasal dari WC, kamar mandi, tempat cuci, dan tempat memasak (sugiharto 1987)

Tabel 2.2 Komposisi Limbah Domestik

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

Sumber: Metcalf and Edy, 2003

2.3 Kriteria Desain *Slow Sand Filter*

Tabel 2.3 Perbedaan antara saringan pasir lambat dengan saringan pasir cepat

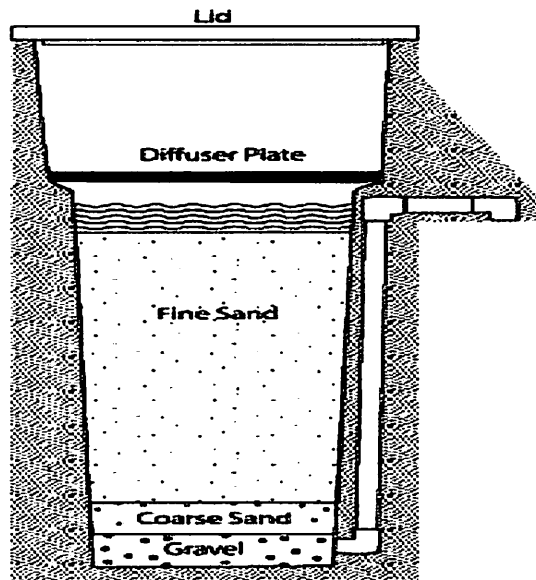
No	Subyek	Saringan Pasir Cepat	Saringan Pasir Lambat
1	Kekeruhan air baku	5-10 NTU	< 50 NTU
2	Diameter media	0,40 - 0,70 mm	0,20 - 0,40 mm
3	Kedalaman media	0,8 - 1,0 m	1,0 - 1,4 m
4	Kecepatan filtrasi	4,0 - 21,0 m/jam	0,1 - 0,4 m/jam
5	Pencucian	12 - 72 jam sekali	20 - 60 hari sekali
6	Cara pencucian	<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 : Bowo Joko Marsono, 1997

2.4 *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 perpindahan 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. Kebanyakan literatur merekomendasikan bahwa 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 (Anonim, 2004).



Gambar 2.1 Unit *Biosand Filter*

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*.

2.4.1 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.

2.4.2 Lapisan *Biofilm* atau *Schmutzdecke*

Kata *Schmutzdecke* berasal dari bahasa Jerman yaitu berarti "Lapisan kotor". Lapisan *film* yang lengket ini, yang mana berwarna merah kecoklatan, terdiri dari bahan organik yang terdekomposisi, besi, mangan dan silika dan oleh karena itu bertindak sebagai suatu saringan yang baik yang berperan untuk meremoal 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).

2.4.3 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 Ngai & Sophie, 2003).

2.4.4 Pembersihan *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 pemberian 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 hidrolik 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 cukup penting untuk efesiensi 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.

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 pembangunanya tidak memerlukan biaya besar, biaya konstruksinya akan lebih murah dari biaya konstruksi saringan pasir cepat.

c. Sederhana

Karena operasi dan pemeliharaanya 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.

Pada saat filter dioperasikan, proses penjernihan hanya berlangsung dengan penyaringan disertai pengendapan. Beberapa saat kemudian pada lapisan permukaan saringan akan terbentuk semacam lapisan yang disebut sebagai lapisan kulit saringan sebagaimana bahan-bahan pengotor yang membentuk kulit filter akan hilang dari permukaan butiran pasir akibat pengerusan oleh aliran air yang melewatinya, tetapi tidak terdapat tanda adanya pengotoran secara tetap pada

bagian lapisan pasir dibawahnya. Hal ini akan menghancurkan kulit filter kemudian akan menjadi tetap hidup sebagai jenis mikroorganisme yang sangataktif menguraikan bahan-bahan organik termasuk bakteri yang tertahan selama proses penyaringan. Bakteri akan memperbanyak diri dengan memanfaatkan bahan organik yang tertahan sebagai sumber makanannya.

2.5 Karbon Aktif (*Activated Carbon*)

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 m²/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 ≥ 100 nm, mesopori dengan jari-jari efektif antara 1,5 nm-100 nm, dan mikropori mempunyai jari-jari efektif $\leq 1,5$ nm. Dalam makropori banyak terdapat cabang dan lorong-lorong, sedangkan mikropori mempunyai sifat seperti spon yang sangat mudah dalam menyerap zat-zat terlarut dalam larutan yang lebih besar (Layman, 1999 dalam Jelita, 2000) dan sangat menentukan terhadap efesiensi penyerapan yang terjadi. 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 (Chereminisoff dan Ellerbusch, 1978).

2.5.1 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.

2.5.2 Proses Karbonisasi

Karbonisasi merupakan proses pirolisis (pembakaran) tak sempurna dari bahan dasar yang digunakan dan suhu karbonisasi tergantung dari bahan dasarnya. Biasanya karbonisasi akan reaktif antara suhu 300-800°C. Jika suhunya lebih rendah dari batas minimal ($< 300^{\circ}\text{C}$) maka pembentukan arang dibatasi atau proses pengarangan tidak maksimal sedangkan bila suhunya lebih tinggi dari batas maksimum ($> 800^{\circ}\text{C}$) maka akan terjadi perubahan bentuk internal dimana struktur porous akhir mungkin akan berlanjut menjadi kristal.



Tujuan utama dari proses karbonisasi adalah:

1. Dekomposisi material dan memaksa hilangnya sebagian bahan pengotor, misal tar dan methanol.
2. Mengembangkan bahan baku granular sehingga terbentuk porositas dan bahan karbon padat.
3. Menghilangkan substansi volatil yang mengisi pori-pori material dan hasilnya disebut arang (*Char*).
4. Untuk menghasilkan butiran yang mempunyai daya serap dan struktur yang rapi.

Hasil proses karbonisasi akan mempunyai sifat-sifat yang ditentukan oleh kondisi dan bahan dasarnya. Beberapa parameter yang umumnya digunakan di dalam penentuan kondisi terbaik pada tahapan karbonisasi yaitu temperatur akhir, waktu/lama karbonisasi, dan laju peningkatan temperatur (Jankowska, 1991 dalam Jelita, 2000).

Adapun rongga pori yang terbentuk selama proses karbonisasi ini relatif masih kecil daya adsorpsinya, karena masih terdapatnya residu yang menutupi sebagian besar rongga porinya.

Temperatur akhir yang dicapai pada tahap akhir dari proses karbonisasi ditentukan pula oleh banyaknya bahan baku yang akan dikarbonisasi serta energi yang diperlukan untuk memutuskan ikatan kimia dan dapat memindahkan bahan volatil hasil dekomposisi thermal dari bahan bakunya. Proses karbonisasi dapat menghasilkan tiga komponen pokok, yaitu berupa karbon/arang, tir/cairan, dan gas yang berupa CO_2 , CO , CH_4 , H_2 (Fengel dan Wegener, 1995 dalam Jelita, 2000). Hasil tersebut mempunyai struktur karbon yang padat/tersusun rapat jika dibandingkan dengan struktur karbon pada bahan baku semula. Oleh karena itu terdapat dua perbedaan mengenai waktu tinggal bahan baku, yaitu:

1. Pada temperatur rendah, reaksi dekomposisi thermal pada bahan baku.
2. Pada temperatur tinggi, terjadi transformasi pada bagian internal dimana terbentuknya struktur pori.

Pada kasus pertama proses dekomposisi thermal berlangsung sangat lambat pada material karbon yang berlangsung setiap waktu. Hal ini akan menyebabkan terhambatnya proses dekomposisi.

Sedangkan pada kasus kedua dimana dengan adanya temperatur yang tinggi dapat terjadi adanya suatu struktur internal dalam material karbon. Selama proses karbonisasi berlangsung terjadi penurunan volume pada pori-pori yang kecil. Oleh karena itu kondisi reaktifitas dipertahankan agar tidak terlalu tinggi sehingga akan dicapai temperatur akhir yang paling baik dari proses karbonisasi.

Pada temperatur akhir proses menunjukkan adanya pengaruh yang lebih besar terhadap sifat dari butiran. Sedangkan reaktifitas hasil karbonisasi yang didapatkan setelah pembakaran (*pirolisis*) pada temperatur 300°C lebih rendah bila dibandingkan dengan temperatur 600°C. Penurunan reaktifitas ini sebanding dengan penurunan jumlah karbonnya.

Pembentukan sebagian besar bahan volatil terjadi dalam waktu yang singkat seiring dengan kenaikan temperatur yang cepat. Hasilnya berupa pori yang berukuran lebih besar serta reaktifitas hasil karbonisasinya lebih besar dari pada hasil yang dipanaskan dengan laju yang lebih lambat.

Adapun rongga pori yang terbentuk selama proses karbonisasi ini relatif masih kecil daya adsorpsinya, karena masih terdapat residu yang menutupi sebagian besar rongga porinya.

2.5.3 Proses Aktivasi

Proses aktivasi bertujuan untuk membuka pori-pori yang tertutup serta terbentuknya pori-pori baru sehingga terbentuk karbon aktif dengan daya serap yang tinggi. Proses ini dilakukan dengan cara pemanasan pada temperatur 750-950°C dengan mencampurkan CO₂ udara dan uap pada tekanan terkontrol atau menambahkan bahan kimia tertentu seperti ZnCl₂ (Seng Khlorida), CaCl₂ (Kalsium Khlorida), MgCl₂ (Magnesium Khlorida), NaOH (Natrium Hidroksida),

Na_2CO_3 (Natrium Karbonat), NaCl (Natrium Klorida), dan K_2S (Potasium Sulfida), serta H_3PO_4 (Asam Pospat).

Proses aktivasi ada dua cara, yaitu:

1. Aktivasi secara fisika

Proses aktifasi secara fisika dilakukan dengan mengalirkan uap atau udara ke dalam reaktor (pada suhu yang tinggi), yang sebelumnya telah mengalami proses karbonisasi pada suhu tinggi 800-1000°C. Proses diatas harus dikontrol dengan memperhatikan suhu yang tinggi serta uap atau udara yang digunakan/dialirkan. Dengan demikian nantinya akan dihasilkan karbon aktif yang mempunyai permukaan pori yang luas, sehingga daya adsorpsinya akan lebih baik dalam menghilangkan zat-zat yang tidak diinginkan. Suhu yang digunakan lebih tinggi daripada aktivasi kimia.

Suhu yang tinggi selama proses karbonisasi dan aktifasi akan mempengaruhi komposisi dan struktur dari material karbon aktif yang terbentuk serta ukuran kristal yang terbentuk.

2. Aktivasi secara kimia

Aktivasi secara kimia atau *chemical impregnating agent* dengan menggunakan bahan kimia atau bahan pengaktif seperti ZnCl_2 , CaCl_2 , MgCl_2 , NaOH , Na_2CO_3 , NaCl , dan K_2S serta H_3PO_4 untuk mengikat karbon yang terbentuk dengan gaya adhesi, sehingga bila bahan baku dicuci baik dengan air maupun asam tetap menghasilkan karbon dengan struktur permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan yang sebelumnya. Suhu yang digunakan lebih rendah dari aktivasi fisika, yaitu antara 400-600°C

2.6 Tempurung Kelapa

Buah kelapa terdiri dari sabut kelapa, tempurung kelapa, daging kelapa dan air kelapa. Sabut kelapa merupakan bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm, dan merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Tempurung kelapa terletak di sebelah dalam sabut, ketebalannya berkisar 3 - 5 mm. Ukuran buah kelapa dipengaruhi oleh ukuran tempurung kelapa yang sangat dipengaruhi oleh usia dan

perkembangan tumbuhan kelapa. Tempurung kelapa beratnya antara 15 – 19 % berat kelapa. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Chereminisoff, komposisi kimia tempurung kelapa adalah seperti berikut: Sellulosa 26,60 %, Lignin 29,40 %, Pentosan 27,70 %, Solvent ekstraktif 4,20 %, Uronat anhidrid 3,50 %, Abu 0,62 %, Nitrogen 0,11 %, dan Air 8,01 %. (ejournal.undip.ac.id)

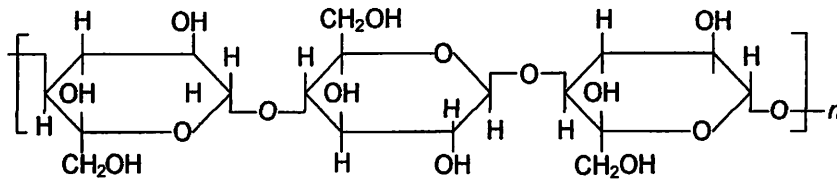
2.6.1 Selulosa

Selulosa merupakan komponen terbesar pada sekam padi yaitu 33-44%. Selulosa adalah molekul yang sangat besar yang tersusun dari pengulangan unit-unit atau satuan glukosa. Di dalam struktur molekulnya terdapat gugus OH atau gugus hidroksida.

Struktur molekul ini memiliki kecenderungan untuk berikatan dengan struktur molekul dalam senyawa lain. Hal ini disebabkan karena di dalam selulosa terdapat mikrofibril yang membelah menjadi fibril-fibril yang memiliki kemampuan untuk berikatan dengan senyawa lain. Kondisi seperti inilah yang membuat selulosa memiliki gaya tarik-menarik terhadap senyawa lain dan tidak mudah larut dalam pelarut.

Ikatan hidrogen merupakan stabilisasi rantai-rantai molekul panjang dalam sistem yang teratur, yaitu pembentukan struktur supramolekul yang ditimbulkan oleh adanya gugus fungsional yang dapat mengadakan interaksi satu dengan yang lainnya. Permukaan rantai-rantai selulosa dapat dikatakan penuh dengan gugus OH. Gugus OH tersebut tidak hanya menentukan struktur supramolekul tetapi juga menentukan sifat-sifat fisika dan kimia selulosa.

Gugus-gugus OH molekul selulosa dapat membentuk dua macam ikatan hidrogen. Ikatan-ikatan hidrogen antara gugus-gugus OH yang berdekatan dalam molekul selulosa yang sama disebut ikatan intramolekul. Ikatan-ikatan ini memberi kekuatan tertentu pada masing-masing rantai. Ikatan hidrogen antara gugus-gugus OH dari molekul-molekul selulosa yang berdampingan dikenal dengan ikatan intermolekul (Fengel dan Wegener, 1979 dalam Lestari, 2005).



Gambar 2.2 Struktur molekul selulosa

Sumber : Adriana dkk, 2001 dalam Jatmiko, 2005

2.6.2 Lignin

Lignin merupakan zat organik polimer yang banyak dan penting dalam dunia tumbuhan. Lignin ditemukan dalam semua sistem pembuluh tanaman, sebagian besar di dinding sel. Jumlah lignin yang terdapat dalam tumbuhan yang berbeda sangat bervariasi.

Keberadaan lignin dapat menghambat proses penyerapan zat warna, salah satu yang mempengaruhi proses penyerapan adalah luas permukaan adsorben. Apabila bahan yang menyerap (selulosa) terlapisi lignin maka zat warna yang akan terserap oleh selulosa harus mampu menembus lapisan lignin, karena itu jika zat warna tidak mampu menembus maka perpindahan massa zat warna tidak akan masuk ke dalam selulosa. Hal ini dapat diatasi dengan menambahkan larutan asam/basa pada adsorben (Suharti, 2000 dalam Lestari, 2005).

Lignin merupakan komponen kimia dan morfologi yang karakteristik dari jaringan tumbuhan tinggi dimana ia terdapat dalam jaringan vaskuler yang khusus untuk pengangkutan cairan dan kekuatan adsorbatnya.

2.7 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 BOD₅ 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.

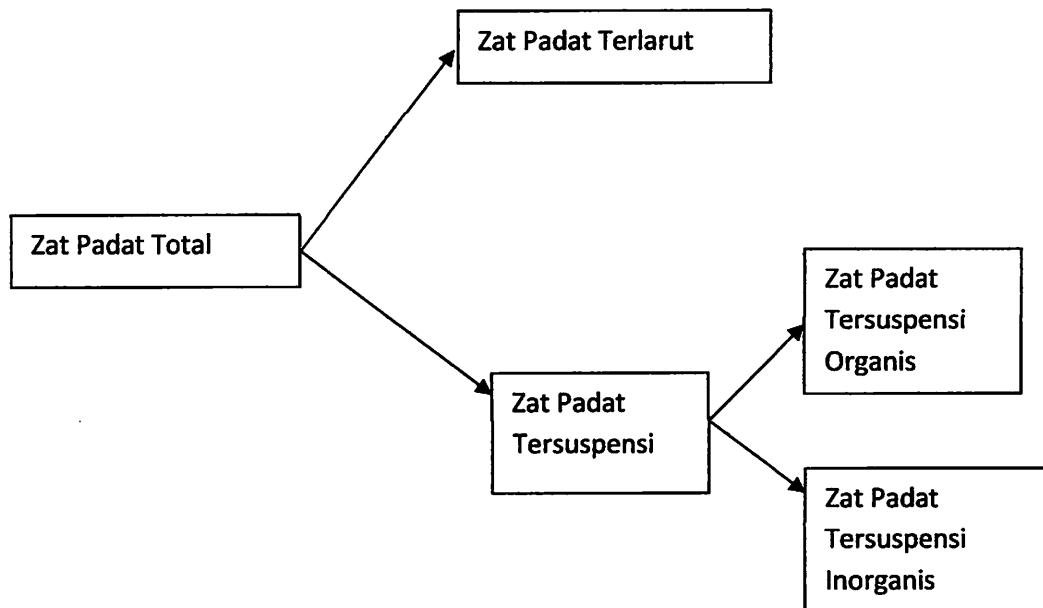
Kekurangan tes COD hanya merupakan suatu analisis yang menggunakan suatu reaksi oksidasi kimia yang menirukan oksidasi biologis (yang sebenarnya terjadi di alam), sehingga merupakan suatu pendekatan saja. Karena hal tersebut maka tes COD tidak dapat membedakan antara zat-zat yang sebenarnya tidak teroksidasi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

2.8 *Total Suspended Solid (TSS)*

Air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dan molekul organis, dan zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat, kwarts. Perbedaan pokok antara kedua kelompok zat ini ditentukan melalui ukuran /diameter partikel-partikel tersebut.

Pengertian zat padat total adalah semua zat-zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana, bila sampel air dalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organis dan inorganis seperti dijelaskan pada Gambar 2.4.





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

2.9 Minyak dan Lemak

Minyak lemak termasuk salah satu anggota golongan lipid yaitu merupakan lipid netral (Ketaren,1986). 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. Jika pencemaran minyak terjadi di pantai maka proses penghilangan minyak mungkin lebih cepat karena minyak akan melekat pada benda-benda padat seperti batu dan pasir di pantai yang mengalami kontak dengan air yang tercemar tersebut. (Fardiaz,1992).

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.

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.

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 (Sugiharto, 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 dapat 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. (Fardiaz, 1992)

Sifat Minyak Lemak :

1. Tidak berbau, tidak berwarna dan tidak punya rasa, mempunyai berat jenis lebih kecil dari pada berat jenis air.

2. Tidak larut dalam air, sedikit larut dalam alkohol
3. Mudah larut dalam karbon disulfida, terpetin, karbon tetra khlorida, eter, petroleum eter.
4. Lemak merupakan pelarut organik yang baik
5. Dapat dihidrolisa oleh asam, basa, enzim lipase atau oleh pemanasan yang tinggi.
6. R acidity (sifat tengik). Ini terjadi apabila dibiarkan berhubungan dengan udara. Hal ini karena hidrolisis terbentuk asam lemak yang rantai atom C-nya pendek sehingga berbau keras atau teroksidasi ikatan rangkap, sehingga akan pecah membentuk keton, aldehida atau asam karboksilat rantai pendek yang berbau (Anonim,1994)

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 ke perairan terbuka. (sukarmadidjaja,1997).

Pada penelitian minyak lemak yang akan di teliti berasal dari sisa proses Rumah Tangga yang berupa minyak lemak yang tidak terlarut. Berasal dari kandungan lemak, dimana lemak sendiri adalah fungsi atau sifat *prostaglandin* yang dapat terbentuk dengan proses pelingkaratan dan peroksigenan dari asam lemak tak jenuh dengan banyak ikatan $C = C$ yang menyebabkan mudah terbakar dan menimbulkan nilai kalor tertentu. Minyak lemak terdiri dari 3 (tiga) macam yaitu : (S. Riawan,1997)

1. Minyak mineral dalam minyak ini terkandung senyawa-senyawa H.K
2. Minyak *essensial* (minyak asiri)
3. Minyak *Fixed* yaitu tidak mudah menguap (*Trigilliserida*)

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, Palm, kacang, dan sebagainya)
 - Terdapat dalam daun-daunan juga bunga.

Kelaratanya minyak-minyak ini memiliki gliserida yang berasal dari lemak yang lebih tinggi tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik seperti : eter, Petroleumeter. Minyak lemak yang terkandung dalam ampas kelapa ini memiliki sifat-sifat yang sama dengan penjelasan diatas dan dimungkinkan memiliki kesamaan dengan minyak jarak yang bisa digunakan sebagai pengganti bahan bakar (solar) bila dilihat dari kandungannya, akan tetapi minyak kelapa ini belum diujikan.(Karya Ilmiah,ITB,2005).

Minyak lemak terutama tahan terhadap perombakan secara anaerob. Sedangkan bila minyak dan lemak terdapat pada lumpur akan menyebabkan akumulasi buih yang berlebihan dalam bak digester dan dapat menyumbat pori-pori saringan. Lumpur yang mengandung minyak dan lemak tidak baik digunakan sebagai pupuk. Jika bahan ini dimasukan ke dalam air limbah atau effluen yang telah diolah, maka sering menimbulkan lapisan film, serta mengakibatkan deposit pantai.

Mengetahui jumlah minyak dan lemak yang terdapat dalam air limbah, akan dapat membantu memperkirakan kesulitan-kesulitan pada operasi instalasi, menentukan efisiensi instalasi dan dalam pengawasn pembuangan air limbah lebih lanjut ke badan air. Sedangkkn dengan mengetahui jumlah minyak lemak yang terdapat pada lumpur dapat memperkirakan waktu pembusukan dan masalah penghilangan air.

Persediaan air termasuk air tanah dikatakan tercemar minyak dan lemak apabila dalam 1 liter air tersebut mengandung 10 mg minyak dan lemak.WHO (1984).

Adapun sumber pencemaran minyak antara lain :

- Pengangkutan minyak dan operasinya termasuk membersihkannya
- Pembuangan limbah cair di kota dan industri yang terbawa ke sungai
- Kecelakaan tabrakan alat transportasi minyak
- Penguapan
- Rembesan/kebocoran
- Limbah pengilangan.

Tumpahan minyak yang terdapat di air akan berada di permukaan, sehingga akan menutupinya, karena sifatnya yang tidak dapat larut di dalam air. Semua jenis minyak mengandung senyawa-senyawa Volatil yaitu mudah berubah menjadi gas atau uap. Sisa minyak yang tidak menguap akan mengalami Emulsifikasi yaitu proses pemantapan emulsi dengan menambahkan dua zat yang tidak dapat bercampur pada zat ke tiga.

2.10 Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara statistik. Sebagai alat yang berfungsi untuk mengolah suatu data, penjabaran metodologi statistik didasarkan pada tiga hal yakni proses analisis, asumsi bentuk distribusi, dan banyaknya variabel yang dilibatkan. Metodologi statistik berdasarkan proses analisisnya meliputi analisa deskriptif dan analisis konfirmatif (inferensi) (Sumber: Achmad Z. S, 2005).

2.10.1 Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisa data dengan cara mendeskriptifkan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya, tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Statistik deskriptif memberikan informasi secara visual dan lebih bersifat subjektif dalam pembuatan analisisnya. Walaupun bersifat subjektif di dalam pengambilan keputusan, analisis deskriptif sering digunakan khususnya dalam memperhatikan perilaku data dan penentuan dugaan – dugaan yang selanjutnya akan diuji dalam analisis inferensi. Berikut ini adalah beberapa rumus yang biasa digunakan dalam statistik deskriptif.

a. Mean / Rataan Sampel ($\bar{x}$)

Rumus yang digunakan adalah:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

dimana:

$\bar{x}$ = rata – rata hitung dari sampel

$\sum x$ = total jumlah sampel

n = banyaknya sampel

b. Simpangan Baku (s)

Rumus yang digunakan adalah:

$$s = \sqrt{\frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

dimana:

s = standart deviasi yang dicari

$\sum x$ = jumlah semua harga sampel

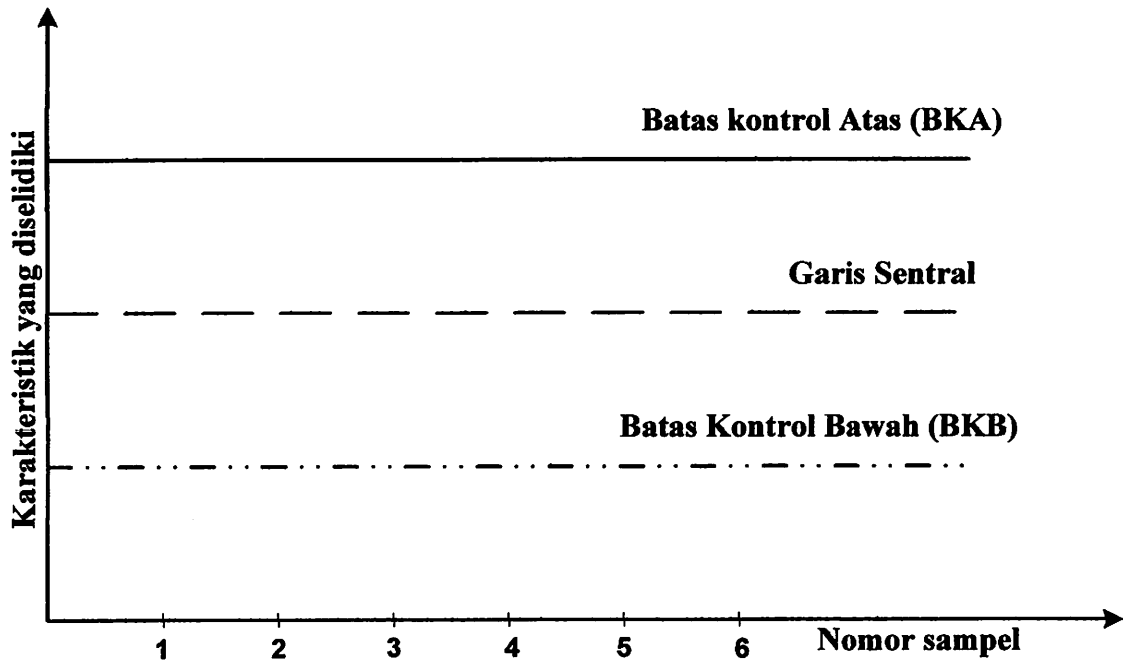
n = banyaknya sampel

c. Keceragaman Data

Pengujian keceragaman data perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengolahan data. Pada pengujian keceragaman data ini data akan diuji apakah data yang terkumpul seragam dan selanjutnya mengidentifikasi data yang ekstrim. Data ekstrim yang dimaksud adalah data yang terlalu besar atau data yang terlalu kecil dan jauh menyimpang dari trend rata – ratanya.

Untuk memudahkan pengujian maka digunakan diagram kontrol *Shewhart* dengan contoh sebagai berikut:





Gambar 2.4 Diagram Kontrol *Shewhart*

Garis sentral melukiskan “nilai baku” yang akan menjadi pangkal perhitungan terjadinya penyimpangan hasil – hasil pengamatan untuk tiap sampel. Garis bawah yang sejajar dengan garis sentral dinamakan batas kontrol bawah (BKB). Ini merupakan penyimpangan paling rendah yang diijinkan dihitung dari “nilai baku”. Garis yang menyatakan penyimpangan paling tinggi dari “nilai baku” terdapat sejajar di atas sentral dan dinamakan batas kontrol atas (BKA). Rumus yang digunakan untuk mengetahui sentral, BKA dan BKB adalah:

$$\text{sentral} = \bar{x}$$

$$BKA = \bar{x} + K\bar{s}$$

$$BKB = \bar{x} - K\bar{s}$$

dimana:

$\bar{x}$ = rata – rata harga sample

K = Index (tergantung dari tingkat kepercayaan yang diambil) untuk kepercayaan 95%, nilai $K = 2$

$\bar{s}$ = standart deviasi rata – rata

(Sumber: Sudjana,2002)

2.10.2 Statistik Inferensi

Statistik inferensi mencakup semua metode yang berhubungan dengan analisis data untuk kemudian sampai pada peramalan atau penarikan kesimpulan. Statistik inferensi dapat memberikan informasi lebih objektif terutama dalam proses pengambilan keputusan yang ditunjang dengan adanya nilai tingkat kesalahan pengukuran. Statistik inferensi selanjutnya akan dijabarkan kembali ke dalam penaksiran titik dan penaksiran selang dari suatu nilai parameter dan juga pengujian hipotesis dari suatu masalah. Beberapa analisa yang terdapat dalam statistik inferensi adalah sebagai berikut.

a. Analisa Korelasi

Mengetahui derajat hubungan antar variabel digunakan analisa korelasi. Ukuran yang dipakai untuk mengetahui derajat hubungan, terutama untuk data kuantitatif, dinamakan koefisien korelasi. Koefisien korelasi adalah indeks atau bilangan yang digunakan untuk mengukur derajat hubungan, meliputi kekuatan hubungan dan bentuk/arrah hubungan. Nilai hubungan berada pada selang tertutup (-1, 1). Untuk membaca besarnya derajat keeratan dari hubungan terdapat dua hal yang harus diperhatikan, yakni:

- Lihat tanda dari derajat keeratan tersebut, positif atau negatif. Hubungan statistika kedua peubah akan negatif apabila salah satu variabel memiliki hubungan yang bertolak belakang dengan peubah lainnya. Atau dengan kata lain apabila nilai satu peubah membesar maka nilai peubah lainnya mengecil. Sedangkan hubungan statistika kedua peubah akan bernilai positif jika hubungan kedua peubah searah atau dengan kata lain apabila satu peubah membesar nilainya maka peubah lainnya ikut membesar, dan sebaliknya.

- Lihat besarnya nilai derajat keeratan. Untuk membaca nilai dari derajat keeratan dapat digunakan klasifikasi hubungan statistika dua peubah menurut *Guilford* berikut ini:

Tabel 2.4 Koefisien Korelasi *Guilford*

Nilai Hubungan Statistika dua Peubah	Keterangan
< 0,2	Tidak terdapat hubungan antara kedua peubah
Antara 0,2 s/d 0,4	Hubungan kedua peubah lemah
Antara 0,4 s/d 0,7	Hubungan kedua peubah sedang
Antara 0,7 s/d 0,9	Hubungan kedua peubah kuat
Antara 0,9 s/d 1	Hubungan kedua peubah sangat kuat

(Sumber: Achmad Z. S, 2005)

Sebagai catatan penting, nilai hubungan statistika dua peubah sama dengan “1” memiliki makna bahwa terdapat hubungan yang sempurna antara kedua peubah. Atau dengan kata lain, nilai suatu peubah dapat dengan tepat/pasti dijelaskan oleh peubah lainnya. Lain halnya dengan nilai statistika dua peubah sama dengan “0” menunjukkan tidak adanya hubungan diantara kedua peubah (Achmad Zanbar Soleh, 2005).

Untuk keperluan perhitungan koefisien korelasi berdasarkan sekumpulan data berukuran n dapat digunakan rumus:

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{\{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}}$$

dimana:

r = koefisien korelasi

x_i = variabel bebas

y_i = variabel terikat

n = jumlah data

(Sumber: Sudjana, 2002)

b. Analisa Regresi

Analisa regresi adalah suatu analisa untuk menyatakan hubungan fungsional antara variable-variable ke dalam bentuk persamaan matematis. Untuk analisis regresi akan dibedakan dua jenis variabel ialah variabel bebas atau variabel prediktor dan variabel tak bebas atau variabel respon. Pembuatan persamaan matematis dimaksudkan untuk membantu peneliti di dalam melihat pola atau karakteristik hubungan antara variabel bebas dengan variabel tak bebas/terikat, bahkan biasanya digunakan untuk memprediksikan kondisi masa yang akan datang.

Jika variabel bebas dan variabel terikat yang terlibat dalam penelitian masing-masing hanya satu, maka dinamakan Regresi Linear Sederhana. Kemudian apabila hanya ada satu variabel terikat dan beberapa variabel bebas maka persamaan regresinya disebut Regresi Linear Berganda. Bentuk persamaan regresi secara umum adalah:

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + \dots + kX_z$$

dimana:

Y = variabel terikat

a = konstanta

b = koefisien regresi

X_1 = variabel bebas

Pada analisa regresi juga diperlukan beberapa pengujian yaitu:

- o Uji F yang digunakan untuk mengetahui apakah persamaan regresi bisa dipakai untuk memprediksi variabel terikat.

- Uji t digunakan untuk mengetahui signifikansi koefisien dan variabel bebas.

c. Analisa Varian

Pengujian menggunakan analisa varian dalam statistika parametrik diantara kelompok yang saling memiliki perbedaan sebagai akibat adanya perlakuan, dilakukan dengan menggunakan *Analysis of Varian* (ANOVA). Uji ini dilakukan berdasarkan distribusi nilai F. Nilai F diperoleh dari rata-rata jumlah kuadrat (*mean square*) antar kelompok yang dibagi dengan rata-rata jumlah kuadrat dalam kelompok dengan rumus:

$$F = \frac{S_B^2}{S_W^2}$$

dimana: S_B^2 = varians antar kelompok

S_W^2 = varians dalam kelompok

2.10.3 Generalisasi Dan Kesimpulan Analisis Data

Generalisasi adalah penarikan suatu kesimpulan umum dari suatu analisis penelitian. Setelah generalisasi dibuat, selanjutnya dibuatkan kesimpulan-kesimpulan yang lebih khusus (terinci) dari penelitian berdasarkan generalisasi yang telah dibuat.

(Sumber: Hasan, M. Iqbal, 2002 hal 100-138 dalam P. Juli Ni Ketut, 2005)



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Pada metode penelitian ini mengenai teknologi *Biosand-Filter* dalam mengelolah air limbah yang telah banyak dilakukan di beberapa tempat. Teknologi *Biosand-Filter* yang merupakan pengembangan dari *Slow Sand Filter* sudah mulai diterapkan di beberapa negara sebagai salah satu teknologi yang tepat guna dalam mengolah air dengan karakteristik tertentu. Sedangkan teknologi karbon aktif telah lama digunakan dalam pengolahan air karena terbukti efektif dalam menurunkan beberapa parameter air. Pada penelitian ini akan dibahas sejauh mana efektivitas *Biosand Filter* dengan gradasi media filter berdiameter besar ke kecil dan berdiameter kecil ke besar dengan penambahan karbon aktif dari tempurung kelapa sebagai media akhir 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 (*Labour Experiment*), 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 Kota Malang dengan menggunakan teknologi *Biosand Filter* dengan tujuan mengetahui nilai efektifitas dari setiap gradasi media filter berdiameter besar ke kecil maupun berdiameter kecil ke besar.

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. Satu Kelurahan Perumahan Sawojajar Kota Malang, sebagai titik pengambilan sampel limbah cair domestik.
2. Laboratorium Teknik Sipil, ITN Malang . Merupakan tempat pengayakan media filter, yaitu kerikil dan pasir. Selain pengayakan, dilakukan juga pengeringan (menggunakan oven) untuk media pasir.
3. Laboratorium Teknik Lingkungan, ITN Malang. Merupakan tempat penelitian, yaitu mengukur nilai efektifitas dan manfaat setiap gradasi media filter 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

3.5.1 Variabel tetap

- Pada penelitian ini menggunakan 2 reaktor biosand filter dengan jenis dan ketinggian media filter, yakni:

Tabel 3.1 Jenis dan Ketinggian Media Filter

Reaktor	Jenis dan Tinggi Media				Total Ketinggian
	Kerikil	Pasir Kasar	Pasir Halus	Karbon Aktif	
II	15cm	25cm	40cm	20cm	100cm
	Pasir Halus	Pasir Kasar	Kerikil	Karbon Aktif	
I	40cm	25cm	15cm	20cm	

(sumber : Zamrul, 2011)



➤ Tabel 3.2 Gradasi dan Ukuran Diameter Media Filter

No.	Reaktor II	Reaktor I
1.	Kerikil (diameter 10 mm)	Pasir Halus (diameter 0,20 mm)
2.	Pasir Kasar (diameter 0,35 mm)	Pasir Kasar (diameter 0,35 mm)
3.	Pasir Halus (diameter 0,20 mm)	Kerikil (diameter 10 mm)
4.	Karbon Aktif (diameter 0,20 mm)	Karbon Aktif (diameter 0,20 mm)

(sumber : Kusnaedi, 2010 dan Bowo Joko, 1997)

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

3.5.2 Variabel terikat (*Dependent Variable*)

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

3.5.3 Variabel bebas (*Independent Variable*)

Waktu pengambilan sampel :

- Pengambilan pertama
Pengambilan sampel saat effluent keluar pertama
- Pengambilan kedua
Pengambilan sampel setelah 4 jam
- Pengambilan ketiga
Pengambilan sampel setelah 8 jam
- Pengambilan keempat
Pengambilan sampel setelah 12 jam



3.6 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan dan alat penelitian yang digunakan :

3.6.1 Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain :

- 1 Limbah cair Perumahan Sawojajar I
- 2 Aquadest
- 3 Media filtrasi yaitu kerikil, pasir, dan karbon aktif tempurung kelapa
- 4 Bahan-bahan pereaksi

3.6.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.6.2.1 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	: 100 cm
Tinggi air diatas media kerikil dan pasir halus	: 5 cm
<i>Freeboard (fb)</i>	: 7 cm

3.6.2.2 Reservoir

Reservoir yang digunakan untuk menampung air proses limbah Perumahan Sawojajar sebanyak 2 buah, 2 Reservoir yang bervolume 50 liter diletakkan lebih tinggi dari reaktor sebagai reservoir utama,

3.7 Pelaksanaan Penelitian

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

3.7.1 Persiapan Media Kerikil, Pasir dan Karbon Aktif

Sebelum penelitian dilakukan, persiapan dan perlakuan terhadap alat dan media yang akan digunakan haruslah menjadi suatu perhatian yang penting agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan perencanaan. Media-media yang akan digunakan seperti kerikil, pasir dan karbon aktif harus diperhatikan dan diperlakukan sesuai dengan kriteria yang telah direncanakan. Media seperti kerikil dan pasir 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 :

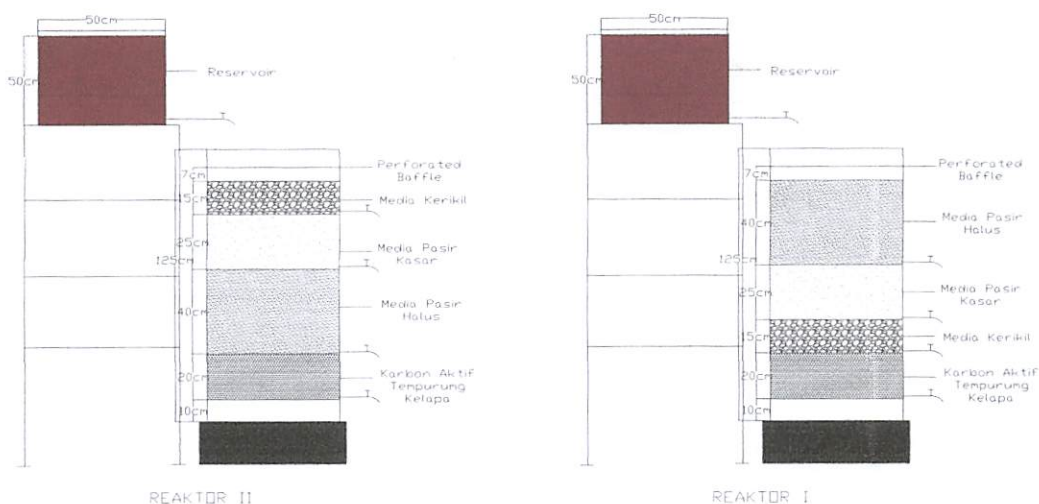
- Pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa
 - Aktivasi dan karbonisasi
 - 1. Melakukan proses karbonisasi dengan cara tempurung kelapa dimasukkan pada furnace pada suhu 700°C selama ± 2 jam.
 - 2. Mengeringkan karbon aktif dengan cara memanaskan dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam.
 - 3. Karbon aktif dihaluskan, kemudian diayak dengan ukuran 200 mesh.

3.7.2 Persiapan Alat

3.7.2.1 Biosand Filter (BSF)

Unit *biosand filter* merupakan unit *rectangular* yang terbuat dari *steinless steel* 5 mm dan alas 8 mm . Digunakannya *steinless steel* dalam pembuatan unit bertujuan agar dapat menahan tekanan lebih kuat dari media maupun air yang tedapat di dalam reaktor, pada lapisan depan reaktor dibuat dengan menggunakan

kaca mika, hal ini berguna agar dapat melihat proses pertumbuhan *biofilm* maupun proses lain yang terjadi didalam reaktor. Sebelum media filtrasi dimasukkan kedalam unit, maka unit dalam keadaan siap digunakan. Setelah unit siap, media filter dimasukkan ke masing-masing unit *biosand filter*, dimana tiap unitnya memiliki gradasi media filter yang berbeda. Ketinggian total media dari tiap *biosand filter* adalah 105 cm, yaitu 100 cm merupakan tinggi total media, dan 5 cm tinggi permukaan air dari media paling atas. Air berfungsi agar media paling atas tidak kering dan selalu dalam keadaan lembab. selain itu, media teratas juga merupakan tempat terbentuknya lapisan *biofilm* sehingga lapisan *biofilm* yang telah terbentuk tidak rusak. Agar lapisan atas media filter tidak mengalami kerusakan saat sampel air dimasukkan kedalam unit, maka 5 cm dari muka air terdapat *perforated baffle* yang terbuat dari *fiber glass*. Adapun fungsi dari *perforated baffle* adalah untuk menjaga agar lapisan atas media filter tidak mengalami kerusakan saat sampel air masuk kedalam unit.



Gambar 3.1 Reaktor Biosand Filter dengan Gradasi Media filter berbeda

3.7.2.2 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.

3.7.2.3 Proses Sampling

Sampel diambil dari limbah yang berasal dari kamar mandi dan dapur (*grey water*) Perumahan Sawojajar Jalan Danau Maninjau Barat B2, 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 $\pm 0,5$ m. Dimana sampel diambil kira-kira pada $1/2$ sampai $2/3$ 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, pada reaktor I titik pertama yaitu pada outlet media pasir halus, titik kedua yaitu pada outlet media pasir kasar, titik ketiga yaitu pada outlet media kerikil, titik keempat yaitu pada outlet karbon aktif. Sedangkan pada reaktor II titik pertama yaitu pada outlet media kerikil, titik kedua yaitu pada outlet media pasir kasar, titik ketiga yaitu pada outlet media pasir halus, titik keempat yaitu pada outlet media karbon aktif.

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.

Analisa terhadap bahan organik dilakukan untuk mengetahui perkembangan penguraian bahan organik. Kegiatan ini dilakukan melalui pengukuran Permanganat value (PV) selama aklimatisasi sampai kondisi *steady state* dicapai. Kondisi *steady state* merupakan suatu kondisi dimana penyisihan zat organik yang dikonsumsi oleh mikroorganisme mendekati harga yang stabil atau konstan. Apabila selisih penurunan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10 % maka dapat dikatakan bahwa kondisi telah *steady state*.

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 reflux 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.
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 ke dalam reaktor *Biosand Filter*.
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* dari masing-masing media dan reaktor dengan waktu pengambilan sampel jam ke-0 (saat effluent pertama kali keluar), 4, 8, dan 12 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

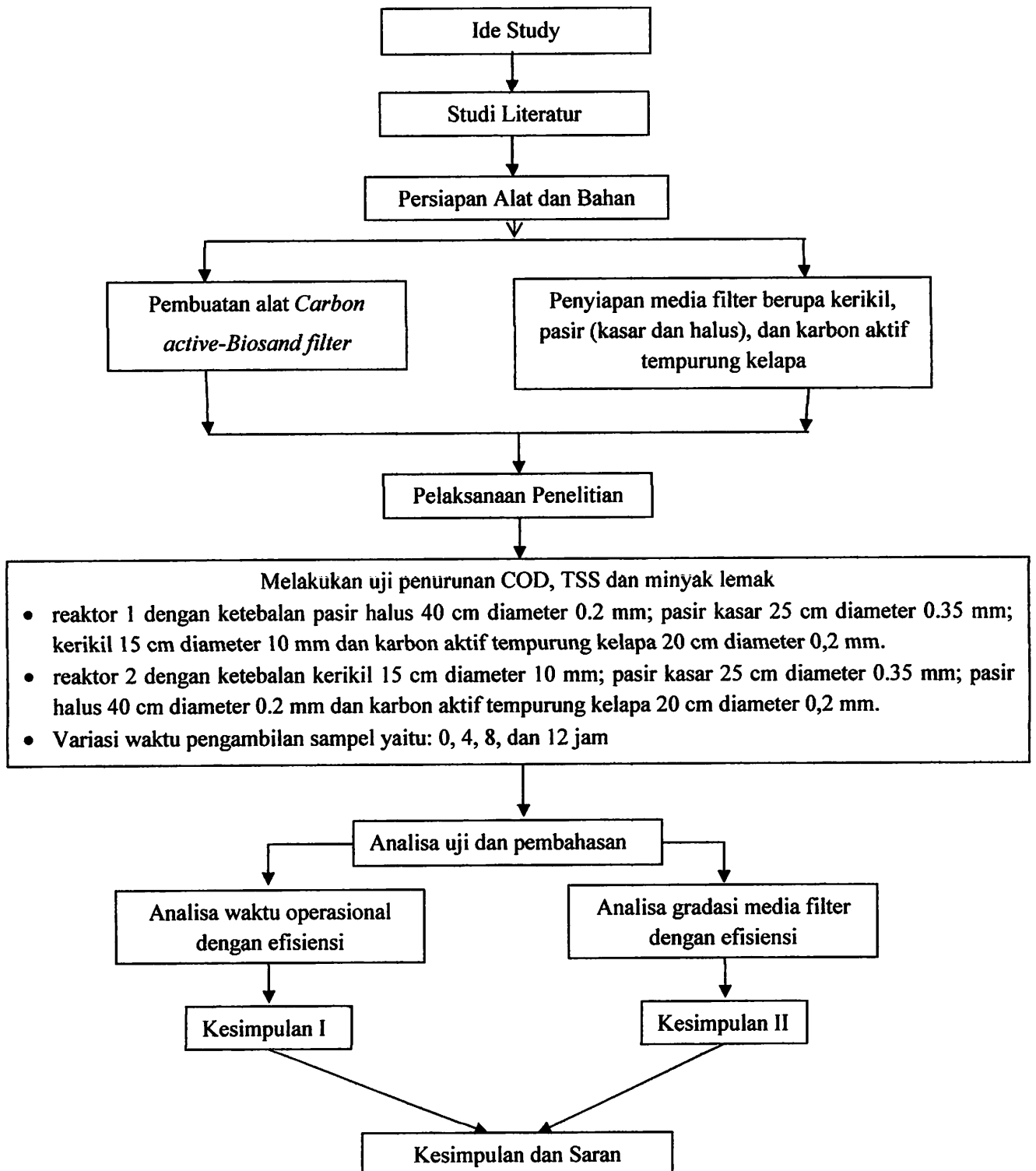
Kesimpulan dituliskan untuk menjawab tujuan dari penelitian ini dan mempermudah pembaca memperoleh gambaran hasil penelitian yang dilakukan. Kesimpulan ini diambil dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan.

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

3.13 Kerangka Penelitian

Dalam 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

4.1. Karakteristik Limbah Cair Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang Kelurahan Sawojajar Kota Malang

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 Kelurahan Sawojajar Kota Malang yang terdapat pada Tabel 4.1:

Tabel 4.1. Karakteristik Air Limbah Domestik Perumahan Sawojajar Kecamatan Kedungkandang Kota Malang

No.	Parameter	Hari / Tanggal	Hasil*)	Baku Mutu**)	Satuan
1.	COD	Kamis, 23 Mei 2013 ⁽³⁾	265,4	100	mg/L
		Sabtu, 8 Juni 2013 ⁽⁴⁾	263,0		
		Minggu, 9 Juni 2013 ⁽⁴⁾	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 : 1) Analisa Laboratorium Lingkungan ITN Malang

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

3) Sampel digunakan untuk analisa bahan organik pada saat aklimatisasi

4) Sampel digunakan pada waktu operasional reaktor

Berdasarkan 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 Kecamatan Kedungkandang Malang menggunakan metode biosand filter.

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 penguraiaan 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 mikroorgasnisme 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 :
$$\text{Penyisihan bahan organik} = \frac{41,39 - 36,26}{41,39} \times 100\% = 12,39 \%$$

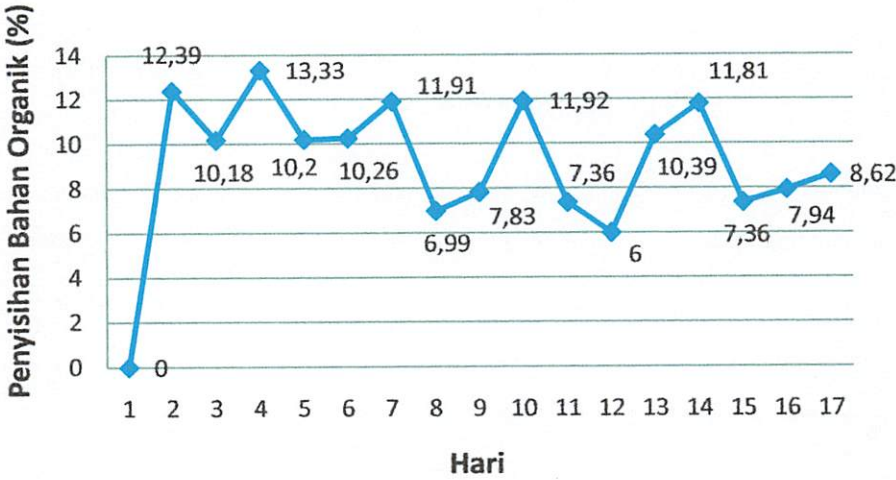
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka data konsentrasi akhir bahan organik pada proses aklimatisasi dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Penyisihan Bahan Organik Reaktor 1

Hari ke	Tanggal	temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	23-Mei	25,5	6,5	41,390	0	0
2	24-Mei	25,5	7,6	36,260	5,130	12,39
3	25-Mei	25,5	7,1	32,570	3,690	10,18
4	26-Mei	24,5	7,4	28,230	4,340	13,33
5	27-Mei	25	7,2	25,350	2,880	10,20
6	28-Mei	25	6,9	22,750	2,600	10,26
7	29-Mei	25	6,8	20,040	2,710	11,91
8	30-Mei	25	7,3	18,640	1,400	6,99
9	31-Mei	25,6	7,5	17,180	1,460	7,83
10	01-Juni	25,4	7,4	15,133	2,047	11,92
11	02-Juni	25,3	7,4	14,019	1,114	7,36

12	03-Juni	25,7	7,6	13,178	0,841	6,00
13	04-Juni	26,4	7,6	11,809	1,369	10,39
14	05-Juni	26,5	7,2	10,414	1,395	11,81
15	06-Juni	26,5	7,1	9,648	0,766	7,36
16	07-Juni	26,3	7,2	8,882	0,766	7,94
17	08-Juni	26,2	7,3	8,116	0,766	8,62

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang, 2013



Gambar 4.1. Persen (%) penyisihan bahan organik pada reaktor 1 saat aklimatisasi

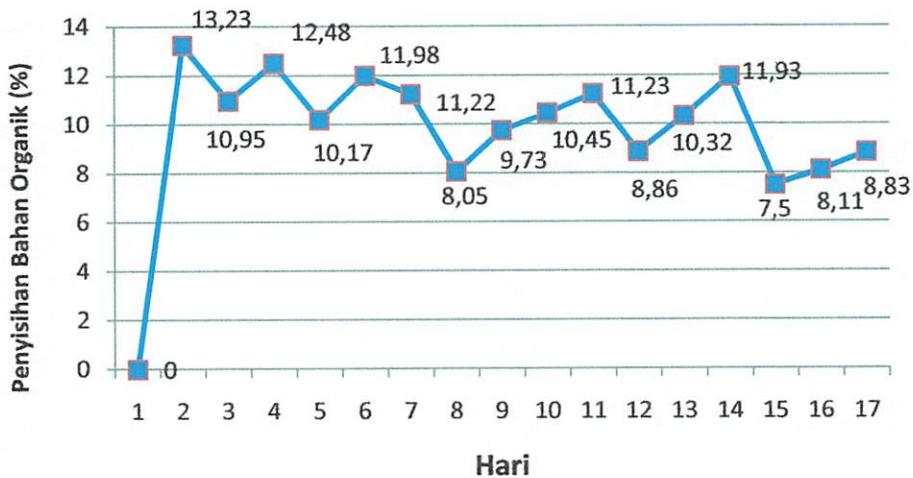
Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 pada saat aklimatisasi terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik sampai hari ke - 14. Aklimatisasi ini dilakukan secara batch selama 17 hari. Untuk penyisihan bahan organik terendah terjadi pada hari ke 12 sebesar 6,00 %, sedangkan penyisihan bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 4 sebesar 13,33 %. Untuk penyisihan bahan organik dengan fluktuasi dibawah 10 % selama tiga hari berturut-turut terjadi pada hari ke 15, 16 dan 17 sebesar 7,36 %, 7,94 % dan 8,62 % dengan konsentrasi bahan organik sebesar 9,64 mg/l, 8,88 mg/l dan 8,11 mg/l. Pada tahap ini dapat dikatakan kondisi stabil (*steady state*) telah tercapai.



Tabel 4.3 Penyisihan Bahan Organik Reaktor 2

Hari ke	Tanggal	temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	23-Mei	25,3	6,8	43,160	0	0
2	24-Mei	25,8	7,1	37,450	5,710	13,23
3	25-Mei	25,4	7,1	33,351	4,099	10,95
4	26-Mei	24,7	7,3	29,189	4,162	12,48
5	27-Mei	25	7,5	26,221	2,968	10,17
6	28-Mei	25	6,9	23,080	3,141	11,98
7	29-Mei	25	6,9	20,491	2,589	11,22
8	30-Mei	25	7,2	18,841	1,650	8,05
9	31-Mei	25,6	7,8	17,007	1,834	9,73
10	01-Juni	25,4	7,4	15,230	1,777	10,45
11	02-Juni	25,3	7,4	13,519	1,711	11,23
12	03-Juni	25,7	7,4	12,321	1,198	8,86
13	04-Juni	26,8	7,6	11,049	1,272	10,32
14	05-Juni	26,4	7,2	9,731	1,318	11,93
15	06-Juni	26,2	7,1	9,001	0,730	7,5
16	07-Juni	26,1	7,1	8,271	0,730	8,11
17	08-Juni	26,9	7,3	7,541	0,730	8,83

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang, 2013



Gambar 4.2. Persen (%) penyisihan bahan organik pada reaktor 2 saat aklimatisasi

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.2 pada saat aklimatisasi terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik sampai hari ke - 14. Aklimatisasi ini dilakukan secara batch selama 17 hari. Untuk penyisihan bahan organik terendah terjadi pada hari ke 15 sebesar 7,50 %, sedangkan penyisihan bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 2 sebesar 13,23 %. Untuk penyisihan bahan organik dengan fluktuasi dibawah 10 % selama tiga hari berturut-turut terjadi pada hari ke 15, 16 dan 17 sebesar 7,50 %, 8,11 % dan 8,83 % dengan konsentrasi bahan organik sebesar 9 mg/l, 8,27 mg/l dan 7,54 mg/l. 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 mempunyai 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 ujidapat dilihat pada Tabel 4.4 dan 4.5 untuk COD, Tabel 4.6 dan 4.7 untuk TSS dan Tabel 4.8 dan 4.9 untuk Minyak Lemak.

Tabel 4.4. Konsentrasi COD Pada Reaktor 1 Setelah Proses

No	Konsentrasi Awal (mgO ₂ /l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir COD (mgO ₂ /l)
1	263	0	1	220.96
	263		2	212.12
	263		3	197.76
	263		4	187.07
2	263	4	1	180.45
	263		2	138.59
	263		3	117.07
	263		4	94.74
3	263	8	1	136.75
	263		2	115.87
	263		3	93.86
	263		4	81.07
4	263	12	1	122.67
	263		2	97.66
	263		3	81.03
	263		4	62.05

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang, 2013



Tabel 4.5. Konsentrasi COD Pada Reaktor 2 Setelah Proses

No	Konsentrasi Awal (mgO ₂ /l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir COD (mgO ₂ /l)
1	267.4	0	1	242.16
	267.4		2	226.86
	267.4		3	204.43
	267.4		4	194.05
2	267.4	4	1	201.55
	267.4		2	171.66
	267.4		3	143.89
	267.4		4	98.78
3	267.4	8	1	140.67
	267.4		2	120.56
	267.4		3	99.73
	267.4		4	84.65
4	267.4	12	1	128.97
	267.4		2	99.99
	267.4		3	87.73
	267.4		4	77.05

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang, 2013

Tabel 4.6. Konsentrasi TSS Pada Reaktor 1 Setelah Proses

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)
1	120.73	0	1	67.47
	120.73		2	44.62
	120.73		3	28.67
	120.73		4	18.09
2	120.73	4	1	60.06
	120.73		2	38.12
	120.73		3	23.09
	120.73		4	15.97
3	120.73	8	1	55.17
	120.73		2	30.52
	120.73		3	18.09
	120.73		4	11.67
4	120.73	12	1	47.17
	120.73		2	21.12
	120.73		3	11.09
	120.73		4	3.07

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang, 2013

Tabel 4.7. Konsentrasi TSS Pada Reaktor 2 Setelah Proses

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)
1	124.7	0	1	74.67
	124.7		2	48.12
	124.7		3	33.09
	124.7		4	23.07
2	124.7	4	1	67.77
	124.7		2	37.12
	124.7		3	29.09
	124.7		4	19.67
3	124.7	8	1	61.17
	124.7		2	33.12
	124.7		3	23.09
	124.7		4	16.07
4	124.7	12	1	56.07
	124.7		2	24.42
	124.7		3	13.59
	124.7		4	4.87

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang, 2013

Tabel 4.8. Konsentrasi Minyak Lemak Pada Reaktor 1 Setelah Proses

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir Minyak Lemak (mg/l)
1	15.2	0	1	14.27
	15.2		2	13.82
	15.2		3	13.17
	15.2		4	12.59
2	15.2	4	1	11.69
	15.2		2	10.42
	15.2		3	8.99
	15.2		4	7.17
3	15.2	8	1	11.17
	15.2		2	10.02
	15.2		3	8.27
	15.2		4	7.08
4	15.2	12	1	10.87
	15.2		2	9.72
	15.2		3	8.09
	15.2		4	6.5

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang, 2013

Tabel 4.9. Konsentrasi Minyak Lemak Pada Reaktor 2 Setelah Proses

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir Minyak Lemak (mg/l)
1	15.8	0	1	14.87
	15.8		2	14.42
	15.8		3	13.81
	15.8		4	13.15
2	15.8	4	1	12.71
	15.8		2	11.42
	15.8		3	9.81
	15.8		4	8.01
3	15.8	8	1	12.07
	15.8		2	11.04
	15.8		3	9.37
	15.8		4	7.68
4	15.8	12	1	11.69
	15.8		2	10.42
	15.8		3	9.1
	15.8		4	7.37

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 reaktor *biosand filter* mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi COD dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Hal ini disebabkan karena susunan media yang berbeda pada setiap reaktor uji yang digunakan, susunan media pada reaktor uji dapat dilihat pada tabel 4.10 dibawah ini:

Tabel 4.10. Susunan Media Pada Reaktor 1 dan 2

Reaktor	Jenis dan Tinggi Media				Total Ketinggian
	Outlet I	Outlet 2	Outlet 3	Outlet 4	
I	Pasir Halus	Pasir Kasar	Kerikil	Karbon Aktif	100cm
	40cm	25cm	15cm	20cm	
II	Kerikil	Pasir Kasar	Pasir Halus	Karbon Aktif	
	15cm	25cm	40cm	20cm	

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 4.11 dan 4.12.

Tabel 4.11. Persentase Penurunan Konsentrasi COD Pada Reaktor 1

No	Konsentrasi Awal (mgO ₂ /l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir COD (mgO ₂ /l)	Persentase Penyisihan COD (%)
1	263	0	1	220.96	15.98
	263		2	212.12	19.35
	263		3	197.76	24.81
	263		4	187.07	28.87
2	263	4	1	180.45	31.39
	263		2	138.59	47.30
	263		3	117.07	55.49
	263		4	94.74	63.98
3	263	8	1	136.75	48.00
	263		2	115.87	55.94
	263		3	93.86	64.31
	263		4	81.07	69.17
4	263	12	1	122.67	53.36
	263		2	97.66	62.87
	263		3	81.03	69.19
	263		4	62.05	76.41

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.12. Persentase Penurunan Konsentrasi COD Pada Reaktor 2

No	Konsentrasi Awal (mgO ₂ /l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir COD (mgO ₂ /l)	Persentase Penyisihan COD (%)
1	267.4	0	1	242.16	9.44
	267.4		2	226.86	15.16
	267.4		3	204.43	23.55
	267.4		4	194.05	27.43
2	267.4	4	1	201.55	24.63
	267.4		2	171.66	35.80
	267.4		3	143.89	46.19
	267.4		4	98.78	63.06

3	267.4	8	1	140.67	47.39
	267.4		2	120.56	54.91
	267.4		3	99.73	62.70
	267.4		4	84.65	68.34
4	267.4	12	1	128.97	51.77
	267.4		2	99.99	62.61
	267.4		3	87.73	67.19
	267.4		4	77.05	71.19

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.11 dan 4.12 didapatkan persentase penurunan konsentrasi COD pada reaktor uji berada diantara 15,98% - 76,41% dan 9,44% - 71,99%.

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 4.13 dan 4.14.

Tabel 4.13. Persentase Penurunan Konsentrasi TSS Pada Reaktor 1

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)	Persentase Penyisihan TSS (%)
1	120.73	0	1	67.47	44.11
	120.73		2	44.62	63.04
	120.73		3	28.67	76.25
	120.73		4	18.09	85.02
2	120.73	4	1	60.06	50.25
	120.73		2	38.12	68.43
	120.73		3	23.09	80.87
	120.73		4	15.97	86.77

3	120.73	8	1	55.17	54.30
	120.73		2	30.52	74.72
	120.73		3	18.09	85.02
	120.73		4	11.67	90.33
4	120.73	12	1	47.17	60.93
	120.73		2	21.12	82.51
	120.73		3	11.09	90.81
	120.73		4	3.07	97.46

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.14. Persentase Penurunan Konsentrasi TSS Pada Reaktor 2

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)	Persentase Penyisihan TSS (%)
1	124.7	0	1	74.67	40.12
	124.7		2	48.12	61.41
	124.7		3	33.09	73.46
	124.7		4	23.07	81.50
2	124.7	4	1	67.77	45.65
	124.7		2	37.12	70.23
	124.7		3	29.09	76.67
	124.7		4	19.67	84.23
3	124.7	8	1	61.17	50.95
	124.7		2	33.12	73.44
	124.7		3	23.09	81.48
	124.7		4	16.07	87.11
4	124.7	12	1	56.07	55.04
	124.7		2	24.42	80.42
	124.7		3	13.59	89.10
	124.7		4	4.87	96.09

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.13 dan 4.14 didapatkan persentase penurunan konsentrasi TSS pada reaktor uji berada diantara 44,11% - 97,46% dan 40,12% - 96,09%.

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 4.15 dan 4.16.

Tabel 4.15. Persentase Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak Pada Reaktor 1

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir Minyak Lemak (mg/l)	Persentase Penyisihan M inyak Lemak (%)
1	15.2	0	1	14.27	6.12
	15.2		2	13.82	9.08
	15.2		3	13.17	13.36
	15.2		4	12.59	17.17
2	15.2	4	1	11.69	23.09
	15.2		2	10.42	31.45
	15.2		3	8.99	40.86
	15.2		4	7.17	52.83
3	15.2	8	1	11.17	26.51
	15.2		2	10.02	34.08
	15.2		3	8.27	45.59
	15.2		4	7.08	53.42
4	15.2	12	1	10.87	28.49
	15.2		2	9.72	36.05
	15.2		3	8.09	46.78
	15.2		4	6.5	57.24

Sumber : Hasil Perhitungan



Tabel 4.16. Persentase Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak Pada Reaktor 2

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir Minyak Lemak (mg/l)	Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%)
1	15.8	0	1	14.87	5.89
	15.8		2	14.42	8.73
	15.8		3	13.81	12.59
	15.8		4	13.15	16.77
2	15.8	4	1	12.71	19.56
	15.8		2	11.42	27.72
	15.8		3	9.81	37.91
	15.8		4	8.01	49.30
3	15.8	8	1	12.07	23.61
	15.8		2	11.04	30.13
	15.8		3	9.37	40.70
	15.8		4	7.68	51.39
4	15.8	12	1	11.69	26.01
	15.8		2	10.42	34.05
	15.8		3	9.1	42.41
	15.8		4	7.37	53.35

Sumber : Hasil Perhitungan

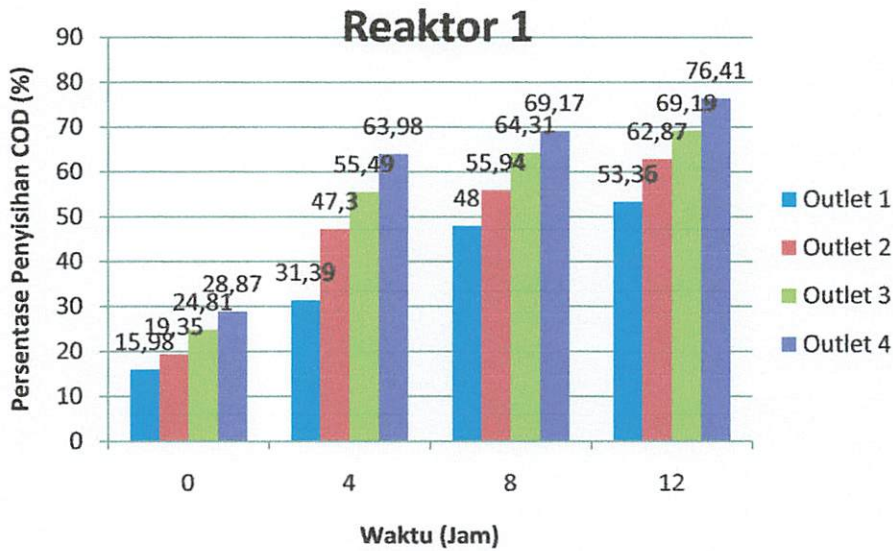
Berdasarkan Tabel 4.15 dan 4.16 didapatkan persentase penurunan konsentrasiminyak lemak pada reaktor uji berada diantara 6,12% - 57,24% dan 5,89% - 53,35%.

4.5 Analisis Deskriptif

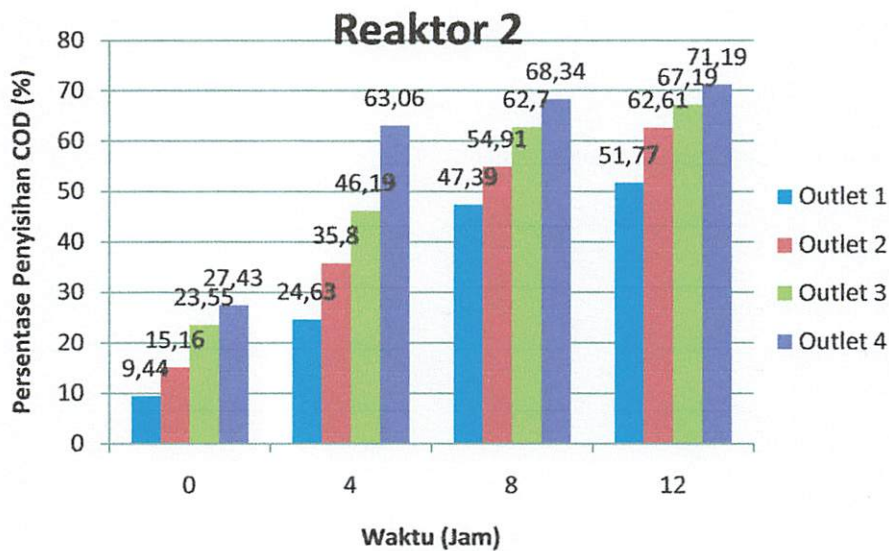
4.5.1 Analisis Deskriptif Penurunan COD

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang Kota Malang yang menggunakan *biosand filter* dengan susunan media berbeda mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi COD dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Variasi yang digunakan adalah waktu pengambilan sampel yaitu 0, 4, 8, dan 12 jam.

Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi COD pada reaktor uji pada Tabel 4.11 dan 4.12 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan konsentrasi COD pada Gambar 4.3, dan 4.4.



Gambar 4.3. Persentasepenurunan konsentrasi COD reaktor 1



Gambar 4.4. Persentase penurunan konsentrasi COD reaktor 2

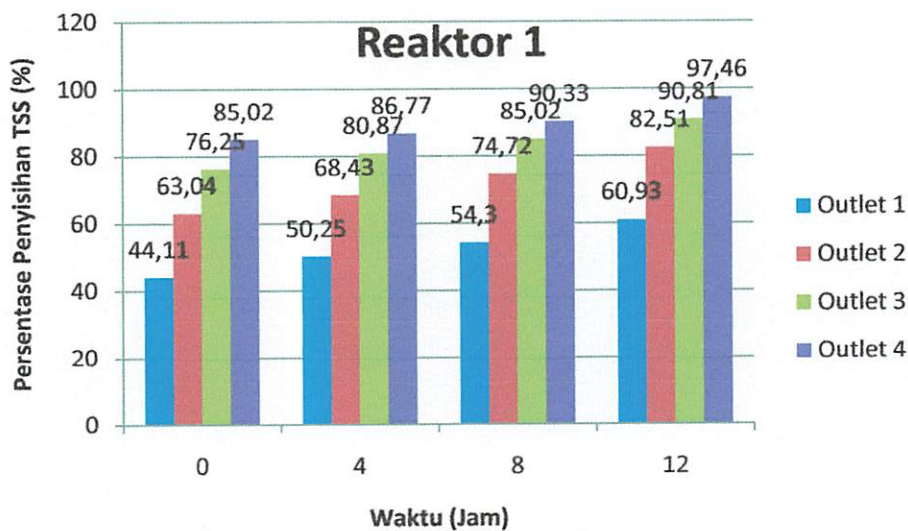
Berdasarkan Tabel 4.11. dan 4.12 serta Gambar 4.3. dan 4.4. pada reaktor I dan II menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi COD cenderung

semakin meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu pengambilan sampel mulai dari outlet I hingga ke outlet IV. Persentase penurunan COD tertinggi pada reaktor I sebesar 76,41% yang terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 12 yaitu pada outlet ke IV, Sedangkan persentase penurunan COD terendah pada reaktor II sebesar 9,44 % terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 0 pada outlet ke I.

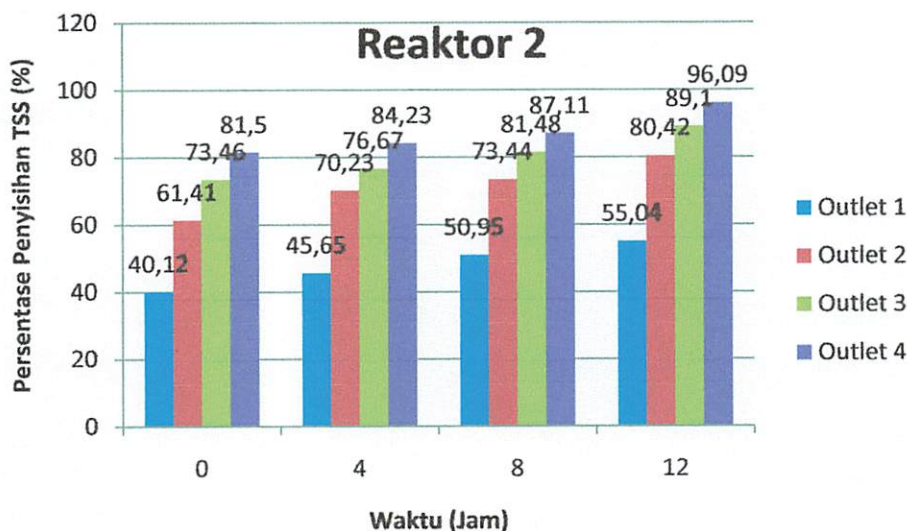
4.5.2 Analisis Deskriptif Penurunan TSS

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang Kota Malang yang menggunakan *biosand filter* dengan susunan media berbeda mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi TSS dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Variasi yang digunakan adalah waktu pengambilan sampel yaitu 0, 4, 8, dan 12 jam.

Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi TSS pada reaktor uji pada Tabel 4.12 dan 4.13 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan konsentrasi TSS pada Gambar 4.5 dan 4.6.



Gambar 4.5. Persentase penurunan konsentrasi TSS reaktor 1



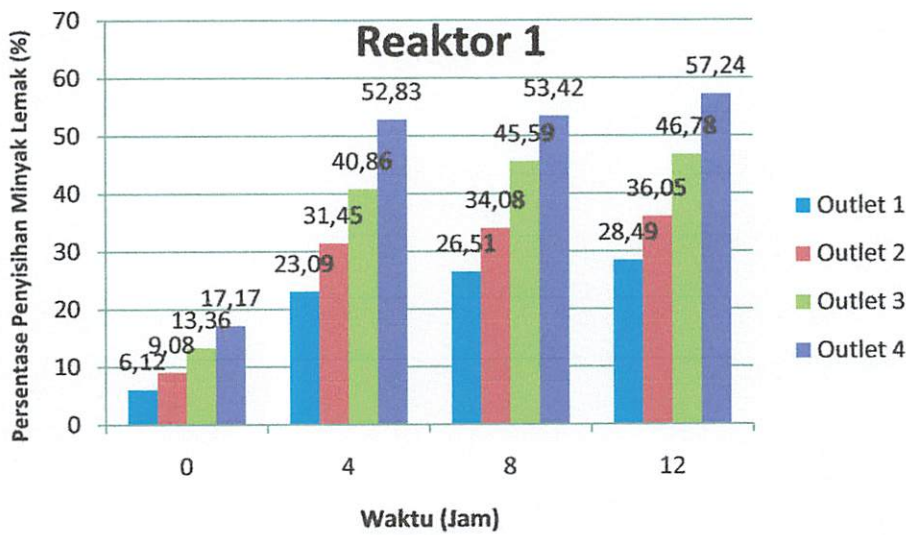
Gambar 4.6. Persentase penurunan konsentrasi TSS reaktor 2

Berdasarkan Tabel 4.13. dan 4.14 serta Gambar 4.5. dan 4.6. pada reaktor I dan II menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi TSS cenderung semakin meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu pengambilan sampel mulai dari outlet I hingga ke outlet IV. Persentase penurunan TSS tertinggi pada reaktor I sebesar 97,46% yang terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 12 yaitu pada outlet ke IV, sedangkan Persentase penurunan TSS terendah pada reaktor I sebesar 44,11% terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 0 pada outlet ke I.

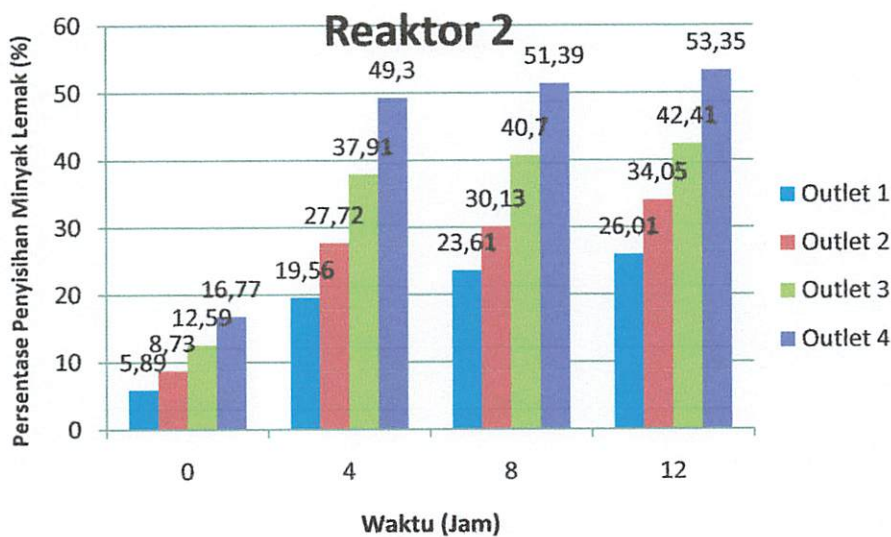
4.5.3 Analisis Deskriptif Penurunan Minyak Lemak

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang Kota Malang yang menggunakan *biosand filter* dengan susunan media yang berbeda mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi minyak lemak dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Variasi yang digunakan adalah waktu pengambilan sampel yaitu 0, 4, 8 dan 12 jam.

Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi minyak lemak pada reaktor uji pada Tabel 4.15 dan 4.16 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan konsentrasi minyak lemak pada Gambar 4.7. dan 4.8.



Gambar 4.7. Persentase penurunan konsentrasi minyak lemak reaktor 1



Gambar 4.8. Persentase penurunan konsentrasi minyak lemak reaktor 2

Berdasarkan Tabel 4.15 dan 4.16 serta Gambar 4.7 dan 4.8 pada reaktor I dan II menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi Minyak dan lemak cenderung semakin meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu pengambilan sampel mulai dari outlet I hingga ke outlet IV. Persentase penurunan Minyak dan lemak tertinggi pada reaktor I sebesar 57,24 yang terjadi pada waktu

pengambilan sampel jam ke 12 yaitu pada outlet ke IV, sedangkan persentase penurunan Minyak dan lemak terendah pada reaktor I sebesar 6,12% terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 0 pada outlet ke I.

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

I. Reaktor Uji I

Hasil uji korelasi persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) pada Reaktor Uji I

Correlations: Presentase Penyisihan COD (%); Waktu Operasional

Pearson correlation of Presentase Penyisihan COD (%) and Waktu Operasional = 0,904

P-Value = 0,096

Keterangan :

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

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.17 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan COD dengan waktu operasional pada reaktor I adalah 0,904. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat, karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu operasional nya 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 nilai probabilitasnya $0,096 \geq 0,05$. Artinya tidak ada hubungan signifikan antara persentase penyisihan COD dengan waktu operasional.



II. Reaktor Uji II

Hasil uji korelasi persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) pada Reaktor Uji II

Correlations: Presentase Penyisihan COD (%); Waktu Operasional

Pearson correlation of Presentase Penyisihan COD (%) and Waktu Operasional = 0,867

P-Value = 0,133

Keterangan :

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

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.18 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan COD dengan waktu operasional pada reaktor II adalah 0,867. 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 nya 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 nilai probabilitasnya $0,133 \geq 0,05$. Artinya tidak ada hubungan signifikan antara persentase penyisihan COD dengan waktu operasional.



4.6.2 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan TSS

I. Reaktor Uji I

Hasil uji korelasi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) pada Reaktor Uji I

Correlations: Presentase Penyisihan TSS (%); Waktu Operasional

Pearson correlation of Presentase Penyisihan TSS (%) and Waktu Operasional = 0,959

P-Value = 0,041

Keterangan :

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

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.19 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan waktu operasional pada reaktor I adalah 0,959. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat 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 TSS yang dihasilkan akan semakin meningkat. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai probabilitasnya $0,041 < 0,05$. Artinya ada hubungan signifikan antara persentase penyisihan TSS dengan waktu operasional.

II. Reaktor Uji II

Hasil uji korelasi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) pada Reaktor Uji II

Correlations: Presentase Penyisihan TSS (%); Waktu Operasional

Pearson correlation of Presentase Penyisihan TSS (%) and Waktu Operasional = 0,951

P-Value = 0,049

Keterangan :

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

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.20 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan waktu operasional pada reaktor II adalah 0,951. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat 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 persentase penyisihan TSS yang dihasilkan akan semakin meningkat. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai probabilitasnya $0,049 < 0,05$. Artinya ada hubungan signifikan antara persentase penyisihan TSS dengan waktu operasional.



4.6.3 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak

I. Reaktor Uji I

Hasil uji korelasi persentase penyisihan minyak lemak dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan Minyak Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) pada Reaktor Uji I

Correlations: Presentase Penyisihan M.L (%); Waktu Operasional Pearson correlation of Presentase Penyisihan M.L (%) and Waktu Operasional = 0,831 P-Value = 0,169

Keterangan :

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

Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.21 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan minyak lemak dengan waktu operasional pada reaktor I adalah 0,831. 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 nya maka persen penyisihan minyak lemak yang dihasilkan akan semakin meningkat. Keputusan yang diambil adalah menerima hipotesis awal (H_0) dan menolak hipotesis alternatif (H_1) karena nilai probabilitasnya $0,169 \geq 0,05$. Artinya tidak ada hubungan signifikan antara persentase penyisihan minyak lemak dengan waktu operasional.

II. Reaktor Uji II

Hasil uji korelasi persentase penyisihan minyak lemak dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan Minyak Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (jam) pada Reaktor Uji II

Correlations: Presentase Penyisihan M.L (%); Waktu Operasional

Pearson correlation of Presentase Penyisihan M.L (%) and Waktu Operasional = 0,831

P-Value = 0,169

Keterangan :

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

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.22 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan minyak lemak dengan waktu operasional pada reaktor II adalah 0,831. 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 lemak yang dihasilkan akan semakin meningkat. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai probabilitasnya $0,169 > 0,05$. Artinya tidak ada hubungan signifikan antara persentase penyisihan minyak lemak dengan waktu operasional.

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 4.23.

Tabel 4.23 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)

Regression Analysis: Presentase Penyi versus Waktu Operasiona					
The regression equation is Presentase Penyisihan COD (%) = 37,4 + 3,70 Waktu Operasional					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	37,436	9,266	4,04	0,056	
Waktu Operasional	3,695	1,238	2,98	0,096	
S = 11,0745 R-Sq = 81,7% R-Sq(adj) = 72,5%					

Pada Tabel 4.23 memuat keterangan sebagai berikut :

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

Pada tabel 4.23 dapat diketahui bahwa :

Model regresi yang didapat adalah :

$Y = 37,4 + 3,70 x_1$

Dimana :

Y = % Penyisihan COD

x₁ = Perbandingan waktu operasional

Berdasarkan tabel 4.23dapat disimpulkan bahwa :

- a. Konstanta 37,4mengartikan bahwa jika variabel perbandingan waktu operasional (x₁) meningkat satu-satuan, maka % penyisihan COD cenderung meningkat sebesar 37,4%.
- b. Koefisien regresi untuk variabel x₁ (perbandingan waktu operasional) sebesar 3,70 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan waktu operasional maka persentase penyisihan COD akan meningkat sebesar 3,70 %.

- c. Hasil analisa regresi juga didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 81,7%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan COD dipengaruhi oleh variasi perbandingan waktu operasional hanya sebesar 81,7%, sedangkan sisanya sebesar 18.3% penurunan penyisihan COD dapat dipengaruhi faktor lain seperti ketinggian media, diameter media, temperatur atau faktor lingkungan luar lainnya.
- d. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Keputusan :

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel
Jika statistik t hitung $output < \text{statistik t tabel}$, maka menolak H_1 dan menerima H_0 . Jika statistik t hitung $output > \text{statistik t tabel}$, maka menolak H_0 dan menerima H_1 . Berdasarkan tabel 4.23 statistik t hitung output variasi waktu operasional 2,98. Jika dibandingkan dengan nilai t tabel sebesar 3,182 (Sudjana, 2005) maka nilai t hitung waktu operasional lebih kecil dari t table ($2,98 < 3,182$), sehingga, menolak H_1 dan menerima H_0 yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.
- Berdasarkan probabilitas
Nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional sebesar 0.096. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional $0,096 > 0.05$ sehingga menerima H_0 dan menolak H_1 . Jadi variasi waktu operasional pengaruhnya tidak signifikan terhadap persentase penyisihan COD.

II. Reaktor Uji II

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

Tabel 4.24 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)

Regression Analysis: Presentase Penyisihan versus Waktu Operasional					
The regression equation is Presentase Penyisihan COD (%) = 37,0 + 3,41 Waktu Operasional					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	37,02	10,38	3,57	0,070	
Waktu Operasional	3,414	1,387	2,46	0,133	
S = 12,4018 R-Sq = 75,2% R-Sq(adj) = 62,8%					

Pada Tabel 4.24 memuat keterangan sebagai berikut :

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

Pada tabel 4.24 dapat diketahui bahwa :

Model regresi yang didapat adalah :

$$Y = 37,0 + 3,41 x_1$$

Dimana :

Y = % Penyisihan COD

x_1 = Perbandingan waktu operasional

Berdasarkan tabel 4.24 dapat disimpulkan bahwa :

- a. Konstanta 37,0mengartikan bahwa jika variabel perbandingan waktu operasional (x_1) meningkat satu-satuan, maka % penyisihan COD cenderung meningkat sebesar 37,0%.
- b. Koefisien regresi untuk variabel x_1 (perbandingan waktu operasional) sebesar 3,41 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan waktu operasional maka persentase penyisihan COD akan meningkat sebesar 3,41 %.
- c. Hasil analisa regresi juga didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 75,2%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan COD dipengaruhi oleh variasi perbandingan waktu operasional hanya sebesar 75,2%, sedangkan sisanya sebesar 24.8% penurunan penyisihan COD dapat dipengaruhi faktor lain seperti ketinggian media, diameter media, temperatur atau faktor lingkungan luar lainnya.
- d. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Keputusan :

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel

Jika statistik t hitung *output* < statistik t tabel, maka 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 4.24 statistik t hitung output

variasi waktu operasional 2,46. Jika dibandingkan dengan nilai t tabel sebesar 3,182 (Sudjana, 2005) maka nilai t hitung waktu operasional lebih kecil dari t table ($2,46 < 3,182$), sehingga, menerima H_0 dan menolak H_1 yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.

- Berdasarkan probabilitas
 Nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional sebesar 0,133. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional $0,133 > 0,05$ sehingga menerima H_0 dan menolak H_1 . Jadi variasi waktu operasional pengaruhnya tidak 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 4.25.

Tabel 4.25 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)

Regression Analysis: Presentase Penyi versus Waktu Operasiona				
The regression equation is Presentase Penyisihan TSS (%) = 83,8 + 1,02 Waktu Operasional				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	83,763	1,608	52,08	0,000
Waktu Operasional	1,0220	0,2149	4,76	0,041
S = 1,92237 R-Sq = 91,9% R-Sq(adj) = 87,8%				

- Pada Tabel 4.25 memuat keterangan sebagai berikut :
- S =Standar deviasi model
 - R-Sq (R^2) =Koefisien determinasi
 - R-Sq (adj) =Koefisien determinasi yang disesuaikan
 - T =Nilai statistik
 - P =Nilai probabilitas

Pada tabel 4.25 dapat diketahui bahwa :

Model regresi yang didapat adalah :

$$Y = 83,8 + 1,02 x_1$$

Dimana :

Y = % Penyisihan TSS

x_1 = Perbandingan waktu operasional

Berdasarkan tabel 4.25 dapat disimpulkan bahwa :

- a. Konstanta 83,8 mengartikan bahwa jika variabel perbandingan waktu operasional (x_1) meningkat satu-satuan, maka % penyisihan TSS cenderung meningkat sebesar 83,8%.
- b. Koefisien regresi untuk variabel x_1 (perbandingan waktu operasional) sebesar 1,02 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan waktu operasional maka persentase penyisihan TSS akan meningkat sebesar 1,02 %.
- c. Hasil analisa regresi juga didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 91,9%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan TSS dipengaruhi oleh variasi perbandingan waktu operasional hanya sebesar 91,9%, sedangkan sisanya sebesar 8,1% penurunan penyisihan TSS dapat dipengaruhi faktor lain seperti ketinggian media, diameter media, temperatur atau faktor lingkungan luar lainnya.
- d. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Keputusan :

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel
Jika statistik t hitung *output* < statistik t tabel, maka 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 4.25 statistik t hitung output variasi waktu operasional 4,76. Jika dibandingkan dengan nilai t tabel sebesar 3,182 (Sudjana, 2005) maka nilai t hitung waktu operasional lebih kecil dari t tabel ($4,76 > 3,182$), sehingga, menolak H_0 dan menerima H_1 yang berarti koefisien regresi signifikan.
- Berdasarkan probabilitas
Nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional sebesar 0,041. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional $0,041 < 0,05$ sehingga menolak H_0 dan

menerima H1. Jadi variasi waktu operasional pengaruhnya signifikan terhadap persentase penyisihan TSS.

II. Reaktor Uji II

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

Tabel 4.26 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)

Regression Analysis: Presentase Penyi versus Waktu Operasiona				
The regression equation is Presentase Penyisihan TSS (%) = 80,2 + 1,17 Waktu Operasional				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	80,235	2,009	39,93	0,001
Waktu Operasional	1,1663	0,2685	4,34	0,049
S = 2,40164 R-Sq = 90,4% R-Sq(adj) = 85,6%				

Pada Tabel 4.26 memuat keterangan sebagai berikut :

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

Pada tabel 4.26 dapat diketahui bahwa :

Model regresi yang didapat adalah :

$Y = 80,2 + 1,17 x_1$

Dimana :

Y = % Penyisihan TSS

x₁ = Perbandingan waktu operasional

Berdasarkan tabel 4.26 dapat disimpulkan bahwa :

- a. Konstanta 80,2mengartikan bahwa jika variabel perbandingan waktu operasional (x₁) meningkat satu-satuan, maka % penyisihan TSS cenderung meningkat sebesar 80,2%.

- b. Koefisien regresi untuk variabel x_1 (perbandingan waktu operasional) sebesar 1,17 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan waktu operasional maka persentase penyisihan TSS akan meningkat sebesar 1,17 %.
- c. Hasil analisa regresi juga didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 90,4%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan TSS dipengaruhi oleh variasi perbandingan waktu operasional hanya sebesar 90,4%, sedangkan sisanya sebesar 9,6% penurunan penyisihan TSS dapat dipengaruhi faktor lain seperti ketinggian media, diameter media, temperatur atau faktor lingkungan luar lainnya.
- d. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Keputusan :

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel

Jika statistik t hitung *output* < statistik t tabel, maka 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 4.26 statistik t hitung output variasi waktu operasional 4,34. Jika dibandingkan dengan nilai t tabel sebesar 3,182 (Sudjana, 2005) maka nilai t hitung waktu operasional lebih kecil dari t table ($4,34 > 3,182$), sehingga, menolak H_0 dan menerima H_1 yang berarti koefisien regresi signifikan.

- Berdasarkan probabilitas

Nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional sebesar 0,049. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional $0,049 < 0,05$ sehingga menolak H_0 dan menerima H_1 . Jadi variasi waktu operasional pengaruhnya signifikan terhadap persentase penyisihan TSS.

4.7.3 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak

I. Reaktor Uji I

Hasil uji regresi persentase penyisihan Minyak Lemak dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)

Regression Analysis: Presentase Penyi versus Waktu Operasiona				
The regression equation is Presentase Penyisihan M.L (%) = 27,0 + 3,02 Waktu Operasional				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	27,04	10,69	2,53	0,127
Waktu Operasional	3,020	1,429	2,11	0,169
S = 12,7826 R-Sq = 69,1% R-Sq(adj) = 53,6%				

Pada Tabel 4.27 memuat keterangan sebagai berikut :

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

Pada tabel 4.27 dapat diketahui bahwa :

Model regresi yang didapat adalah :

$Y = 27,0 + 3,02 x_1$

Dimana :

Y = % Penyisihan Minyak Lemak

x₁ = Perbandingan waktu operasional

Berdasarkan tabel 4.27 dapat disimpulkan bahwa :

- a. Konstanta 27,0 mengartikan bahwa jika variabel perbandingan waktu operasional (x₁) meningkat satu-satuan, maka % penyisihan Minyak Lemak cenderung meningkat sebesar 27,0%.

- b. Koefisien regresi untuk variabel x_1 (perbandingan waktu operasional) sebesar 3,02 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan waktu operasional maka persentase penyisihan Minyak lemak akan meningkat sebesar 3,02 %.
- c. Hasil analisa regresi juga didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 69,1%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan Minyak lemak dipengaruhi oleh variasi perbandingan waktu operasional hanya sebesar 69,1%, sedangkan sisanya sebesar 30,9% penurunan penyisihan Minyak Lemak dapat dipengaruhi faktor lain seperti ketinggian media, diameter media, temperatur atau faktor lingkungan luar lainnya.
- d. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Keputusan :

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel

Jika statistik t hitung *output* < statistik t tabel, maka 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 4.27 statistik t hitung output variasi waktu operasional 2,11. Jika dibandingkan dengan nilai t tabel sebesar 3,182 (Sudjana, 2005) maka nilai t hitung waktu operasional lebih kecil dari t table ($2,11 < 3,182$), sehingga, menerima H_0 dan menolak H_1 yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.

- Berdasarkan probabilitas

Nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional sebesar 0,169. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional $0,169 > 0,05$ sehingga menerima H_0 dan menolak H_1 . Jadi variasi waktu operasional pengaruhnya tidak signifikan terhadap persentase penyisihan Minyak Lemak.

II. Reaktor Uji II

Hasil uji regresi persentase penyisihan Minyak Lemak dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) Terhadap Waktu Operasional (Jam)

Regression Analysis: Presentase Penyi versus Waktu Operasiona					
The regression equation is Presentase Penyisihan M.L (%) = 25,9 + 2,80 Waktu Operasional					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	25,928	9,892	2,62	0,120	
Waktu Operasional	2,796	1,322	2,12	0,169	
S = 11,8230 R-Sq = 69,1% R-Sq(adj) = 53,7%					

Pada Tabel 4.28 memuat keterangan sebagai berikut :

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

Pada tabel 4.28 dapat diketahui bahwa :

Model regresi yang didapat adalah :

$$Y = 25,9 + 2,80 x_1$$

Dimana :

Y = % Penyisihan Minyak Lemak

x_1 = Perbandingan waktu operasional

Berdasarkan tabel 4.28 dapat disimpulkan bahwa :

- a. Konstanta 25,9 mengartikan bahwa jika variabel perbandingan waktu operasional (x_1) meningkat satu-satuan, maka % penyisihan Minyak Lemak cenderung meningkat sebesar 25,9%.

- b. Koefisien regresi untuk variabel x_1 (perbandingan waktu operasional) sebesar 2,80 menyatakan bahwa untuk setiap peningkatan waktu operasional maka persentase penyisihan Minyak lemak akan meningkat sebesar 2,80 %.
- c. Hasil analisa regresi juga didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 69,1%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan Minyak lemak dipengaruhi oleh variasi perbandingan waktu operasional hanya sebesar 69,1%, sedangkan sisanya sebesar 30,9% penurunan penyisihan Minyak Lemak dapat dipengaruhi faktor lain seperti ketinggian media, diameter media, atau temperatur (suhu udara).
- d. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

Keputusan :

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel
Jika statistik t hitung *output* < statistik t tabel, maka 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 4.28 statistik t hitung output variasi waktu operasional 2,12. Jika dibandingkan dengan nilai t tabel sebesar 3,182 (Sudjana, 2005) maka nilai t hitung waktu operasional lebih kecil dari t table ($2,12 < 3,182$), sehingga, menerima H_0 dan menolak H_1 yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.
- Berdasarkan probabilitas
Nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional sebesar 0.169. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas untuk variasi perbandingan waktu operasional $0,169 > 0.05$ sehingga menerima H_0 dan menolak H_1 . Jadi variasi waktu operasional pengaruhnya tidak signifikan terhadap persentase penyisihan Minyak Lemak.



4.8 Analisis ANOVA One Way

Analisis ANOVA ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh waktu detensiterhadap 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 :

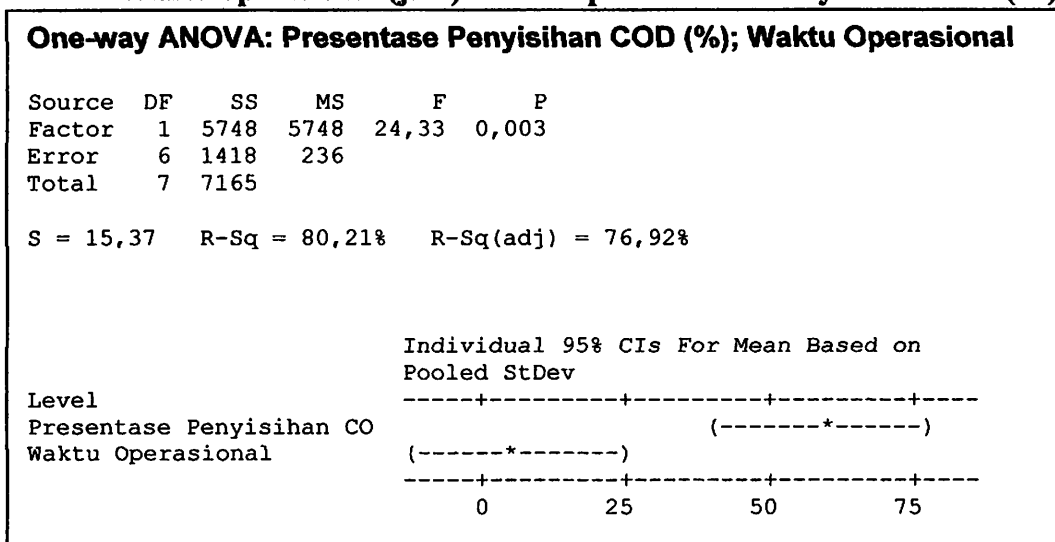
- a. Nilai probabilitas,
 - Jika probabilitas $\geq 0,05$, H_0 diterima
 - Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak
- b. Nilai F hitung,
 - F hitung output $>$ F Tabel, H_0 ditolak
 - F hitung output $<$ F Tabel, H_0 diterima

4.8.1 Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan COD

I. Reaktor Uji I

Hasil analisis untuk persentase penyisihan COD terhadap waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.29 berikut ini:

Tabel 4.29 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan COD (%)



DF = Derajat Bebas
SS = Variasi Residual
MS = Mean Square
F = Nilai statistik uji (membandingkan dengan nilai Tabel F pada lampiran)
P = Nilai Probabilitas (dengan $\alpha = 0,05$)

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 $\alpha = 0,05$)

Keputusan :

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.30 nilai probabilitas adalah sebesar 0.003. Karena nilai probabilitas lebih kecil dari 0.05, maka kesimpulannya bahwa kedua variasi perlakuan adalah tidak identik.

2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.30, F hitung variasi perbandingan waktu operasional adalah 24,12. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah sebesar 3,86 (Sudjana, 2005). Jika nilai F *output* variasi waktu operasional dibandingkan dengan nilai F tabel maka nilai F hitung *output* > nilai F tabel maka kesimpulannya bahwa ada perbedaan yang signifikan antara variasi waktu operasional terhadap penyisihan COD.

4.8.2 Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan TSS

I. Reaktor Uji I

Hasil analisis untuk persentase penyisihan TSS terhadap waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.31 berikut ini:



Tabel 4.31 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan TSS (%)

One-way ANOVA: Presentase Penyisihan TSS (%); Waktu Operasional					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	14076,7	14076,7	494,07	0,000
Error	6	170,9	28,5		
Total	7	14247,7			

S = 5,338 R-Sq = 98,80% R-Sq(adj) = 98,60%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level

Presentase Penyisihan TS

Waktu Operasional

(-***)

(--*--)

0

25

50

75

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 $\alpha = 0,05$)

Keputusan :

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.31 nilai probabilitas adalah sebesar 0.000.Karena nilai probabilitas lebih kecil dari 0.05, maka kesimpulannya bahwa kedua variasi perlakuan adalah tidak identik.

2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.31, F hitung variasi perbandingan waktu operasional adalah 494,07. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah sebesar 3,86 (Sudjana, 2005). Jika nilai F *output* variasi waktu operasional dibandingkan dengan nilai F tabel maka nilai F hitung *output*> nilai F tabel maka kesimpulannya bahwa ada perbedaan yang signifikan antara variasi waktu operasional terhadap penyisihan TSS.

II. Reaktor Uji I

Hasil analisis untuk persentase penyisihan TSS terhadap waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.32 berikut ini:

Tabel 4.32 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan TSS (%)

One-way ANOVA: Presentase Penyisihan TSS (%); Waktu Operasional					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	13197,4	13197,4	395,24	0,000
Error	6	200,3	33,4		
Total	7	13397,8			

S = 5,779 R-Sq = 98,50% R-Sq(adj) = 98,26%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	+-----+-----+-----+-----
Presentase Penyisihan TS	(-***)
Waktu Operasional	(--*--)

0 25 50 75

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 $\alpha = 0,05$)

Keputusan :

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.32 nilai probabilitas adalah sebesar 0.000. Karena nilai probabilitas lebih kecil dari 0.05, maka kesimpulannya bahwa kedua variasi perlakuan adalah tidak identik.

2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.32, F hitung variasi perbandingan waktu operasional adalah 395,24. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah sebesar 3,86 (Sudjana, 2005). Jika nilai F *output* variasi waktu operasional dibandingkan dengan nilai F tabel maka nilai F hitung *output* > nilai F tabel

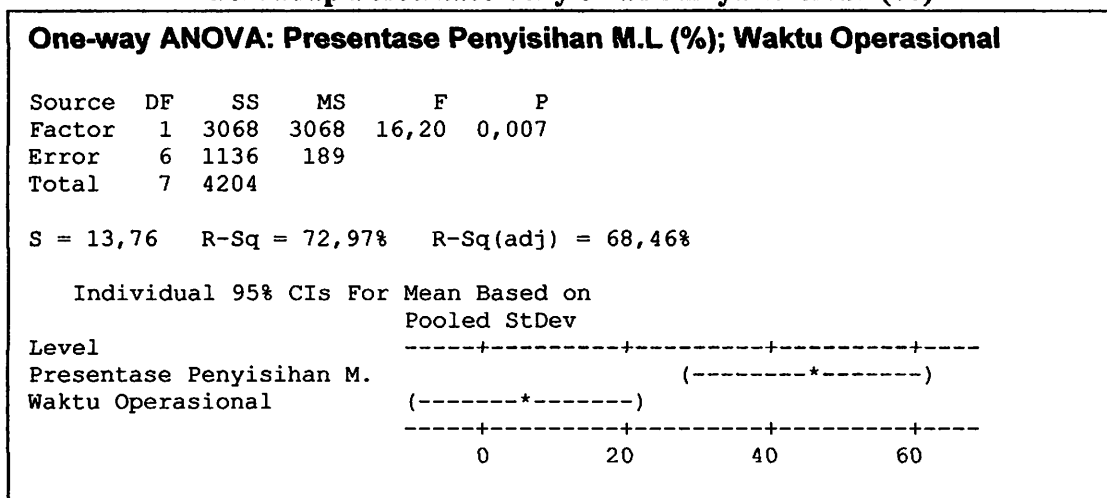
maka kesimpulannya bahwa ada perbedaan yang signifikan antara variasi waktu operasional terhadap penyisihan TSS.

4.8.3 Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak

I. Reaktor Uji I

Hasil analisis untuk persentase penyisihan Minyak Lemak terhadap waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.33 berikut ini:

Tabel 4.33 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan Minyak 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 $\alpha = 0,05$)

Keputusan :

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.33 nilai probabilitas adalah sebesar 0.007. Karena nilai probabilitas lebih kecil dari 0.05, maka kesimpulannya bahwa kedua variasi perlakuan adalah tidak identik.

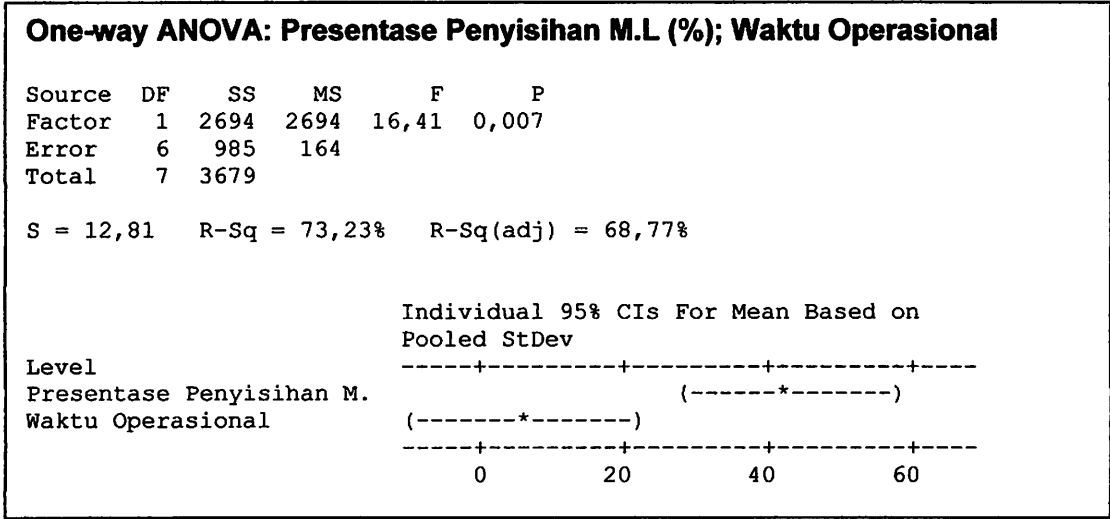
2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.33, F hitung variasi perbandingan waktu operasional adalah 16,20. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah sebesar 3,86 (Sudjana, 2005). Jika nilai F *output* variasi waktu operasional dibandingkan dengan nilai F tabel maka nilai F hitung *output* > nilai F tabel maka kesimpulannya bahwa ada perbedaan yang signifikan antara variasi waktu operasional terhadap penyisihan minyak lemak.

II. Reaktor Uji II

Hasil analisis untuk persentase penyisihan Minyak Lemak terhadap waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.34 berikut ini:

Tabel 4.34 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan Minyak 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 $\alpha = 0,05$)

Keputusan :

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.34 nilai probabilitas adalah sebesar 0.007. Karena nilai probabilitas lebih kecil dari 0.05, maka kesimpulannya bahwa kedua variasi perlakuan adalah tidak identik.

2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.34, F hitung variasi perbandingan waktu operasional adalah 16,41. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah sebesar 3,86 (Sudjana, 2005). Jika nilai F *output* variasi waktu operasional dibandingkan dengan nilai F tabel maka nilai F hitung *output* > nilai F tabel maka kesimpulannya bahwa ada perbedaan yang signifikan antara variasi waktu operasional terhadap penyisihan minyak lemak.

4.9 Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair domestik yang bertempat di Kawasan Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang Kelurahan Sawojajar Kota Malang menggunakan reaktor *biosand filter* dengan penambahan karbon aktif mampu menurunkan konsentrasi COD ,TSS dan minyak lemak.

4.9.1 Penurunan Konsentrasi COD

Penurunan konsentrasi COD mengindikasikan bahwa bahan organik yang terkandung dalam air limbah sebagian besar merupakan bahan organik yang bersifat *biodegradable* (dapat terdegradasi secara biologis). Hal senada juga dinyatakan oleh Tebbut dalam Effendi, H. (2003), bahwa komposisi padatan yang terdapat dalam limbah domestik, 70% merupakan bahan organik. Adanya aktivitas mikroorganisme dalam reaktor *Biosand Filter* yang mendegradasi sebagian besar bahan organik dalam air limbah, tentu akan mempengaruhi konsentrasi COD. Disamping itu proses pengolahan secara fisik (filtrasi dan sedimentasi) yang terjadi di dalam media reaktor *Biosand Filter*, juga turut mempengaruhi penurunan konsentrasi COD pada effluent air limbah. Supradata, (2005). Umumnya bakteri merupakan mikroorganisme utama dalam proses pengolahan biologi. Karakteristik mereka beragam dan kebutuhan lingkungan yang sederhana membuat mereka dapat bertahan pada lingkungan air limbah. Droste (1997), 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, M. (2000).

Pengaruh gradasi media filter dalam reaktor *biosand filter* terhadap penurunan konsentrasi COD yaitu agar mendapatkan hasil yang maksimal dalam menurunkan konsentrasi COD. Gradasi media filter berdiameter kecil ke besar mempunyai pengaruh lebih besar bila dibandingkan dengan gradasi media filter berdiameter besar ke kecil, hal ini disebabkan kemampuan media filter yang

berukuran kecil terlebih dahulu mampu menyaring partikel koloid lebih banyak sehingga kemampuannya dalam hal menurunkan konsentrasi COD lebih efisien. Salah satu media yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir dimana pasir memiliki kemampuan sebagai adsorben. Media filtrasi berupa butiran sering digunakan dalam pengolahan air limbah. Butiran partikel ini mempunyai kemampuan adsorpsi sehingga sering digunakan dalam meremoval kontaminan biologi dan kimia dalam air limbah (Cheremisinoff, 2002) termasuk COD. Dengan demikian proses filtrasi ini mampu menurunkan beban COD yang ada pada air limbah.

Selain pasir media yang digunakan pada penelitian ini adalah kerikil, Menurut Triandini, 2011, Kerikil dapat menyerap kandungan pencemar dari limbah cair rumah tangga, nilai porositas sebesar 0,43. Dengan porositas yang tinggi memungkinkan air untuk mudah merembes pada kerikil, sehingga memiliki kemampuan menyerap kandungan COD yang baik. Karena ukuran media dan porositas berpengaruh terhadap penurunan COD (Marsono, 1999).media ini sering digunakan dalam proses pertumbuhan biofilm dan menghasilkan efektivitas yang cukup bagus dalam penurunan parameter terukur(www.kelair.bppt.go.id).

Pada lapisan paling akhir terdapat media karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa. Karbon aktif dipilih karena mampu menyerap (sebagai *adsorben*) berbagai material organik dan anorganik dalam air termasuk COD (Triandini, 2001). Karbon aktif bersifat sangat aktif dan akan menyerap apa saja yang kontak dengan karbon tersebut Pada saringan karbon aktif ini terjadi proses adsorpsi, yaitu proses penyerapan zat - zat yang akan dihilangkan oleh permukaan arang aktif, termasuk CaCO_3 yang menyebabkan kesadahan maupun penurunan konsentrasi parameter lain termasuk COD.(www.purewatercare.com)

Pada Tabel 4.11 dan 4.12 (hal. 54) dapat diketahui bahwa persentase penurunan konsentrasi COD setelah proses pada reaktor uji I berkisar antara 220,96 mgO_2/L sampai dengan 62,05 mgO_2/L . Sedangkan pada reaktor uji II berkisar antara 242,16 mgO_2/L sampai dengan 77,05 mgO_2/L . Persentase penurunan COD terkecil pada reaktor I sebesar 15,98 % pada perlakuan waktu operasional 0 jam dan untuk persentase penurunan COD tertinggi pada reaktor I sebesar 76,41

% pada perlakuan waktu operasional 12 jam. Sedangkan persentase penurunan COD tekecil pada reaktor II sebesar 9,44 % pada perlakuan waktu operasional 12 jam dan untuk persentase penurunan COD tertinggi pada reaktor II sebesar 71,19 % pada perlakuan waktu operasional 12 jam. Dilihat dari perbandingan nilai persentase penurunan konsentrasi COD maka dapat diketahui bahwa reaktor uji I mampu menurunkan konsentrasi COD lebih besar dari reaktor uji II. 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 100 mg/L.

Tabel 4.17 dan 4.18 (hal. 65 dan 66) hasil analisis dengan uji korelasi pada reaktor uji I dan II menunjukkan tidak adanya hubungan signifikan antara waktu operasional dengan persentase penurunan COD, demikian juga dengan hasil analisis regresi yang menunjukkan bahwa tidak ada hubungan signifikan antara kedua variabel tersebut. Sementara itu, pada Tabel 4.29 dan 4.30 (hal. 83 dan 84) hasil analisis ANOVA antara persentase penyisihan COD berturut - turut pada reaktor I dan II dengan waktu operasional menunjukkan bahwa dari uji F yang dilakukan, hubungan antara keduanya adalah signifikan, yang berarti bahwa Waktu operasional yang lama akan memberikan waktu kontak yang lama pula antara air limbah dengan media yang digunakan dalam reaktor *biosand filter*. Hal ini sejalan pula dengan beberapa penelitian yang dilakukan oleh Suligundi, B.T. (2009) tentang efektifitas Reaktor *biosand filter* dengan variasi waktu 0, 24, dan 48 jam, hasil paling optimum didapat pada waktu 48 jam yakni persentase penurunan COD mencapai 98,88%. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Abdillah, C. dan Maherystiawan, A. (2011) yang mendapatkan hasil persentase penurunan COD yang paling tinggi yakni pada 8 jam dan 6 jam sebesar 69,23% dan 69,2% dari 5 perlakuan waktu operasional yaitu 0, 2, 4, 6 dan 8 jam. Hal ini juga didukung penelitian yang dilakukan oleh Zamrul, (2011) dimana persentase penurunan COD tertinggi pada waktu operasional 12 jam sebesar 77,24% dengan variasi waktu yang digunakan 0, 4, 8 dan 12 jam.

Waktu tinggal optimum yang menghasilkan persentase penurunan COD terbesar berdasarkan Tabel 4.11 dan 4.12 (hal. 55) serta Gambar 4.3 dan 4.4 (hal. 60) yaitu pada waktu operasional 12 jam.

4.9.2 Penurunan Konsentrasi TSS

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. Pada umumnya partikel tersuspensi memiliki ukuran lebih besar dari pada 1 mikron dan untuk partikel koloid mempunyai ukuran antara 1 milimikron hingga 1 mikron (Alaerts G dan Sumestri, 1984). Peningkatan kandungan padatan tersuspensi dalam air dapat mengakibatkan penurunan kedalaman *eufotik*, sehingga kedalaman perairan produktif menjadi turun. Nybakken (1992), padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi cahaya ke dalam air, sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis dan kekeruhan air juga semakin meningkat Fardiaz (1992). Pada umumnya untuk menghilangkan partikel koloid dilakukan dengan proses penyaringan dengan saringan pasir lambat (bila bebannya tidak terlalu tinggi) (Puspita, 2008).

Gradasi media filter yang berbeda pada setiap reaktor mempunyai pengaruh besar dalam hal menurunkan konsentrasi TSS, hal ini disebabkan karena setiap kandungan tersuspensi yang terdapat pada air limbah melewati media filter yang beragam dan melalui proses biologis maupun fisik, sehingga dalam menurunkan konsentrasi TSS reaktor dapat bekerja secara maksimal. Penurunan konsentrasi TSS tidak hanya dipengaruhi oleh jenis, ketebalan, gradasi media maupun debit yang digunakan dalam Reaktor *Biosand Filter*. Menurut, Johannes, (2007). Nilai rata-rata menunjukkan bahwa debit yang semakin kecil dan jenis media berlapis menghasilkan nilai TSS yang lebih kecil. Karakter limbah yang memiliki ukuran partikel yang beragam lebih mudah ditangani dengan media filter berlapis dari pada media tunggal, karena partikel tersuspensi kasar dan halus ada yang tertahan pada lapisan pasir aktif.

Media Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir halus dengan diameter 0,2 mm dan pasir kasar dengan diameter 0,3 mm. Secara prinsip, saringan pasir lambat adalah proses menyusun lapisan media pasir dengan volume tertentu sehingga dapat dilewati air dengan kecepatan yang rendah (Cheremisinoff, 2002). 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 (Joko, T. 2010). Hal ini akan mengakibatkan penurunan nilai konsentrasi TSS pada air limbah cair.

Selain pasir, media filter yang digunakan pada Reaktor Biosand Filter ini adalah kerikil dan karbon aktif. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sinambela, S.W. (2011) metode experimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari tiga perlakuan dan tiga ulangan yaitu: menggunakan batu apung (P₁), batu bata merah (P₂) dan batu kerikil (P₃). Media kerikil mampu menurunkan kandungan TSS lebih baik dibandingkan dengan media yang lainnya yaitu sebanyak 92,93 %. Hal ini disebabkan karena Kerikil memiliki nilai porositas sebesar 0,43. Dengan porositas yang tinggi memungkinkan air untuk mudah merembes pada kerikil, sehingga memiliki kemampuan menyerap kandungan TSS yang baik. Karena ukuran media dan porositas berpengaruh terhadap penurunan TSS (Marsono, 1999). Sedangkan pada lapisan terbawah terdapat lapisan karbon aktif. Karbon memiliki sifat – sifat adsorpsi karena strukturnya yang sangat bepori dan permukaannya luas, sehingga dapat menghilangkan dan menarik zat – zat pencemar dalam air, dalam hal ini adalah padatan tersuspensi (TSS) . 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).

Pada Tabel 4.13 dan 4.14 (hal. 55 dan 56) dapat diketahui bahwa konsentrasi TSS setelah proses pada reaktor uji I berkisar antara 67,47 mgO₂/L sampai dengan 3,07 mgO₂/L. Sedangkan pada reaktor uji II berkisar antara 74,67

mgO₂/L sampai dengan 4,87 mgO₂/L. Persentase penurunan TSS terkecil pada reaktor I sebesar 44,11 % pada perlakuan waktu operasional 0 jam dan untuk persentase penurunan TSS tertinggi pada reaktor I sebesar 97,46 % pada perlakuan waktu operasional 12 jam. Sedangkan persentase penurunan TSS terkecil pada reaktor II sebesar 40,12 % pada perlakuan waktu operasional 0 jam dan untuk persentase penurunan TSS tertinggi pada reaktor II sebesar 96,09 % pada perlakuan waktu operasional 12 jam. Dilihat dari perbandingan nilai persentase penurunan konsentrasi TSS maka dapat diketahui bahwa reaktor uji I mampu menurunkan konsentrasi TSS lebih besar dari reaktor uji II. 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.

Tabel 4.19 dan 4.20 (hal. 66 dan 67) hasil analisis dengan uji korelasi pada reaktor uji I dan II menunjukkan adanya korelasi antara waktu operasional dengan persentase penurunan TSS dimana hubungan dari kedua variabel tersebut memiliki hubungan yang kuat dan searah, demikian juga dengan hasil analisis regresi yang menunjukkan bahwa hubungan antara keduanya adalah signifikan. Dilihat pada tabel 4.31 dan 4.32 (hal. 85 dan 86) Hasil analisis dengan uji ANOVA antara persentase penyisihan TSS berturut-turut pada reaktor I, dan II dengan waktu operasional menunjukkan bahwa dari uji F yang dilakukan, hubungan antara keduanya adalah signifikan, yang berarti bahwa semakin lama waktu operasional maka persen penyisihan TSS nya akan semakin besar. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Maherystiawan, A. (2011) tentang efektifitas Reaktor *Biosand Filter* Dengan Penambahan Karbon Aktif Sekam Padi dan Gerabah Untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Susun Kota Lama Malang dengan variasi waktu 0, 2, 4, dan 8 jam, hasil paling optimum didapat pada waktu 8 jam yakni persentase penurunan TSS mencapai 90,1%. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Zamrul (2011) dimana persentase peningkatan TSS tertinggi pada waktu operasional 12 jam pada sebesar 97,08% pada reaktor III dengan variasi waktu yang digunakan 0, 4, 8 dan 12 jam. Kemudian didukung juga oleh penelitian yang dilakukan oleh Septiyanto, B. (2012) yang menggunakan variasi

waktu 0, 2, 4, 6 dan 8 jam, dimana hasil persentase penurunan TSS tertinggi pada waktu operasional 8 jam dengan nilai persentase sebesar 93,8%.

Pada penelitian ini didapat waktu operasional optimum yang menghasilkan persentase penurunan TSS terbesar pada reaktor I dan II berdasarkan tabel 4.13 dan 4.14 (hal. 55 da 56) serta gambar 4.5 dan 4.6 (hal. 60 dan 61) yaitu pada waktu operasional 12 jam.

4.9.3 Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak

Lemak dan minyak adalah salah satu kelompok yang termasuk pada golongan lipid, yaitu senyawa organik yang terdapat di alam serta tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik non-polar, misalnya dietil eter ($C_2H_5OC_2H_5$), kloroform ($CHCl_3$), benzena dan hidrokarbon lainnya. Lemak dan minyak dapat larut dalam pelarut yang disebutkan di atas karena lemak dan minyak mempunyai polaritas yang sama dengan pelarut tersebut. Sifat minyak akan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang salah satunya menyebabkan ketengikan. Relasinya adalah saat proses ketengikan terjadi, terbentuknya senyawa-senyawa baru menyebabkan timbulnya aroma/bau tengik yang mengubah aroma/bau khas pada minyak lemak tersebut. Herlina, N dan Ginting, H.S. (2002). Salah satu metode pemisahan minyak adalah metode *Gravity Settling*, Prinsip kerjanya adalah perbedaan density minyak dengan air, dimana air mempunyai *density* yang lebih besar daripada minyak, maka dengan menempatkan campuran air dan minyak tersebut pada suatu tempat yang tenang, maka air akan mengendap dan terpisahkan dari minyak. Prawira, M. H. dalam (Hodson, and Kilbourne, 1998). 2008.

Gradasi media filter mempunyai peran yang cukup baik dalam menurunkan konsentrasi minyak lemak, pada penelitian ini gradasi media filter berdiameter kecil ke besar mampu menurunkan konsentrasi minyak lemak lebih baik bila dibandingkan dengan gradasi media filter berdiameter besar ke kecil, hal ini disebabkan karena semakin rapat media maka kemampuan menempel partikel koloid akan semakin besar, apalagi kondisi limbah pada perumahan sawojajar I mempunyai kandungan minyak dan lemak cukup banyak bila dilihat secara visual.

Media yang digunakan bersifat porous, dalam mekanisme penyisihan senyawa polutan yang ada dalam air limbah akan terdifusi ke dalam lapisan biofilm yang melekat pada permukaan media (Asmadi dan Suharno, 2012). Salah satunya adalah minyak lemak. Dalam penyisihan minyak lemak ini diduga terjadinya pertumbuhan mikroorganisme tertentu itu untuk memanfaatkan hidrokarbon. Diketahui baik molekul yang jenuh maupun yang tidak di dekomposisi oleh mikroorganisme tertentu, molekul yang tidak jenuh lebih mudah dihancurkan oleh molekul yang jenuh. (Subba Rao, 2007). Pada pengolahan-pengolahan limbah rumah tangga, biasanya terkendala dengan adanya kandungan minyak dan lemak, karena minyak dan lemak ini dapat membentuk kerak, instalasi pengolahan limbah. Pendegradasian minyak dan lemak pada umumnya sangat sulit bila dilakukan hanya dengan pengolahan secara fisika maupun kimia, tetapi bisa sangat efektif bila dilakukan dengan menggunakan proses biologis (Titaheluw, 2010).

Media kerikil berfungsi menahan padatan biologis (*biological solid*) dalam reaktor baik sebagai *fixed film* yang menempel pada media, atau sebagai solid yang tertahan dalam rongga pori. Kekasaran permukaan, total porositas ditambah ukuran pori dalam mode reproduksi dari mikroba tertentu dapat mempengaruhi kecepatan kolonisasi dan kinerja reaktor *fixed film*. Hal ini yang mengakibatkan salah satu penurunan konsentrasi minyak lemak.

Karbon aktif yang akan digunakan sebagai media diaktivasi terlebih dahulu melalui proses pemanasan sehingga pori-porinya terbuka, dengan demikian akan mempunyai daya serap yang tinggi. Dengan terbukanya pori-pori pada karbon aktif, maka karbon aktif mampu menyerap molekul lain yang mempunyai ukuran lebih kecil dari ukuran porinya. Proses adsorpsi oleh karbon aktif terjadi karena terperangkapnya molekul adsorbat dalam rongga karbon aktif, sedang pada sisi aktifnya terjadi karena interaksi antara sisi tersebut dengan molekul adsorbat. Pori-pori ini yang nantinya akan menyerap bahan kimia yang terkandung dalam air limbah dan mengurangi konsentrasi minyak lemak. Akan tetapi pada proses adsorpsi pada suatu saat akan mengalami titik kejenuhan dimana adsorben tidak bisa lagi melakukan penyerapan sehingga perlu dilakukan

proses regenerasi yaitu proses pengaktifan kembali atau pergantian adsorben (Supranto,1996).

Pada Tabel 4.15 dan 4.16 (hal. 57 dan 58) dapat diketahui bahwa konsentrasi Minyak Lemak setelah proses pada reaktor uji I berkisar antara 4,12 mgO₂/L sampai dengan 6,5 mgO₂/L. Sedangkan pada reaktor uji II berkisar antara 14,87 mgO₂/L sampai dengan 7,37 mgO₂/L. Persentase penurunan Minyak Lemak terkecil pada reaktor I sebesar 6,12% pada perlakuan waktu operasional 0 jam dan untuk persentase penurunan Minyak Lemak tertinggi pada reaktor I sebesar 57,24 % pada perlakuan waktu operasional 12 jam. Sedangkan persentase penurunan Minyak Lemak terkecil pada reaktor II sebesar 5,89 % pada perlakuan waktu operasional 0 jam dan untuk persentase penurunan Minyak Lemak tertinggi pada reaktor II sebesar 53,35 % pada perlakuan waktu operasional 12 jam. Dilihat dari perbandingan nilai persentase penurunan konsentrasi Minyak Lemak maka dapat diketahui bahwa reaktor uji I mampu menurunkan konsentrasi Minyak Lemak lebih besar dari reaktor uji II. Nilai penurunan Minyak 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.

Tabel 4.21 dan 4.22 (hal. 68 dan 69) hasil analisis dengan uji korelasi pada reaktor uji I dan II menunjukkan tidak adanya korelasi antara waktu operasional dengan persentase penurunan Minyak Lemak. Namun, hubungan dari kedua variabel tersebut memiliki hubungan yang kuat dan searah, demikian juga dengan hasil analisis regresi yang menunjukkan bahwa hubungan antara keduanya adalah tidak signifikan. Apabila dilihat pada tabel 4.31 dan 4.32 (hal. 88 dan 89) Hasil analisis dengan uji ANOVA antara persentase penyisihan Minyak Lemak berturut-turut pada reaktor I, dan II dengan waktu operasional menunjukkan bahwa dari uji F yang dilakukan, hubungan antara keduanya adalah signifikan, yang berarti bahwa semakin lama waktu operasional maka persen penyisihan Minyak Lemaknya akan semakin besar. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Maherystiawan, A. (2011) tentang efektifitas Reaktor *biosand filter* 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, hasil paling optimum didapat pada waktu 8 jam yakni persentase penurunan M.L mencapai 70,5%. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Renuat, S.M. (2012) dimana reaktor biosand filter dengan penambahan kerikil + ijuk dengan variasi waktu operasional 0, 2, 4, 6, dan 8 jam mampu menurunkan konsentrasi minyak lemak dengan rata-rata nilai 99 % pada setiap jam nya. Ditambah lagi penelitian yang dilakukan oleh Zamrul, (2011) dengan menggunakan reaktor Biosand Filter yang memakai variasi waktu operasional 0, 4, 8 dan 12 jam, mampu menurunkan kandungan minyak lemak sebesar 80,16 % pada reaktor ke III.

Waktu operasional optimum yang menghasilkan persentase penurunan Minyak Lemak terbesar pada reaktor I dan II berdasarkan tabel 4.15 dan 4.16 (hal. 57 dan 58) serta gambar 4.7 dan 4.8 (hal. 62) yaitu pada waktu operasional 12 jam.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pengaruh gradasi media filter terhadap penurunan konsentrasi COD, TSS dan Minyak Lemak adalah sebagai berikut :
 - a. Reaktor 1 (gradasi media filter berdiameter kecil ke besar) :
 - COD = 76,41 %
 - TSS = 97,46 %
 - Minyak Lemak = 57,24 %
 - b. Reaktor 2 (gradasi media filter berdiameter besar ke kecil) :
 - COD = 71,19 %
 - TSS = 96,09 %
 - Minyak Lemak = 53,35 %
 - c. Reaktor *biosand filter* dengan gradasi media filter berdiameter kecil ke besar lebih baik dalam menurunkan konsentrasi COD, TSS dan Minyak Lemak bila dibandingkan dengan gradasi media filter berdiameter besar ke kecil, kemampuan kedua reaktor *biosand filter* dalam menurunkan parameter terolah telah sesuai dengan standar baku mutu yang ada.
2. Berdasarkan penelitian ini, waktu efektif setiap reaktor *biosand filter* dalam menurunkan parameter COD, TSS dan Minyak Lemak pada limbah cair domestik perumahan sawojajar I terdapat pada waktu operasional 12 jam.



5.2 Saran

1. Perlu menghitung tekanan yang diberikan oleh media terhadap reaktor, guna menghindari hal yang tidak diinginkan selama penelitian berjalan
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah interval waktu detensi sehingga dapat diketahui sejauh mana kemampuan reaktor ini dalam menurunkan konsentrasi pencemar hingga mencapai titik *breakthrough*.
3. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan variasi jenis media adsorben yang berbeda untuk meningkatkan efektifitas reaktor.

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.
- Cheremisinoff, N.P, 2002. ***Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies.*** Butterworth-Heinemann, United State of America.
- Hary Prawira, Muhammadin, 2008. **Penurunan Kadar *Minyak* Pada Limbah Bengkel Dengan Menggunakan Reaktor Pemisah Minyak Dan Karbon Aktif Serta Zeolit Sebagai Media Adsorben.** Jurusan Teknik Lingkungan. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
- 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
- Kusnaedi, 2010. **Mengolah Air Kotor Untuk Air Minum.** Penebar Swadaya, Jakarta.
- 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. **Pengolahan Limbah Cair Biologis.** Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS Surabaya.
- Metcalf and Eddy, 1981. **Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, Reuse, Revised** by Geo Tchobanoglous, Tata Mc Graw-Hil Publising Company LTD, New Delhi

- Melanie, Sofie Renuat. 2012. **Pemanfaatan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Reaktor Biosand Filter Dengan Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sebagai Air Baku**. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang.
- Netti Herlina Dan M. Hendra S. Ginting, 2002. **Lemak Dan Minyak**. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Sumatera Utara
- Ngai, T. and Sophie, 2003. ***The Arsenic Biosand Filter (ABF) Design of An Appropriate Household Drinking Water Filter for Rural Nepal***. Nepal.
- Puspita, D, 2008. ***Penurunan Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) Pada Limbah Laundry dengan Menggunakan Reaktor Biosand Filter Disertai dengan Reaktor Karbon Aktif***. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII Yogyakarta.
- Reynold. 1997. **Unit Operation and Design**. Mc Graw-Hill. New York. Amerika
- SNI 3981, 2008. **Perencanaan Instalasi Saringan Pasir Lambat**. Badan Standardisasi Nasional.
- Septiyanto, Bornez. 2012. **Penggunaan Reaktor Biosand Filter Dengan Penambahan Gerabah Dan Karbon Aktif Dalam Upaya Reuse Limbah Cair Rumah Makan “Warung Perumahan Syahroni”**. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang.
- Sihombing, Johannes B. F., 2007. **Penggunaan Media Filtran Dalam Upaya Mengurangi Beban Cemaran Limbah Cair Industri Kecil Tapioka**. Skripsi, Jurusan Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor
- Supradata, 2005. **Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus Alternifolius*, L. Dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (*Ssf-Wetlands*)**. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan. UNDIP
- Sugiharto, 1987. **Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah**, Universitas Indonesia, Jakarta.

- Tripina Suligundi, Bonifasia. 2009. **Penurunan Kadar Cod (Chemical Oxygen Demand) Pada Limbah Cair Karet Dengan Menggunakan Reaktor Biosand Filter Yang Dilanjutkan Dengan Reaktor Activated Carbon**, Skripsi. Alumnus Prodi Teknik Lingkungan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
- Wondo Sinambela, Syahputra. 2011. **Pemanfaatan Media Batu Apung, Bata Merah Dan Kerikil Untuk Menurunkan Kandungan Bod, Cod Dan Tss Pada Lindi (*Leachate*)**. Universitas Indonesia, Jakarta.
- 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 : eprints.undip.ac.id/18696/1/Supradata.pdf](http://eprints.undip.ac.id/18696/1/Supradata.pdf) (diakses tanggal 1 Maret 2013 pukul 06.04 WIB)
- [http : eprints.undip.ac.id/18428/muhammad nur arif.pdf](http://eprints.undip.ac.id/18428/muhammad_nur_arif.pdf) (diakses tanggal 1 Maret 2013 pukul 07.56 WIB)
- [http : lontar.ui.ac.id](http://lontar.ui.ac.id) (diakses tanggal 2 Maret 2013 pukul 06.04 WIB)
- [http : www.cawst.org](http://www.cawst.org) (diakses tanggal 2 Maret 2013 pukul 07.04 WIB)
- [http : digilib.poltekkesdepkes-sby.ac.id](http://digilib.poltekkesdepkes-sby.ac.id) (diakses tanggal 3 Maret 2013 pukul 19.04 WIB)
- [http : www.kelair.bppt.go.id](http://www.kelair.bppt.go.id) (diakses tanggal 3 Maret 2013 pukul 20.00 WIB)
- [http : www.slideshare.net](http://www.slideshare.net) (diakses tanggal 4 Maret 2013 pukul 21.39 WIB)
- [http : shintarosalia.lecture.ub.ac.id](http://shintarosalia.lecture.ub.ac.id) (diakses tanggal 8 Maret 2013 pukul 06.04 WIB)
- [http : ejournal.undip.ac.id](http://ejournal.undip.ac.id) (diakses tanggal 12 Maret 2013 puku 16.16 WIB)
- <http://www.purewatercare.com> (diakses tanggal 14 Juli 2013 puku 16.16 WIB)



LAMP - RAZ



LEMBAR ASISTENSI

NAMA : M. KHAIRUL IMAM
N.I.M : 09.26.012
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN S-1
DOSEN PEMBIMBING : SUDIRO ST, MT.

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	19 - 08 - 2013	- Perbaiki kesimpulan - tambahkan pengaruh gradasi pada pembahasan - OK analisa korelasi	
2.	20 - 08 - 2013	- sesuaikan tujuan dengan kesimpulan - Pembahasan OK !	
3.	21 - 08 - 2013	- kesimpulan OK ! - ACC !!! - siap ujian kompre !	



LEMBAR ASISTENSI

NAMA : M. KHAIRUL IMAM
N.I.M : 09.26.012
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN S-1

DOSEN PEMBIMBING : ANIS ARTIYANI, ST. MT.

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	21 - 08 - 2013	- perbaiki redaksional - format - perbaiki font judul	
2	21 - 08 - 2013	- ACC !! Siap dengan kompre !	



LEMBAR ASISTENSI

NAMA : M. KHAIRUL IMAM
N.I.M : 09.26.012
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN S-1

DOSEN PEMBIMBING :

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	15/4 '13	① Bab I ol. ②. Revisi Susunan & penulisan	
2.	20/6 '13	Bab IV revisi redaksi & layout & grafik.	
3.	27/6 '13	① Revisi kesimpulannya analisis deskriptif ② Analisis Inferensi sesuai format penelitian	
4.	23/7 '13	① analisis deskriptif ol. ② analisis korelasi, anova, dll.	



LEMBAR ASISTENSI

NAMA : M. KHAIRUL IMAM
N.I.M : 09.26.012
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN S-1

DOSEN PEMBIMBING :

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
	26/7 '13.	Cele pembahasan dan hasil analisis Statistika Inferensi	
	27/7 '13.	Pembahasan dan -	
	29/7 '13.	Penyusunan resume & abstrak -	
	30/7 '13.	Resume & para or. Scrap Seminar	



LEMBAR ASISTENSI

NAMA : M. KHAIRUL IMAM

N.I.M : 09.26.012

JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN S-1

DOSEN PEMBIMBING : DR. Ir. Hery Setyobudiarso M.Sc.

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	29 / 6 / 2013	- Data Hasil Penelitian - Analisis Inferensi - Grafik Analisis Deskriptif ~~- Grafik Analisis Des~~ diperjelas	
2.	4 / 7 / 2013	- Data analisis Inferensi - Grafik - Tabel pengamatan	
3.	8 / 7 / 2013	- Analisis ANOVA - lanjut pembahasan	
4.	11 / 7 / 2013	- Revisi pembahasan, urutan pembahasan diperbaiki - Jurnal pendukung ditambah - pembahasan diperjelas	
5.	16 / 7 / 2013	- Revisi pembahasan diperjelas, diperjelas lagi - lanjut kesimpulan	
6.	26 / 7 / 2013	Pembahasan, kumpulan, abstrak lengkap	

Acc. Siy Semir
Hery Setyobudiarso

SALINAN

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

MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP,

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

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

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

M E M U T U S K A N :

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

Pasal 1

Dalam Keputusan ini yang dimaksud dengan :

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

Pasal 2

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

Pasal 3

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

Pasal 4

Baku mutu air limbah domestik dalam keputusan ini berlaku bagi :

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

Pasal 5

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

Pasal 6

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

Pasal 7

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

Pasal 8

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

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

Pasal 9

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

Pasal 10

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

Pasal 11

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

Pasal 12

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

Pasal 13

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

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

Pasal 14

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

Pasal 15

Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

**Ditetapkan di: Jakarta
pada tanggal : 10 Juli 2003**

**Menteri Negara
Lingkungan Hidup,**

ttd

Nabiel Makarim, MPA, MSM

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

Hoetomo, MPA.

Lampiran
Keputusan Menteri Negara
Lingkungan Hidup,
Nomor : 112 Tahun 2003
Tanggal : 10 Juli 2003

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6 - 9
BOD	mg/l	100
TSS	mg/l	100
Minyak dan Lemak	mg/l	10

Menteri Negara
Lingkungan Hidup,

ttd

Nabiel Makarim,MPA,MSM.

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

Hoetomo, MPA.





Standar Nasional Indonesia

SNI 3981:2008

" Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum
dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil "

Perencanaan instalasi saringan pasir lambat

ICS 91.220

Badan Standardisasi Nasional



Daftar isi

Daftar isi..... i

Prakata ii

Pendahuluan..... iii

1 Ruang lingkup 1

2 Acuan normatif..... 1

3 Istilah dan definisi 1

4 Persyaratan 2

5 Cara pengerjaan 5

Lampiran A 7

Lampiran B 7

Lampiran C 13

Bibliografi 16

" Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil "

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang 'Perencanaan instalasi saringan pasir lambat', standar ini merupakan revisi dari SNI 03-3981-1995, Tata cara perencanaan instalasi saringan pasir lambat, dengan perubahan sebagian pada jenis air yang diolah yaitu air baku dengan kekeruhan ≤ 50 mg/Liter SiO_2 menjadi air minum.

Daftar istilah yang dipergunakan dalam standar ini dan Gambar instalasi saringan pasir lambat dicantumkan pada Lampiran A dan Lampiran B, untuk memberi kemudahan kepada pengguna dalam memahami standar ini.

Standar ini disusun oleh Panitia Teknis Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Gugus kerja sarana dan prasarana permukiman pada Sub panitia teknis perumahan, sarana, dan prasarana permukiman.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional 08:2007 dan dibahas dalam forum rapat konsensus pada tanggal 27 April 2006 di Bandung oleh Sub panitia teknis perumahan, sarana, dan prasarana permukiman yang melibatkan wakil dari produsen, konsumen, asosiasi, lembaga penelitian, perguruan tinggi dan instansi pemerintah terkait.



Pendahuluan

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. Apabila air baku mempunyai kandungan kekeruhan tinggi dan konsentrasi oksigen terlarut rendah, maka sistem saringan pasir lambat membutuhkan pengolahan pendahuluan, yang direncanakan terpisah dari standar ini.

Bagi pasir media yang baru pertama kali dipasang dalam bak saringan memerlukan masa operasi penyaringan awal, secara normal dan terus menerus selama waktu kurang lebih tiga bulan. Tujuan operasi awal adalah untuk mematangkan media pasir penyaring dan membentuk lapisan kulit saringan (*schmutsdecke*), yang kelak akan berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses biokimia dan proses biologis. Selama proses pematangan, kualitas filtrat atau air hasil olahan dari saringan pasir lambat, biasanya belum memenuhi persyaratan air minum.

Ukuran media pasir saringan yang sangat kecil akan membentuk ukuran pori-pori antara butiran media juga sangat kecil. Meskipun ukuran pori-porinya sangat kecil, ternyata masih belum mampu menahan partikel koloid dan bakteri yang ada dalam air baku. Akan tetapi dengan aliran yang berkelok-kelok melalui pori-pori saringan dan juga lapisan kulit saringan, maka gradien kecepatan yang terjadi memberikan kesempatan pada partikel halus, untuk saling berkontak satu sama lain, dan membentuk gugusan yang lebih besar, yang dapat menahan partikel sampai pada kedalaman tertentu, dan menghasilkan filtrat yang memenuhi persyaratan kualitas air minum.

Sejalan dengan proses penyaringan, bahan pencemar dalam air baku akan bertumpuk dan menebal di atas permukaan media pasir. Setelah melampaui perioda waktu tertentu, tumpukan tersebut menyebabkan media pasir tidak dapat merembeskan air sebagai mana mestinya, dan bahkan menyebabkan debit effluen menjadi sangat kecil, dan air yang ada di dalam bak saringan mengalir melalui saluran pelimpah. Kondisi ini mengindikasikan bahwa media pasir penyaring sudah mampat (*clogging*). Untuk memulihkan saringan yang mampat, pengelola harus segera mengangkat dan mencuci media pasir menggunakan alat pencuci pasir. Saringan pasir lambat akan beroperasi secara normal kembali, kurang lebih dua hari setelah melakukan pengangkatan atau pencucian media pasir. Petunjuk teknis untuk pemulihan media penyaring dapat dibaca dalam SNI 03-3982-1995, Tata cara pengoperasian dan perawatan instalasi saringan pasir lambat.

Perencanaan instalasi saringan pasir lambat

1 Ruang lingkup

Standar ini memuat persyaratan umum, persyaratan teknis, dan perencanaan instalasi saringan pasir lambat sebagai pegangan bagi penyelenggara pembangunan untuk mengolah air baku dengan kekeruhan ≤ 50 mg/Liter SiO_2 menjadi air minum.

2 Acuan normatif

SNI 03-1756-1990, Cara penentuan kekerasan pasir untuk aduk dan beton
 SNI 03-1749-1990, Cara penentuan besar butir agregat untuk aduk dan beton
 SNI 03-2928-1992, Pintu air pengatur sorong
 SNI 03-2414-1991, Metoda pengukuran debit sungai dan saluran terbuka
 SNI 06-2412-1991, Metoda pengambilan contoh kualitas air
 SNI 06-2413-1995, Metoda pengujian kualitas fisika air

3 Istilah dan definisi

3.1

saringan pasir lambat

salah satu cara pengolahan air baku untuk menghasilkan air bersih, beroperasi secara gravitasi serempak, terjadi proses fisis, proses biokimia dan proses biologis

3.2

instalasi saringan pasir lambat

bak yang direncanakan dengan kriteria tertentu dan diisi dengan media penyaring dengan ukuran butiran tertentu

3.3

kedalaman bak saringan

jumlah dari tinggi bebas, tinggi air di atas media pasir, tebal pasir penyaring, tebal kerikil penahan dan *underdrain*

3.4

saluran pengumpul bawah (*underdrain*)

saluran yang direncanakan untuk mengumpulkan dan mengalirkan air hasil penyaringan ke dalam saluran keluaran (*outlet*)

3.5

tinggi bebas (*freeboard*)

ruang atau jarak antara permukaan air maksimum dengan dinding teratas

3.6

air baku

air yang mutunya memenuhi ketentuan baku mutu air baku yang berlaku

3.7

air minum

air yang mutunya memenuhi ketentuan baku mutu air minum yang berlaku

4 Persyaratan

4.1 Persyaratan umum

Perencanaan instalasi saringan pasir lambat harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) tersedia air baku yang akan diolah;
- b) tersedia pengelola instalasi saringan pasir lambat;
- c) tersedia lahan untuk pembangunan/penempatan instalasi;

4.2 Persyaratan teknis

Persyaratan teknis memenuhi kriteria sebagai berikut :

- a) kecepatan penyaringan 0,1 m/jam sampai dengan 0,4 m/jam.
- b) luas permukaan bak dihitung dengan rumus :

$$A = \left(\frac{Q}{V} \right) \dots\dots\dots 1)$$

dengan:

- Q = Debit air baku (m³/jam)
- V = Kecepatan penyaringan (m/jam)
- A = Luas permukaan bak (m²)

- c) luas permukaan bak (A) = P x L. 2)
- d) panjang bak (P) : lebar bak (L) = (1 sampai dengan 2) : 1..... 3)
- e) jumlah bak minimal 2 buah
- f) kedalaman bak, seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Kedalaman saringan pasir lambat

No.	Kedalaman (D)	Ukuran (m)
1.	Tinggi bebas (<i>freeboard</i>)	0,20 s.d 0,30
2.	Tinggi air di atas media pasir	1,00 s.d 1,50
3.	Tebal pasir penyaring	0,60 s.d 1,00
4.	Tebal kerikil penahan	0,15 s.d 0,30
5.	Saluran pengumpul bawah	0,10 s.d 0,20
J u m l a h		2,05 s.d 3,30

- g) Media penyaring dengan kriteria sebagai berikut :
 - 1) jenis pasir yang mengandung kadar SiO₂ lebih dari 90 %;
 - 2) diameter efektif (*effective size - ES*) butiran 0,2 mm sampai dengan 0,4 mm;
 - 3) koefisien keseragaman (*uniformity coefficient - UC*) butiran 2 sampai dengan 3;
 - 4) cara menentukan ES dan UC sebagai berikut:
 - (a) ES = P₁₀ 4)

b) $UC = \left(\frac{P_{60}}{P_{10}} \right) \dots\dots\dots 5)$

- dengan:
- ES* = Diameter efektif butiran pasir.
 - UC* = Koefisien keseragaman butiran pasir.
 - P₆₀* = butiran pasir efektif terkecil.
 - P₁₀* = butiran pasir efektif terbesar

- 5) berat jenis 2,55 gr/cm³ sampai dengan 2,65 gr/cm³ ;
- 6) kelarutan pasir dalam air selama 24 jam kurang dari 3,0 % beratnya;
- 7) kelarutan pasir dalam HCl selama 4 jam kurang dari 3,5 % beratnya

h) Media penahan

Jenis kerikil tersusun dengan lapisan teratas butiran kecil dan berurutan ke butiran kasar pada lapisan paling bawah; gradasi butir media kerikil dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Gradasi butir media kerikil

No.	Diameter kerikil rata-rata (mm)	Ketebalan (cm)	Lapisan ke (dari atas ke bawah)
1	3 s.d 4	5 s.d 10	ke - 1
2	10 s.d 30	10 s.d 20	ke - 2
Total ketebalan media kerikil		15 s.d 30	

- i) Air baku dengan ketentuan sebagai berikut :
 - 1) kekeruhan ≤ 50 mg/Liter SiO₂
 - 2) oksigen terlarut • 6 mg/Liter,
 - 3) total koliform ≤ 500 MPN per 100 mL.
- j) Perlengkapan bak saringan
 - 1) Saluran masukan (*Inlet*) ditentukan sebagai berikut :
 - (a) saluran tertutup atau terbuka dapat dilihat pada Gambar B.1.2 Lampiran B;
 - (b) dilengkapi dengan bak pembagi atau penenang air baku;
 - (c) dilengkapi dengan katup (*check valve*) untuk saluran tertutup dan pintu air ditambah sekat ukur untuk saluran terbuka;
 - (d) dilengkapi dengan penahan cucuran air baku di atas pasir penyaring supaya tidak merusak permukaan pasir.
 - 2) Saluran keluaran (*Outlet*) ditentukan sebagai berikut :
 - (a) saluran tertutup dapat dilihat pada Gambar B.2.(A) dan Gambar B.2.(B) pada Lampiran B;
 - (b) dilengkapi dengan katup pengatur debit efluen;
 - (c) dilengkapi dengan alat ukur debit;
 - (d) dilengkapi dengan sistem perpipaan yang dapat mengalirkan air olahan;
 - (e) dilengkapi dengan bak penampung air olahan dengan muka air di atas permukaan media penyaring 50 mm sampai dengan 100 mm;
 - 3) Saluran pengumpul bawah (*Underdrain*) ditentukan sebagai berikut

- (a) saluran-saluran memanjang dengan tutup berlubang atau pipa dilengkapi *nozzle*; dapat dilihat pada Gambar B.3. (A) Lampiran B, dengan ketentuan sebagai berikut:
- (1) lebar saluran dari as ke as 25 cm sampai dengan 30 cm;
 - (2) dalam saluran 10 cm sampai dengan 20 cm;
 - (3) jumlah saluran sebanyak 5 lajur ke arah panjang bak saringan.
 - (4) pada bagian atas saluran diberi tutup batu belah, pelat beton atau tegel. Lebar pelat beton 25 cm sampai 30 cm; panjang 25 cm sampai 30 cm; tebal pelat 5 cm sampai 10 cm; Jarak antara penutup 1 cm sampai dengan 2 cm, dan atau lebih kecil dari ukuran butir kerikil penahan yang paling besar;
 - (5) kemiringan saluran pengumpul ke arah outlet 1% sampai dengan 2%;
 - (6) lantai saluran pengumpul bawah harus datar atau rata;
- (b) susunan bata cetak, slab beton pracetak, lantai beton berlubang, balok beton pracetak berlubang dan sebagainya; dapat dilihat pada Gambar B.3. (B) Lampiran B, dengan ketentuan sebagai berikut:
- (1) lebar saluran dari as ke as 40 cm sampai dengan 50 cm;
 - (2) dalam saluran 10 cm sampai dengan 20 cm;
 - (3) tebal dinding saluran 10 cm;
 - (4) jumlah saluran sebanyak 5 lajur ke arah panjang bak saringan;
 - (5) pada bagian atas saluran diberi tutup pelat beton. Lebar pelat beton 40 cm sampai 50 cm; panjang 40 cm sampai 50 cm; tebal pelat 10 cm sampai 20 cm; serta jarak antara pelat penutup saluran 1 cm;
 - (6) kemiringan saluran pengumpul ke arah outlet 1% sampai dengan 2%;
 - (7) lantai saluran pengumpul bawah harus datar atau rata;
- (c) jaringan pipa manifold (pipa utama), dan pipa lateral (cabang) yang diberi lubang (*orifice*) pada bagian bawahnya; dapat dilihat pada Gambar B.3. (C) Lampiran B dengan ketentuan sebagai berikut:
- (1) diameter pipa manifold 20 cm sampai dengan 30 cm;
 - (2) diameter pipa lateral 7,5 cm sampai dengan 10 cm. Jarak antar pipa lateral 20 cm sampai dengan 25 cm. Pipa lateral dipasang sisi kiri dan sisi kanan pipa manifold;
 - (3) diameter lubang pada pipa lateral (*orifice*) 0,6 cm sampai dengan 1,2 cm; lubang dibuat pada seluruh badan pipa lateral.
 - (4) jarak antar *orifice* 5 cm sampai dengan 10 cm;
 - (5) kemiringan pipa manifold ke arah outlet 1% sampai dengan 2%;
- 4) Pelimpah ditentukan sebagai berikut :
- (1) berbentuk saluran terbuka atau tertutup;
 - (2) dipasang pada inlet saringan;
 - (3) permukaan ambang pelimpah tepat pada permukaan air maksimum saringan yang bersangkutan;
 - (4) air pelimpah dapat dialirkan ke dalam tangki khusus, untuk dimanfaatkan ulang ke dalam bak pembagi atau dibuang langsung ke badan air penerima.
- 5) Penguras ditentukan sebagai berikut :
- (1) tampungan air dengan ketentuan:
 - dipasang tepat di bawah terjunan inlet, dan di tengah-tengah kedua sisi memanjang saringan;
 - ambang tampungan kurang lebih 30 cm di bawah permukaan pasir penyaring maksimum;
 - penampang atas tampungan diberi tutup;
 - dihubungkan dengan pipa penguras dan dilengkapi dengan katup.

(2) air kurasan dapat dialirkan ke dalam tangki khusus atau dibuang ke badan air penerima

k) Pencucian pasir sebagai berikut :

- 1) Alat pencucian tipe hidrolik dapat dilihat pada Gambar B.4.1 Lampiran B:
 - (a) luas penampang atas 1 m^2 dapat mencuci pasir sekitar $8 \text{ m}^3/\text{jam}$,
 - (b) tersedia bak/tangki untuk mencampurkan pasir dengan air pencuci,
 - (c) tersedia pompa dengan ejektor untuk mengalirkan campuran air dan pasir ke atas tangki pencuci,
 - (d) kecepatan air berpasir $\bullet 1,5 \text{ m/detik}$.
- 2) Alat pencucian tipe manual dapat dilihat pada Gambar B.4.3 Lampiran B:
 - (a) untuk debit saringan $\leq 3 \text{ Liter/detik}$;
 - (b) kapasitas pencuci = kapasitas pasir per saringan yang akan dicuci;
 - (c) tersedia pompa untuk penyemprotan air pencuci;
 - (d) bak dilengkapi dengan katup.

5 Cara pengerjaan

5.1 Air baku

Lakukan penyeleksian air baku sebagai berikut :

- a) carilah data potensi air baku setempat;
- b) tentukan debit air baku maksimum, rata-rata dan minimum;
- c) catatlah data muka air baku maksimum dan minimum;
- d) kumpulkan data dan informasi mengenai hak guna air baku;
- e) periksa kualitas air baku.

5.2 Penentuan ukuran

5.2.1 Ukuran dan jumlah bak

Lakukan pekerjaan berikut :

- a) tentukan kecepatan penyaring;
- b) hitunglah besar debit pengolahan;
- c) hitung luas permukaan bak;
- d) tentukan jumlah bak dengan minimal 2 bak;
- e) tentukan kedalaman bak seperti pada Tabel 1.

5.2.2 Perlengkapan bak saringan

- a) tentukan saluran masukan (*inlet*), saluran keluaran (*outlet*), saluran pengumpul bawah (*underdrain*), pelimpah, penguras dan tinggi bebas (*freeboard*);
- b) tentukan tipe pencucian pasir penyaring.

5.3 Media penyaring dan penahan

5.3.1 Media penyaring

Lakukan pekerjaan sebagai berikut :

- a) identifikasi potensi pasir lokal;
- b) periksa kualitas pasir;
- c) tentukan gradasi pasir dengan analisis ayakan.

5.3.2 Media penahan

Lakukan pekerjaan berikut :

- a) identifikasi potensi kerikil;
- b) tentukan kualitas kerikil;
- c) tentukan gradasi kerikil dengan analisis ayakan.

5.4 Lahan Instalasi

Lakukan pekerjaan berikut :

- a) tentukan kebutuhan lahan untuk menempatkan instalasi, kantor, rumah jaga dan lain-lain;
- b) carilah data topografi, geologi berdasarkan ketentuan yang berlaku.

5.5 Pembiayaan

Lakukan pekerjaan berikut :

- a) carilah daftar harga bahan lokal;
- b) hitunglah volume pekerjaan berdasarkan ketentuan yang berlaku;
- c) hitunglah biaya pembangunan saringan pasir lambat.



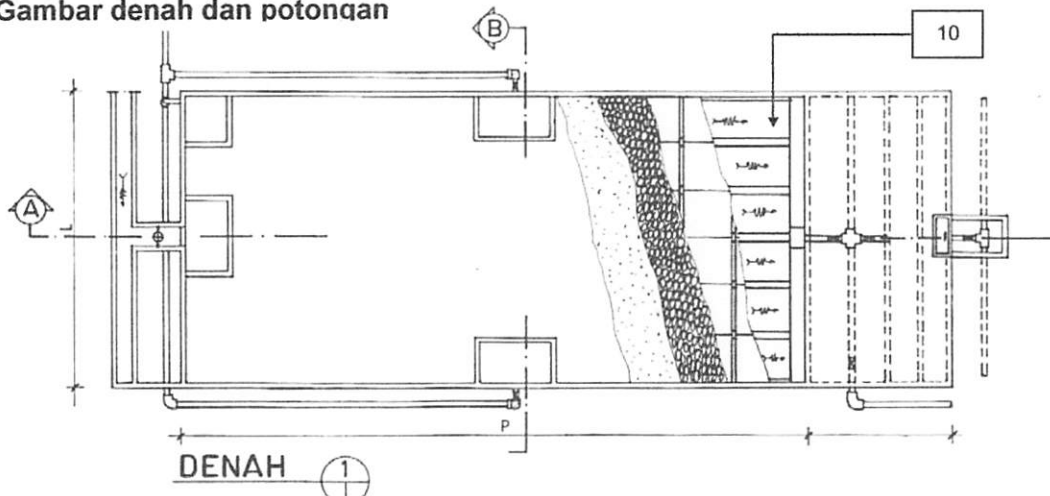
Lampiran A
(Informatif)

Daftar istilah

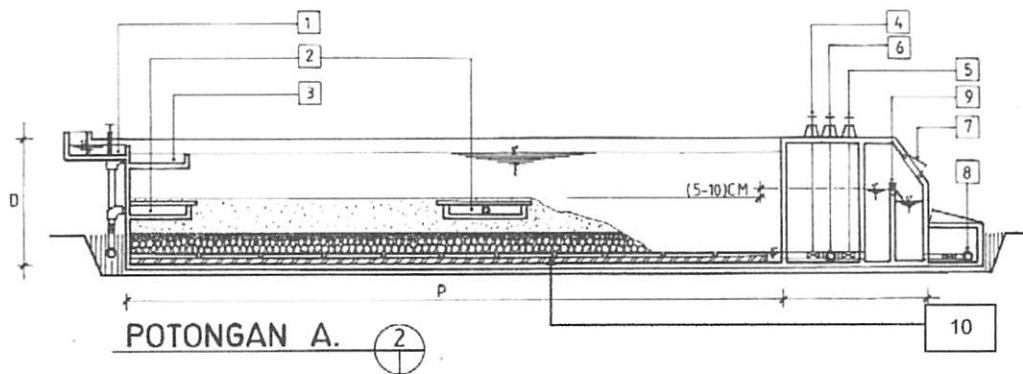
saluran masukan	:	<i>inlet</i>
saluran keluaran	:	<i>outlet</i>
melampaui, menghindari	:	<i>by-pass</i>
tersumbat, mampat	:	<i>clogging</i>
saluran pengumpul air di bawah media penahan	:	<i>underdrain</i>
diameter efektif	:	<i>effective size (ES)</i>
koefisien keseragaman	:	<i>uniformity coefficient (UC)</i>
air hasil olahan	:	<i>filtrate</i>
lapisan kulit saringan tempat berlangsung proses biokimia dan proses biologis	:	<i>schmutsdecke</i>
media pasir penyaring sudah mampat	:	<i>clogging</i>
Jumlah perbandingan terbesar	:	<i>Most Probable Number (MPN)</i>
Tinggi bebas	:	<i>free board</i>

" Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil "

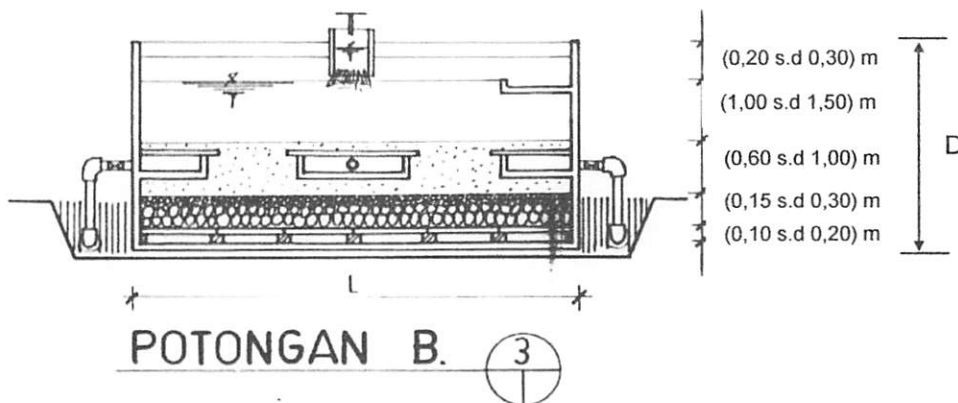
B.1 Gambar denah dan potongan



Gambar B.1.1 Denah instalasi saringan pasir lambat



Gambar B.1.2 Potongan - A instalasi saringan pasir lambat

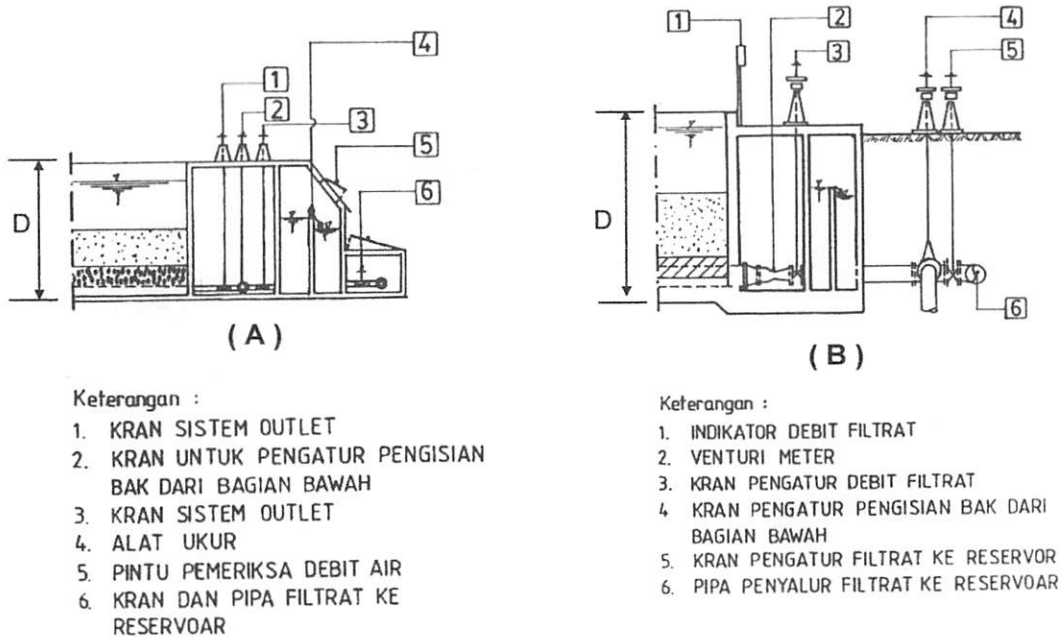


Gambar B.1.3 Potongan - B instalasi saringan pasir lambat

Keterangan:

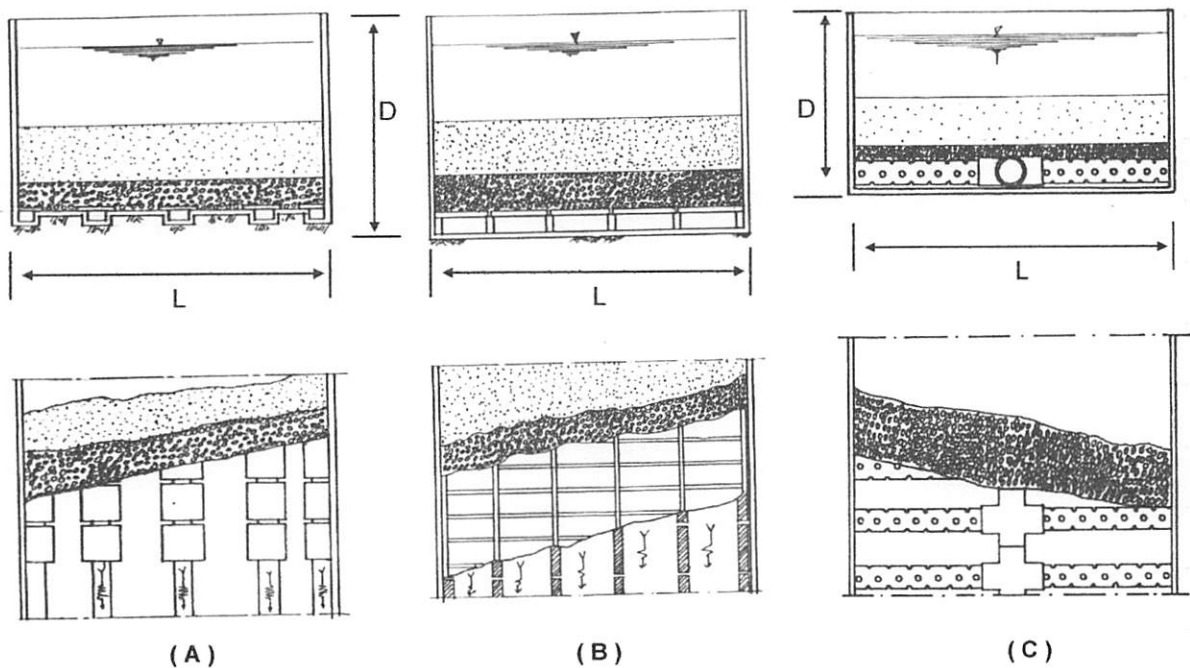
- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. Saluran masukan (<i>inlet</i>). | 6. Katup pengatur untuk pengisian bak dari bawah. |
| 2. Penguras. | 7. Pintu untuk memeriksa debit pada alat ukur efluen. |
| 3. Pelimpah | 8. Pipa <i>filtrate</i> ke reservoir. |
| 4. Katup keluran (<i>outlet</i>). | 9. Alat ukur debit <i>filtrate</i> |
| 5. Katup keluran (<i>outlet</i>). | 10. Saluran pengumpul bawah (<i>underdrain</i>) |

B.2 Sistem outlet saringan pasir lambat



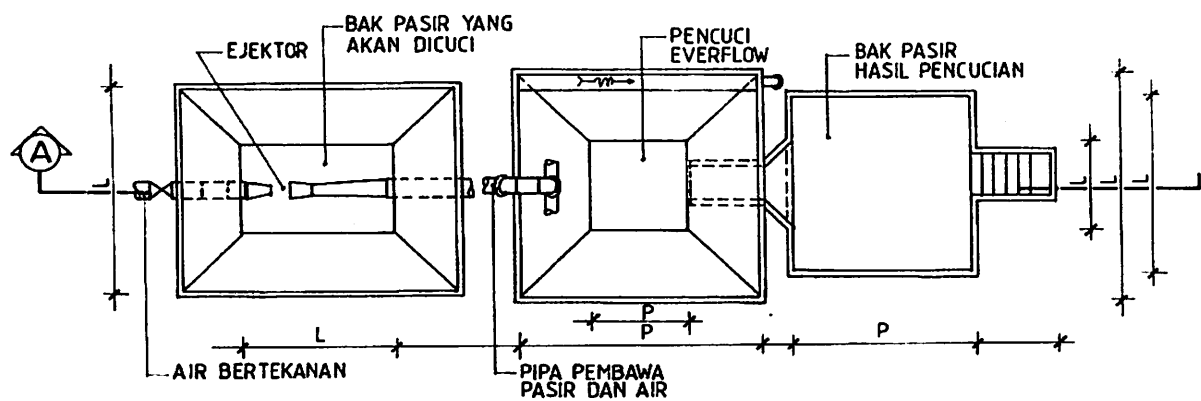
Gambar B.2 (A). Sistem outlet saringan pasir lambat tidak menggunakan Venturi Meter
Gambar B.2 (B). Sistem outlet saringan pasir lambat menggunakan Venturi Meter

B.3 Sistem underdrain saringan pasir lambat

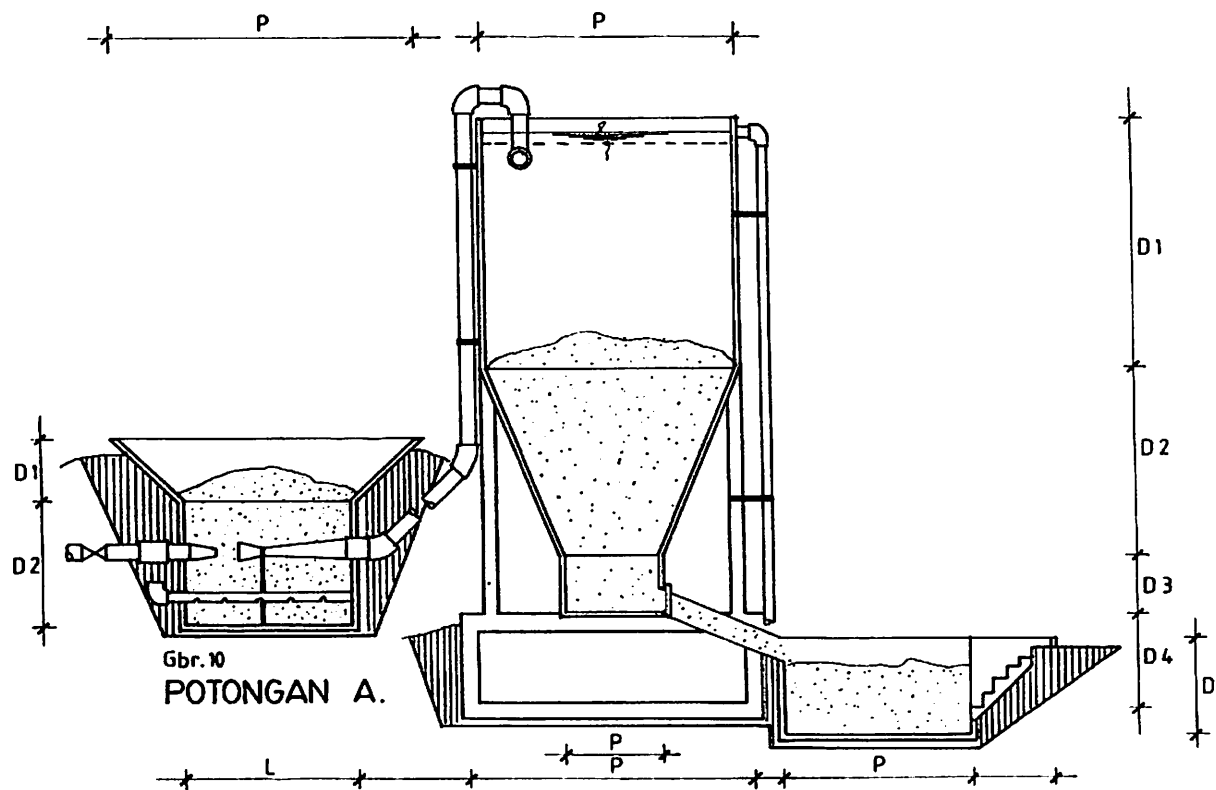


Gambar B.3 (A). Saluran pengumpul bawah. Tipe saluran memanjang dengan tutup berlubang.
Gambar B.3 (B). Saluran pengumpul bawah. Tipe susunan batu cetak / slab beton.
Gambar B.3 (C). Saluran pengumpul bawah. Tipe perpipaan manifold dan lateral.

B.4 Gambar denah dan potongan alat pencuci pasir

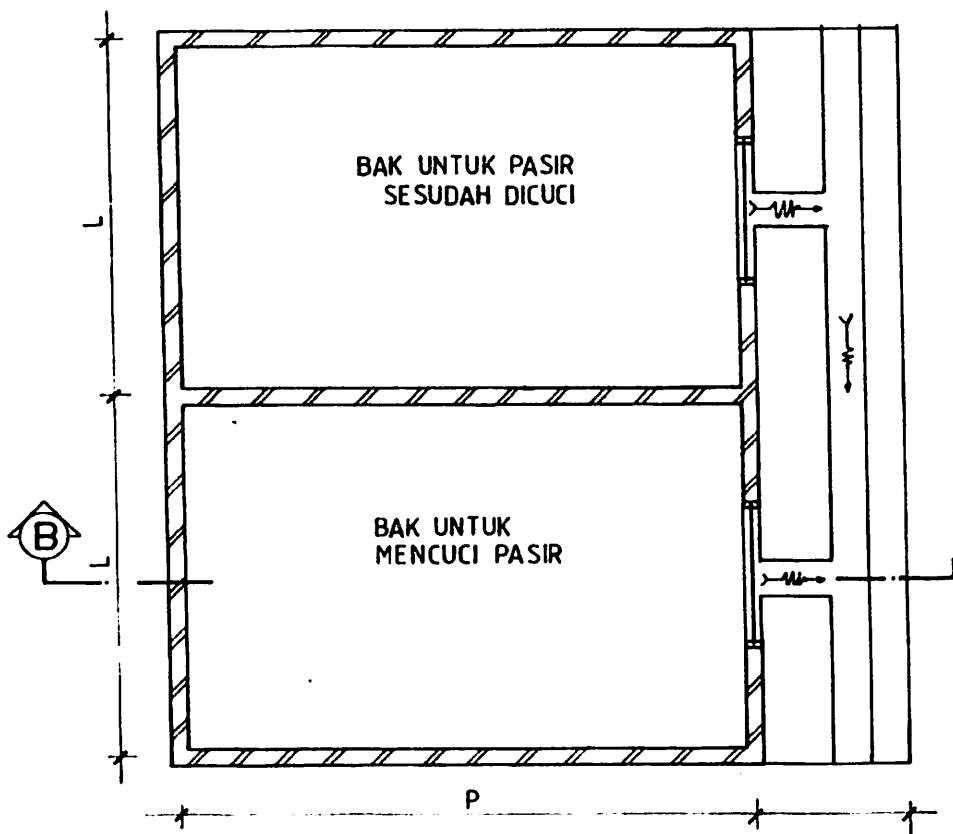


Gambar B.4.1 Denah alat pencuci pasir penyraingTipe Hidrolik

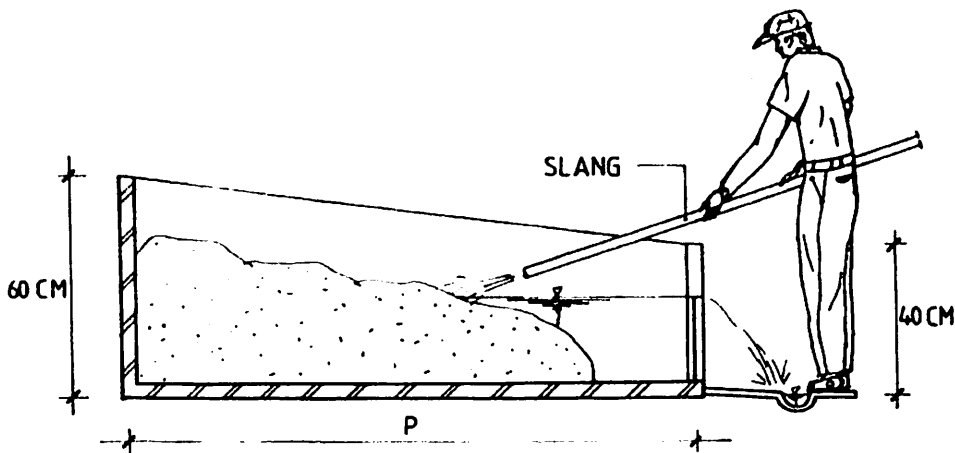


Gambar B.4.2 Potongan – A, Alat pencuci pasir penyraingTipe Hidrolik

" Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil "

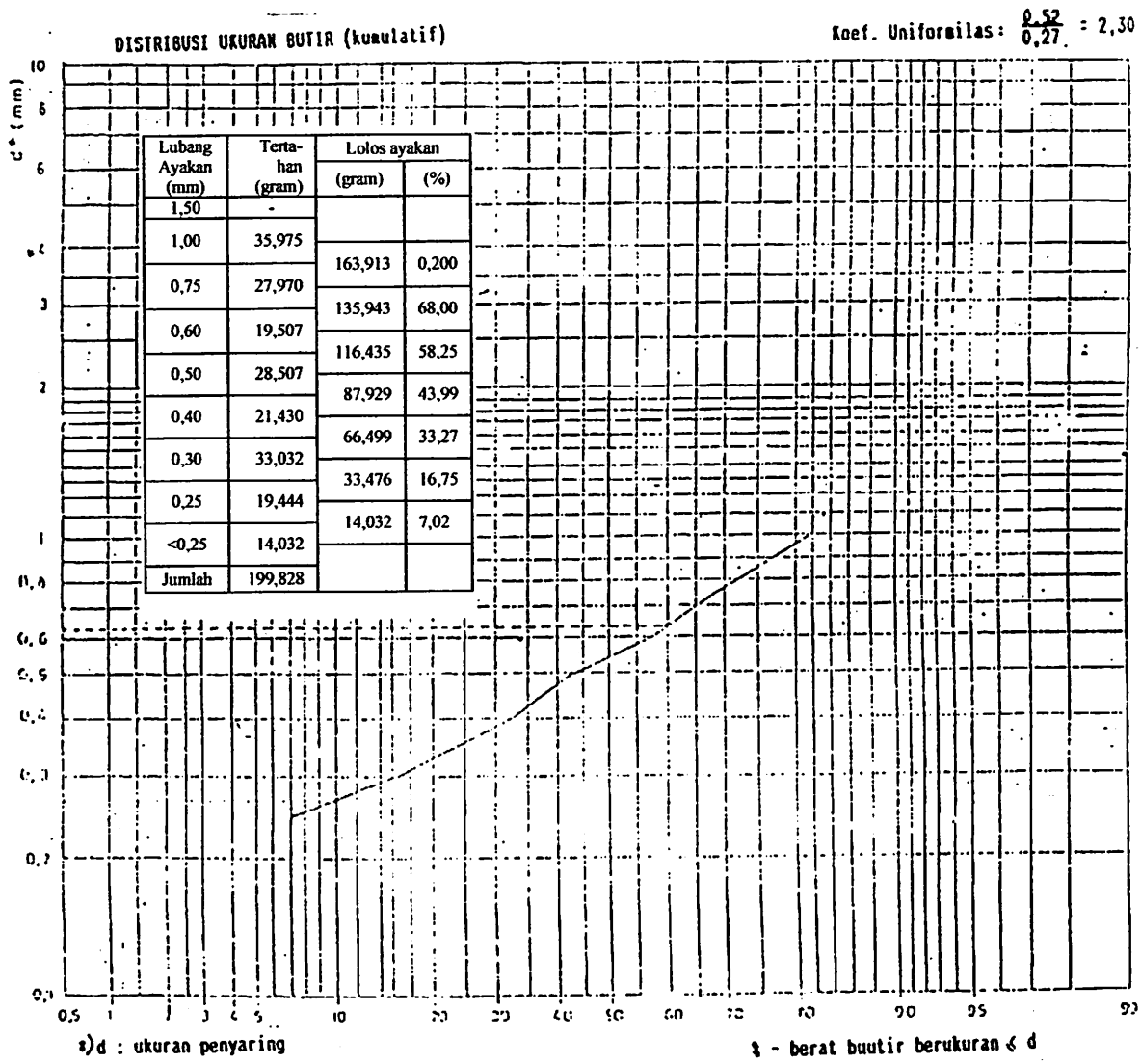


Gambar B.4.3 Denah alat pencuci pasir penyaring Tipe Manual



Gambar B.4.4 Potongan – B, alat pencuci pasir penyaring Tipe Manual

B.5 Analisis ayakan pasir penyaring



Gambar B.5 Grafik analisis ayakan dan distribusi ukuran butir pasir penyaring

" Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Penguatan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil "

Lampiran C
(Informatif)

Lain – lain

“ Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil ”

C.1 Contoh perhitungan luas permukaan bak (A)

Luas permukaan bak (A) dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$A = \left(\frac{Q}{v} \right) \text{-----} \tag{1}$$

Misalkan :

Q = 5 Liter/detik = 5 x 10⁻³ m³/detik.

v = 0,2 m/jam = 0,2 / 3600 m/detik.

Maka :

$$A = \frac{5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik.}}{0,2 / 3600 \text{ m/detik.}} = 90 \text{ m}^2$$

C.2 Contoh perhitungan ukuran panjang (P) dan lebar (L) bak

Panjang (P) dan lebar (L) dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

A = P x L ----- (2)

P : L = (1 s.d 2) : 1 ----- (3)

Ditentukan: P : L = 2 : 1

P = 2L

A = 2L²

L = $\sqrt{\frac{1}{2} A}$ = $\sqrt{\frac{1}{2} (90 \text{ m}^2)}$ = 6,7 m, ditetapkan L = 7 m.

P = 2L = 2 x 6,7 m = 13,4 m, ditetapkan P = 14 m.

C.3 Contoh perhitungan luas permukaan bak untuk debit = (1 s.d 5) Liter/detik

Hasil perhitungan luas permukaan bak (A) dapat dilihat pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Contoh perhitungan luas permukaan bak untuk debit : (1 s.d 5) l/dt.

No.	Debit (Liter/detik)	Kecepatan penyaringan (m/jam)	Luas permukaan Bak, A (m ²)
1	1,0	0,1 s.d 0,4	9 s.d 36
2	2,0	0,1 s.d 0,4	18 s.d 72
3	3,0	0,1 s.d 0,4	27 s.d 108
4	4,0	0,1 s.d 0,4	36 s.d 144
5	5,0	0,1 s.d 0,4	45 s.d 180

C.4 Contoh perhitungan kedalaman bak (D)

Kedalaman bak (D) dapat dihitung berdasarkan persyaratan pada Tabel 1, dengan mempertimbangkan kesesuaian antara kedalaman bak dengan kondisi lahan yang tersedia. Hasil perhitungan dapat dibaca pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Contoh kedalaman bak (D) saringan pasir lambat

No.	Kedalaman bak (D)	Ukuran (m)
1.	Tinggi bebas (<i>freeboard</i>)	0,30
2.	Tinggi air di atas media pasir	1,00
3.	Tebal pasir penyaring	0,75
4.	Tebal kerikil penahan	0,25
5.	Saluran pengumpul bawah (<i>underdrain</i>)	0,20
	J u m l a h	2,50

C.5 Contoh penentuan diameter efektif dan koefisien keseragaman pasir penyaring

ES dan UC dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

ES = P₁₀ (4)

UC = $\frac{P_{60}}{P_{10}}$ (5)

dimana :
ES = diameter efektif butiran
UC = koefisien keseragaman butiran

Besaran untuk P₁₀ dan P₆₀ dapat diambil berdasarkan gambar grafik dari hasil analisis ayakan. Sebagai contoh dapat dibaca pada grafik Gambar B.5 Lampiran B. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa :

- P₁₀ = ES = 0,27 mm (antara 0,2 mm s.d 0,4 mm)
 - P₆₀ = 0,62 mm
 - UC = 0,62 : 0,27 = 2,3 (antara 2 s.d 3)
- Jadi gradasi pasir (ES dan UC) memenuhi syarat untuk media penyaring pasir lambat

C.6 Contoh penentuan kualitas pasir penyaring

Penentuan kadar SiO_2 dan kelarutan pasir dalam air maupun HCl, serta berat jenis pasir ditetapkan melalui analisis kualitas air
Contoh hasil analisis kaulitas pasir sebagai berikut :

- Kadar SiO_2 = 92 % > 90 %
 - Kelarutan pasir dalam air selama 24 jam = 0,58 % < 3 %
 - Kelarutan pasir dalam HCl selama 24 jam = 2,71 % < 3,5 %
 - Berat jenis pasir = 2,60 gr/cm³ (antara 2,55 gr/cm³ s.d 2,65 gr/cm³)
- Jadi kualitas pasir memenuhi syarat untuk media penyaring pasir lambat

C.7 Contoh penentuan gradasi krikil penahan

Gradasi media kerikil ditetapkan dengan lapisan paling atas dengan butiran kecil dan berurutan ke lapisan bawah dengan butiran besar. Contoh gradasi media kerikil yang sudah ditetapkan dapat diperiksa pada Tabel 5 berikut :

Tabel 5 Contoh penentuan gradasi media kerikil

No.	Diameter kerikil rata-rata (mm)	Ketebalan (cm)	Lapisan ke (dari atas ke bawah)
1.	3 - 4	10	Ke - 1
2.	10 - 30	15	Ke - 2
Total ketebalan		25	

Bibliografi

B.B. Sundaresan; R. Paramasivan (1982), *Slow sand filtration*, Research and Demonstration Project India. National Environmental Engineering Research Institute, Nagpur India - International Reference Centre for Community Water Supply and Sanitation, The Hague Netherlands

Fair; Geyer (1954), *Water supply and wastewater disposal*, John Wiley and Son, Inc. New York – London – Sydney.

J.T. Visscher; S. Veenstra (1985), *Slow sand filtration*, Manual For Caretakers International Reference Centre for Community Water Supply and Sanitation, The Hague Netherlands

J.T. Visscher; R. Paramasivan (1986), *IRC's slow sand filtration*, Project Waterlines, Vol. 4. No. 3 January 1986

L. Huisman (1975), *Slow sand filtration*, Lecture note. Delft University of Technology, Netherlands.

.....(), *Slow sand filtration* - An International Compilation of Recent Scientific and Operation Development, American Waterwork Association (AWWA) Hand Book

.....(1987)., *Uji coba saringan pasir lambat*, Skala Laboratorium dan Model Lapangan di Dago Pojok Bandung menggunakan pasir beton dari Jabar, Jateng dan Jatim serta pasir kwarsa. Kerjasama antara Puslitbang Permukiman Departemen Pekerjaan Umum – Lembaga Pengabdian Masyarakat Institut Teknologi Bandung, Laporan Final, Tahun 1987.

Sarbidi (1988), *Operasi dan perawatan pengolahan air bersih sistem saringan pasir lambat*, pada PDAM Purwakarta. Laporan Penelitian Lapangan, Puslitbang Permukiman, Tahun 1988

.....(), *Precoat Saringan Media*, American Waterwork Association - AWWA Standards



DESAIN REAKTOR

- Reaktor I dan Reaktor 2 (ketinggian dan diameter media sama)

1. Perhitungan untuk media kerikil ($t = 15\text{ cm}$; $d = 10\text{ mm}$)

Diameter = $10\text{ mm} = 0,010\text{ m}$ (SNI 3981, 2008 range 10-30 mm)

tinggi media = $15\text{ cm} = 0,15\text{ m}$ (SNI 3981, 2008 range : 0,6 – 1 m)

factor bentuk = $0,78$ (Fair, 1993 faktor bentuk untuk butiran berbentuk rounded)

porositas = $0,43$ (Marsono, 1997)

HL = $1\text{ m} = 100\text{ cm}$ (Marsono, 1997)

dimensi kolom reaktor = $0,2\text{ m} \times 0,2\text{ m}$

kecepatan filtrasi = $0,1 - 0,4\text{ m/jam}$

V asumsi = $0,2\text{ m/jam} = 5,55 \times 10^{-5}\text{ m/dtk}$

Volume filter = luas alas x tinggi = $(0,2\text{ m} \times 0,2\text{ m}) \times 0,15\text{ m} = 0,006\text{ m}^3$

Volume rongga = volume filter x porositas = $0,006\text{ m}^3 \times 0,43 = 0,00258\text{ m}^3$

Dari volume rongga maka dapat dihitung :

$$A = \frac{\text{volume rongga}}{\text{tinggi media}} = \frac{0,00258\text{ m}^3}{0,15\text{ m}} = 0,0172\text{ m}^2$$

$$Q = A \times v = 0,0172\text{ m}^2 \times 0,2\text{ m/jam} = 0,00344\text{ m}^3/\text{jam}$$

$$NRe = \frac{\phi \cdot d \cdot v_s}{\nu} = \frac{0,98 \times 0,010\text{ m} \times 5,55 \times 10^{-5}\text{ m/dtk}}{0,9186 \times 10^{-6}\text{ m}^2/\text{dtk}} = 0,58$$

C_D (koefisien drag) untuk nilai $NRe < 1$:

$$C_D = \frac{24}{NRe} = \frac{24}{0,58} = 41,37$$

Kehilangan tekanan :

$$H_L = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot v_s^2}{\phi \cdot d \cdot \epsilon^4 \cdot g} = 1,067 \frac{41,37 \times 0,15 \times v_s^2}{0,98 \times 0,010 \times 0,43^4 \times 9,81}$$

$$100 = 1,067 \frac{41,37 \times 0,15 \times v_s^2}{0,98 \times 0,010 \times 0,43^4 \times 9,81}$$

$$v_s = 2,22 \times 10^{-3}\text{ m/dtk} = 0,22\text{ m/jam} \rightarrow \text{OK } (0,1 - 0,4\text{ m/jam})$$

$$t_D = \frac{h}{v_s} = \frac{0,15\text{ m}}{0,5\text{ m/jam}} = 0,68\text{ jam}$$

2. Perhitungan untuk media pasir kasar ($t = 25$; $d = 0,35$ mm)

Diameter = $0,35$ mm = $0,00035$ m (Marsono, 1997 range : $0,2 - 0,4$ mm)

Tinggi media = 25 cm = $0,25$ m (SNI 3981, 2008 range : $0,6 - 1$ m)

Faktor bentuk = $0,98$ (Fair, 1993 faktor bentuk untuk butiran berbentuk rounded)

porositas = $0,38$ (Marsono, 1997)

HL = 1 m = 100 cm (Marsono, 1997)

Dimensi kolom reaktor = $0,2$ m x $0,2$ m

Kecepatan filtrasi = $0,1 - 0,4$ m/jam

V asumsi = $0,2$ m/jam = $5,55 \times 10^{-5}$ m/dtk

Volume filter = luas alas x tinggi = $(0,2$ m x $0,2$ m) x $0,25$ m = $0,01$ m³

Volume rongga = volume filter x porositas = $0,01$ m³ x $0,38$ = $0,0038$ m³

Dari volume rongga maka dapat dihitung :

$$A = \frac{\text{volume rongga}}{\text{tinggi media}} = \frac{0,0038 \text{ m}^3}{0,25 \text{ m}} = 0,0152 \text{ m}^2$$

$$Q = A \times v = 0,0152 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m/jam} = 0,00304 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$NRe = \frac{\phi \cdot d \cdot v_s}{\nu} = \frac{0,98 \times 0,00035 \text{ m} \times 5,55 \times 10^{-5} \text{ m/dtk}}{0,9186 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dtk}} = 0,020$$

C_D (koefisien drag) untuk nilai $NRe < 1$:

$$C_D = \frac{24}{NRe} = \frac{24}{0,020} = 1200$$

Kehilangan tekanan :

$$H_L = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot v_s^2}{\phi \cdot d \cdot \epsilon^4 \cdot g} = 1,067 \frac{1200 \times 0,25 \times v_s^2}{0,98 \times 0,00035 \times 0,38^4 \times 9,81}$$

$$100 = 1,067 \frac{1200 \times 0,25 \times v_s^2}{0,98 \times 0,00035 \times 0,38^4 \times 9,81}$$

$$v_s = 4,68 \times 10^{-5} \text{ m/dtk} = 0,4 \text{ m/jam} \rightarrow \text{OK } (0,1 - 0,4 \text{ m/jam})$$

$$t_D = \frac{h}{v_s} = \frac{0,25 \text{ m}}{0,4 \text{ m/jam}} = 0,625 \text{ jam}$$

3. Perhitungan untuk media pasir halus ($t = 40\text{cm}$; $d = 0,2\text{mm}$)

Diameter = $0,20\text{ mm} = 0,00020\text{ m}$ (Marsono, 1997 range : $0,2 - 0,4\text{ mm}$)

tinggi media = $40\text{ cm} = 0,4\text{ m}$ (SNI 3981, 2008 range : $0,6 - 1\text{ m}$)

faktor bentuk = $0,98$ (Fair, 1993 faktor bentuk untuk butiran berbentuk rounded)

porositas = $0,38$ (Marsono, 1997)

HL = $1\text{ m} = 100\text{cm}$ (Marsono, 1997)

Dimensi kolom reaktor = $0,2\text{ m} \times 0,2\text{ m}$

Kecepatan filtrasi = $0,1 - 0,4\text{ m/jam}$

V asumsi = $0,2\text{ m/jam} = 5,55 \times 10^{-5}\text{ m/dtk}$

Volume filter = luas alas x tinggi = $(0,2\text{ m} \times 0,2\text{ m}) \times 0,4\text{ m} = 0,016\text{ m}^3$

Volume rongga = volume filter x porositas = $0,016\text{ m}^3 \times 0,38 = 0,00608\text{ m}^3$

Dari volume rongga maka dapat dihitung :

$$A = \frac{\text{volume rongga}}{\text{tinggi media}} = \frac{0,00608\text{ m}^3}{0,4\text{ m}} = 0,0152\text{ m}^2$$

$$Q = A \times v = 0,0152\text{ m}^2 \times 0,2\text{ m/jam} = 0,00304\text{ m}^3/\text{jam}$$

$$NRe = \frac{\phi \cdot d \cdot v_s}{\nu} = \frac{0,98 \times 0,0002\text{ m} \times 5,55 \times 10^{-5}\text{ m/dtk}}{0,9186 \times 10^{-6}\text{ m}^2/\text{dtk}} = 0,011$$

C_D (koefisien drag) untuk nilai $NRe < 1$:

$$C_D = \frac{24}{NRe} = \frac{24}{0,011} = 2181,81$$

Kehilangan tekanan :

$$H_L = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot v_s^2}{\phi \cdot d \cdot \epsilon^4 \cdot g} = 1,067 \frac{2181,81 \times 0,4 \times v_s^2}{0,98 \times 0,0002 \times 0,38^4 \times 9,81}$$

$$100 = 1,067 \frac{2181,81 \times 0,4 \times v_s^2}{0,98 \times 0,0002 \times 0,38^4 \times 9,81}$$

$$v_s = 2,07 \times 10^{-5}\text{ m/dtk} = 0,2\text{ m/jam} \rightarrow \text{OK } (0,1 - 0,4\text{ m/jam})$$

$$t_D = \frac{h}{v_s} = \frac{0,4\text{ m}}{0,2\text{ m/jam}} = 2\text{ jam}$$

4. Perhitungan untuk media karbon aktif ($t = 20\text{cm}$; $d = 0,2\text{mm}$)

Diameter = $0,20\text{ mm} = 0,00020\text{ m}$ (Marsono, 1997 range : $0,2 - 0,4\text{ mm}$)

tinggi media = $20\text{ cm} = 0,2\text{ m}$ (SNI 3981, 2008 range : $0,6 - 1\text{ m}$)

faktor bentuk = $0,94$ (Fair, 1993 faktor bentuk untuk butiran berbentuk rounded)

porositas = $0,38$ (Marsono, 1997)

HL = $1\text{ m} = 100\text{cm}$ (Marsono, 1997)

Dimensi kolom reaktor = $0,2\text{ m} \times 0,2\text{ m}$

Kecepatan filtrasi = $0,1 - 0,4\text{ m/jam}$

V asumsi = $0,2\text{ m/jam} = 5,55 \times 10^{-5}\text{ m/dtk}$

Volume filter = luas alas x tinggi = $(0,2\text{ m} \times 0,2\text{ m}) \times 0,2\text{ m} = 0,008\text{ m}^3$

Volume rongga = volume filter x porositas = $0,008\text{ m}^3 \times 0,39 = 0,00312\text{ m}^3$

Dari volume rongga maka dapat dihitung :

$$A = \frac{\text{volume rongga}}{\text{tinggi media}} = \frac{0,00312\text{ m}^3}{0,2\text{ m}} = 0,0156\text{ m}^2$$

$$Q = A \times v = 0,0156\text{ m}^2 \times 0,2\text{ m/jam} = 0,00312\text{ m}^3/\text{jam}$$

$$NRe = \frac{\phi \cdot d \cdot v_s}{\nu} = \frac{0,98 \times 0,0002\text{ m} \times 5,55 \times 10^{-5}\text{ m/dtk}}{0,9186 \times 10^{-6}\text{ m}^2/\text{dtk}} = 0,011$$

C_D (koefisien drag) untuk nilai $NRe < 1$:

$$C_D = \frac{24}{NRe} = \frac{24}{0,011} = 2181,81$$

Kehilangantekanan :

$$H_L = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot v_s^2}{\phi \cdot d \cdot \epsilon^4 \cdot g} = 1,067 \frac{2181,81 \times 0,2 \times v_s^2}{0,98 \times 0,0002 \times 0,38^4 \times 9,81}$$

$$100 = 1,067 \frac{2181,81 \times 0,2 \times v_s^2}{0,98 \times 0,0002 \times 0,38^4 \times 9,81}$$

$$v_s = 2,93 \times 10^{-5}\text{ m/dtk} = 0,29\text{ m/jam} \rightarrow \text{OK } (0,1 - 0,4\text{ m/jam})$$

$$t_D = \frac{h}{v_s} = \frac{0,2\text{ m}}{0,29\text{ m/jam}} = 0,68\text{ jam}$$

$$\text{Total waktu detensi} = (0,68 + 0,625 + 2 + 0,68)\text{ jam} = 3,985\text{ jam} \rightarrow t_0$$



LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Kampus 1 Jl.Bendungan Sigura-gura No.2

Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax (0341) 553015) Extension 187
Malang 65145



HASIL ANALISIS SAMPEL

A.n : Muhammad Khairul Imam (NIM : 09.26.012)
Alamat : Teknik Lingkungan ITN Malang
Lokasi : Limbah Domestik Perumahan Sawojajar I
Kecamatan Kedungkandang Kota Malang
Tanggal analisis sampel : 23 Mei – 11 Juni 2013

Analisis Konsentrasi Awal Sampel

No.	Parameter	Hari/Tanggal Analisis Sampel	Satuan	Nilai
1.	COD	Kamis, 23 Mei 2013	mgO ₂ /l	265,4
		Sabtu, 8 Juni 2013		263
		Minggu, 9 Juni 2013		267,4
2.	TSS	Kamis, 23 Mei 2013	mg/l	121,3
		Sabtu, 8 Juni 2013		120,73
		Minggu, 9 Juni 2013		124,70
3.	Minyak Lemak	Kamis, 23 Mei 2013	mg/l	15,00
		Sabtu, 8 Juni 2013		15,2
		Minggu, 9 Juni 2013		15,8

Analisis Bahan Organik

I. Reaktor I

Hari ke	Tanggal	temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	23-Mei	25,5	6,5	41,390	0	0
2	24-Mei	25,5	7,6	36,260	5,130	12,39
3	25-Mei	25,5	7,1	32,570	3,690	10,18
4	26-Mei	24,5	7,4	28,230	4,340	13,33
5	27-Mei	25	7,2	25,350	2,880	10,20
6	28-Mei	25	6,9	22,750	2,600	10,26
7	29-Mei	25	6,8	20,040	2,710	11,91
8	30-Mei	25	7,3	18,640	1,400	6,99
9	31-Mei	25,6	7,5	17,180	1,460	7,83
10	01-Juni	25,4	7,4	15,133	2,047	11,92
11	02-Juni	25,3	7,4	14,019	1,114	7,36
12	03-Juni	25,7	7,6	13,178	0,841	6,00
13	04-Juni	26,4	7,6	11,809	1,369	10,39
14	05-Juni	26,5	7,2	10,414	1,395	11,81
15	06-Juni	26,5	7,1	9,648	0,766	7,36
16	07-Juni	26,3	7,2	8,882	0,766	7,94
17	08-Juni	26,2	7,3	8,116	0,766	8,62



II. Reaktor II

Hari ke	Tanggal	temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	23-Mei	25,3	6,8	43,160	0	0
2	24-Mei	25,8	7,1	37,450	5,710	13,23
3	25-Mei	25,4	7,1	33,351	4,099	10,95
4	26-Mei	24,7	7,3	29,189	4,162	12,48
5	27-Mei	25	7,5	26,221	2,968	10,17
6	28-Mei	25	6,9	23,080	3,141	11,98
7	29-Mei	25	6,9	20,491	2,589	11,22
8	30-Mei	25	7,2	18,841	1,650	8,05
9	31-Mei	25,6	7,8	17,007	1,834	9,73
10	01-Juni	25,4	7,4	15,230	1,777	10,45
11	02-Juni	25,3	7,4	13,519	1,711	11,23
12	03-Juni	25,7	7,4	12,321	1,198	8,86
13	04-Juni	26,8	7,6	11,049	1,272	10,32
14	05-Juni	26,4	7,2	9,731	1,318	11,93
15	06-Juni	26,2	7,1	9,001	0,730	7,50
16	07-Juni	26,1	7,1	8,271	0,730	8,11
17	08-Juni	26,9	7,3	7,541	0,730	8,83

1) Analisis Konsentrasi Akhir COD Reaktor 1

No	Konsentrasi Awal (mgO ₂ /l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir COD (mgO ₂ /l)
1	263	0	1	220.96
	263		2	212.12
	263		3	197.76
	263		4	187.07
2	263	4	1	180.45
	263		2	138.59
	263		3	117.07
	263		4	94.74
3	263	8	1	136.75
	263		2	115.87
	263		3	93.86
	263		4	81.07
4	263	12	1	122.67
	263		2	97.66
	263		3	81.03
	263		4	62.05



LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Kampus 1 Jl.Bendungan Sigura-gura No.2

Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax (0341) 553015) Extension 187
Malang 65145



2) Analisis Konsentrasi Akhir COD Reaktor 2

No	Konsentrasi Awal (mgO ₂ /l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir COD (mgO ₂ /l)
1	267.4	0	1	242.16
	267.4		2	226.86
	267.4		3	204.43
	267.4		4	194.05
2	267.4	4	1	201.55
	267.4		2	171.66
	267.4		3	143.89
	267.4		4	98.78
3	267.4	8	1	140.67
	267.4		2	120.56
	267.4		3	99.73
	267.4		4	84.65
4	267.4	12	1	128.97
	267.4		2	99.99
	267.4		3	87.73
	267.4		4	77.05

3) Analisis Konsentrasi Akhir TSS Reaktor 1

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)
1	120.73	0	1	67.47
	120.73		2	44.62
	120.73		3	28.67
	120.73		4	18.09
2	120.73	4	1	60.06
	120.73		2	38.12
	120.73		3	23.09
	120.73		4	15.97
3	120.73	8	1	55.17
	120.73		2	30.52
	120.73		3	18.09
	120.73		4	11.67
4	120.73	12	1	47.17
	120.73		2	21.12
	120.73		3	11.09
	120.73		4	3.07



LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Kampus 1 Jl.Bendungan Sigura-gura No.2

Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax (0341) 553015) Extension 187
Malang 65145



4) Analisis Konsentrasi Akhir TSS Reaktor 2

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)
1	124.7	0	1	74.67
	124.7		2	48.12
	124.7		3	33.09
	124.7		4	23.07
2	124.7	4	1	67.77
	124.7		2	37.12
	124.7		3	29.09
	124.7		4	19.67
3	124.7	8	1	61.17
	124.7		2	33.12
	124.7		3	23.09
	124.7		4	16.07
4	124.7	12	1	56.07
	124.7		2	24.42
	124.7		3	13.59
	124.7		4	4.87

5) Analisis Konsentrasi Akhir Minyak Lemak Reaktor 1

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir Minyak Lemak (mg/l)
1	15.2	0	1	14.27
	15.2		2	13.82
	15.2		3	13.17
	15.2		4	12.59
2	15.2	4	1	11.69
	15.2		2	10.42
	15.2		3	8.99
	15.2		4	7.17
3	15.2	8	1	11.17
	15.2		2	10.02
	15.2		3	8.27
	15.2		4	7.08
4	15.2	12	1	10.87
	15.2		2	9.72
	15.2		3	8.09
	15.2		4	6.5



LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Kampus 1 Jl.Bendungan Sigura-gura No.2

Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax (0341) 553015) Extension 187
Malang 65145



6) Analisis Konsentrasi Akhir Minyak Lemak Reaktor 2

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (Jam)	Outlet	Konsentrasi Akhir Minyak Lemak (mg/l)
1	15.8	0	1	14.87
	15.8		2	14.42
	15.8		3	13.81
	15.8		4	13.15
2	15.8	4	1	12.71
	15.8		2	11.42
	15.8		3	9.81
	15.8		4	8.01
3	15.8	8	1	12.07
	15.8		2	11.04
	15.8		3	9.37
	15.8		4	7.68
4	15.8	12	1	11.69
	15.8		2	10.42
	15.8		3	9.1
	15.8		4	7.37

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

Asisten Laboratorium Pendamping

Prabhavali Aji Astira
NIM. 09.26.005

Mahasiswa

M. Khairul Imam
NIM. 09.26.012

Malang, 17 Juni 2013

Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan

Anis Artiyani, ST. MT
NIP. P.1030300384

DOKUMENTASI PENELITIAN



TEMPAT PENGAMBILAN SAMPEL



PERSIAPAN MEDIA



ANALISA PERMANGANAT VALUE



REAKTOR BIOSAND FILTER



LEMBAR PERSEMBAHAN

BISMILLAHIRRAHMANIRRAHIM.....

ASSALAMU'ALAIKUM WR. WB.

BERJUTA UCAPAN SAYA PERSEMBAHKAN KEPADA TUHAN YME ALAH SWT KARENA BERKAT RAHMAT DAN HIDAYAT-NYA SAYA MAMPU MENYUSUN SKRIPSI INI

TIKAP LOPA POLA SALAWAT SERTA SALAM SAYA HANTURKAN KEPADA

JURUNGANKU BAGINDA RASULULLAH SAW ATAS TELADANNYA.

UCAPAN TERIMA KASIH TIADA HABISNYA SAYA BERIKAN KEPADA SEMUA ORANG YANG BEKERJA SAMA DENGAN SAYA DALAM MENYUSUN SKRIPSI INI, BAKI

DALAM SEGI TENAGA, FIKIRAN DAN DOKUNGAN.

PERTAMA - TAMA, SAYA INGIN MENGUCAPKAN TERIMA KASIH SEBESAR-BESARNYA KEPADA KEDUA ORANGTUA SAYA, YAITU BPK MAHFUD H. IBRAHIM DAN IBU ENY MARIDAN YANG TIADA HENTI-HENTINYA MEMBERIKAN DO'A YANG TULUS SERTA DOKUNGAN BAKI DALAM BENTUK DOKUNGAN ROHANI MAUPUN JASMANI, ANAK MU UDA JADI SARJANA INI....MOHON MAAF SEBESAR-BESARNYA KLO SELAMA KULIAH IRUL SELALO NYUSAHIN IBU SMA BPK.....INSYA ALLAH DI KEMUDIAN HARI IRUL BAKALAN BALAS JASA IBU SMA BAPAK, DAN BAKALAN JADI ANAK YANG BERBAKTI JUGA JADI PEDOMAN BUAT ADEIK-ADEIK... AMIN YA RABBAL ALAMIN

BUAT ADEIK-ADEIK KU TERCINTA M. FITRAH RAMADHAN, FATHAN KAMIL, NADIVA AJRIANTI DAN NAYLA HASANAH YANG SELALO MENJADI PENYEMANGAT, MENJADI TEMAN, MENJADI ORANG - ORANG TERDEKAT ABANG, TERIMA KASIH BANYAK YA DEK.....JADI LAH ANAK - ANAK YANG BERGUNA BAGI BAPAK DAN IBU, BUAT PEANK ALAS FITRAH JANGAN BANDEL, JANGAN MINTA DANG MULO, JANGAN BIKIN ORTU MARAH MULO, BELAJAR YANG BENER KLO KULIAH, BIKIN BANGGA ORTU SMA ADEIK ADEIK LU TUH, PENTINGIN KULIAHNYA DARI PADA MAINYA, KORANGI NGEROKOKNYA YEE.....BUAT A'AN ADEIK ABANG YG KE 2, BELAJAR YG RAJIN YAA, SEKOLAH YG BENER, KLO BS OPT RANGKING TRUS YAAA, RAJIN JG SHOLAT NYA (PADAHAL SAMA) HEHEHE, LU SELALO JU ADEIK KEBANGGAN ABANG... CELEEEEEHH P.....BUAT ADEIK TERUS, KLO SEKOLAH BERANGKAT SMA POLANGNYA BARENGAN, GA BOLEH MAEN

TINGGAL2 AN LG YA... MMMUUUACH... HEHE

TERIMA KASIH POLA SAYA UCAPKAN KEPADA BPK DAN IBU DOSEN YANG TELAH MEMBIMBING SAYA DALAM MENYUSUN SKRIPSI INI. KEPADA PAK DRO PAK HERY, BU Candra, BU EY DAN BU ANIS MOHON MAAF SEBESAR-BESARNYA APABILA SELAMA PROSES BIMBINGAN SYA BERPRILAKU DAN BERUCAP KORANG BAKI DAN

TIKAP BERKEMAN DIHATI BPK DAN IBU DOSEN.....

SELANJUTNYA SAYA UCAPKAN TERIMA KASIH BOAT TMNZ TEKNIK LINGKUNGAN ATAS DUKUNGAN DAN DOA ATAS SELISAINYA SKRIPSI YG SAYA BOAT INI, TERUS SEMANGAT DAN TERUS BERTANG JADILAH CIVITAS TEKNIK LINGKUNGAN YANG BERKUALITAS BAGI MASYARAKAT DAN NEGARA.....HEHEHE

KHUSUSNYA UNTUK TEMAN - TEMAN TEKNIK LINGKUNGAN 2009 : YUDI, SIGI, IDHAM, TRIO, AJI, DIMAS, ARMIN, HENDI, ARTA, JOIS, CHARLY, ITA, ARIN, GEK, YOAN.....

KALIAN BERASAL DARI BERMACAM-MACAM PULAU YANG ADA DI INDONESIA, DI PERTEMUKAN DI PULAU JAWA, YAITU DI KOTA MALANG TERPAINYA DI KAMPUS I ITN MALANG PADA TAHUN 2009 DENGAN TUJUAN UNTUK MENJADI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN.....

DI KOTA INI, SAYA SENANG SEKALI BS MENEMUKAN TEMAN - TEMAN SEPERTUANGAN YG BERKESESAN SEPERTI KALIAN, MEMANG JUMLAH KITA SEDIKIT TP KENANGAN KITA BANYAK TEMAN.... (LEBAY) :D

SEMOGA CANDARAAN MAUPON SIFAT UNIK TAPI ANEH DAN SOLIT UNTUK DILOPAKAN SUDAH SAYA RASAKAN BERSAMA KALIAN, MANA ADA YANG SOKA NGOPIL, TRUS OPPUNYA DI KASIH KE MOUT ORG LAH (ITA), ADA YANG SOKA KELAPARAN SAMPE PERUTNYA BONTY KAYA BOM HIROSHIMA NAGASAKI LAH (TRIO), ADA YANG NYANYIZ SAMBIL MANGAPZ GA JLS DI JALAN LAH (POCIN), ADA YG LAGI KULIAH, DI TELPONIN DIA MALAH NGE DANCE LAH (YOAN), ADA YANG PASANG MUKA SANGAR TP IMUT KLO DI KONTRAKAN LAH (JOIS), ADA YANG ILANG KULIAH TP DI AJAR MAIN FOTSA, DIA DATANG LAH (CHARLY), ADA YANG KSH NAFAS BAO GA JELAS TRUS MAU KENTUT NGOMONG DLO KE ORG LAH (GEK), ADA YANG TIDUR SAMBIL KETAWA, TRUS GA SOKA MAKAN SAYUR SAMA BOAH LAH (IDHAM), ADA YG KECIL, TRUS KETAWA MOKANYA KETARIK SEMUA LAH (EMEN), ADA YANG HANYA BS SATU EKSPRESI MUKA DI SEMUA KONDISI LAH (YUDI), ADA YG SOKA NGE GILING MAKANAN SMPE DIA PUAS LAH (ARIN), ADA YANG LAPORANNYA UDA JADI TP PAS TERAKHIR DIHUBUNGIN MALAH GAK BISA LAH (DIMAS), ADA YANG DI PENCET IDONGNYA, MALAH DIBILANG KYA KIKIL LAH (AJI), ADA YG NGOMONG POF JO PIIIDIIII EEEEEFF LAH (SIGI), ADA YG BILANG GUA JEPANG MALAH DIBILANG LOBANG MITABI DI DEPAN ANGGOTA IMTI PAS LG DI PADANG LAH.....HAHAHAHAHAHAHAHAHAHA

ITU LAH KALIAN, LOCU-LOCU TAPI UNIK DAN BIKIN YG LAIN HERAN.....HEHEHEHE

BOAT TMNZ 2009 YG LULUS BARENG, TRIO, AJI, YUDI, HENDI, ARIN DAN ITA..... SELAMAT MENJADI SARJANA DEH, SEMOGA SETELAH DI WISUDA NNTI PADA CEPAT DPT KERJIAN DAN SUKSES MEMBAHAGIAKAN ORTU NYA MASING-MASING.... AMINN YA RABBAH ALAMIN

BOAT TMNZ 2009 YANG AKAN MENYUSUL JADI SARJANA.... JOIS, SIGI, ARMIN, ARTA, GEK, YOAN, IDHAM, DIMAS, DAN CHARLY... TERUS SEMANGAT!!!! TERUS BERTANG!!!! SYA DOAKAN KILAN BS LULUS BERSAMAAN DI KLOTER BERKUTUNYA... AMINN YA RABBAH ALAMIN

DEMikian, UCAPAN TERIMA KASIH YG SAYA HANTURKAN....ASSALAMU'ALAIKUM WR. WB.