

SKRIPSI

**Penggunaan Reaktor Biosand Filter dengan Penambahan Gerabah dan Karbon Aktif untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Susun, Parameter Terolah: COD, TSS dan Minyak Lemak
(Studi Kasus Rumah Susun Kelurahan Kota Lama, Malang)**



**Disusun Oleh :
Ade Maherystiawan
(07.26.008)**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2011**

1948

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARY

ANN ARBOR, MICHIGAN 48106

(SPECIAL COLLECTIONS DIVISION)

1948
MICHIGAN
UNIVERSITY LIBRARY

1948
MICHIGAN
UNIVERSITY LIBRARY

MICHIGAN UNIVERSITY LIBRARY
ANN ARBOR, MICHIGAN 48106

1948
MICHIGAN

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**Penggunaan Reaktor Biosand Filter dengan Penambahan Gerabah dan Karbon Aktif untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Susun, Parameter Terolah: COD, TSS dan Minyak Lemak
(Studi Kasus Rumah Susun Kelurahan Kota Lama, Malang)**

Oleh :

Ade Maherystiawan

(07.26.008)

Menyetujui :

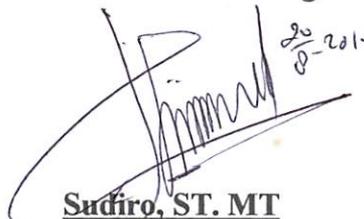
Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing I



Candra Dwiratna, ST. MT
NIP. Y. 1030000349

Dosen Pembimbing II



Sudiro, ST. MT
NIP. P. 1039900327

Mengetahui

Ketua Jurusan/Prodi Teknik Lingkungan



Candra Dwiratna, 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 : ADE MAHERYSTIAWAN
NIM : 07.26.008
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN
JUDUL : PENGGUNAAN REAKTOR BIOSAND FILTER DENGAN
PENAMBAHAN GERABAH DAN KARBON AKTIF UNTUK
MENGOLAH LIMBAH CAIR RUMAH SUSUN, PARAMETER
TEROLAH: COD, TSS, DAN MINYAK LEMAK (STUDI
KASUS RUMAH SUSUN KELURAHAN KOTA LAMA,
MALANG)

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Program Strata Satu (S-1)

Pada Hari : SABTU

Tanggal : 6 AGUSTUS 2011

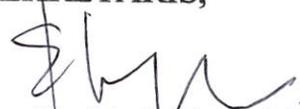
Dengan Nilai : B⁺ (75,30)

PANITIA UJIAN SKRIPSI

KETUA,

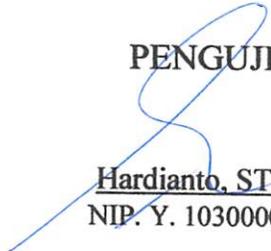

Candra Dwiratna, ST. MT
NIP. Y. 1030000349

SEKRETARIS,

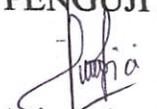

Evy Hendrianti, ST. MMT
NIP. Y. 1030333082

ANGGOTA PENGGUJI

PENGUJI I,


Hardianto, ST. MT
NIP. Y. 1030000350

PENGUJI II,


Anis Artiyani, ST. MT
NIP. P. 1030300384

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Penggunaan Reaktor Biosand Filter dengan Penambahan Gerabah dan Karbon Aktif untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Susun, Parameter Terolah: COD, TSS dan Minyak Lemak (Studi Kasus Rumah Susun Kelurahan Kota Lama, Malang)”** ini tepat pada waktunya.

Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, kerja sama dan bimbingan dari semua pihak. Dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Ibu Candra Dwiratna, ST. MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang sekaligus dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
2. Bapak Sudiro, ST. MT., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
3. Bapak Hardianto ST, MT., selaku Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
4. Ibu Evy Hendrianti, ST. MMT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang sekaligus dosen wali.
5. Dosen-dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
6. Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2007 dan semua pihak yang telah membantu dan memberi dukungan dalam penyusunan laporan skripsi ini.

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

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

Malang, Agustus 2011

Penyusun

Maherystiawan, Ade., Dwiratna C., Sudiro., 2011. **Penggunaan Reaktor Biosand Filter dengan Penambahan Gerabah dan Karbon Aktif untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Susun, Parameter Terolah: COD, TSS dan Minyak Lemak (Studi Kasus Rumah Susun Kelurahan Kota Lama, Malang).** Skripsi Jurusan teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAKSI

Rumah susun menghasilkan limbah cair dalam jumlah yang cukup banyak. Oleh karenanya diperlukan pengolahan yang memadai agar limbah cair rumah susun ini tidak merusak lingkungan disekitarnya. Limbah cair rumah susun banyak mengandung material organik yang pada umumnya cukup tinggi.

Penelitian ini menggunakan reaktor biosand filter aliran kontinu dengan ketebalan media pasir halus 30 cm, pasir kasar 25 cm, karbon aktif sekam padi 30 cm dan gerabah 15 cm. Variasi waktu detensi yang digunakan adalah 0 jam; 2 jam; 4 jam; 6 jam dan 8 jam. Parameter pencemar yang diuji adalah COD, TSS dan minyak lemak.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa reaktor biosand filter dengan penambahan gerabah dan karbon aktif mampu menurunkan konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak hingga sesuai dengan baku mutu yang ada. Keefektifitasan reaktor ini untuk parameter COD terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 6, sedangkan untuk parameter TSS dan minyak lemak terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 8. Konsentrasi COD dapat diturunkan hingga 69,23 % dari konsentrasi 208 mg/l menjadi 64 mg/l. Konsentrasi TSS dapat diturunkan hingga 95,72 % dari konsentrasi 116,70 mg/l menjadi 5 mg/l. Sedangkan konsentrasi minyak lemak dapat diturunkan hingga 56,35 % dari konsentrasi 18,1 mg/l menjadi 7,9 mg/l.

Kata Kunci : *Biosand filter*, BOD, COD, minyak lemak dan limbah cair rumah susun.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAKSI	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.2.1 Rumusan Masalah	3
1.2.2 Hipotesa	3
1.2.3 Lingkup Penelitian	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Air Limbah	5
2.2 Sumber Asal Air Limbah	5
2.2.1 Sumber Air Limbah Rumah Tangga	6
2.2.2 Karakteristik Air Buangan Domestik	6
2.2.3 Kandungan Limbah Rumah Tangga	8
2.3 Kriteria Desain <i>Slow Sand Filter</i>	9
2.4 <i>Biosand Filter (BSF)</i>	10
2.4.1 Mekanisme Penyisihan Kontaminan Dalam <i>Biosand Filter</i>	11
2.4.2 Lapisan <i>Biofilm</i> atau <i>Schmutzdecke</i>	12
2.4.3 Pematangan Lapisan <i>Biofilm</i>	13
2.4.4 Aklimatisasi	13
2.4.5 Pembersihan <i>Biosand Filter</i>	13
2.5 Gerabah/Tembikar	15

2.6	Karbon Aktif (<i>Activated Carbon</i>).....	17
2.6.1	Pembuatan Karbon Aktif.....	18
2.7	Sekam Padi.....	18
2.7.1	Selulosa.....	19
2.7.2	Lignin	19
2.8	<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	20
2.9	<i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	21
2.10	Minyak dan Lemak.....	21
2.11	Metode Pengolahan Data	24
2.11.1	Statistik Deskriptif dan Inferensi	24
2.11.2	Analisis Korelasi	24
2.11.3	Analisis Regresi	25
2.11.4	Pengantar Desain Eksperimen	26
2.11.5	Langkah-langkah dalam Desain Eksperimen	26
2.11.6	<i>Analysis of Variance</i>	26
BAB III METODE PENELITIAN		27
3.1	Umum	27
3.2	Jenis Penelitian.....	27
3.3	Objek Penelitian	27
3.4	Lokasi Penelitian	28
3.5	Variabel Penelitian	28
3.6	Bahan dan Alat Penelitian.....	30
3.7	Pelaksanaan Penelitian.....	31
3.8	Aklimatisasi	33
3.9	Pengukuran COD, TSS, dan Minyak Lemak.....	34
3.10	Analisis Data	34
3.11	Kesimpulan dan Saran	35
3.12	Kerangka Penelitian.....	36

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Karakteristik Limbah Cair Rumah Susun (Rusun) Kelurahan Kota Lama Malang	37
4.2 Penyisihan Bahan Organik Pada Tahap Aklimatisasi	38
4.3 Konsentrasi COD, TSS, dan Minyak Lemak Setelah Proses.....	41
4.4 Pengolahan Data.....	42
4.4.1 Persentase Penurunan COD	42
4.4.2 Persentase Penurunan TSS	42
4.4.3 Persentase Penurunan Minyak Lemak	43
4.5 Analisis Deskriptif.....	44
4.5.1 Analisis Deskriptif Penurunan COD	44
4.5.2 Analisis Deskriptif Penurunan TSS	45
4.5.3 Analisis Deskriptif Penurunan Minyak Lemak	46
4.6 Analisis Korelasi	47
4.6.1 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan COD	48
4.6.2 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan TSS.....	49
4.6.3 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak.....	50
4.7 Analisis Regresi.....	50
4.7.1 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan COD.....	51
4.7.2 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan TSS	53
4.7.3 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak.....	54
4.8 Analisis ANOVA One Way	56
4.8.1 Analisis ANOVA One Way Untuk Persentase Penyisihan COD..	56
4.8.2 Analisis ANOVA One Way Untuk Persentase Penyisihan TSS ...	57
4.8.3 Analisis ANOVA One Way Untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak	58
4.9 Pembahasan.....	59
4.9.1 Penurunan Konsentrasi COD.....	59

4.9.2	Penurunan Konsentrasi TSS	61
4.9.3	Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak	62
4.10	Kualitas Output Pengolahan Biosand Filter dengan Penambahan Gerabah dan Karbon Aktif Berdasarkan Standar Baku Mutu.....	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		65
5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Fisik Limbah Domestik.....	7
Tabel 2.2 Komposisi Limbah Domestik	8
Tabel 2.3 Perbedaan antara saringan pasir lambat dengan saringan pasir cepat.....	9
Tabel 4.1 Karakteristik Air Limbah Domestik Rusun Kelurahan Kota Lama Malang	37
Tabel 4.2 Penyisihan Bahan Organik.....	39
Tabel 4.3 Konsentrasi COD Setelah Proses.....	41
Tabel 4.4 Konsentrasi TSS Setelah Proses	41
Tabel 4.4 Konsentrasi Minyak Lemak Setelah Proses.....	41
Tabel 4.5 Persentase Penurunan Konsentrasi COD	42
Tabel 4.6 Persentase Penurunan Konsentrasi TSS	43
Tabel 4.7 Persentase Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak.....	44
Tabel 4.8 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Detensi (jam)	48
Tabel 4.9 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Detensi (jam)	49
Tabel 4.10 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan Minyak Lemak (%) Terhadap Waktu Detensi (jam)	50
Tabel 4.11 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Detensi (jam)	51
Tabel 4.12 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Detensi (jam)	53
Tabel 4.13 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) Terhadap Waktu Detensi (jam)	54
Tabel 4.14 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu Detensi (jam) Terhadap Persentase Penyisihan COD (%)	56
Tabel 4.15 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu Detensi (jam) Terhadap Persentase Penyisihan TSS (%).....	57
Tabel 4.16 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu Detensi (jam) Terhadap Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%)	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Unit <i>Biosand Filter</i>	10
Gambar 2.2 Skema Zat Padat	21
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian	36
Gambar 4.1. Persen (%) penyisihan bahan organik pada saat aklimatisasi	40
Gambar 4.2. Persentase penurunan konsentrasi COD	45
Gambar 4.3. Persentase penurunan konsentrasi TSS	46
Gambar 4.4. Persentase penurunan konsentrasi minyak lemak	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di negara berkembang seperti Indonesia khususnya pada kawasan rumah susun (rusun) keterbatasan biaya dalam pembangunan IPAL domestik menjadi masalah tersendiri. Selain keterbatasan biaya, adanya keterbatasan tenaga khusus, serta diperlukan lahan yang luas untuk pembangunan IPAL domestik menyebabkan teknologi tersebut sukar untuk diwujudkan. Belum lagi biaya perawatan dan operasionalnya. Sehingga diperlukan suatu teknologi baru yang sederhana, mudah dan murah serta terjangkau dalam sistem pengoperasian dan perawatannya.

Salah satu teknologi tepat guna yang berpotensi mampu mengolah limbah domestik adalah *biosand filter*. *Biosand filter* merupakan salah satu pengembangan dari *Slow Sand Water Filter*. Selama proses penyaringan, air yang diolah akan dilewatkan pada media filter dengan kecepatan aliran yang rendah. *Biosand filter* dikembangkan dalam memenuhi kebutuhan air bersih dan sehat pada negara-negara berkembang. Pada beberapa contoh manfaat penerapan dari teknologi ini adalah mampu mencapai 99,99% untuk menghilangkan bakteri virus tipus, mampu menurunkan hingga 83% - 99,6% bakteri E.coli, mampu menurunkan kandungan besi dan arsen dengan rata-rata efisiensi penurunan 93% (dinegara Nepal), dan mampu menurunkan kekeruhan dan jumlah padatan dalam air hingga 75% (Anonim, 2004). Keuntungan teknologi ini selain murah, membutuhkan sedikit pemeliharaan dan beroperasi secara grafitasi.

Biosand filter pada umumnya menggunakan media pasir dan kerikil, namun pada penelitian kali ini akan dilakukan penambahan media berupa gerabah dan karbon aktif guna meningkatkan efisiensi. Penggunaan karbon aktif pada saat ini telah banyak sekali dikembangkan. Pengolahan air dengan menggunakan karbon aktif biasanya digunakan sebagai proses kelanjutan setelah pengolahan fisik atau biologis terlebih dahulu. Pada proses ini karbon aktif digunakan untuk mengurangi kadar dari bahan-bahan organik terlarut yang ada dalam air.

Penelitian tentang biosand filter sebelumnya pernah dilakukan oleh Puspita dan Griswidia. Puspita, 2008 dengan judul Penurunan Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) pada Limbah Laundry dengan Menggunakan Reaktor Biosand Filter Disertai dengan Reaktor Karbon Aktif mampu menurunkan konsentrasi TSS dengan efisiensi 78%. Sedangkan Griswidia, 2008 dengan judul Penurunan Kadar Minyak Lemak pada Limbah Cair Laundry dengan Menggunakan Reaktor Biosand Filter di Lanjutkan dengan Reaktor Karbon Aktif mampu menurunkan konsentrasi minyak lemak dengan efisiensi 67,44 %.

Gerabah memiliki nilai porositas sebesar 0,48 sehingga memiliki kemampuan menyerap yang baik. Penelitian tentang gerabah/gerabah sebelumnya pernah dilakukan oleh Aditya, 2009 dengan judul Peningkatan Kualitas Air PDAM Menggunakan Gerabah dengan Menggunakan Perak Nitrat, dan oleh Badrus, 2008 dengan judul Penurunan BOD dan COD pada Rumah Makan X Menggunakan Aerobik Biofilter dengan Media Pecahan Genting dengan efisiensi 65,52%. Penambahan media gerabah sebagai pengganti kerikil diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, dimana fungsinya tidak hanya sebagai penahan media di atasnya, tetapi dapat menyerap kandungan pencemar dari limbah cair rumah susun.

Apabila dilihat dari keilmuan teknik lingkungan, biosand filter dengan penambahan gerabah dan karbon aktif diharapkan mampu menjadi solusi untuk mengolah limbah cair rumah susun secara efektif. Limbah cair rumah susun saat ini belum mendapat perlakuan yang serius sehingga berpotensi mencemari lingkungan. Efek yang dapat ditimbulkan akibat membuang limbah domestik secara langsung ke saluran drainase dan/atau badan air tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu diantaranya adalah gangguan terhadap kesehatan, gangguan terhadap biota perairan, peningkatan nilai BOD di badan air, peningkatan eutrofikasi, infiltrasi ke air tanah dan gangguan estetika.

1.2 Rumusan Masalah

1.2.1 Rumusan Masalah

1. Seberapa besar efektifitas penggunaan reaktor biosand filter dengan penambahan gerabah dan karbon aktif dalam menurunkan COD, TSS dan minyak lemak di dalam limbah cair yang berasal dari rumah susun hingga sesuai dengan baku mutu yang ada.
2. Berapa lama waktu efektif yang diperlukan untuk menurunkan COD, TSS dan minyak lemak dengan menggunakan reaktor biosand filter dengan penambahan gerabah dan karbon aktif.

1.2.2 Hipotesa

Reaktor *Biosand Filter* dengan penambahan gerabah dan karbon aktif berkemampuan menurunkan kandungan COD, TSS dan minyak lemak di dalam limbah cair rumah susun secara efektif.

1.2.3 Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian ini adalah :

1. Sampel limbah yang digunakan berasal dari limbah cair domestik rumah susun kota Malang yang berasal dari buangan dapur dan kamar mandi (*grey water*).
2. Media yang digunakan adalah pasir, gerabah dari pecahan genting dan karbon aktif dari sekam padi.
3. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
4. Parameter yang dianalisis adalah konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak

1.3 Tujuan

1. Mengetahui efektifitas dari reaktor biosand filter dengan penambahan gerabah dan karbon aktif dalam penurunan konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair rumah susun

2. Mencari waktu efektif yang diperlukan untuk menurunkan COD, TSS dan minyak lemak dengan menggunakan reaktor biosand filter dengan penambahan gerabah dan karbon aktif.

1.4 Manfaat Penelitian

Kegunaan program ini antara lain sebagai berikut ini:

1. Mendapatkan suatu alternatif teknologi yang murah, sederhana, dan mudah pengoperasiaannya untuk menurunkan kandungan COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair rumah susun.
2. Memberikan data informasi tentang kemampuan reaktor biosand filter dengan penambahan gerabah dan karbon aktif dalam menurunkan kandungan COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair rumah susun sehingga untuk selanjutnya air tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih.
3. Menekan resiko terjadinya penyakit yang disebabkan karena mengkonsumsi air yang tercemar.

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 pencemaran yang bersifat racun dan berbahaya karena alasan warna, kandungan bahan kimia organik dan anorganik, keasaman, alkalinitas dan sifat-sifat lainnya.

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

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

2.2 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).

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 unsur-unsur organik tersuspensi maupun terlarut dan juga unsur-unsur anorganik serta mikroorganisme. Unsur-unsur tersebut memberi corak kualitas air buangan dalam sifat fisik, kimiawi maupun biologis (Sugiharto, 1987).

a) Karakteristik Kimiawi

Karakteristik kimiawi yang menjadi parameter 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 benda-benda terapung tidak segera mengendap. Penguraian bahan-bahan organik juga menimbulkan terbentuknya warna. Parameter ini dapat menunjukkan kekuatan pencemar. Komponen penyusun bahan-bahan organik seperti protein, lemak, minyak dan sabun cenderung mempunyai sifat yang tidak tetap dan mudah menjadi busuk. Tabel 2.1 menunjukkan pengaruh dan penyebab air buangan domestik dari karakteristik fisik.

Tabel 2.1 Karakteristik Fisik Limbah Domestik

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

Sumber : Sugiharto, 1987

2.2.3 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 menunjukkan komposisi limbah cair rumah tangga.

Tabel 2.2 Komposisi Limbah cair rumah tangga

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

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

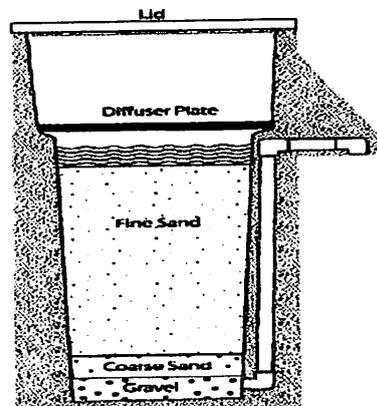
Tabel 2.3 Perbedaan Antara Saringan Pasir Lambat Dengan Saringan Pasir Cepat

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

Sumber : Marsono, 1997

2.4 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*

(Sumber: Yung & Kathleen, 2003)

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

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 μm akan tertahan seiring dengan pertambahan deposit partikel di permukaan media pada saat operasional filter. Koloid (0,001-1 μm) dan bakteri (1 μm) 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 & Sophie, 2003).

2.4.4 Aklimatisasi

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

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

2.4.5 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 pemberihan setiap 2 minggu atau bahkan sesering mungkin. Selain kekeruhan, jumlah pembersihan tergantung pada distribusi partikel, kualitas air yang masuk dan temperatur air.

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

a. Efektif

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

b. Murah

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

c. Sederhana

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

Kerugian *biosand filter* :

- a. Sangat sensitif dengan variasi pH air baku.
- b. Waktu pengendapan air baku cukup lama sehingga proses filtrasi juga berlangsung lama apabila kapasitas besar.
- c. Karena pencucian umumnya dilakukan secara manual sehingga akan membutuhkan tenaga manusia yang banyak, tetapi dalam skala kecil tidak terlalu berat.

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 Gerabah/Tembikar

Gerabah merupakan terjemahan kamus dari kata *ceramics* dalam bahasa Inggris. Kata *ceramics* berasal dari istilah Yunani *keramos* yang memiliki arti bahan yang dibakar (Norton, 1957 dalam Aditya, 2009).

Badan gerabah daya serap airnya lebih tinggi dari porselin, maka dari itu kekuatannya lebih rendah dari porselin. Di Indonesia istilah 'gerabah' juga dikenal dengan keramik tradisional sebagai hasil dari kegiatan kerajinan masyarakat pedesaan dari tanah liat, ditekuni secara turun temurun. Gerabah juga disebut keramik rakyat, karena mempunyai ciri pemakaian tanah liat bakaran rendah dan teknik pembakaran sederhana. Awalnya orang membuat gerabah untuk peralatan rumah tangga, yang kesemuanya terbuat dari tanah liat yang dibakar. Pada perkembangan selanjutnya, kerajinan gerabah ini tidak hanya untuk

membuat barang-barang kebutuhan rumah tangga saja, tetapi juga untuk bahan bangunan, seperti bata merah, genteng dan keramik. Tetapi dewasa ini sudah mulai dikenal fungsi baru yaitu gerabah sebagai filter untuk menjernihkan air (Mudra, 2010).

Gerabah yang digunakan untuk menjernihkan air adalah gerabah yang mampu menyerap air yang terdiri dari golongan gerabah yang lunak (baik putih maupun merah) dan golongan bahan untuk bahan bangunan misalnya bata merah, genteng, ubin merah, pipa tanah, dan sebagainya. Selain itu ada lagi barang-barang yang tahan api, seperti bata tahan api, krus-krus penghancur logam, gelas, dan lain-lain. Semua itu dibuat dari bahan yang tahan api. Barang-barang yang menyerap air dari golongan gerabah lunak, terdiri dari bahan kaolin, tanah liat, dan kwarsa, hanya suhu pembakarannya lebih rendah dari porselen, yaitu 900-1200° C. Bahan-bahan untuk barang-barang bangunan dibuat dari tanah liat dan pasir atau semen merah dengan membakarnya sampai suhu 900-1000° C.

Menurut Razak (1981) dalam Aditya (2009), gerabah dapat dibagi menjadi 2 golongan besar, yaitu :

1. Dapat menghisap air

Terdiri dari golongan gerabah yang lunak (baik putih maupun merah) dan barang-barang untuk bahan bangunan. Golongan jenis ini terdiri dari bahan kaolin, tanah liat dan kwarsa dengan suhu pembakaran antara 900 C-1200C. Sedangkan untuk bahan bangunan dibuat dari tanah merah liat dan pasir atau semen merah dengan suhu pembakaran 900 C-1000C.

2. Tidak dapat menghisap air

Umumnya terdiri dari golongan porselen dan golongan gerabah keras yang terbuat dari tanah putih (kaolin) dicampur dengan kwarsa, batu kapur (*limestone*) dan felspat kemudian dibakar sampai 1400C.

Menurut Astuti (1997) dalam Aditya (2009) tanah liat sebagai bahan baku mempunyai sifat fisis dan kimia yang penting untuk pembuatan gerabah, yaitu :

1. Sifat Liat (plastis)

Tanah liat harus dapat dibentuk dengan mudah. Besar kecilnya partikel (butir - butir) tanah juga zat -zat organis sangat mempengaruhi sifat plastisnya.

2. Sifat *Porous*

Tanah liat mengandung partikel pembentuk tanah, yang terdiri dari partikel halus dan kasar. Perbandingan dan besar butir dalam tanah sangat mempengaruhi sifat tanah tersebut.

3. Sifat Menggelas

Mineral-mineral dalam tanah liat dapat bertindak sebagai bahan pembentuk bahan gelas waktu dibakar. Tanah liat harus menjadi padat, keras, dan kuat (menggelas) pada suhu yang diperlukan untuk pembuatan gerabah.

4. Sifat pada Pembakaran

Apa yang terkandung pada tanah liat, memberikan pengaruh yang terlihat ketika dibakar. Seperti beberapa mineral yang memberikan efek plastis dan ada juga yang membentuk gelas. Senyawa besi cenderung memberi warna. Terkadang bebatuan kecil pada tanah liat membuatnya sukar untuk dibentuk dan retak/pecah-pecah waktu pengeringan atau pembakaran.

2.6 Karbon Aktif (*Activated Carbon*)

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

Karbon aktif adalah suatu bentuk karbon yang mampu mengadsorpsi baik dari fase gas, fase cair dan padatan. Kemampuan karbon aktif mengadsorpsi ditentukan juga oleh jumlah senyawa karbonnya. Dimana senyawa karbonnya mempunyai bentuk amorf dengan luas permukaan yang besar (500-1400 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. 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).

2.6.1 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.

2.7 Sekam Padi

Bahan baku karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa limbah berupa sekam yang merupakan kulit terluar padi.

Komponen utama sekam padi berupa:

1. Selulosa (33-44)%,
2. H₂O
3. Protein

4. Lemak
5. Abu (13-39)%
6. Lignin (19-47)% (Sumber: Hartono, 2005 dalam Astagina, 2006)

2.7.1 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 Astagina, 2006).

2.7.2 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 Astagina, 2006).

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.

2.8 *Chemical Oxygen Demand (COD)*

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

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

- Analisis *COD* hanya memakan waktu kurang lebih 3 jam, sedangkan analisis *BOD*₅ 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*.

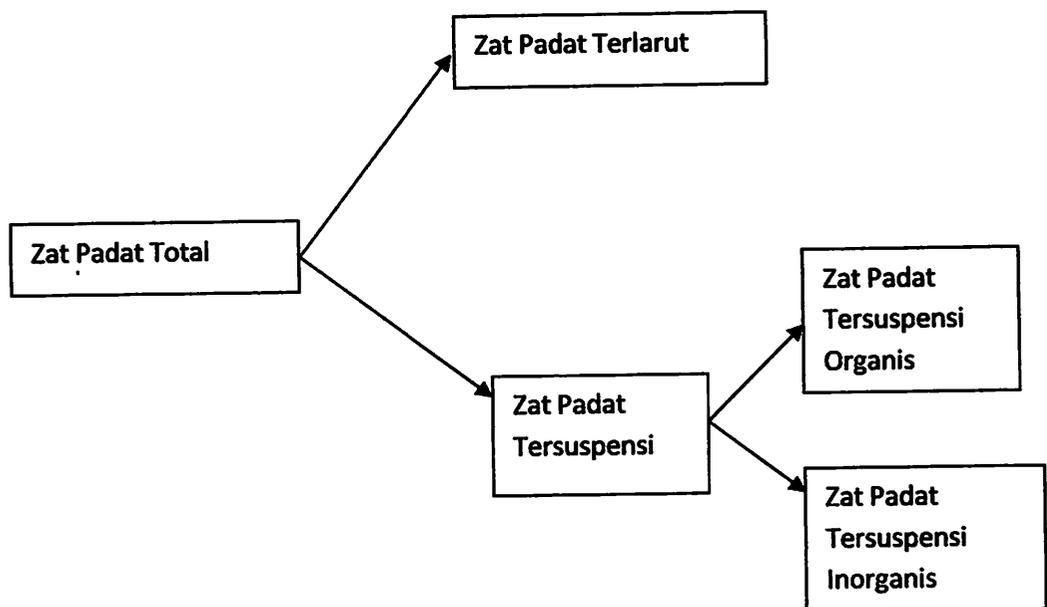
Kekurangan tes *COD* hanya merupakan suatu analisis yang menggunakan suatu reaksi oksidasi kimia yang menirukan oksidasi biologis (yang sebenarnya terjadi di alam), sehingga merupakan suatu pendekatan saja. Karena hal tersebut maka tes *COD* tidak dapat membedakan antara zat-zat yang sebenarnya tidak

teroksidasi (inert) dan zat-zat yang teroksidasi secara biologis, (Alaerts dan Santika, 1987).

2.9 *Total Suspended Solid (TSS)*

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

Pengertian zat padat total adalah semua zat-zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana, bila sampel air dalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organis dan inorganis seperti dijelaskan pada Gambar 2.2.



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

2.10 Minyak dan Lemak

Minyak lemak termasuk salah satu anggota golongan lipid yaitu merupakan lipid netral (Ketaren, 1986 dalam Griswidia, 2008). Emulsi air dalam minyak terbentuk jika droplet-droplet air ditutupi oleh lapisan minyak dimana sebagian

besar emulsi minyak tersebut akan mengalami degradasi melalui foto oksidasi spontan dan oksidasi oleh mikroorganisme.

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

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. Gliseril dari asam lemak dalam fase padat maka dikenal dengan nama lemak, sedangkan apabila dalam fase cair disebut minyak (Sugihato,1987).

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

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

menguap, sisa minyak yang tidak menguap akan mengalami emulfisikasi yang menyebabkan air dan minyak dapat bercampur.

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

Sedangkan sumber minyak lemak adalah :

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

Dalam kelarutanya 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.

2.11 Metode Pengolahan Data

2.11.1 Statistik Deskriptif dan Inferensi

Secara garis besar, statistik dibedakan menjadi 2 yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensi. Metode statistika yang meringkas, menyajikan, dan mendeskripsikan data dalam bentuk yang mudah dibaca sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi disebut statistika deskriptif. Statistika deskriptif menyajikan data dalam tabel, grafik, ukuran pemusatan data, dan penyebaran data. Agar mendapatkan data lebih terperinci, kita memerlukan analisis data dengan metode statistika tertentu. Hasil analisis data akan memberikan informasi lebih rinci sehingga kita memperoleh suatu kesimpulan mengenai suatu fenomena berdasarkan sampel yang diambil. Analisis tersebut dinamakan statistika inferensi. Statistika inferensi sering disebut statistika induktif. Statistika inferensi memerlukan pengetahuan lebih mengenai konsep probabilitas yang biasa dikenal sebagai ilmu peluang. Ilmu peluang tidak lepas dari statistika karena membantu pengambilan keputusan statistik suatu data (Iriawan dan Astuti, 2006).

2.11.2 Analisis Korelasi

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

Hipotesis

Hipotesis untuk uji korelasi adalah:

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

dimana ρ adalah korelasi antara 2 variabel.

Daerah penolakan

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

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

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

2.11.3 Analisis Regresi

Analisis regresi sangat berguna dalam berbagai penelitian antara lain:

1. Model regresi dapat digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor.
2. Model regresi dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh suatu atau beberapa variabel predictor terhadap variabel respon.
3. Model regresi berguna untuk memprediksikan pengaruh suatu variabel atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respon.

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

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

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

2.11.4 Pengantar Desain Eksperimen

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

2.11.5 Langkah-langkah dalam Desain Eksperimen

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

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

2.11.6 *Analysis of Variance*

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

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

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 (Anonim, 2004). Sedangkan teknologi karbon aktif dan juga gerabah telah digunakan dalam pengolahan air karena terbukti efektif dalam menurunkan beberapa parameter air. Pada penelitian ini akan dibahas sejauh mana efektifitas *biosand filter* dengan penambahan gerabah dan karbon aktif dalam menurunkan konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair rumah susun.

Metode penelitian dalam pelaksanaan penelitian skripsi ini diperlukan untuk memberikan gambaran umum mengenai metode-metode dan langkah-langkah yang akan digunakan dalam penelitian sehingga sesuai dengan tujuan.

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 rumah susun dengan menggunakan teknologi *biosand filter* dengan penambahan gerabah dan karbon aktif.

3.3 Objek Penelitian

Sebagai objek penelitian ini adalah kandungan COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair rumah susun.

3.4 Lokasi Penelitian

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

1. Rumah Susun Kelurahan Kota Lama Malang, sebagai titik pengambilan sampel limbah cair rumah susun.
2. Laboratorium Teknik Sipil, ITN Malang. Merupakan tempat pengayakan media filter, yaitu pasir halus, pasir kasar dan gerabah. Selain pengayakan, dilakukan juga pengeringan (menggunakan oven) untuk media pasir halus dan pasir kasar.
3. Laboratorium Teknik Lingkungan, ITN Malang. Merupakan tempat penelitian, yaitu unit *biosand filter* dengan penambahan gerabah dan karbon aktif dan tempat menganalisis sampel air untuk mengetahui kandungan COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair domestik rumah susun.

3.5 Variabel Penelitian

1. Variabel Prediktor

Pada penelitian ini menggunakan reaktor biosand filter dengan media filter berupa pasir halus, pasir kasar, karbon aktif dari sekam padi dan gerabah dari pecahan genteng.

- Tinggi /ketebalan media yang digunakan yaitu :

Pasir halus dengan ketinggian : 30 cm

Pasir kasar dengan ketinggian : 25 cm

Karbon aktif : 30 cm

Berdasarkan penelitian Puspita, 2008 dan Griswidia, 2008 dengan ketebalan media 30, 25, dan 30 cm dapat menurunkan konsentrasi TSS dengan efisiensi 78% dan konsentrasi minyak lemak dengan efisiensi 67,44%

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

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

➤ Diameter media filter

Pasir halus : 0,20 mm

Pasir kasar : 0,30 mm

Karbon aktif : 0,20 mm

Berdasarkan Marsono, 1997 ukuran diameter untuk media penyaring dalam *slow sand filter* adalah 0,2 – 0,4 mm.

➤ Debit aliran : 1,9 ml/menit

(sumber : hasil perhitungan)

➤ Waktu pengambilan sampel :

○ Pengambilan pertama

Pengambilan sampel saat efluen keluar pertama

○ Pengambilan kedua

Pengambilan sampel setelah 2 jam

○ Pengambilan ketiga

Pengambilan sampel setelah 4 jam

○ Pengambilan keempat

Pengambilan sampel setelah 6 jam

○ Pengambilan kelima

Pengambilan sampel setelah 8 jam

Berdasarkan Marsono, 1997 waktu operasional untuk *slow sand filter* adalah 20 – 120 hari. Pada penelitian ini reaktor mulai dioperasikan pada hari ke 21 (*steady state*). Setelah waktu operasional ini berjalan kemudian dilakukan pengambilan sampel setiap dua jam sekali.

Berdasarkan penelitian Nilasari, 2006 waktu optimum *slow sand filter* untuk menurunkan COD adalah 4 jam dengan efisiensi 50,57 %.

2. Variabel Respon

Parameter yang diteliti adalah konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak dari limbah cair domestik rumah susun.

3.6 Bahan dan Alat Penelitian

3.6.1 Penyediaan Media Pasir Halus, Pasir Kasar, Gerabah dan Karbon Aktif

Pada proses penelitian ini, media diayak/ disaring terlebih dahulu sebelum nantinya dimasukkan kedalam unit. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan diameter butiran yang sama.

3.6.2 Alat Penelitian

3.6.2.1 Biosand Filter (BSF)

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

Panjang unit	: 30 cm
Lebar unit	: 30 cm
Tinggi unit	: 125 cm
Tinggi total media	: 100 cm
Tinggi air diatas media pasir halus	: 5 cm
Tinggi lapisan kerikil di atas pasir halus	: 1 cm (1 lapisan)
<i>Freeboard (fb)</i>	: 10 cm

Nilai diatas berdasarkan lampiran perhitungan desain reaktor

3.6.2.3 Reservoar

Reservoar yang digunakan untuk menampung air proses limbah rumah susun sebanyak 2 buah, 1 buah reservoar yang memiliki volume 250 liter dan 1 buah reservoar yang memiliki volume 50 liter. Reservoar yang bervolume 50 liter diletakkan diatas menara air sebagai reservoar utama, sedangkan 1 reservoar lainnya diletakkan dibawah menara sebagai tempat penampungan sementara sebelum dialirkan ke reservoar utama.

3.7 Pelaksanaan Penelitian

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

3.7.1 Persiapan Media Pasir Halus, Pasir Kasar, Gerabah 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 pasir halus, pasir kasar, gerabah, dan karbon aktif harus diperhatikan dan diperlakukan sesuai dengan kriteria yang telah direncanakan. Media gerabah menggunakan genting yang dihancurkan, lalu setelah itu dilakukan pengayakan. Sedangkan media pasir langsung dilakukan pengayakan sebelum dimasukkan ke dalam filter. 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 serta bersih dari bakteri-bakteri yang mungkin masih terbawa dari proses pencucian. Untuk karbon aktif dari sekam padi, pembuatannya dilakukan sesuai prosedur di bawah ini :

3.7.1.1 Pembuatan karbon aktif dari sekam padi

Aktivasi dan karbonisasi

1. Melakukan proses karbonisasi dengan cara sekam padi 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 kaca 0,8 mm. Digunakannya kaca dalam pembuatan unit bertujuan agar pembentukan lapisan *biofilm* dan proses filtrasi dapat terlihat secara visual. Sebelum media filtrasi dimasukkan ke dalam unit, maka unit dalam keadaan siap digunakan. Setelah unit siap, media filter dimasukkan ke masing-masing unit BSF, dimana tiap unitnya memiliki ketinggian 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 pasir halus. Air berfungsi agar pasir halus tidak kering dan juga untuk menjaga kelembaban pada pasir halus dimana merupakan tempat terbentuknya lapisan *biofilm* sehingga lapisan *biofilm* yang telah terbentuk tidak rusak.

3.7.2.3 Pengujian Sampel Awal

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

3.7.2.4 Proses Sampling

Sampel diambil dari limbah yang berasal dari kamar mandi dan dapur (*grey water*) rumah susun (Rusun) JL. Muharto Gg. 5 Blok B Kecamatan Kedung Kandang, Kelurahan Kota Lama, Malang. Pengambilan sampel dilakukan pada 05.30-08.00, karena pada waktu tersebut penghuni rumah susun melakukan banyak aktifitas dalam hal pemakaian air bersih, sehingga air limbah yang dibuang banyak (Alaerts dan Sumestri, 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 aquades.

2. Pengambilan sampel

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

3. Pengawetan sampel

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

4. Analisa sampel

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

5. Aliran di dalam reaktor *biosand filter* dilakukan secara kontinyu.

6. Sampel untuk pengujian diambil dari dua titik, titik pertama yaitu pada inlet reaktor dan titik kedua yaitu pada outlet reaktor.

3.8 Aklimatisasi

Pada tahap aklimatisasi ini bertujuan untuk menumbuhkan dan mematangkan lapisan biofilm pada reaktor. Dimana dilakukan beberapa tahapan, yaitu: Pengkondisian reaktor secara batch selama beberapa hari, dimana bertujuan untuk memberikan nutrisi pada reaktor agar mulai terbentuk lapisan biofilm. Lalu dilakukan proses suplai oksigen dengan menggunakan aerator untuk mempercepat pembentukan lapisan biofilm. Setelah itu dilakukan analisa terhadap bahan organik untuk mengetahui perkembangan penguraian bahan organik. Kegiatan ini dilakukan melalui pengukuran Permanganat value (PV) selama aklimatisasi

sampai kondisi stabil (*steady state*) dicapai. 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*).

3.9 Pengukuran COD, TSS dan Minyak Lemak

Unit *Biosand Filter* dan nilai sampel effluent dari reaktor 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.

3.9.1 Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain :

- a. Limbah cair rumah susun
- b. Aquadest
- c. Media filtrasi yaitu pasir, gerabah dan karbon aktif
- d. Bahan-bahan pereaksi

3.10 Analisis Data

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

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

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

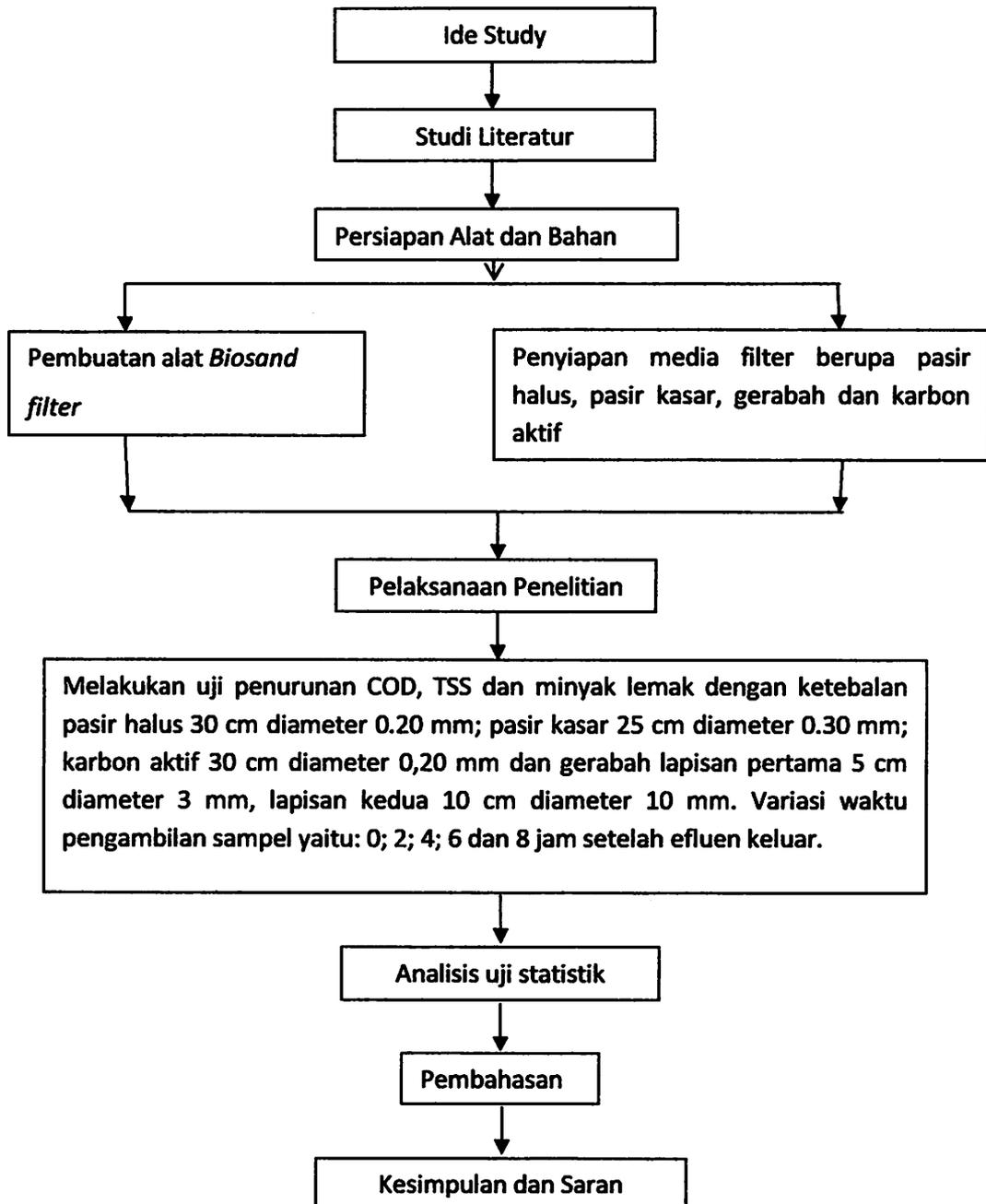
3.11 Kesimpulan dan Saran

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 diberikan nantinya diharapkan dapat berguna bagi penelitian selanjutnya yaitu penyempurnaan penelitian Kajian Pengolahan Biosand Filter Dengan Penambahan Gerabah dan Karbon Aktif Untuk Menurunkan Kandungan Limbah Cair Rumah Susun.

3.12 Kerangka Penelitian

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



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Rumah Susun Kelurahan Kota Lama Malang

Di wilayah Kota Malang terdapat satu lokasi rumah susun yaitu di daerah Kota Lama, tepatnya di JL. Muharto Gg. 5 Blok B Kecamatan Kedung Kandang, Kelurahan Kota Lama, Malang. Lokasi dari rumah susun ini dulunya merupakan bekas kuburan Cina dan sekitar rumah susun ini terdapat kelompok masyarakat berpendapatan rendah yang tinggal di bantaran Sungai Brantas. Rumah susun berkapasitas 72 KK ini awalnya dibuat untuk masyarakat yang ada di sekitar bantaran Sungai Brantas. Namun pada kenyataannya hanya sebagian kecil masyarakat sekitar yang menempati rumah susun ini, dimana sebagian besar penghuni adalah pendatang.

4.2. Karakteristik Limbah Cair Rumah Susun (Rusun) Kelurahan Kota Lama Malang

Dalam penelitian ini dilakukan analisa pendahuluan untuk memperoleh data karakteristik air limbah yang akan digunakan sebagai sampel influen pada reaktor. Berdasarkan analisa laboratorium yang dilakukan, diperoleh data karakteristik air limbah domestik rumah susun (rusun) Kelurahan Kota Lama Malang yang terdapat pada Tabel 4.1 :

Tabel 4.1. Karakteristik Air Limbah Domestik Rusun Kelurahan Kota Lama Malang

No.	Parameter	Hasil*)	Baku Mutu**)	Satuan
1.	COD	208,0	100	mg/L
2.	TSS	117	100	mg/L
3.	Minyak Lemak	18	10	mg/l

Sumber : *) *Analisa Laboratorium Lingkungan ITN Malang*

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

Berdasarkan Kepmen Negara LH No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik kadar maksimum yang diperbolehkan adalah untuk COD 100 mg/l, TSS 100 mg/l dan minyak lemak 10 mg/l. Dari hasil analisa tersebut diketahui bahwa kadar COD, TSS dan minyak lemak yang ada melampaui baku mutu jika dibandingkan dengan Kepmen Negara LH No. 112 Tahun 2003. Sehingga dilakukan penelitian untuk menurunkan COD, TSS dan minyak lemak pada sampel limbah rumah susun Kelurahan Kota Lama Malang menggunakan metode biosand filter dengan penambahan gerabah dan karbon aktif.

4.2 Penyisihan Bahan Organik Pada Tahap Aklimatisasi

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

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

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

$$\text{Penyisihan bahan organik} = \frac{30,65 - 26,54}{30,65} \times 100\% = 13,40 \%$$

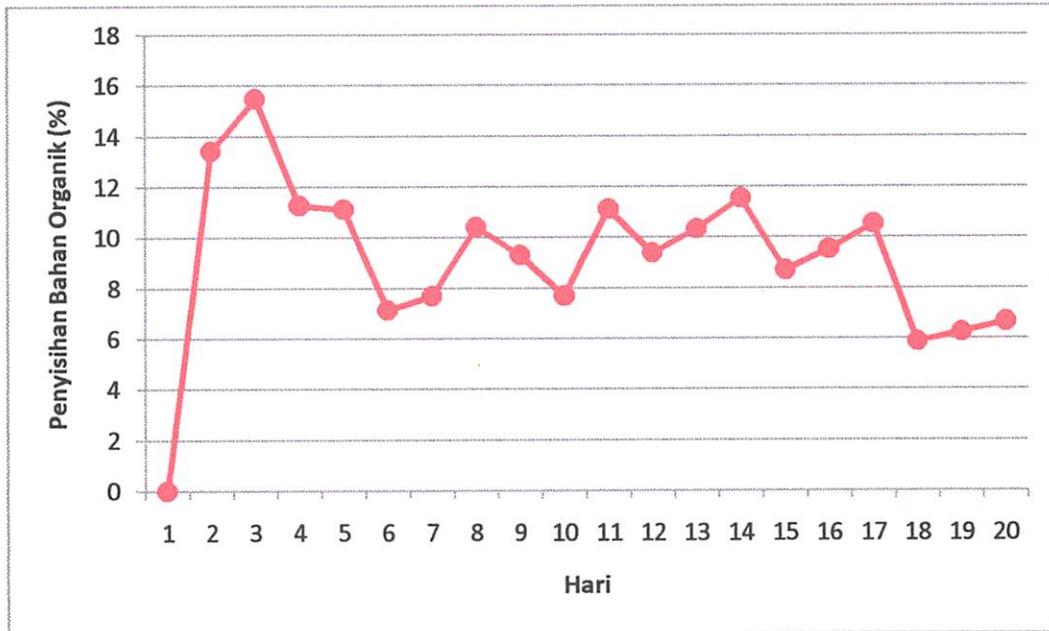
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka data konsentrasi akhir bahan organik pada proses aklimatisasi dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Penyisihan Bahan Organik

Hari ke	Tanggal	temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	24-Apr	26,4	6,9	30,65	0	0
2	25-Apr	26,5	7,2	26,54	4,108	13,40
3	26-Apr	26,5	7,3	22,44	4,108	15,48
4	27-Apr	26,2	7,2	19,91	2,528	11,27
5	28-Apr	25,9	7,1	17,70	2,212	11,11
6	29-Apr	25,8	6,8	16,43	1,264	7,14
7	30-Apr	25,8	6,8	15,17	1,264	7,69
8	01-Mei	25,7	7,2	13,59	1,58	10,42
9	02-Mei	25,9	7,5	12,32	1,264	9,30
10	03-Mei	26,1	7,4	11,38	0,948	7,69
11	04-Mei	26,4	7,4	10,11	1,264	11,11
12	05-Mei	26,1	7,6	9,16	0,948	9,38
13	06-Mei	26,4	7,5	8,22	0,948	10,34
14	07-Mei	26,5	7,3	7,27	0,948	11,54
15	08-Mei	26,5	7,3	6,64	0,632	8,70
16	09-Mei	26,3	7,2	6,00	0,632	9,52
17	10-Mei	26,2	7,4	5,37	0,632	10,53
18	11-Mei	26,2	7,3	5,06	0,316	5,88
19	12-Mei	26,4	7,4	4,74	0,316	6,25
20	13-Mei	26,2	7,6	4,42	0,316	6,67

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 pada saat aklimatisasi terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Aklimatisasi ini dilakukan secara batch selama 20 hari. Untuk penyisihan bahan organik terendah terjadi pada hari ke 18 sebesar 5,88%, sedangkan penyisihan bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 3 sebesar 15,48%. Untuk penyisihan bahan organik dengan fluktuasi dibawah 10% selama tiga hari berturut-turut terjadi pada hari ke 18, 19 dan 20 sebesar 5,88%, 6,25% dan 6,67% dengan konsentrasi bahan organik sebesar 5,06 mg/l, 4,74 mg/l dan 4,42 mg/l. Pada tahap ini dapat dikatakan kondisi stabil (*steady state*) telah tercapai.



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

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

Nilai yang stabil pada penyisihan bahan organik menunjukkan telah terbentuknya mikroorganisme yang mampu untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah dan mampu beradaptasi dengan kondisi yang ada seperti konsentrasi dan komposisi substrat di dalam reaktor. Kegiatan ini dilakukan sampai kondisi stabil (*steady state*) dicapai, yaitu apabila penyisihan bahan organik yang dikonsumsi oleh mikroorganisme mendekati harga yang stabil atau konstan. Apabila selisih penurunan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10% maka dapat dikatakan kondisi telah stabil (*steady state*). Hal ini ditunjukkan melalui pengukuran bahan organik

selama kondisi aklimatisasi pada effluent sehingga diperoleh angka pengolahan yang konstan dengan penyisihan di bawah 10%.

4.3 Konsentrasi COD, TSS, dan Minyak Lemak Setelah Proses

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui nilai konsentrasi akhir masing-masing parameter pada reaktor uji dapat dilihat pada Tabel 4.3 untuk COD, Tabel 4.4 untuk TSS dan Tabel 4.5 untuk Minyak Lemak.

Tabel 4.3. Konsentrasi COD Setelah Proses

No	Konsentrasi Awal (mgO ₂ /l)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir COD (mgO ₂ /l)
1	208	0	168
2	208	2	112
3	208	4	96
4	208	6	64
5	208	8	64

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang

Tabel 4.4. Konsentrasi TSS Setelah Proses

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)
1	117	0	19,9
2	117	2	16,1
3	117	4	13,7
4	117	6	12,9
5	117	8	11,6

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang

Tabel 4.5. Konsentrasi Minyak Lemak Setelah Proses

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir Minyak Lemak (mg/l)
1	18	0	13,97
2	18	2	10,73
3	18	4	7,13
4	18	6	5,90
5	18	8	5,33

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang

4.4 Pengolahan Data

4.4.1 Persentase Penurunan COD

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair rumah susun Kelurahan Kota Lama Malang dengan menggunakan *biosand filter* dengan penambahan gerabah dan karbon aktif mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi COD dengan tingkat penurunan yang bervariasi.

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 4.5.

Tabel 4.5. Persentase Penurunan Konsentrasi COD

No	Konsentrasi Awal COD (mgO ² /l)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir COD (mgO ² /l)	Persentase Penyisihan COD (%)
1	208	0	168,0	19,2
2	208	2	112,0	46,2
3	208	4	96,0	53,8
4	208	6	64,0	69,2
5	208	8	64,0	69,2

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.5 didapatkan persentase penurunan konsentrasi COD pada reaktor uji berada diantara 19,2% - 69,2%.

4.4.2 Persentase Penurunan TSS

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair rumah susun Kelurahan Kota Lama Malang dengan menggunakan *biosand filter* dengan penambahan gerabah dan 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 4.6.

Tabel 4.6. Persentase Penurunan Konsentrasi TSS

No	Konsentrasi Awal TSS (mg/l)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)	Persentase Penyisihan TSS (%)
1	117	0	19,9	83,1
2	117	2	16,1	86,2
3	117	4	13,7	88,3
4	117	6	12,9	88,9
5	117	8	11,6	90,1

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.6 didapatkan persentase penurunan konsentrasi TSS pada reaktor uji berada diantara 83,1% - 93,3%.

4.4.3 Persentase Penurunan Minyak Lemak

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair rumah susun Kelurahan Kota Lama Malang dengan menggunakan *biosand filter* dengan penambahan gerabah dan 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 4.7.

Tabel 4.7. Persentase Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak

No	Konsentrasi Awal Minyak Lemak (mg/l)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir Minyak Lemak (mg/l)	Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%)
1	18	0	13,97	22,4
2	18	2	10,73	40,7
3	18	4	7,13	60,7
4	18	6	5,90	67,0
5	18	8	5,33	70,5

Sumber : Hasil Perhitungan

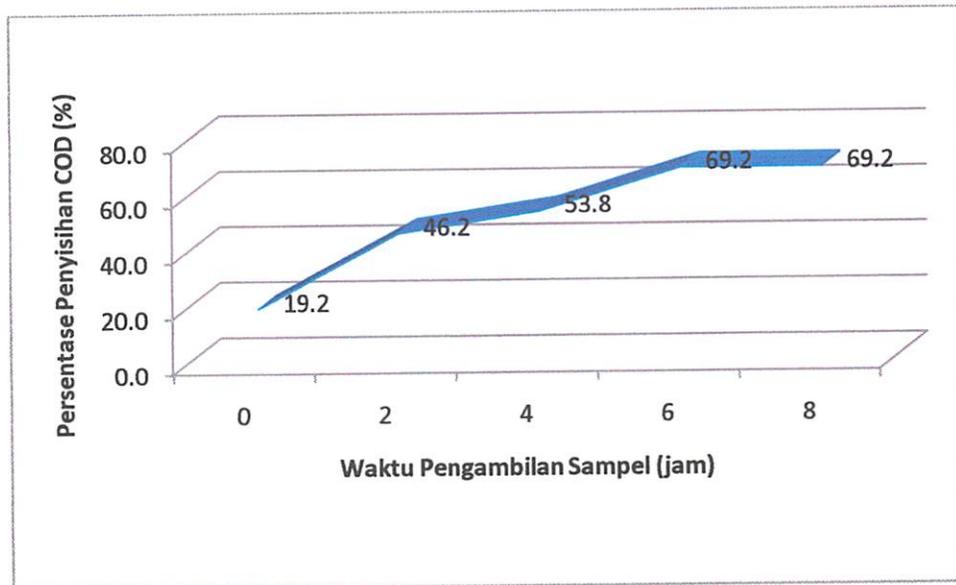
Berdasarkan Tabel 4.7 didapatkan persentase penurunan konsentrasi minyak lemak pada reaktor uji berada diantara 22,4% - 70,5%.

4.5 Analisis Deskriptif

4.5.1 Analisis Deskriptif Penurunan COD

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair rumah susun Kelurahan Kota Lama Malang yang menggunakan *biosand filter* dengan penambahan gerabah dan karbon aktif mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi COD dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Variasi yang digunakan adalah waktu pengambilan sampel yaitu 0, 2, 4, 6 dan 8 jam.

Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi COD pada reaktor uji pada Tabel 4.5 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan konsentrasi COD pada Gambar 4.2.



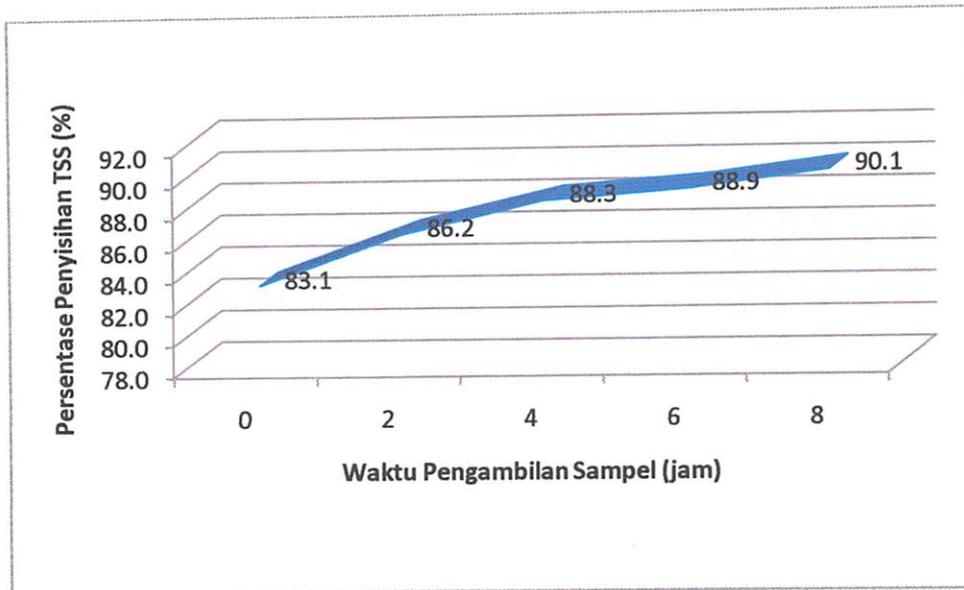
Gambar 4.2. Persentase penurunan konsentrasi COD

Berdasarkan Tabel 4.5 dan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi COD cenderung semakin naik seiring dengan semakin lamanya waktu pengambilan sampel. Persentase penurunan COD tertinggi sebesar 69,2% terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 6 dan 8. Sedangkan persentase penurunan COD terendah sebesar 19,2% terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 0.

4.5.2 Analisis Deskriptif Penurunan TSS

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair rumah susun Kelurahan Kota Lama Malang yang menggunakan *biosand filter* dengan penambahan gerabah dan karbon aktif mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi TSS dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Variasi yang digunakan adalah waktu pengambilan sampel yaitu 0, 2, 4, 6 dan 8 jam.

Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi TSS pada reaktor uji pada Tabel 4.6 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan konsentrasi TSS pada Gambar 4.3.



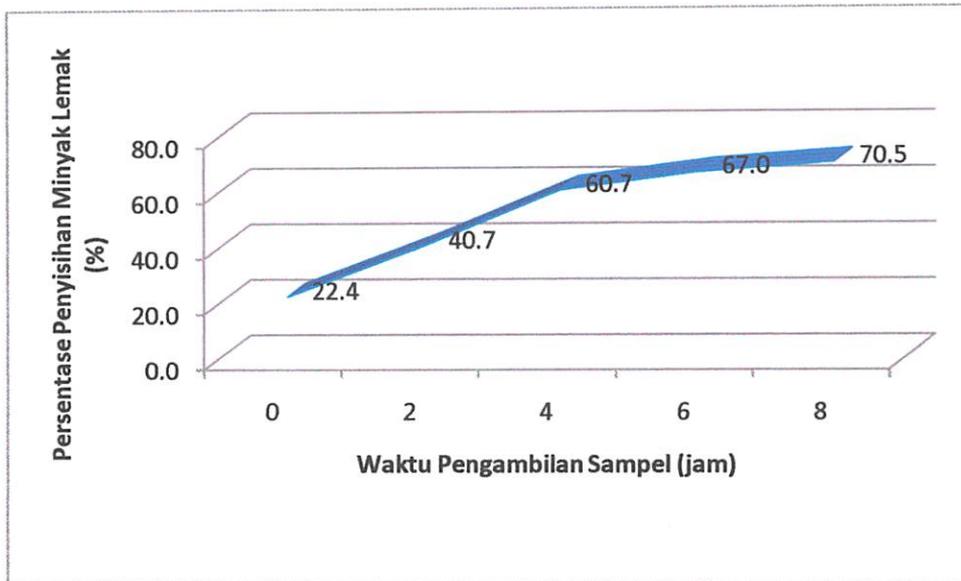
Gambar 4.3. Persentase penurunan konsentrasi TSS

Berdasarkan Tabel 4.6 dan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi TSS cenderung semakin naik seiring dengan semakin lamanya waktu pengambilan sampel. Persentase penurunan TSS tertinggi sebesar 90,1% terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 8. Sedangkan persentase penurunan TSS terendah sebesar 83,1% terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 0.

4.5.3 Analisis Deskriptif Penurunan Minyak Lemak

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair rumah susun Kelurahan Kota Lama Malang yang menggunakan *biosand filter* dengan penambahan gerabah dan karbon aktif mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi minyak lemak dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Variasi yang digunakan adalah waktu pengambilan sampel yaitu 0, 2, 4, 6 dan 8 jam.

Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi minyak lemak pada reaktor uji pada Tabel 4.7 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan konsentrasi minyak lemak pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Persentase penurunan konsentrasi minyak lemak

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi minyak lemak cenderung semakin naik seiring dengan semakin lamanya waktu pengambilan sampel. Persentase penurunan minyak lemak tertinggi sebesar 70,5% terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 8. Sedangkan persentase penurunan minyak lemak terendah sebesar 22,4% terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke 0.

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

Hasil uji korelasi persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan COD (%)
Terhadap Waktu Detensi (jam)**

Correlations: waktu detensi; penyisihan COD (%)

Pearson correlation of waktu detensi and penyisihan COD (%) = 0,942
P-Value = 0,016

Keterangan :

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

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.8 menunjukkan bahwa :

Koefisien korelasi antara persentase penyisihan COD dengan waktu detensi adalah 0,942. 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 detensinya maka persen penyisihan COD yang dihasilkan akan semakin

meningkat. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai probabilitasnya $0,016 < 0,05$. Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan COD dengan waktu detensi.

4.6.2 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan TSS

Hasil uji korelasi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4.9 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan TSS (%)
Terhadap Waktu Detensi (jam)**

Correlations: waktu detensi; penyisihan TSS (%)

Pearson correlation of waktu detensi and penyisihan TSS (%) = 0,960
P-Value = 0,009

Keterangan :

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

Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.9 menunjukkan bahwa :

Koefisien korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan waktu detensi adalah 0,960. 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 detensinya 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 $0,009 < 0,05$. Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan waktu detensi.

4.6.3 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak

Hasil uji korelasi persentase penyisihan minyak lemak dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan Minyak Lemak (%) Terhadap Waktu Detensi (jam)

<p>Correlations: waktu detensi; penyisihan minyak lemak (%)</p> <p>Pearson correlation of waktu detensi and penyisihan minyak lemak (%) = 0,955 P-Value = 0,011</p>
--

Keterangan :

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

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.10 menunjukkan bahwa :

Koefisien korelasi antara persentase penyisihan minyak lemak dengan waktu detensi adalah 0,955. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu detensinya 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 $0,011 < 0,05$. Artinya ada korelasi antara persentase penyisihan minyak lemak dengan waktu detensi.

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

Hasil uji regresi persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Detensi (jam)

Regression Analysis: penyisihan COD (%) versus waktu detensi				
The regression equation is penyisihan COD (%) = 26,9 + 6,15 waktu detensi				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	26,920	6,170	4,36	0,022
waktu detensi	6,150	1,259	4,88	0,016
S = 7,96551 R-Sq = 88,8% R-Sq(adj) = 85,1%				

Pada Tabel 4.11 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

Persamaan regresi pada Tabel 4.11 adalah $Y = 26,9 + 6,15 X_1$, dimana Y adalah persentase penyisihan COD (%) dan X_1 adalah waktu detensi (jam). Koefisien regresi sebesar 6,150 untuk variasi waktu detensi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 2 jam dalam pengambilan sampel akan menurunkan persentase penyisihan COD sebesar 6,150 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.

Pada Tabel 4.11 menunjukkan bahwa parameter (koefisien) untuk variabel waktu detensi bertanda positif. Jika melihat tanda pada Tabel 4.8 terlihat bahwa koefisien korelasi waktu detensi juga bertanda positif. Koefisien korelasi waktu detensi adalah 0,942. Adanya persamaan tanda mengindikasikan bahwa tidak adanya multikolinear dalam model, sehingga model regresi ini dikatakan sudah tepat.

Uji T dilakukan untuk menguji signifikansi konstanta dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5 %, maka $t_{\alpha/2, n-1}$ dari Tabel distribusi t didapat $t_{(0,025,4)} = 2,776$. Nilai t waktu detensi pada Tabel 4.11 adalah sebesar 4,88. Nilai probabilitas (P) waktu detensi pada Tabel 4.11 adalah 0,016. Kesimpulan yang diambil untuk waktu detensi adalah menolak H_0 dan menerima H_1 , karena nilai T hitung $>$ T Tabel dan nilai $P < 0,05$. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi signifikan dimana variasi waktu detensi berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan COD .

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 88,8 %. Hal ini berarti persentase penyisihan COD dipengaruhi oleh waktu detensi, sedangkan sisanya 11,2 % dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam model.

4.7.2 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan TSS

Hasil uji regresi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan TSS (%) Terhadap Waktu Detensi (jam)

Regression Analysis: penyisihan TSS (%) versus waktu detensi					
The regression equation is penyisihan TSS (%) = 84,0 + 0,835 waktu detensi					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	83,9800	0,6869	122,26	0,000	
waktu detensi	0,8350	0,1402	5,96	0,009	
S = 0,886754 R-Sq = 92,2% R-Sq(adj) = 89,6%					

Pada Tabel 4.12 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

Persamaan regresi pada Tabel 4.12 adalah $Y = 84,0 + 0,835 X_1$, dimana Y adalah persentase penyisihan TSS (%) dan X_1 adalah waktu detensi (jam). Koefisien regresi sebesar 0,835 untuk variasi waktu detensi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 2 jam dalam pengambilan sampel akan menurunkan persentase penyisihan TSS sebesar 0,835 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.

Pada Tabel 4.12 menunjukkan bahwa parameter (koefisien) untuk variabel waktu detensi bertanda positif. Jika melihat tanda pada Tabel 4.9 terlihat bahwa koefisien korelasi waktu detensi juga bertanda positif. Koefisien korelasi waktu detensi adalah 0,960. Adanya persamaan tanda mengindikasikan bahwa tidak adanya multikolinear dalam model, sehingga model regresi ini dikatakan sudah tepat.

Uji T dilakukan untuk menguji signifikansi konstanta dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5 %, maka $t_{\alpha/2, n-1}$ dari Tabel distribusi t didapat

$t_{(0,025,4)} = 2,776$. Nilai t waktu detensi pada Tabel 4.12 adalah sebesar 5,96. Nilai probabilitas (P) waktu detensi pada Tabel 4.12 adalah 0,01. Kesimpulan yang diambil untuk waktu detensi adalah menolak H_0 dan menerima H_1 , karena nilai T hitung > T Tabel dan nilai $P < 0,05$. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi signifikan dimana variasi waktu detensi berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan TSS.

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 92,2 %. Hal ini berarti persentase penyisihan TSS dipengaruhi oleh waktu detensi, sedangkan sisanya 7,8 % dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam model.

4.7.3 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak

Hasil uji regresi persentase penyisihan minyak lemak dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) Terhadap Waktu Detensi (jam)

Regression Analysis: penyisihan minyak lemak (%) versus waktu detensi				
The regression equation is penyisihan minyak lemak (%) = 27,8 + 6,13 waktu detensi				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	27,760	5,400	5,14	0,014
waktu detensi	6,125	1,102	5,56	0,011
S = 6,97202 R-Sq = 91,1% R-Sq(adj) = 88,2%				

Pada Tabel 4.13 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

Persamaan regresi pada Tabel 4.13 adalah $Y = 27,8 + 6,13 X_1$, dimana Y adalah persentase penyisihan minyak lemak (%) dan X_1 adalah waktu detensi (jam). Koefisien regresi sebesar 6,125 untuk variasi waktu detensi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 2 jam dalam pengambilan sampel akan menurunkan persentase penyisihan minyak lemak sebesar 6,125 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.

Pada Tabel 4.13 menunjukkan bahwa parameter (koefisien) untuk variabel waktu detensi bertanda positif. Jika melihat tanda pada Tabel 4.10 terlihat bahwa koefisien korelasi waktu detensi juga bertanda positif. Koefisien korelasi waktu detensi adalah 0,955. Adanya persamaan tanda mengindikasikan bahwa tidak adanya multikolinear dalam model, sehingga model regresi ini dikatakan sudah tepat.

Uji T dilakukan untuk menguji signifikansi konstanta dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5 %, maka $t_{\alpha/2, n-1}$ dari Tabel distribusi t didapat $t_{(0,025,4)} = 2,776$. Nilai t waktu detensi pada Tabel 4.13 adalah sebesar 5,56. Nilai probabilitas (P) waktu detensi pada Tabel 4.13 adalah 0,011. Kesimpulan yang diambil untuk waktu detensi adalah menolak H_0 dan menerima H_1 , karena nilai T hitung $>$ T Tabel dan nilai $P < 0,05$. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi signifikan dimana variasi waktu detensi berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan minyak lemak.

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 91,1 %. Hal ini berarti persentase penyisihan minyak lemak dipengaruhi oleh waktu detensi, sedangkan sisanya 8,9 % dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam model.

4.8 Analisis ANOVA One Way

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

Dalam analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah, yaitu :

- $H_0 = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 = 6$ (identik)
- $H_1 = 1 \neq 2 \neq 3 \neq 4 \neq 5 \neq 6$ (tidak identik)

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

- 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

Hasil analisis untuk persentase penyisihan COD terhadap waktu pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut ini:

Tabel 4.14 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu Detensi (jam) Terhadap Persentase Penyisihan COD (%)

One-way ANOVA: waktu detensi; penyisihan COD (%)					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	5645	5645	25,91	0,001
Error	8	1743	218		
Total	9	7389			

S = 14,76 R-Sq = 76,41% R-Sq(adj) = 73,46%

Hasil Tabel diatas memuat keterangan sebagai berikut :

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

Untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka dari Tabel distribusi F didapat F Tabel adalah 5,32. Nilai F hitung output waktu detensi adalah 25,91. Nilai probabilitas waktu detensi adalah 0,001.

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

4.8.2 Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan TSS

Hasil analisis untuk persentase penyisihan TSS terhadap waktu pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut ini:

Tabel 4.15 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu Detensi (jam) Terhadap Persentase Penyisihan TSS (%)

One-way ANOVA: waktu detensi; penyisihan TSS (%)					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	17355,56	17355,56	1976,49	0,000
Error	8	70,25	8,78		
Total	9	17425,80			

S = 2,963 R-Sq = 99,60% R-Sq(adj) = 99,55%

Hasil Tabel diatas memuat keterangan sebagai berikut :

DF = Derajat Bebas

SS = Variasi Residual

MS = Mean Square

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

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

Untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka dari Tabel distribusi F didapat F Tabel adalah 5,32. Nilai F hitung output waktu detensi adalah 1976,49. Nilai probabilitas waktu detensi adalah 0,000.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu pengambilan sampel adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai F hitung $>$ F Tabel dan nilai $P < 0,05$. Artinya bahwa persentase penyisihan

TSS terhadap waktu detensi dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

4.8.3 Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak

Hasil analisis untuk persentase penyisihan minyak lemak terhadap waktu pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut ini:

Tabel 4.16 Hasil Uji ANOVA antara Variasi

Waktu Detensi (jam) Terhadap Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%)

One-way ANOVA: waktu detensi; penyisihan minyak lemak (%)					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	5823	5823	27,62	0,001
Error	8	1686	211		
Total	9	7509			

S = 14,52 R-Sq = 77,54% R-Sq(adj) = 74,73%

Hasil Tabel diatas memuat keterangan sebagai berikut :

DF = Derajat Bebas

SS = Variasi Residual

MS = Mean Square

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

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

Untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka dari Tabel distribusi F didapat F Tabel adalah 5,32. Nilai F hitung output waktu detensi adalah 27,62. Nilai probabilitas waktu detensi adalah 0,001.

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

4.9 Pembahasan

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair rumah susun yang bertempat di Kelurahan Kota Lama Malang dengan menggunakan reaktor *biosand filter* dengan penambahan gerabah dan karbon aktif mampu menurunkan konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak.

4.9.1 Penurunan Konsentrasi COD

Pada Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa konsentrasi COD setelah proses pada reaktor uji berkisar antara 168 mg/l sampai dengan 64 mg/l. Sedangkan persentase penurunan COD tertinggi sebesar 69,2% pada perlakuan waktu pengambilan sampel jam ke 6.

Korelasi antara variasi waktu pengambilan sampel dengan persentase penurunan COD adalah kuat dan searah dengan koefisien korelasi 0,942. Dimana semakin lama waktu detensi maka semakin besar persentase penurunan COD nya.

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 rumah susun.

Pada permukaan lapisan pasir halus tumbuh lapisan mikroorganisme aerobik yang dikenal dengan lapisan biofilm. Lapisan ini, terbentuk 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. Membutuhkan periode satu hingga tiga minggu untuk membentuk lapisan *biofilm*. Periode ini memungkinkan pertumbuhan yang cukup dari lapisan biologis dalam lapisan pasir. Lapisan biofilm ini mengandung mikroorganisme yang hidup pada media untuk mengekstrak nutrien yang terkandung dalam air limbah yang dilewatkan pada lapisan ini (Sincero P and Sincero A, 1996). Lapisan biofilm yang sudah

ditumbuh kembangkan pada tahap aklimatisasi ini yang berperan dalam mendegradasi bahan organik, sehingga dapat memaksimalkan penurunan konsentrasi COD dalam air limbah. Pada proses biodegradasi ini, bahan organik terlarut merupakan sumber makanan bagi mikroorganisme sehingga konsentrasinya menjadi berkurang. Dan sebaliknya, jika semakin banyak mikroorganisme yang tumbuh pada lapisan biofilm maka dapat menyebabkan meningkatnya bahan organik.

Di bawah lapisan pasir terdapat lapisan karbon aktif yang terbuat dari sekam padi. Karbon aktif sangat berguna sebagai media filtrasi karena tidak hanya mampu memisahkan partikel solid secara fisik namun mampu menyerap berbagai material dalam air termasuk COD. Efektifitas dari karbon aktif dalam meremoval bahan organik ini dikarenakan besarnya luas permukaan yang merupakan faktor penting dalam proses adsorpsi (Cheremisinoff, 2002). Selulosa merupakan komponen terbesar pada sekam padi yaitu 33-44%. Selulosa adalah molekul yang tersusun dari pengulangan unit-unit atau satuan glukosa. Struktur molekul ini memiliki kecenderungan untuk berikatan dengan struktur molekul dalam senyawa lain. Kondisi seperti inilah yang membuat selulosa memiliki gaya tarik-menarik terhadap senyawa lain dan tidak mudah larut dalam pelarut.

Pada lapisan paling akhir digunakan gerabah sebagai media penahan pengganti kerikil. Dimana fungsi gerabah tidak hanya sebagai media penahan di atasnya, tetapi dapat menyerap kandungan pencemar dari limbah cair rumah susun. Gerabah memiliki nilai porositas sebesar 0,48. Dengan porositas yang tinggi memungkinkan air untuk mudah merembes pada gerabah, sehingga memiliki kemampuan menyerap kandungan COD yang baik. Karena ukuran media dan porositas berpengaruh terhadap penurunan COD (Janah dan Karnaningrum, 2009).

Semakin lama waktu detensi maka penyisihan konsentrasi COD menjadi semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin besar pula kesempatan adsorben dan lapisan biofilm untuk mengikat material organik dalam limbah cair rumah susun. Pori-pori yang terdapat pada adsorben ini mampu menyerap material organik yang terkandung dalam air limbah dan mengurangi konsentrasi COD.

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. (Cheremisinoff, 2002).

Waktu tinggal optimum yang menghasilkan persentase penurunan COD terbesar berdasarkan Tabel 4.5 dan Gambar 4.2 adalah jam ke 6.

4.9.2 Penurunan Konsentrasi TSS

Pada Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa konsentrasi TSS setelah proses pada reaktor uji berkisar antara 11,6 mg/l sampai dengan 19,9 mg/l. Sedangkan persentase penurunan TSS tertinggi sebesar 90,1% pada perlakuan waktu pengambilan sampel jam ke 8.

Hubungan korelasi antara variasi waktu pengambilan sampel dengan persentase penurunan TSS adalah kuat dan searah. Dimana semakin lama waktu detensi maka semakin besar persentase penurunan TSS nya.

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). Kekeruhan yang disebabkan oleh bahan-bahan tersuspensi yang berlebih jumlahnya dapat dihilangkan dengan cara pengendapan sedangkan kekeruhan yang disebabkan oleh bahan-bahan koloid tidak mungkin dilakukan dengan pengendapan karena bentuk ini biasanya lebih stabil dalam air dan tidak mudah mengendap. Pada umumnya untuk menghilangkan partikel koloid dilakukan dengan proses penyaringan dengan saringan pasir lambat (bila bebannya tidak terlalu tinggi) atau dengan proses flokulasi-koagulasi yang diikuti dengan proses pengendapan dan penyaringan dengan pasir cepat (Puspita, 2008).

Pada proses filtrasi, partikel solid akan terperangkap di dalam struktur pori-pori kompleks yang dimiliki media filtrasi. Media filtrasi yang belakangan

sering digunakan adalah media butiran (*granular*). Salah satu media yang umum digunakan adalah pasir (Cheremisinoff, 2002).

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir halus dengan diameter 0,2 mm dan pasir kasar dengan diameter 0,3 mm. Saringan pasir lambat (*slow sand filter*) meliputi proses removal material yang tersuspensi dalam air dengan aliran berkecepatan rendah. Secara prinsip, saringan pasir lambat adalah menyusun lapisan media pasir dengan volume tertentu sehingga dapat dilewati air dengan kecepatan yang rendah (Cheremisinoff, 2002).

Di bawah lapisan pasir terdapat lapisan karbon aktif. Karbon aktif mempunyai bentuk acak yang sangat berporos. Pori-pori dari karbon aktif ada di seluruh partikelnya. Struktur pori dari karbon aktif ini mempengaruhi besarnya luas permukaan sehingga mampu untuk mengadsorp berbagai senyawa (Cheremisinoff, 2002) termasuk TSS.

Penurunan konsentrasi TSS juga dipengaruhi oleh adanya lapisan biofilm yang menempel pada permukaan pasir halus. Mikroorganisme yang menempel pada permukaan media filter akan memanfaatkan oksigen untuk mengoksidasi senyawa organik dalam limbah cair sehingga TSS menjadi berkurang.

Semakin lama waktu detensi maka penyisihan konsentrasi TSS menjadi semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin besar pula kesempatan adsorben untuk mengikat partikel tersuspensi dalam limbah cair rumah susun. Pengendapan yang terjadi juga semakin lama sehingga efisiensinya semakin besar, waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik.

Waktu tinggal optimum yang menghasilkan persentase penurunan TSS terbesar berdasarkan Tabel 4.6 dan Gambar 4.3 adalah jam ke 8.

4.9.3 Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak

Pada Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa konsentrasi minyak lemak setelah proses pada reaktor uji berkisar antara 5,33 mg/l sampai dengan 13,97 mg/l. Sedangkan persentase penurunan minyak lemak tertinggi sebesar 70,5% pada perlakuan waktu pengambilan sampel jam ke 8.

Hubungan korelasi antara variasi waktu pengambilan sampel dengan persentase penurunan minyak lemak adalah kuat dan searah. Dimana semakin lama waktu detensi maka semakin besar persentase penurunan minyak lemak nya.

Salah satu media yang digunakan dalam penelitian ini adalah karbon aktif dari sekam padi. Hal ini dikarenakan karbon aktif merupakan padatan yang bersifat porous sehingga dapat menyerap berbagai bahan organik, salah satunya adalah minyak lemak (Cheremisinoff, 2002).

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).

Media gerabah 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.

Pada penelitian ini terdapat lapisan biofilm yang menempel pada permukaan lapisan pasir halus. Lapisan biofilm yang sudah ditumbuh kembangkan pada tahap aklimatisasi ini mampu mendegradasi bahan organik sehingga dapat memaksimalkan penurunan konsentrasi minyak lemak dalam air limbah.

Semakin lama waktu detensi maka penyisihan konsentrasi minyak lemak menjadi semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin besar pula kesempatan adsorben dan lapisan biofilm untuk mereduksi konsentrasi minyak lemak dalam limbah cair rumah susun.

Waktu tinggal optimum yang menghasilkan persentase penurunan minyak lemak terbesar berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.4 adalah jam ke 8.

4.10 Kualitas Output Pengolahan Biosand Filter dengan Penambahan Gerabah dan karbon aktif Berdasarkan Standar Baku Mutu

Konsentrasi awal COD, TSS dan minyak lemak pada limbah cair rumah susun yang bertempat di Kelurahan Kota Lama Malang secara berturut-turut adalah 208 mg/l, 117 mg/l dan 18 mg/l. Konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak tersebut melebihi standar baku mutu yang ditetapkan Kepmen Negara LH No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak sesuai baku mutu tersebut secara berturut-turut adalah 100 mg/l, 100 mg/l dan 10 mg/l. Setelah dilakukan pengolahan menggunakan metode biosand filter dengan penambahan gerabah dan karbon aktif, konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak yang terkandung dalam limbah tersebut mengalami penurunan.

Konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak setelah proses secara berturut-turut adalah 64 mg/l, 11,6 mg/l dan 5,3 mg/l. Konsentrasi tersebut adalah konsentrasi terendah yang bisa diperoleh dari pengolahan ini. Dari hasil konsentrasi akhir tersebut dapat diketahui bahwa hasil output pengolahan menggunakan metode biosand filter dengan penambahan gerabah dan karbon aktif sudah memenuhi standar baku mutu Kepmen Negara LH No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik untuk parameter COD, TSS dan minyak lemak.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Reaktor biosand filter dengan penambahan gerabah dan karbon aktif mampu menurunkan konsentrasi COD sebesar 69,2%, konsentrasi TSS sebesar 90,1% dan konsentrasi minyak lemak sebesar 70,5%.
2. Berdasarkan penelitian ini, waktu efektif untuk menurunkan TSS dan minyak lemak dengan menggunakan reaktor biosand filter dengan penambahan gerabah dan karbon aktif adalah waktu pengambilan sampel jam ke 8. Sedangkan untuk menurunkan COD adalah waktu pengambilan sampel ke 6.
3. Reaktor biosand filter dengan penambahan gerabah dan karbon aktif mampu menurunkan konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak hingga memenuhi baku mutu yang ada.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah interval waktu detensi sehingga dapat diketahui sejauh mana kemampuan reaktor ini dalam menurunkan konsentrasi pencemar.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan variasi jenis media adsorben yang berbeda untuk meningkatkan efektifitas reaktor.
3. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan media gerabah yang memiliki kekasaran lebih besar untuk mengurangi gerusan, sehingga dapat meningkatkan efektifitas reaktor.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, R, 2009. **Peningkatan Kualitas Air PDAM Menggunakan Gerabah dengan Menggunakan Perak Nitrat (Studi Kasus Jurusan Teknik Lingkungan)**. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS Surabaya.
- Alaerts, G dan Sri Santika S, 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional, Surabaya.
- Anonim, 2004. *Biosand Filter*. <http://www.BioSandFilter.org>. Diakses tanggal 21 Desember 2010 pukul 20.00 WIB
- Astagina, M, 2006. *Uji Kemampuan Karbon Aktif Sekam Padi Untuk Menurunkan Kandungan Zat Warna dan Krom Limbah Cair Industri Tekstil*. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITN Malang.
- Cheremisinoff, N.P, 2002. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*. Butterworth-Heinemann, United State of America.
- Griswidia, R, 2008. **Penurunan Kadar Minyak Lemak pada Limbah Laundry dengan Menggunakan Reaktor Biosand Filter di Lanjutkan dengan Reaktor Karbon Aktif**. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII Yogyakarta.
- Iriawan, N dan Astuti, S.P, 2006. *Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Andi. Yogyakarta.
- Janah, N dan Karmaningrum, N, 2009. **Penggunaan Filter Tembikar untuk Meningkatkan Kualitas Air Tanah Dangkal**. Penelitian, Jurusan Teknik Lingkungan, ITS Surabaya
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003. *Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Deputi MENLH Bidang Kebijakan dan Kelembagaan Lingkungan Hidup. Jakarta
- Marsono, B. D, 1997. *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
- Mudra, W, 2010. Pengertian Gerabah. [http ://www.researchgate.net](http://www.researchgate.net). Diakses tanggal 28 Juli 2011 pukul 07.00 WIB
- 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.
- Sincero, P dan Sincero, A, 1996. *Environmental Engineering : A Design Approach*. Prentice-Hall Inc. United State of America.
- SNI 3981, 2008. *Perencanaan Instalasi Saringan Pasir Lambat*. Badan Standardisasi Nasional.
- Sugiharto, 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Yung and Kathleen .2003. *Biosand Filtration : Application in the Developing World*. Civil Engineering, University of Waterloo.
- Zaman, B, A., 2008. *Penurunan BOD dan COD pada Rumah Makan X Menggunakan Aerobik Biofilter Aliran Upflow dengan Media Pecahan Genteng*. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan, ITN Malang.

LAMPIRAN



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



Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Extention 187
Malang 65145

BANK NIAGA MALANG

HASIL ANALISIS SAMPEL

a.n. : ADE MAHERYSTIAWAN (NIM : 07.26.008)
 Alamat : Mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang
 Lokasi : Limbah Cair Rumah Susun Kelurahan Kota Lama Malang
 Sampling : Oleh konsumen
 Analisis : Oleh konsumen
 Tanggal Analisis Sampel : 16 Mei – 18 Mei 2011

HASIL ANALISIS COD

No	Konsentrasi Awal (mgO ² /l)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir COD (mgO ² /l)			
			1	2	3	Rata-rata
1	208	0	176	144	160	160.0
2	208	2	128	112	112	117.3
3	208	4	96	80	96	90.7
4	208	6	80	64	64	69.3
5	208	8	64	64	48	58.7

HASIL ANALISIS TSS

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)			
			1	2	3	Rata-rata
1	117	0	18.1	21.4	20.2	19.9
2	117	2	15.2	16.2	16.9	16.1
3	117	4	14.8	13.2	13.1	13.7
4	117	6	13.5	12.5	12.8	12.9
5	117	8	12.2	11	11.6	11.6

HASIL ANALISIS MINYAK LEMAK

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Waktu (jam)	Konsentrasi Akhir Minyak Lemak (mg/l)			
			1	2	3	Rata-rata
1	18	0	14.5	14.3	13.1	13.97
2	18	2	10.2	10.9	11.1	10.73
3	18	4	7.2	6.9	7.3	7.13
4	18	6	6.7	5.4	5.6	5.90
5	18	8	5.1	5.1	5.8	5.33

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

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Extention 187
Malang 65145



BANK NIAGA MALANG

HASIL ANALISIS PENYISIHAN BAHAN ORGANIK

Hari ke	Tanggal	temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	24-Apr	26.4	6.9	30.65	0	0
2	25-Apr	26.5	7.2	26.54	4.108	13.40
3	26-Apr	26.5	7.3	22.44	4.108	15.48
4	27-Apr	26.2	7.2	19.91	2.528	11.27
5	28-Apr	25.9	7.1	17.70	2.212	11.11
6	29-Apr	25.8	6.8	16.43	1.264	7.14
7	30-Apr	25.8	6.8	15.17	1.264	7.69
8	1-May	25.7	7.2	13.59	1.58	10.42
9	2-May	25.9	7.5	12.32	1.264	9.30
10	3-May	26.1	7.4	11.38	0.948	7.69
11	4-May	26.4	7.4	10.11	1.264	11.11
12	5-May	26.1	7.6	9.16	0.948	9.38
13	6-May	26.4	7.5	8.22	0.948	10.34
14	7-May	26.5	7.3	7.27	0.948	11.54
15	8-May	26.5	7.3	6.64	0.632	8.70
16	9-May	26.3	7.2	6.00	0.632	9.52
17	10-May	26.2	7.4	5.37	0.632	10.53
18	11-May	26.2	7.3	5.06	0.316	5.88
19	12-May	26.4	7.4	4.74	0.316	6.25
20	13-May	26.2	7.6	4.42	0.316	6.67

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

Asisten Laboratorium Pendamping

CHAIRI ABDILLAH
NIM: 0726016

Malang, 10 Juni 2011
Mahasiswa

ADE MAHERYSTIAWAN
NIM: 0726008

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan

Hardianto, ST, MT
NIP.Y : 1030000350

DESAIN REAKTOR

1. Perhitungan untuk media pasir halus

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

$$\text{tinggi media} = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m (SNI 3981, 2008 range : 0,6 - 1 m)}$$

$$\text{faktor bentuk} = 0,98$$

$$\text{porositas} = 0,38$$

$$\text{dimensi kolom reaktor} = 0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$$

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

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

$$\text{Volume filter} = \text{luas alas} \times \text{tinggi} = (0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}) \times 0,3 \text{ m} = 0,027 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume rongga} = \text{volume filter} \times \text{porositas} = 0,027 \text{ m}^3 \times 0,38 = 0,01026 \text{ m}^3$$

Dari volume rongga maka dapat dihitung :

$$A = \frac{\text{volume rongga}}{\text{tinggi media}} = \frac{0,01026 \text{ m}^3}{0,3 \text{ m}} = 0,0342 \text{ m}^2$$

$$Q = A \times v = 0,0342 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m/jam} = 0,00684 \text{ m}^3/\text{jam}$$

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

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

$$C_D = \frac{24}{NRe} = \frac{24}{0,011} = 2024,67$$

Kehilangan tekanan :

$$H_L = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot v_s^2}{\phi \cdot d \cdot \epsilon^4 \cdot g} = 1,067 \frac{2024,67 \times 0,3 \times v_s^2}{0,98 \times 0,0002 \times 0,38^4 \times 9,81}$$

$$100 = 1,067 \frac{2024,67 \times 0,3 \times v_s^2}{0,98 \times 0,0002 \times 0,38^4 \times 9,81}$$

$$v_s = 4,14 \times 10^{-5} \text{ m/dtk} = 0,15 \text{ m/jam} \rightarrow \text{OK (0,1 - 0,4 m/jam)}$$

$$t_D = \frac{h}{v_s} = \frac{0,3 \text{ m}}{0,15 \text{ m/jam}} = 2 \text{ jam}$$

2. Perhitungan untuk media pasir kasar

$$\text{Diameter} = 0,30 \text{ mm} = 0,00030 \text{ m (Marsono, 1997 range : 0,2 - 0,4 mm)}$$

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

$$\text{Factor bentuk} = 0,98$$

$$\text{porositas} = 0,38$$

$$\text{dimensi kolom reaktor} = 0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$$

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

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

$$\text{Volume filter} = \text{luas alas} \times \text{tinggi} = (0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}) \times 0,25 \text{ m} = 0,0225 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume rongga} = \text{volume filter} \times \text{porositas} = 0,0225 \text{ m}^3 \times 0,38 = 0,00855 \text{ m}^3$$

Dari volume rongga maka dapat dihitung :

$$A = \frac{\text{volume rongga}}{\text{tinggi media}} = \frac{0,00855 \text{ m}^3}{0,25 \text{ m}} = 0,0342 \text{ m}^2$$

$$Q = A \times v = 0,0342 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m/jam} = 0,00684 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$NRe = \frac{\phi \cdot d \cdot v_s}{\nu} = \frac{0,98 \times 0,0003 \text{ m} \times 5,55 \times 10^{-5} \text{ m/dtk}}{0,9186 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dtk}} = 0,017$$

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

$$C_D = \frac{24}{NRe} = \frac{24}{0,017} = 1349,78$$

Kehilangan tekanan :

$$H_L = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot v_s^2}{\phi \cdot d \cdot \epsilon^4 \cdot g} = 1,067 \frac{1349,78 \times 0,25 \times v_s^2}{0,98 \times 0,0003 \times 0,38^4 \times 9,81}$$

$$100 = 1,067 \frac{1349,78 \times 0,25 \times v_s^2}{0,98 \times 0,0003 \times 0,38^4 \times 9,81}$$

$$v_s = 6,81 \times 10^{-5} \text{ m/dtk} = 0,24 \text{ m/jam} \rightarrow \text{OK (0,1 - 0,4 m/jam)}$$

$$t_D = \frac{h}{v_s} = \frac{0,25 \text{ m}}{0,24 \text{ m/jam}} = 1 \text{ jam}$$

3. Perhitungan untuk media karbon aktif

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

$$\text{tinggi media} = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m (SNI 3981, 2008 range : 0,6 – 1 m)}$$

$$\text{factor bentuk} = 0,94$$

$$\text{porositas} = 0,39$$

$$\text{dimensi kolom reaktor} = 0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$$

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

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

$$\text{Volume filter} = \text{luas alas} \times \text{tinggi} = (0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}) \times 0,3 \text{ m} = 0,027 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume rongga} = \text{volume filter} \times \text{porositas} = 0,027 \text{ m}^3 \times 0,39 = 0,01053 \text{ m}^3$$

Dari volume rongga maka dapat dihitung :

$$A = \frac{\text{volume rongga}}{\text{tinggi media}} = \frac{0,01053 \text{ m}^3}{0,3 \text{ m}} = 0,0351 \text{ m}^2$$

$$Q = A \times v = 0,0351 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m/jam} = 0,00702 \text{ m}^3/\text{jam}$$

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

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

$$C_D = \frac{24}{NRe} = \frac{24}{0,011} = 2110,83$$

Kehilangan tekanan :

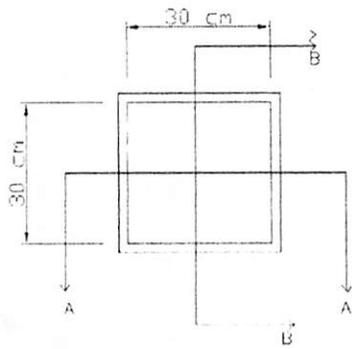
$$H_L = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot v_s^2}{\phi \cdot d \cdot \epsilon^4 \cdot g} = 1,067 \frac{2110,83 \times 0,3 \times v_s^2}{0,98 \times 0,0002 \times 0,38^4 \times 9,81}$$

$$100 = 1,067 \frac{2110,83 \times 0,3 \times v_s^2}{0,98 \times 0,0002 \times 0,38^4 \times 9,81}$$

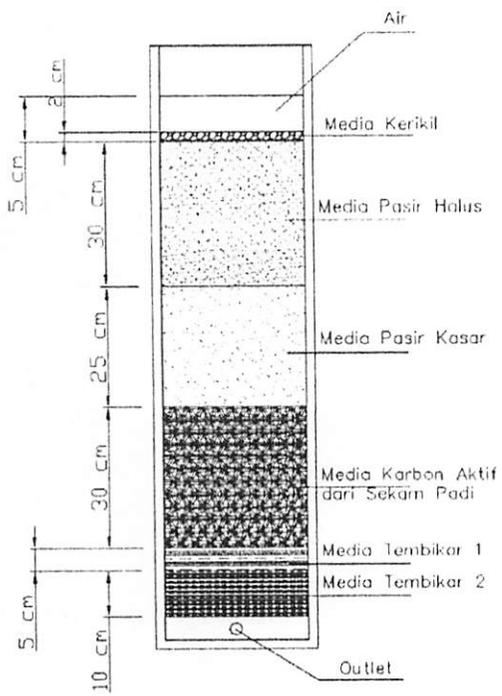
$$v_s = 4,19 \times 10^{-5} \text{ m/dtk} = 0,15 \text{ m/jam} \rightarrow \text{OK (0,1 – 0,4 m/jam)}$$

$$t_D = \frac{h}{v_s} = \frac{0,3 \text{ m}}{0,15 \text{ m/jam}} = 2 \text{ jam}$$

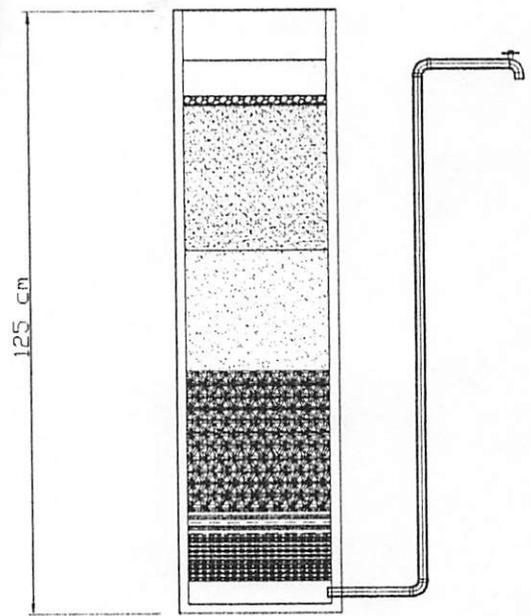
$$\text{Total waktu detensi} = 2 \text{ jam} + 1 \text{ jam} + 2 \text{ jam} = 5 \text{ jam} \rightarrow t_0$$



TAMPAK ATAS



POTONGAN A-A



POTONGAN B-B

DESAIN REAKTOR

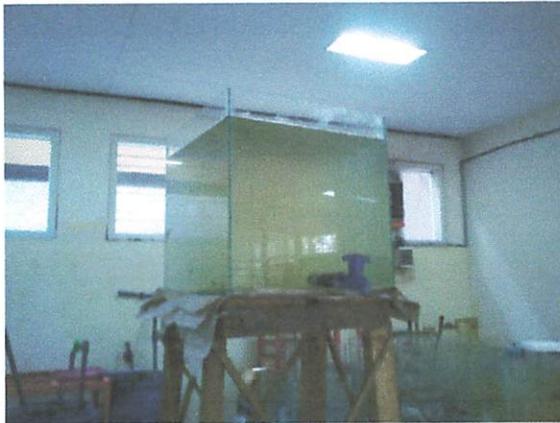
DOKUMENTASI PENELITIAN



TEMPAT PENGAMBILAN SAMPEL



PERSIAPAN MEDIA



REAKTOR BIOSAND FILTER



SECRETOR HONORARY MEMBER

Metode Analisis COD (Chemical Oxygen Demand)

1. Metode

Closed Reflux Titrimetric

2. Prinsip

Senyawa organik dalam air dioksidasi oleh larutan kalium dikromat dalam suasana asam pada temperatur 150°C selama 2 jam. Kelebihan kalium dikromat (yang tidak tereduksi) dititrasi dengan larutan fero ammonium sulfat (FAS) memakai indikator ferroin. Materi organik yang teroksidasi akan dikalkulasi dengan bentuk ekivalensi oksigen.

3. Perekasi

3.1 Larutan standar kalium dikromat 0,0167 M

Tambahkan 4,193 gr $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, yang sebelumnya telah dikeringkan pada suhu 103°C selama 2 jam, pada 500 ml air destilasi. Lalu tambahkan 167 ml H_2SO_4 pekat dan 3,3 gr HgSO_4 . Larutkan dan dinginkan sampai temperatur kamar kemudian encerkan volumenya menjadi 1000 ml.

3.2 Perekasi asam sulfat

Tambahkan Ag_2SO_4 (bentuk kristal atau bubuk) pada H_2SO_4 pekat dengan perbandingan 5,5 gr Ag_2SO_4 per Kg H_2SO_4 . Biarkan selama 1 atau 2 hari hingga seluruh Ag_2SO_4 larut.

3.3 Larutan indikator ferroin

Larutkan 1,485 gr 1,10-Phenantrolin monohidrat dan 695 mg $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dalam air destilasi dan encerkan hingga volumenya 100 ml, lalu larutan indikator ferroin diencerkan dengan perbandingan 1:4 (1 ml larutan indikator ferroin dan 4 ml air destilasi) sebelum digunakan.

3.4 Larutan fero ammonium sulfat (FAS)

Larutkan 39,2 gr $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam air destilasi. Lalu tambahkan 20 ml H_2SO_4 pekat dan encerkan hingga volume 1000 ml. Larutan ini harus distandarisasi dengan cara sebagai berikut :

Masukkan 2,5 ml air destilasi, 1,5 ml kalium dikromat dan 3,5 ml pereaksi asam sulfat ke dalam tabung COD. Dinginkan pada temperatur kamar, kemudian tambahkan 1 sampai 2 tetes indikator ferroin. Titrasi dengan FAS sampai berwarna merah kecoklatan. Molaritas FAS yang dipakai dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Molaritas FAS} = (\text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times 0,1) / \text{ml FAS}$$

4. Cara Kerja

- 4.1 Cuci tabung COD dan rendam dalam 20% H₂SO₄ untuk penggunaan pertama kali
- 4.2 Masukkan 2,5 ml sampel, 1,5 ml kalium dikromat dan 3,5 ml pereaksi asam sulfat ke dalam tabung COD. Tutup tabung rapat-rapat dan kocok agar tercampur sempurna.
- 4.3 Masukkan pada pemanas COD mikro lalu panaskan pada suhu 150°C selama 2 jam.
- 4.4 Dinginkan pada suhu kamar. Kemudian tuangkan isinya ke dalam wadah yang lebih besar. Tambahkan 1 sampai 2 tetes indikator ferroin. Titrasi dengan FAS. Titik akhir titrasi adalah terjadi perubahan warna dari biru kehijauan sampai berwarna merah kecoklatan. Catat ml FAS yang digunakan untuk titrasi.
- 4.5 Buat blanko dengan air destilasi sebagai pengganti sampel, lalu langkah-langkah pengerjaan di atas diulangi kembali. Catat ml FAS yang dipakai untuk titrasi blanko tersebut.

5. Perhitungan

$$\text{COD (mg O}_2\text{/l)} = (A-B) \times M \times 8000 / \text{ml sampel}$$

Dengan penjelasan:

A = ml FAS yang dipakai untuk titrasi blanko

B = ml FAS yang dipakai untuk titrasi sampel

M = molaritas FAS

Metode Analisis TSS (Total Suspended Solid)

1. Metode

Gravimetri

2. Prinsip

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

3. Peralatan

3.1 Cawan porselen

3.2 Oven

3.3 Desikator

3.4 Neraca Analitis

3.5 Filter kertas

4. Cara Kerja

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

5. Perhitungan

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

Dimana :

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

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

c = volume sampel (ml)

Metode Analisis Minyak Lemak

1. Metode

Gravimetri

2. Prinsip

Minyak dan lemak dalam contoh uji air diekstraksi dengan pelarut organik dalam corong pisah. Untuk menghilangkan air yang masih tersisa sampel di oven pada suhu 105°C.

3. Peralatan dan Bahan

3.1 Cawan porselen

3.2 Oven

3.3 Desikator

3.4 Neraca Analitis

3.5 Erlenmeyer

3.6 Pipet volumetrik

3.7 Tabung ekstraksi

Bahan :

3.8 Larutan Petroleum ether

3.9 HCL 1 : 1

4. Cara Kerja

4.1 Mengambil sample limbah 100 ml

4.2 Dimasukan Hidroklorit 0,1 ml sampai terlarut

4.3 Sampel di campurkan Petroleum Ether (PE) 10 ml,lalu didiamkan minimal selama 5 menit,setelah mengendap lapisan yang berada di atas diambil dan ditampung di dalam cawan yang sudah diketahui beratnya

4.4 Sampel dimasukkan kedalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam

4.5 Sampel dinginkan di dalam desikator kemudian ditimbang

5. Perhitungan

$$\text{Minyak Lemak (mg/l)} = \text{CI} - \text{CK} \times \frac{1000}{V}$$

Dimana :

CI = berat cawan + ekstraksi (mg)

CK = berat cawan kosong (mg)

V = volume sampel (ml)

Metode Analisis Angka Permanganat (Bahan Organik)

1. Metode

Titration permanganometri

2. Prinsip

Zat organik dioksidasi oleh KMnO_4 berlebih dalam suasana asam dan panas

3. Preaksi

3.1 Larutan KMnO_4 0,1 N

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

3.2 Larutan KMnO_4 0,01 N

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

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

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

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

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

3.5 Larutan H_2SO_4 8 N bebas zat organik

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

4. Cara Kerja

4.1 Pembebasan labu erlenmeyer dari zat organik

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

4.2 Pemeriksaan zat organik

- 100 ml contoh air dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer bebas zat organik
- Tambahkan 5 ml H_2SO_4 8 N dan tetes demi tetes larutan KMnO_4 0,01 N sampai cairan berwarna merah muda.
- Panaskan di atas hot plate dan biarkan mendidih pada suhu 70°C .
- Jika selama mendidih warna merah muda hilang, tambahkan lagi larutan KMnO_4 0,01 N sampai warnanya stabil. (\pm 5 menit) (dinginkan).
- Tambahkan 10 ml larutan baku KMnO_4 0,01 N kemudian tambahkan lagi hingga mendidih selama 10 menit, suhu 100°C .
- Setelah itu tambahkan 10 ml larutan baku asam oksalat 0,01 N (temperatur $80-70^\circ\text{C}$)
- Selanjutnya titrasi dengan larutan baku KMnO_4 0,01 N sampai menunjukkan warna merah muda.
- Catat volume KMnO_4 0,01 N yang dibutuhkan (10 ml + ml titrasi), apabila pemakaian larutan baku KMnO_4 0,01 N lebih dari 7 ml (titrasi), ulangi analisa dengan cara mengencerkan larutan uji.

4.3 Standardisasi KMnO_4

- Ukur 100 ml air suling secara duplo dan masukkan dalam erlenmeyer 250 ml, panaskan sampai suhu $\pm 70^\circ\text{C}$ (dinginkan)
- Tambahkan 5 ml H_2SO_4 8 N bebas zat organik
- Tambahkan 10 ml larutan baku asam oksalat 0,01 N
- Titrasi dengan larutan baku KMnO_4 0,01 N sampai menunjukkan warna merah muda.
- Catat volume KMnO_4 yang dibutuhkan untuk titrasi, apabila perbedaan pemakaian larutan baku lebih kecil atau = 0,1 ml maka hasilnya dirata-rata. (Nilai yang di dapat pada standardisasi KMnO_4 digunakan untuk perhitungan normalitas larutan baku KMnO_4)

5. Perhitungan

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

Dengan penjelasan :

A = ml larutan baku KMnO_4 yang dipakai untuk titrasi (total)

B = normalitas larutan baku KMnO_4

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

Dengan penjelasan :

V_1 = ml larutan baku asam oksalat

V_2 = ml larutan baku KMnO_4 yang dipakai untuk titrasi

N_1 = normalitas larutan baku asam oksalat

N_2 = normalitas larutan baku KMnO_4 yang dicari

p = faktor pengenceran larutan uji

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 (restauran), 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 (restauran), 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 (restoran) 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 (restoran), 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 (restoran), 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, pemiagaan, 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
COD	mg/l	100
TSS	mg/l	100
Minyak dan Lemak	mg/l	10

Menteri Negara
Lingkungan Hidup,
ttid
Nabiel Makarim,MPA,MSM.

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

Perencanaan instalasi saringan pasir lambat

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

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

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 efluen 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 pemeliharaan 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

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

- (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 asa 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 hidrolis 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.

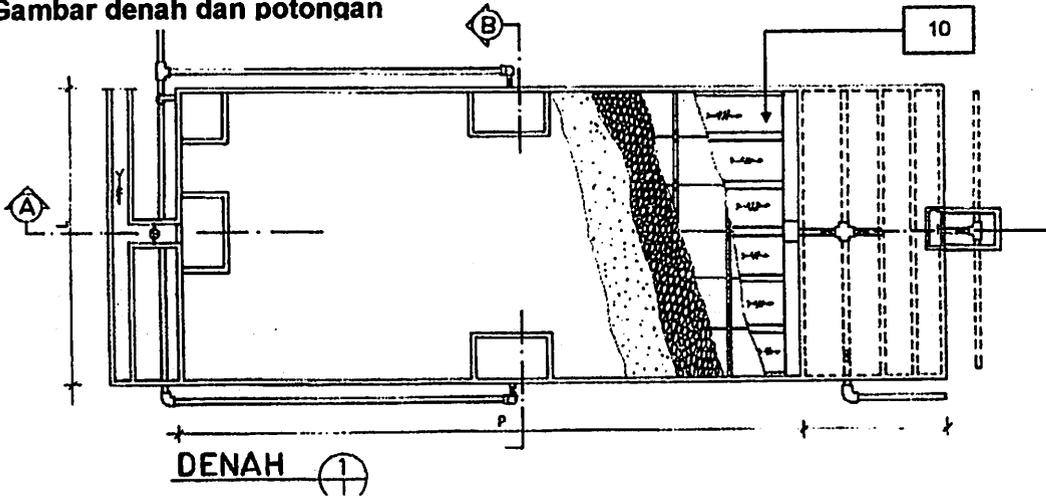
Lampiran A (Informatif)

Daftar istilah

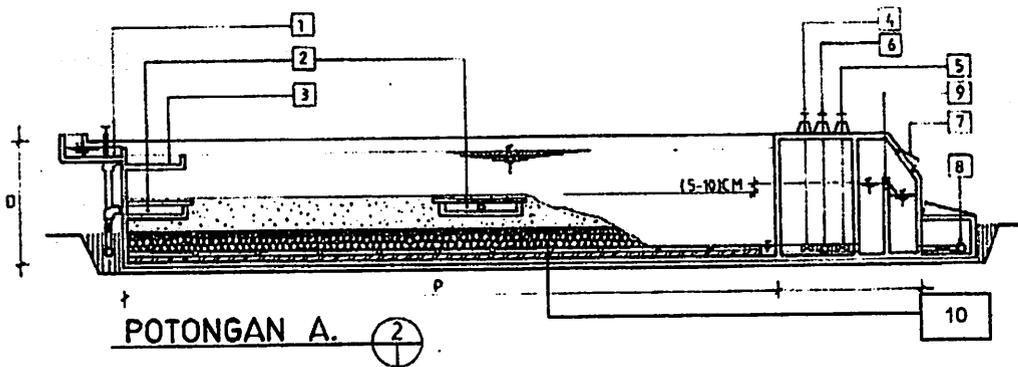
saluran masukan	:	<i>inlet</i>
saluran keluaran	:	<i>outlet</i>
melampai, menghindari	:	<i>by-pass</i>
tersumbat, mampat	:	<i>clogging</i>
saluran pengumpul air di bawah media penahan	:	<i>underdrain</i>
diameter efektif	:	<i>effective size (ES)</i>
koefisien keseragaman	:	<i>uniformity coefficient (UC)</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>

Lampiran B
(Informatif)
Gambar instalasi saringan pasir lambat

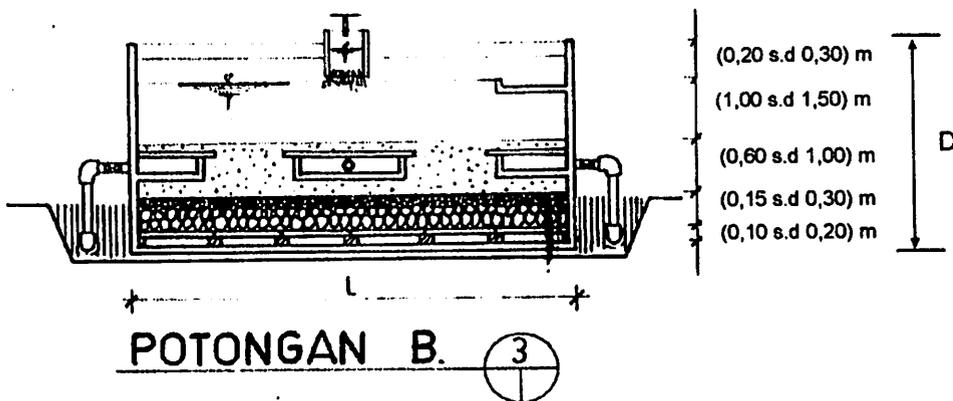
B.1 Gambar denah dan potongan



Gambar B.1.1 Denah instalasi saringan pasir lambat



Gambar B.1.2 Potongan - A instalasi saringan pasir lambat

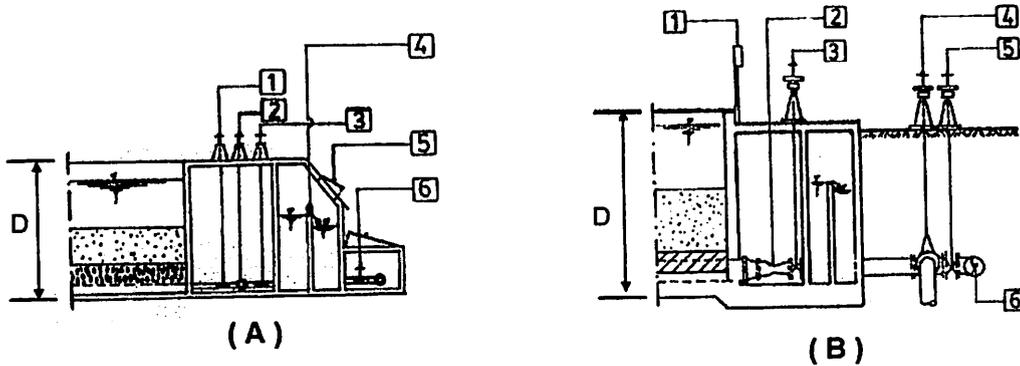


Gambar B.1.3 Potongan - B instalasi saringan pasir lambat

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 effluen. |
| 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



Keterangan :

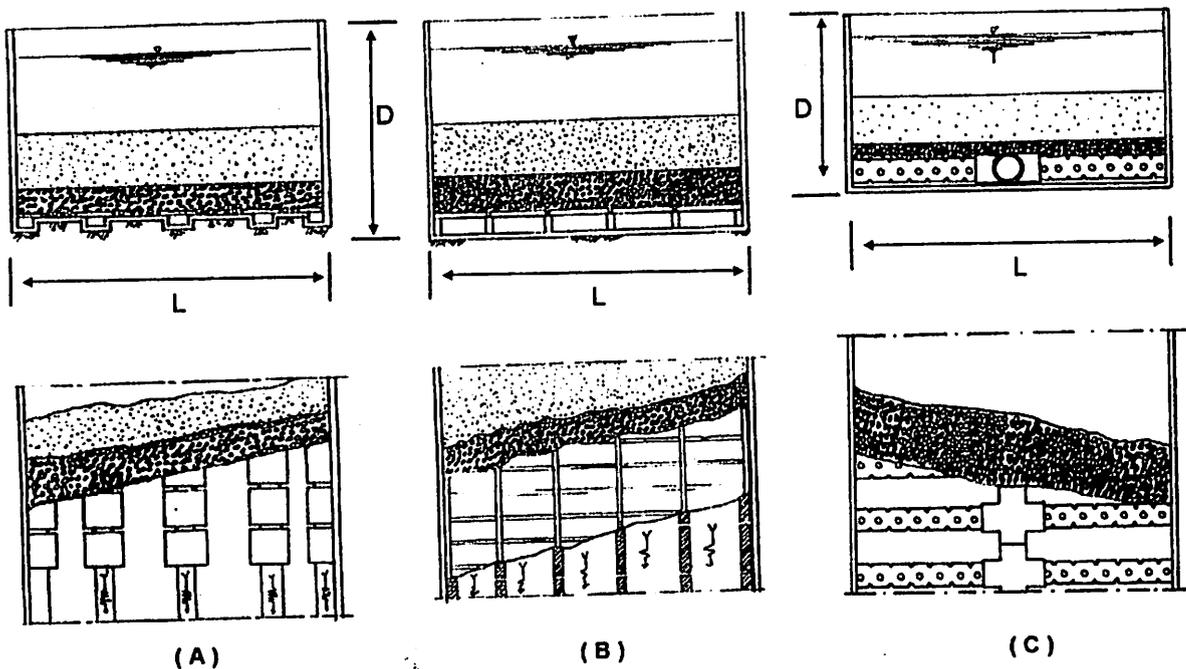
1. KRAN SISTEM OUTLET
2. KRAN UNTUK PENGATUR PENGISIAN BAK DARI BAGIAN BAWAH
3. KRAN SISTEM OUTLET
4. ALAT UKUR
5. PINTU PEMERIKSA DEBIT AIR
6. KRAN DAN PIPA FILTRAT KE RESERVOAR

Keterangan :

1. INDIKATOR DEBIT FILTRAT
2. VENTURI METER
3. KRAN PENGATUR DEBIT FILTRAT
4. KRAN PENGATUR PENGISIAN BAK DARI BAGIAN BAWAH
5. KRAN PENGATUR FILTRAT KE RESERVOAR
6. PIPA PENYALUR FILTRAT KE RESERVOAR

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

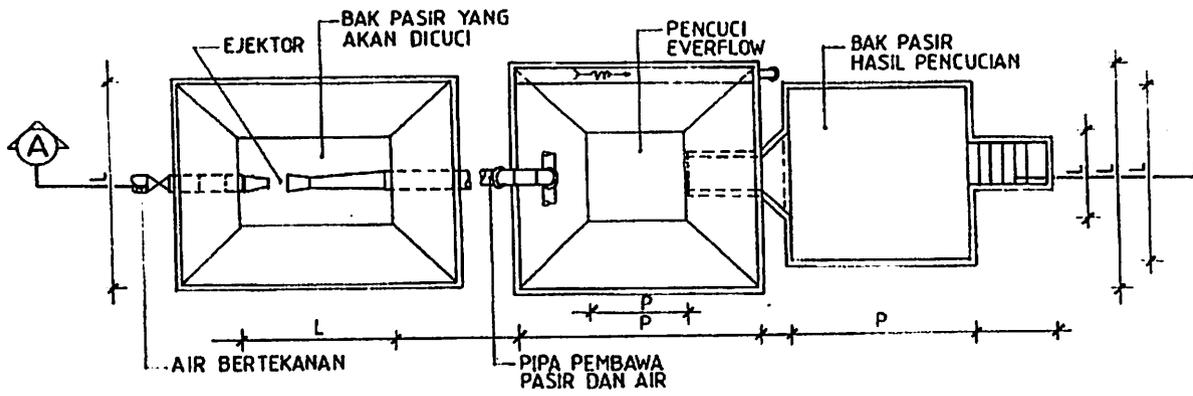
B.3 Sistem underdrain saringan pasir lambat



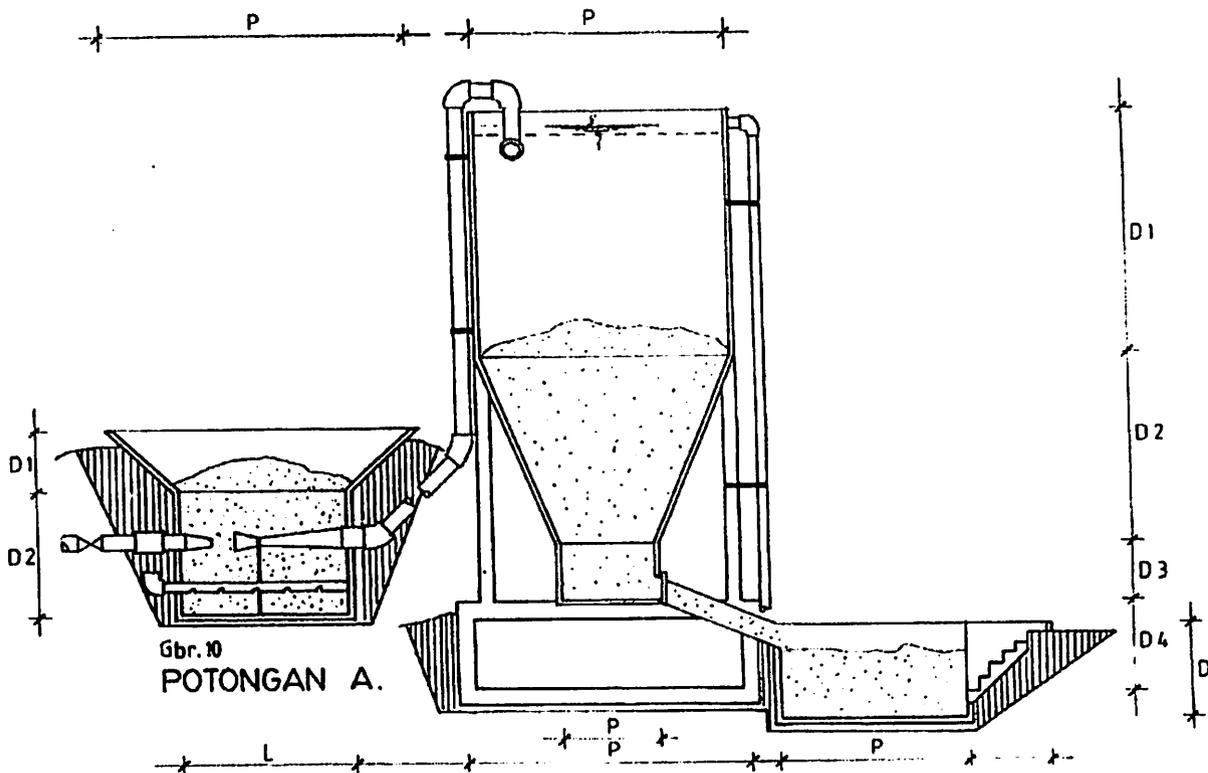
Gambar B.3 (A). Saluran pengumpul bawah. Tipe saluran memanjang dengan tutup berlubang.
Gambar B.3 (B). Saluran pengumpul bawah. Tipe susunan batu cetak / slab beton.
Gambar B.3 (C). Saluran pengumpul bawah. Tipe perpipaan manifold dan lateral.

* Copy standar ini dibuat oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengendalian dan Pargaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil *

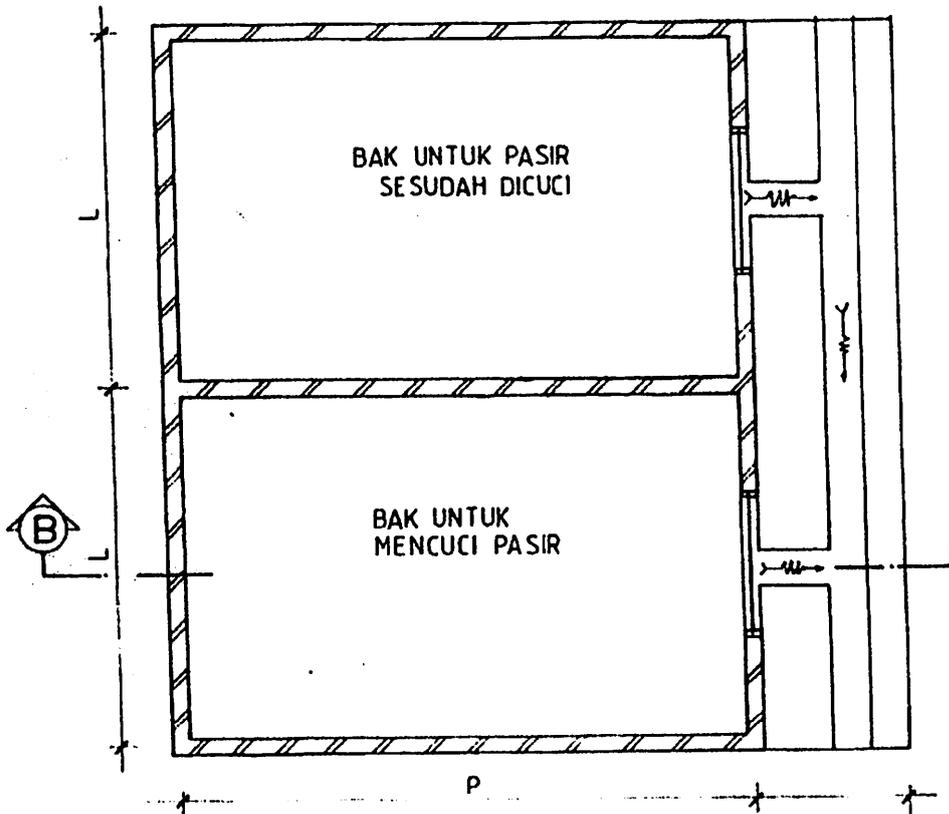
B.4 Gambar denah dan potongan alat pencuci pasir



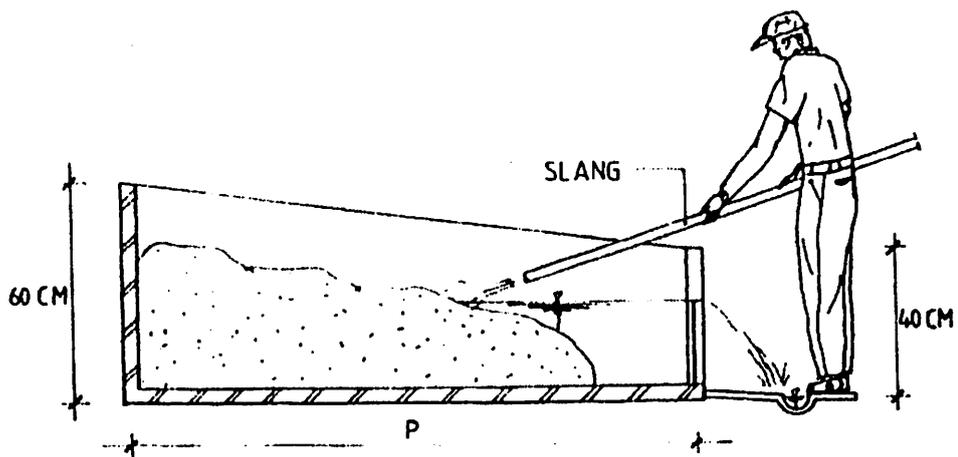
Gambar B.4.1 Denah alat pencuci pasir penyraing Tipe Hidrolik



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



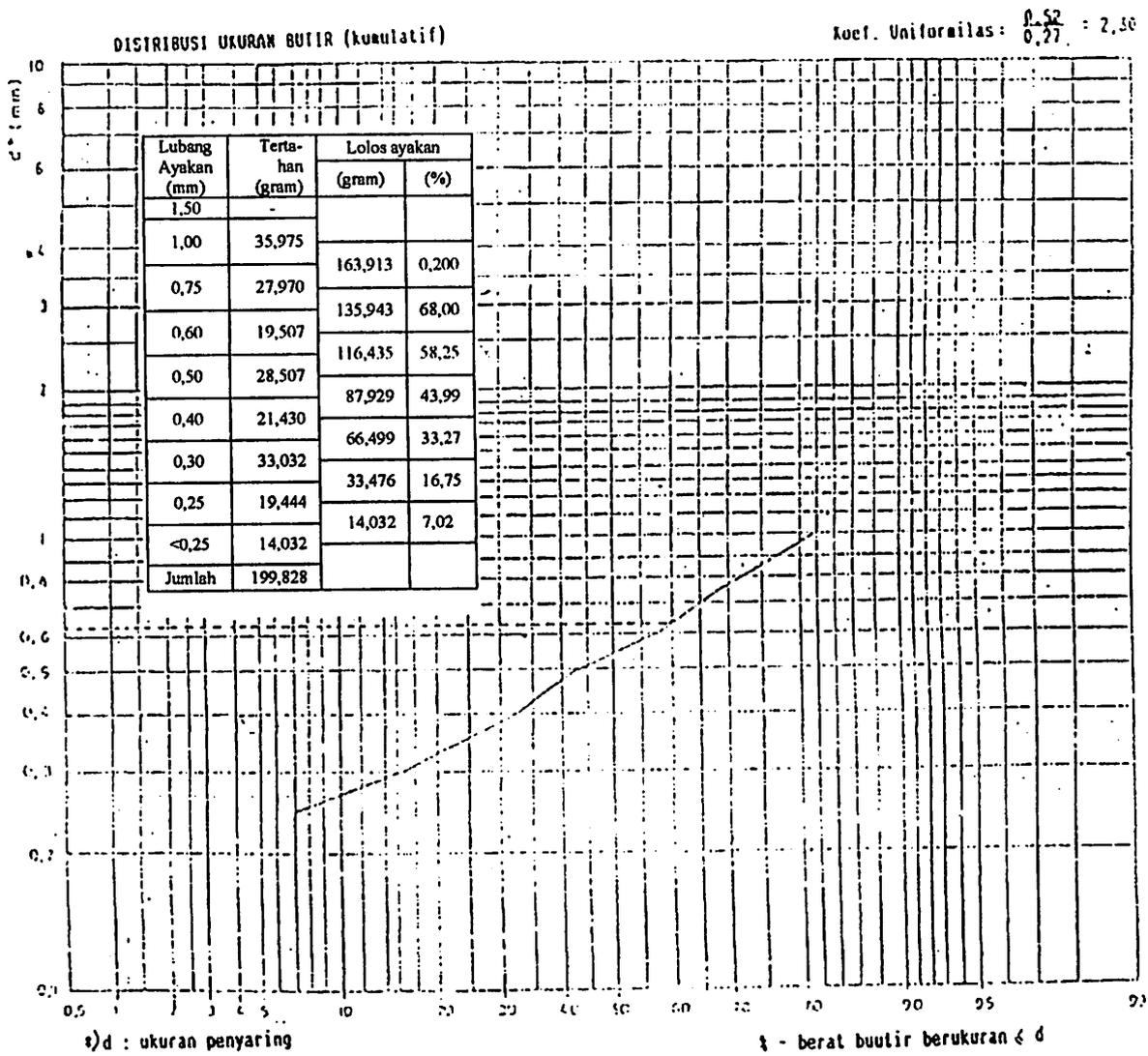
Gambar B.4.3 Denah alat pencuci pasir penyaring Tipe Manual



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

" 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.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, Pengendalian dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil"

Lampiran C
(Informatif)

Lain – lain

C.1 Contoh perhitungan luas permukaan bak (A)

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

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

Misalkan :

$$Q = 5 \text{ Liter/detik} = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik.}$$

$$v = 0,2 \text{ m/jam} = 0,2 / 3600 \text{ m/detik.}$$

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 :

$$A = P \times L \text{-----} \quad (2)$$

$$P : L = (1 \text{ s.d } 2) : 1 \text{-----} \quad (3)$$

Ditentukan: $P : L = 2 : 1$

$$P = 2L$$

$$A = 2L^2$$

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

$$P = 2L = 2 \times 6,7 \text{ m} = 13,4 \text{ m, ditetapkan } P = 14 \text{ m.}$$

" 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.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 :

$$ES = P_{10} \dots\dots\dots (4)$$

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

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

" 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.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 kualitas 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/cm^3 (antara 2,55 gr/cm^3 s.d 2,65 gr/cm^3)

Jadi kualitas pasir memenuhi syarat untuk media penyaring pasir lambat

C.7 Contoh penentuan gradasi krikil penahan

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

Tabel 5 Contoh penentuan gradasi media krikil

No.	Diameter krikil 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