

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN KARBON AKTIF DARI AMPAS TEBU DAN
GERABAH TERHADAP EFISIENSI BIOSAND FILTER DALAM
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH MAKAN**



Disusun oleh

**Kornelia Bernadetha Ndeku
08 26 020**

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

SECRET

THE UNITED STATES DEPARTMENT OF THE ARMY
AND THE AIR FORCE
OFFICE OF THE SECRETARY OF DEFENSE

DATE: 1964

OFFICE OF THE SECRETARY OF DEFENSE
WASHINGTON, D.C.

DEFENSE SECRETARIAT
MEMORANDUM FOR THE SECRETARY OF DEFENSE
SUBJECT: [REDACTED]

DATE: 1964

SECRET

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**“PENGARUH PENAMBAHAN KARBON AKTIF DARI AMPAS
TEBU DAN GERABAH TERHADAP EFISIENSI BIOSAND FILTER
DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH MAKAN”**

Oleh :

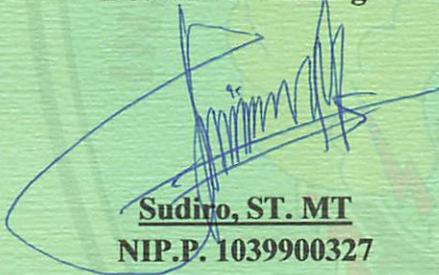
KORNELIA BERNADETHA NDEKU

08.26.020

Menyetujui :

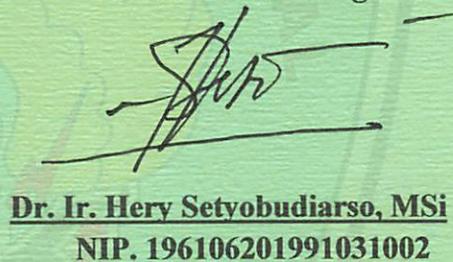
Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing I



Sudiro, ST. MT
NIP.P. 1039900327

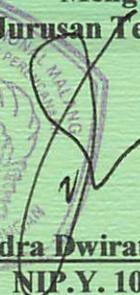
Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSi
NIP. 196106201991031002

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan



Candra Dwiratna W, ST. MT
NIP.Y. 1030000349



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

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

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 : KORNELIA BERNADETHA NDEKU
NIM : 08 26 020
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN
JUDUL : PENGARUH PENAMBAHAN KARBON AKTIF DARI
AMPAS TEBU DAN GERABAH TERHADAP EFISIENSI
BIOSAND FILTER DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
RUMAH MAKAN

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

Pada Hari : SABTU

Tanggal : 3 AGUSTUS 2013

Dengan Nilai : **B⁺** (75,68)

PANITIA UJIAN SRIPSI

KETUA,

Candra Dwiratna, ST. MT
NIP. Y. 1030000349

SEKRETARIS,

Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP. Y. 1030300382

ANGGOTA PENGUJI

PENGUJI I

Candra Dwiratna, ST. MT
NIP. Y. 1030000349

PENGUJI II

Anis Artiyani, ST. MT
NIP. P. 1030300384

KATA PENGANTAR

Segala Puji Syukur penyusun panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini dengan judul **“Pengaruh Penambahan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu dan Gerabah Terhadap Efisiensi *Biosand Filter* dalam Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan”**, yang disusun berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan.

Atas tersusunnya laporan skripsi ini, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga besar yang telah membantu dalam penyelesaian laporan skripsi ini.
2. Bapak Sudiro, ST.MT selaku Dosen Pembimbing I dalam pembuatan laporan skripsi ini sekaligus Sebagai Kepala Laboratorium Pemodelan Teknik Lingkungan ITN Malang.
3. Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, Msi MT selaku Dosen Pembimbing II dalam pembuatan laporan skripsi ini
4. Ibu Candra Dwiratna, ST.MT selaku Dosen penguji I sekaligus Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
5. Ibu Anis Artiyani, ST.MT selaku dosen penguji II sekaligus Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.
6. Teman-teman Jurusan Teknik Lingkungan dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan skripsi ini.

Penyusun menyadari sepenuhnya, bahwa dalam pembuatan laporan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penyusun harapkan guna kesempurnaan laporan skripsi ini.

Malang, September 2013

Penyusun

Ndeku, Kornelia B., Setyobudiarso, Hery., Sudiro., 2013. **Pengaruh Penambahan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu dan Gerabah Terhadap Efisiensi *Biosand Filter* Dalam Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan.** Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang

ABSTRAKSI

Air limbah rumah makan merupakan air buangan hasil buangan dari aktivitas rumah makan. Limbah rumah makan tersebut dapat menimbulkan bau yang tidak enak dan mengganggu lingkungan sekitarnya jika tidak diolah terlebih dahulu. Maka diperlukan suatu teknologi alternatif yang dapat mengolah limbah rumah makan, yaitu *biosand filter*. *Biosand filter* merupakan filter dengan konsep saringan pasir lambat yang khusus didesain untuk skala rumah tangga. Kelebihan *biosand filter* adalah adanya penumbuhan *biofilm* dipermukaan media paling atas. Lapisan *biofilm* ini mampu mendegradasi rasa, bau dan warna. Penelitian bertujuan mengetahui kemampuan Reaktor *Biosand Filter* dalam upaya menurunkan konsentrasi pencemar pada limbah cair rumah makan dan penentuan waktu efektif operasional dengan media penambahan karbon aktif dari ampas tebu dalam penurunan TSS, Minyak Lemak dan BOD dari limbah cair rumah makan. Penelitian menggunakan reaktor kontinu dengan media pasir halus (30 cm), pasir kasar (25 cm), karbon aktif dari ampas tebu (30 cm) dan gerabah (30 cm). Filter dioperasikan secara kontinu dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa reaktor *biosand filter* dengan penambahan karbon aktif dan gerabah mampu menurunkan konsentrasi TSS, Minyak lemak, dan BOD. Konsentrasi TSS dapat diturunkan hingga 87,50 %. Konsentrasi minyak lemak dapat diturunkan hingga 87,83%, sedangkan konsentrasi BOD hanya dapat diturunkan hingga 78,45 %. Konsentrasi TSS, minyak lemak dan BOD akhir yang diperoleh dari pengolahan ini secara berturut-turut yaitu 14,66 mg/l, 4,35 mg/l, dan 26,94 mg/l.

Kata Kunci : Ampas tebu, *Biosand filter*, Gerabah, dan Limbah cair rumah makan.

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan	ii
Berita Acara.....	iii
Kata Pengantar.....	iv
Abstraksi.....	v
Daftar isi.....	vi
Daftar Tabel.....	x
Daftar Gambar	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar belakang	1
1.2. Rumusan masalah	4
1.2.1. Rumusan masalah	4
1.2.2. Hipotesa	4
1.3. Ruang lingkup	5
1.4. Tujuan penelitian	5
1.5. Manfaat penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Air limbah rumah makan	6
2.2. Sumber air limbah.....	6
2.2.1. Sumber Air Limbah Rumah Tangga	6
2.2.2. Karakteristik Air Buangan Domestik	7
2.3. Kriteria desain <i>slow sand filter</i>	9
2.4. <i>Biosand filter</i>	9
2.4.1. Mekanisme penyisihan kontaminan dalam <i>biosand filter</i>	10
2.4.2. Lapisan biofilm atau <i>Schmutzdecke</i>	12

2.4.3.	Aklimatisasi.....	13
2.4.4.	Pembersihan <i>biosand filter</i>	13
2.5.	Gerabah	16
2.6.	Karbon aktif..	17
2.7.	Ampas tebu	18
2.8.	<i>Total Suspended Solids(TSS)</i>	18
2.9.	Minyak dan Lemak	19
2.10.	<i>Biological oxygen demand (BOD)</i>	21
2.11.	Metode pengolahan data	21
2.10.1.	Statistik deskriptif dan inferensi	21
2.10.2.	Analisis korelasi	22
2.10.3.	Analisis Regresi.....	23
2.10.4.	Pengantar desain eksperimen.....	23
2.10.5.	Langkah-langkah dalam desain eksperimen.....	24
2.10.6.	<i>Analysis of Variance</i>	24

BAB III. GAMBARAN UMUM

3.1.	Jenis penelitian.....	25
3.2.	Waktu dan Lokasi Penelitian	25
3.3.	Bahan dan Alat Penelitian	
3.3.1.	Bahan	26
3.3.2.	Alat	26
3.4.	Variable penelitian.....	27
3.5.	Penyediaan Alat dan Bahan Penelitian	29
4.5.1.	Alat penelitian.....	
4.5.2.	persiapan media pasir halus, pasir kasar, gerabah dan Karbon Aktif.....	29
3.6.	Pelaksanaan penelitian.....	32
3.6.1.	Pengujian Sampel Awal	32

3.6.2.	Proses sampling.....	32
3.6.3.	Aklimatisasi	33
3.7.	Analisis Minyak Lemak, BOD dan TSS.....	33
3.8.	Prosedur Analisis	35
3.8.1.	Prosedur Analisis TSS.....	35
3.8.2.	Prosedur Analisis Minyak Lemak	35
3.8.3.	Metode Analisis BOD	36
3.9.	Analisis data..	37
3.10.	Kesimpulan dan saran.....	37
3.11.	Kerangka penelitian	38

BAB IV. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1.	Karakteristik Limbah Cair Rumah Makan ‘Warung Prasmanan Syahroni’ Kelurahan Sawojajar Kota Malang.....	39
4.2.	Penyisihan Bahan Organik Pada Tahap Aklimatisasi	39
4.3.	Pengolahan Data	43
4.3.1.	Konsentrasi TSS, Minyak Lemak dan BOD setelah proses ..	43
4.3.2.	Persentase penurunan TSS.....	46
4.3.3.	Persentase penurunan Minyak Lemak	47
4.3.4.	Persentase penurunan BOD	48
4.4.	Analisis Deskriptif.....	50
4.4.1.	Analisis Deskriptif Penurunan TSS	50
4.4.2.	Analisis Deskriptif Penurunan Minyak Lemak.....	54
4.4.3.	Analisis Deskriptif Penurunan BOD.....	59
4.5.	Analisis Korelasi.....	62
4.5.1.	Analisis Korelasi untuk persentase penyisihan TSS	63
4.5.1.	Analisis Korelasi untuk persentase penyisihan Minyak Lemak	65
4.5.2.	Analisis Korelasi untuk persentase penyisihan BOD	67

4.6.	Analisis Regresi	69
4.6.1.	Analisis Regresi untuk persentase penyisihan TSS	69
4.6.2.	Analisis Regresi untuk persentase penyisihan Minyak Lemak	73
4.6.3.	Analisis Regresi untuk persentase penyisihan BOD.....	76
4.7.	Analisis ANOVA One Way.....	81
4.7.1.	Analisis ANOVA untuk persentase penyisihan TSS	82
4.7.2.	Analisis ANOVA untuk persentase penyisihan Minyak Lemak	84
4.7.3.	Analisis ANOVA untuk persentase penyisihan BOD	87
4.8.	Pembahasan	91
4.8.1	Pembahasan Penurunan Konsentrasi TSS	91
4.8.2	Pembahasan Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak.....	94
4.8.3	Pembahasan Penurunan Konsentrasi BOD	98
4.8.4	Pembahasan Penurunan Konsentrasi pH	100
4.9.	Kualitas Output Pengolahan <i>Biosand Filter</i> dengan Penambahan Gerabah dan karbon aktif Berdasarkan Standar Baku Mutu	102
 BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1.	Kesimpulan	103
5.2.	Saran	104

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Fisik Limbah Domestik	8
Tabel 2.2	Perbedaan antara saringan pasir lambat dengan saringan pasir cepat.....	9
Tabel 4.1	Karakteristik Air Limbah Domestik Rumah makan ‘WPS’ Kelurahan Sawojajar Kota Malang	39
Tabel 4.2	Penyisihan Bahan Organik	40
Tabel 4.3	Konsentrasi TSS Setelah Proses.....	43
Tabel 4.4	Konsentrasi Minyak Lemak Setelah Proses	44
Tabel 4.5	Konsentrasi BOD Setelah Proses	44
Tabel 4.6	Persentase Penurunan Konsentrasi TSS	46
Tabel 4.7	Persentase Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak	47
Tabel 4.8	Persentase Penurunan Konsentrasi BOD	49
Tabel 4.7	Persentase Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak	44
Tabel 4.8	Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan TSS (%) pada Biosand Filter Terhadap Waktu Detensi (jam).....	63
Tabel 4.9	Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan TSS (%) pada media Karbon Aktif Terhadap Waktu Detensi (jam)	64
Tabel 4.10	Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan TSS (%) pada media Gerabah Terhadap Waktu Detensi (jam).....	64
Tabel 4.11	Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan Minyak Lemak (%) pada <i>Biosand Filter</i> Terhadap Waktu Detensi (jam).....	65
Tabel 4.12	Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan Minyak Lemak (%) pada media Karbon Aktif Terhadap Waktu Detensi (jam).....	66
Tabel 4.13	Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan Minyak Lemak (%) pada media Pecahan Genteng Terhadap Waktu Detensi (jam)	66
Tabel 4.14	Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan BOD (%) pada <i>Biosand Filter</i> Terhadap Waktu Detensi (jam)	67

Tabel 4.15 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan BOD (%) pada media Karbon Aktif Terhadap Waktu Detensi (jam).....	68
Tabel 4.15 Hasil Uji Korelasi Persentase penyisihan BOD (%) pada media Pecahan genteng Terhadap Waktu Detensi (jam)	68
Tabel 4.16 . Hasil Uji Regresi Persentase penyisihan TSS (%) pada Biosand Filter Terhadap Waktu Detensi (jam).....	70
Tabel 4.17 Hasil Uji Regresi Persentase penyisihan TSS (%) pada media Karbon Aktif Terhadap Waktu Detensi (jam)	71
Tabel 4.18 Hasil Uji Regresi Persentase penyisihan TSS (%) pada media Gerabah Terhadap Waktu Detensi (jam).....	72
Tabel 4.19 Hasil Uji Regresi Persentase penyisihan Minyak Lemak (%) pada <i>Biosand Filter</i> Terhadap Waktu Detensi (jam).....	74
Tabel 4.20 Hasil Uji Regresi Persentase penyisihan Minyak Lemak (%) pada media Karbon Aktif Terhadap Waktu Detensi (jam).....	75
Tabel 4.21 Hasil Uji Regresi Persentase penyisihan Minyak Lemak (%) pada media Pecahan Genteng Terhadap Waktu Detensi (jam)	76
Tabel 4.22 Hasil Uji Regresi Persentase penyisihan BOD (%) pada Biosand Filter Terhadap Waktu Detensi (jam).....	78
Tabel 4.23 Hasil Uji Regresi Persentase penyisihan BOD (%) pada media Karbon Aktif Terhadap Waktu Detensi (jam).....	79
Tabel 4.24 Hasil Uji Regresi Persentase penyisihan BOD (%) pada media Pecahan genteng Terhadap Waktu Detensi (jam)	80
Tabel 5.25 Hasil Uji ANOVA antara Waktu Operasional terhadap Persentase penurunanTSS (%) pada Biosand Filter	81
Tabel 5.26 Hasil Uji ANOVA antara Waktu Operasional terhadap Persentase penurunanTSS (%) pada media Karbon Aktif.....	83
Tabel 5.27 Hasil Uji ANOVA antara Waktu Operasional terhadap Persentase penurunanTSS (%) pada media gerabah	83
Tabel 5.28 Hasil Uji ANOVA antara Waktu Operasional terhadap Persentase penurunanMinyak Lemak (%) pada Biosand Filter	85

Tabel 5.29 Hasil Uji ANOVA antara Waktu Operasional terhadap Persentase penurunan Minyak Lemak (%) pada Karbon Aktif.....	86
Tabel 5.30 Hasil Uji ANOVA antara Waktu Operasional terhadap Persentase penurunan Minyak Lemak (%) pada media Gerabah..	87
Tabel 5.31 Hasil Uji ANOVA antara Waktu Operasional terhadap Persentase penurunan BOD (%) pada Biosand Filter.....	88
Tabel 5.32 Hasil Uji ANOVA antara Waktu Operasional terhadap Persentase penurunan BOD (%) pada Media Karbon Aktif.....	89
Tabel 5.33 Hasil Uji ANOVA antara Waktu Operasional terhadap Persentase penurunan BOD (%) pada media Gerabah.....	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Unit Biosand Filter.....	10
Gambar 2.2 Skema Zat Padat.....	19
Gambar 3.1 Desain Reaktor.....	31
Gambar 3.2 Kerangka Penelitian	38
Gambar 4.1. Persen (%) penyisihan bahan organik pada saat aklimatisasi	40
Gambar 4.2. Persentase penyisihan TSS (%) dengan waktu (jam) pada reaktor <i>Biosand Filter</i> setelah pengolahan.....	50
Gambar 4.3. Persentase penyisihan TSS (%) dengan waktu (jam) pada reaktor Karbon Aktif setelah pengolahan	52
Gambar 4.4. Persentase penyisihan TSS (%) dengan waktu (jam) pada reaktor Gerabah setelah pengolahan	53
Gambar 4.5. Persentase penyisihan Minyak Lemak (%) dengan waktu (jam) Pada reaktor <i>Biosand Filter</i> setelah pengolahan.....	55
Gambar 4.6. Persentase penyisihan Minyak Lemak (%) dengan waktu (jam) pada reaktor Karbon Aktif setelah pengolahan.....	56
Gambar 4.7. Persentase penyisihan Minyak Lemak (%) dengan waktu (jam) pada reaktor Gerabah setelah pengolahan.....	57
Gambar 4.2. Persentase penyisihan BOD (%) dengan waktu (jam) pada reaktor <i>Biosand Filter</i> setelah pengolahan.....	59
Gambar 4.3. Persentase penyisihan BOD (%) dengan waktu (jam) pada reaktor Karbon Aktif setelah pengolahan	60
Gambar 4.2. Persentase penyisihan BOD (%) dengan waktu (jam) pada reaktor Gerabah setelah pengolahan	61

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Meningkatnya jumlah penduduk dan perkembangan berbagai kebutuhan, secara tidak langsung akan diikuti dengan meningkatnya kebutuhan akan air bersih, yang selanjutnya akan menghasilkan air limbah yang jumlahnya meningkat pula. Peningkatan jumlah dan volume air limbah baik secara langsung maupun tidak langsung berpengaruh terhadap lingkungan terutama terhadap tanah dan badan air yang langsung menerima limbah tersebut. Di Indonesia khususnya di Kota Malang saat ini terjadi peningkatan jumlah penduduk yang sebagian adalah mahasiswa yang sedang melanjutkan studi di kota Malang dan sebagian adalah pendatang, maka secara otomatis akan terjadi peningkatan kebutuhan akan barang dan jasa.

Rumah makan adalah setiap tempat usaha komersial yang ruang lingkup kegiatannya menyediakan hidangan dan minuman untuk umum. Dalam industri rumah makan tentunya akan menghasilkan limbah berupa sisa makanan (lemak) dan minuman, sampah organik (dari dapur), minyak dan air sabun. limbah industri rumah makan tersebut menimbulkan bau yang tidak enak dan mengganggu lingkungan sekitarnya, tapi sayangnya industri rumah makan tidak terlalu menghiraukan dampak limbah yang dihasilkan terhadap lingkungan sekitarnya. Meskipun jenis sampah dan limbah yang dihasilkan dari rumah makan merupakan jenis limbah organik, namun keberadaanya perlu diantisipasi. Adapun kandungan yang terdapat dalam limbah air rumah makan yaitu, minyak, lemak, protein dan karbohidrat (Wahjono,2000).

Pertumbuhan rumah makan tersebut membawa dampak berupa limbah rumah makan yang apabila langsung dibuang ke saluran atau ke perairan umum akan menimbulkan pencemaran air, selain itu akan menimbulkan bau busuk yang tidak enak.

Karena kontaminan utama limbah cair rumah makan seluruhnya berasal dari bahan makanan, proses memasak dan tahap pembersihan peralatan, dan dari toilet, maka komponen limbah rumah makan terutama berupa bahan-bahan organik dan bahan pencuci (sabun/deterjen). Senyawa organik yang terkandung dalam air limbah rumah makan berupa karbohidrat, protein, lemak dan minyak.

Air limbah rumah makan ada 2 (dua) hal yang perlu diperhatikan, yakni karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik fisika meliputi padatan total, temperatur, warna dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas. Temperatur air limbah rumah makan berasal dari proses pemasakan makanan dan pencucian peralatan makan yang banyak mengandung lemak dan minyak. Temperatur yang meningkat di lingkungan perairan akan mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen dan gas lain, kerapatan air, viskositas, dan lainnya.

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.

Data awal hasil penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan oleh Septyanto, Bornez 2012 adalah 1700 mg/l untuk konsentrasi TSS dan 148,5 mg/l untuk minyak dan lemak. Konsentrasi TSS, minyak dan lemak tersebut melebihi standart baku mutu Kep.Men. Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003. Dengan menggunakan Reaktor *Biosand Filter* dengan penambahan karbon aktif sekam padi mampu menurunkan konsentrasi TSS sebesar 93,8 % dan konsentrasi Minyak dan Lemak sebesar 90,8 %.

Berdasarkan penelitian diatas, penggunaan karbon aktif sekam padi dan karbon aktif granular pada *Biosand Filter* sudah efisien dalam menurunkan TSS dan minyak lemak. Dimana konsentrasi TSS dan minyak lemak berada dibawah standar baku mutu sesuai dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik adalah sebesar 100 mg/l dan 10 mg/l berturut turut untuk TSS dan minyak lemak.

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 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%. Dan juga oleh Maherystiawan, Ade Penggunaan Bisand Filter dengan Penambahan Gerabah dan Karbon Aktif untuk mengolah Limbah Cair Rumah susun, Parameter

Terolah COD, TSS, dan Minyak Lemak dengan efisiensi masing-masing sebesar 69,2%, 90,1% dan 70,5%.

Apabila dilihat dari keilmuan Teknik Lingkungan, *Biosand Filter* dengan penambahan gerabah dan karbon aktif diharapkan mampu menjadi solusi untuk mengolah limbah cair rumah makan secara efektif. Limbah cair rumah makan 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 pengaruh penambahan karbon aktif dari ampas tebu dan Gerabah pada pengolahan *Biosand Filter* dalam penurunan konsentrasi Minyak lemak, BOD dan TSS dari limbah cair rumah makan
2. Berapa lama waktu optimum yang dapat digunakan untuk menurunkan Minyak lemak, BOD dan TSS dengan menggunakan reaktor *Biosand Filter* dengan penambahan gerabah dan karbon aktif pada reaktor yang berbeda.

1.2.2 Hipotesa

Reaktor *Biosand Filter* dengan penambahan gerabah dan karbon aktif dari ampas tebu berkemampuan menurunkan kandungan Minyak lemak, BOD dan TSS di dalam limbah cair rumah makan secara efektif.

1.3. Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian ini adalah :

1. Sampel limbah yang digunakan berasal dari limbah cair rumah makan “Warung Prasmanan Syahroni” Kelurahan Sawojajar Kota Malang yang berasal dari buangan limbah rumah makan .
2. Media yang digunakan adalah pasir, kerikil, gerabah dari pecahan genteng dan karbon aktif dari ampas tebu.
3. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
4. Parameter yang dianalisis adalah konsentrasi Minyak lemak, BOD dan TSS.

1.4. Tujuan

1. Mengetahui pengaruh penambahan karbon aktif dari ampas tebu dan Gerabah pada pengolahan *Biosand Filter* dalam penurunan konsentrasi Minyak lemak, BOD dan TSS dari limbah cair rumah makan.
2. Mencari waktu optimum terjadinya persentase penurunan TSS, minyak lemak dan BOD yang tertinggi

1.5. Manfaat Penelitian

Kegunaan program ini antara lain sebagai berikut ini:

1. Menjadikan limbah rumah makan lebih ramah lingkungan.
2. Para pengusaha rumah makan dapat mengetahui kinerja *Biosand Filter* dan memanfaatkannya sebagai pengolah limbah mereka sebelum dibuang ke badan air.
3. Mendapatkan suatu alternatif teknologi yang murah, sederhana, dan mudah pengoperasiaannya untuk menurunkan kandungan Minyak lemak, BOD dan TSS dari limbah cair rumah makan sehingga memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan.
4. Menekan resiko terjadinya penyakit yang disebabkan karena mengkonsumsi air yang tercemar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air Limbah Rumah Makan

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 bersamasama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada.

Limbah cair dari rumah makan dan fasilitas komersial pelayanan makanan berbeda secara signifikan dari limbah cair rumah tangga. Disamping gelombang volume tinggi pada waktu sibuk dan biasanya temperatur tinggi, limbah cair rumah makan lebih tinggi jumlahnya dibandingkan limbah cair rumah tangga. Kadar minyak lemak yang tinggi pada makanan menyebabkan kandungan BOD yang tinggi.

Air limbah tersebut sebagian besar mengandung bahan organik yang terdiri dari protein, karbohidrat dan lemak. Limbah tersebut yang tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan gangguan terhadap lingkungan dan kehidupan.

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 Karateristik Air Buangan Domestik

Air buangan perkotaan mengandung lebih dari 99,9 % cairan dan 0,1 % padatan. Zat-zat yang terdapat didalam air buangan diantaranya adalah unsurunsur organik tersuspensi maupun terlarut dan juga unsur-unsur anorganik serta mikroorganisme. Unsur-unsur tersebut memberi corak kualitas air buangan dalam sifat fisik, kimiawi maupun biologis (Sugiharto, 2008).

a) Karateristik Kimiawi

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

b) Karateristik Biologis

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

c) Karateristik Fisik

Karateristik fisik yang menjadi parameter didalam pengolahan meliputi temperatur, total solid, warna, bau dan kekeruhan. Sebagian besar penyusun air buangan domestik berupa bahan-bahan organik. Penguraian bahan-bahan ini akan menyebabkan munculnya kekeruhan. Selain itu, kekeruhan juga diakibatkan oleh lumpur, tanah liat, zat koloid dan benda-benda terapung tidak segera mengendap. Penguraian bahan-bahan organik juga menimbulkan terbentuknya warna. Parameter ini dapat menunjukkan kekuatan pencemar. Komponen penyusun bahan-bahan organik seperti protein, lemak, minyak dan sabun cenderung mempunyai sifat yang tidak tetap dan mudah menjadi busuk. Tabel 2.1 menunjukkan pengaruh dan penyebab air buangan domestik dari karateristik 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, 2008



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 atas dikeruk, dicuci, dan dipakai lagi/ 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 & 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



2.3. Kriteria Desain dan Zona Filter

Samudra pasir pantai adalah bea samudra yang merupakan pasir sebagai media filter dengan alasan pasir sangat kecil, namun mempunyai kandungan karbon yang tinggi, proses penyaringan berlangsung secara gravitasi sangat lambat dan sederhana serta sebuah permukaan filter pasir yang terdapat media karbon aktif untuk proses desorpsi, adsorpsi, reduksi dan oksidasi proses biokimia dan proses biologis. Samudra pasir pantai lebih baik media saringan air baku yang mempunyai ketahanan sedang sampai rendah dan kersakan lebih rendah (low cost) sedang sampai tinggi. Di kalangan objek penelitian tersebut diuraikan bahwa media saringan pasir pantai dan biologis yang optimal. Tabel 2.3 menunjukkan karakteristik media saringan pasir pantai dengan berbagai pasir saringan.

Tabel 2.3. Karakteristik Air dan Samudra Pasir Saringan Pasir Saringan

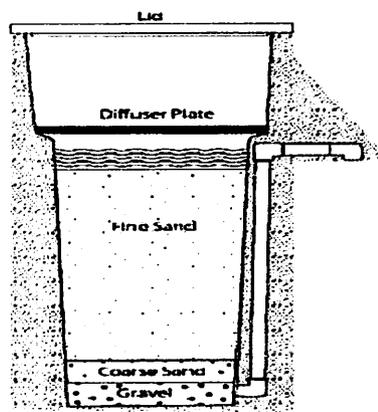
No	Subyek	Samudra Pasir Saringan	Samudra Pasir Saringan
1	Kolaborasi air baku	2-10 NTP	20-100 mm
2	Dimensi media	0,40 - 0,70 mm	0,20 - 0,40 mm
3	Kelambatan media	0,2 - 1,0 m	1,0 - 1,5 m
4	Kapasitas Filtrasi	4,0 - 20,0 m ³ /jam	0,1 - 0,4 m ³ /jam
5	Perawatan	12 - 22 jam sekali	10 - 60 hari sekali
6	Uraian perawatan	Uraian tiap dua kali perawatan dan perawatan berkala	Perawatan berkala diketahui dan diketahui label objektif
7	Waktu Operasi	12 - 24 - 27 jam	20 - 30 - 420 jam
8	Headloss	20 - 25 cm	100 - 150 cm
9	Pemetaan Kecepatan	Label Kecepatan (kecepatan respon dalam filter) dengan berkala	1 liter per menit dan pasir kandungan pasir saringan saringan
10	Pengolahan awal	Perawatan saringan flokulasi & sedimentasi	

Sumber: Marsono, 1997

2.4. Sistem Filter (BFT)

Sistem Filter merupakan salah satu proses penyaringan atau pemisahan air yang akan diolah. Sistem filter ini adalah proses dengan kecepatan rendah yang digunakan untuk memisahkan bahan 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*

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 penambahan 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. 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. 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*).

2.4.4. Pembersihan *Biosand Filter*

Pasir di dalam *Biosand Filter* membutuhkan pembersihan periodik. Umumnya karena lapisan *biofilm* dalam *Biosand Filter* terus terakumulasi dan tumbuh hingga tekanan akan aliran hilang karena lapisan *biofilm* menjadi berlebihan. Lapisan *biofilm* dalam *Biosand Filter* dan saringan pasir lambat biasanya di bersihkan setiap 1 hingga 3 bulan tergantung pada level kekeruhan. Tetapi, selama kekeruhan begitu tinggi dimana pasir membutuhkan 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

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*)

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.

2.7. Ampas Tebu

Bahan baku karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa limbah berupa ampas tebu yang merupakan residu dari proses penggilingan tanaman tebu. Tebu diekstrak di stasiun gilingan dengan menghasilkan nira dan bahan bersabut yang disebut ampas. Ampas terdiri dari air, sabut dan padatan terlarut.

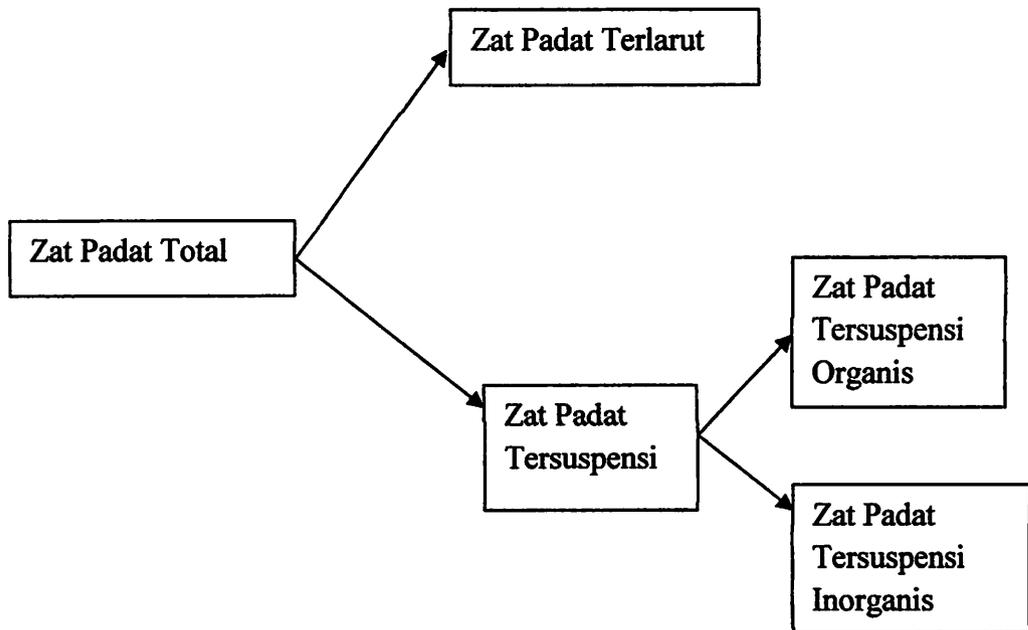
Komponen utama ampas tebu berupa:

1. Selulosa 45 %,
2. Pentosan 32 %
3. Lignin 18 %
4. Lain –lain 5 % (Sumber : Materials Handbook Thirteenth Edition, 1991)

2.8. Total Suspended Solid (TSS)

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

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



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

2.9. Minyak dan Lemak

Minyak lemak termasuk salah satu anggota golongan lipid yaitu merupakan lipid netral (Ketaren, 1986 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. Adanya lapisan minyak pada permukaan air akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air sehingga proses fotosintesis oleh tanaman air tidak dapat berlangsung.
3. Air yang telah tercemar oleh minyak lemak tidak layak dikonsumsi oleh manusia dikarenakan pada air yang mengandung minyak tersebut terdapat zat-zat yang beracun seperti senyawa benzen dan toluen. Semua jenis minyak mengandung senyawa-senyawa volatil yang segera dapat menguap dan ternyata selama beberapa hari, 25% dari volume minyak akan hilang karena menguap, sisa minyak yang tidak menguap akan mengalami emulsifikasi yang menyebabkan air dan minyak dapat bercampur.

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 buangan harus diolah terlebih dahulu sebelum di buang keperairan terbuka.

2.10. Biological Oxygen Demand

Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemr akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendesain sistem-sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut. Penguraian zat organis adalah peristiwa alamiah. Jika suatu badan air dicemari oleh zat organis, bakteri dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses oksidasi tersebut, yang bisa mengakibatkan kematian ikan-ikan dalam air dan keadaan menjadi anaerobik dan dapat menimbulkan bau busuk pada air tersebut.

Reaksi biologis pada tes BOD dilakukan pada temperature 20°C dan dilakukan selama 5 hari sehingga mempunyai istilah yang lengkap BOD₅²⁰. Angka 5 menunjukkan lama waktu inkubasi dan angka 20 menunjukkan temperatur inkubasi. Jumlah zat organik yang ada di dalam air diukur melalui jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk mengoksidasi zat organik tersebut. Karena reaksi BOD dilakukan di dalam botol tertutup, maka jumlah oksigen yang telah dipakai adalah perbedaan antara kadar oksigen di dalam larutan pada saat waktu ke-0 dan pada saat waktu ke-5.

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

2.11.3. 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 memperediksikan pengaruh suatu variabel atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respon.

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

Penelitian ini termasuk dalam penelitian Laboratorium, yang dilaksanakan dalam skala laboratorium. Adapun jenis penelitian yang dilakukan adalah dengan percobaan dalam batasan waktu tertentu terhadap kadar Minyak Lemak, BOD dan TSS dari limbah cair rumah makan dengan menggunakan teknologi *Biosand Filter* dengan penambahan gerabah dan karbon aktif.

3 .2. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2012 – Januari 2013, adapun lokasi-lokasi yang digunakan sebagai tempat penelitian adalah sebagai berikut :

1. Rumah makan “warung prasmanan Syahroni” Kelurahan Sawojajar Kota Malang, sebagai titik pengambilan sampel limbah cair rumah makan.
2. Laboratorium Teknik Sipil, ITN Malang. Merupakan tempat pengayakan media filter, yaitu pasir halus, pasir kasar, karbon aktif, 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 TSS, BOD dan minyak lemak dari limbah cair domestik rumah makan.

3.3. Bahan dan Alat Penelitian

3.3.1. Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain :

- a. Limbah cair rumah makan
- b. Aquadest
- c. Media filtrasi yaitu pasir, kerikil, karbon aktif dan gerabah.
- d. Bahan-bahan pereaksi yang digunakan dalam penelitian :
 - Bahan analisis Angka Permanganat (bahan organik)
 - KMnO_4
 - Bahan analisa BOD
 - MnSO_4
 - NaOH
 - NaN_3
 - KI
 - Amylum
 - H_2SO_4
 - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
 - Bahan analisa Minyak dan Lemak
 - Larutan Petroleum ether
 - HCl

3.3.2. Alat

- Botol Winkler
- Inkubator
- Peralatan gelas
- Neraca analitis
- Cawan poselin

3.4. Variabel Penelitian

1. Variabel Prediktor

Pada penelitian ini menggunakan reaktor *Biosand Filter* dengan media filter berupa pasir halus, pasir kasar, karbon aktif dari ampas tebu 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 gerabah yang digunakan yaitu :

- Lapisan pertama : 10 cm (diameter 3 mm)
- Lapisan kedua : 20 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.

➤ Titik pengambilan sampel

○ Titik pertama

Pengambilan sampel pada bak penampung digunakan untuk analisa awal.

- Titik kedua
Pengambilan sampel pada output reaktor I yaitu pada reaktor *Biosand Filter* yang terdiri dari pasir halus, pasir kasar dan kerikil.
- Titik ketiga
Pengambilan sampel pada output reaktor II yaitu karbon aktif.
- Titik keempat
Pengambilan sampel pada output reaktor III yaitu gerabah dari pecahan genteng.

➤ Waktu pengambilan sampel :

- Pengambilan pertama
Pengambilan sampel setelah 8 jam.
- Pengambilan kedua
Pengambilan sampel setelah 48 jam
- Pengambilan ketiga
Pengambilan sampel setelah 96 jam
- Pengambilan keempat
Pengambilan sampel setelah 144 jam
- Pengambilan kelima
Pengambilan sampel setelah 192 jam
- Pengambilan keenam
Pengambilan sampel setelah 240 jam

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

2. Variabel Respon

Parameter yang diteliti adalah konsentrasi Minyak Lemak, BOD dan TSS dari limbah cair rumah makan.

3.5. Penyediaan alat dan bahan

3.5.1 Alat Penelitian

3.5.1.1. Biosand Filter (BSF)

Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah *Biosand Filter (BSF)*.

Panjang unit	: 30 cm
Lebar unit	: 30 cm
Tinggi unit	: 80 cm
Tinggi total media	: 60 cm
Tinggi air diatas media pasir halus	: 5 cm
<i>Freeboard</i> (fb)	: 10 cm

3.5.1.2. Reservoir

Reservoir yang digunakan untuk menampung air proses limbah rumah makan sebanyak 2 buah, 1 buah reservoir yang memiliki volume 250 liter dan 1 buah reservoir yang memiliki volume 50 liter. Reservoir yang bervolume 50 liter diletakkan di atas menara air sebagai reservoir utama, sedangkan 1 reservoir lainnya diletakkan di bawah menara sebagai tempat penampungan sementara sebelum dialirkan ke reservoir utama.

3.5.2 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.

3.5.2.1. Persiapan Media Pasir dan Kerikil

Media pasir langsung dilakukan pengayakan sebelum dimasukkan ke dalam filter. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan diameter butiran media yang seragam. Sesuai dengan ukurannya yaitu pasir halus dengan diameter 0,20 mm dan pasir kasar dengan diameter 0,30 mm. Hal serupa juga dilakukan pada media kerikil. Setelah mendapatkan ukuran media pasir dan kerikil 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.

3.5.2.2. Persiapan media karbon aktif dari ampas tebu

Proses pembuatan karbon aktif (karbonisasi)

1. Ampas tebu di masukkan ke dalam tungku. Dimana tungku terbuat dari drum yang terbuat dari plat besi, di bagian tengah drum diberi kayu sehingga jika drum berisi penuh akan membentuk lubang nantinya digunakan untuk pembakaran.
2. Kemudian pembakaran bahan dasar arang aktif dalam waktu 3-4 jam. Untuk mempermudah pembakaran dapat digunakan bahan-bahan yang mudah terbakar seperti kertas, daun-daun kering, dan percikan minyak tanah.
3. Pada saat pembakaran drum ditutup, sehingga hanya ventilasi yang terbuka untuk jalan keluarnya asap.
4. Ventilasi ditutup dan dibiarkan selama kurang lebih 8 jam sampai tungku dingin.
5. Setelah dingin, tungku dibuka dan selanjutnya dilakukan pemisahan arang tersebut dari abu.

Proses aktivasi

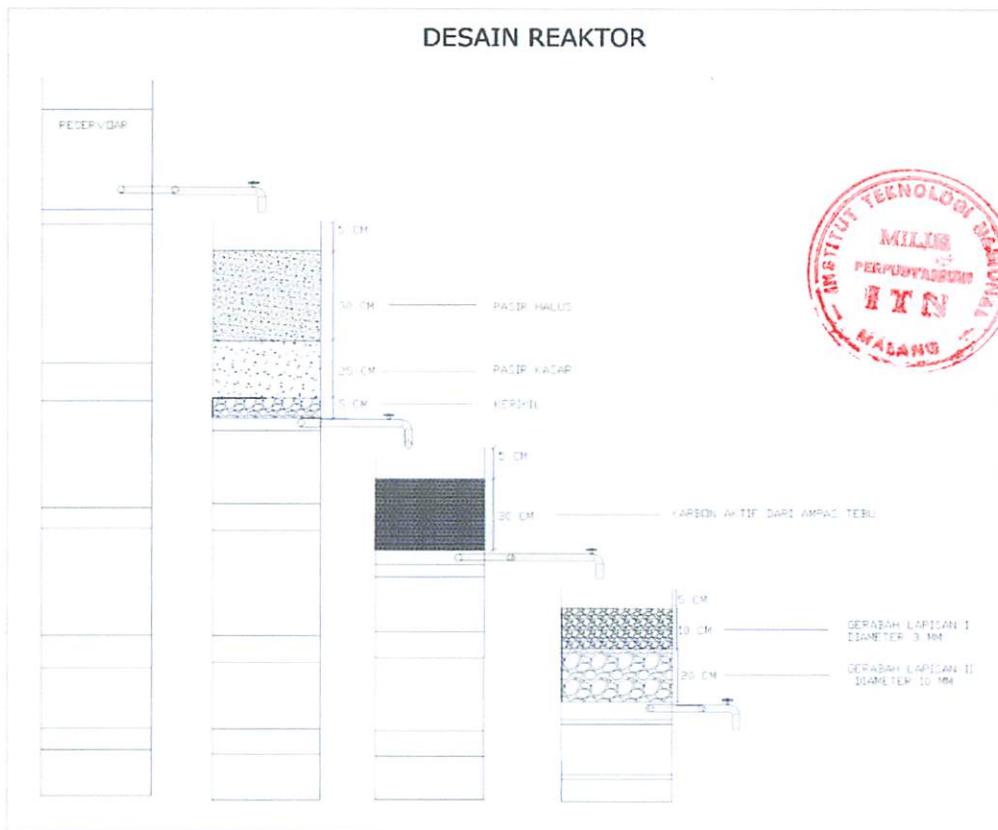
Arang hasil pembakaran dicampur dengan larutan HCl dan direndam selama 2 jam. Kemudian ditiriskan dan dipanaskan pada suhu 60 °C selama 24 jam.

Setelah itu, arang aktif diayak dengan menggunakan ayakan 200 mesh untuk mendapatkan arang yang halus.

3.5.2.3. Persiapan media Gerabah

Media gerabah yang digunakan adalah genteng dengan nilai pembakarannya 900 °C - 1200 °C. Awalnya genteng dihancurkan, setelah itu dilakukan pengayakan dengan ukuran 5 mm. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan diameter butiran media yang seragam.

Kemudian media ini dicuci agar media yang digunakan dalam keadaan bersih dan steril dari bakteri dan kotoran lainnya. Selanjutnya, pada tahap pengeringan media dilakukan dengan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 2 jam, 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.



Gambar 3.1 Desain Reaktor

3.6. Pelaksanaan Penelitian

3.6.1. Pengujian Sampel Awal

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

3.6.2. Proses Sampling

Sampel diambil dari limbah yang berasal dari dapur, sisa cucian piring kotor, gelas, sisa limbah makanan rumah makan “warung prasmanan syahroni” berada di Jl. Raya Sentani Kelurahan Sawojajar, Kecamatan Kedung Kandang, Kota Malang. Pengambilan sampel dilakukan dari rumah makan tersebut dibuka yaitu pukul 08.00 – 21.00 WIB, berhubung rumah makan tersebut melakukan aktifitas memasak pada pukul 05.00 WIB sebelum dibuka warungnya maka diambil limbahnya pada pukul 08.00 – 21.00 WIB, karena pada waktu tersebut pengunjung melakukan aktifitas dalam hal makan, sehingga air limbah yang dibuang banyak.

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 makan, maka titik sampling dilakukan pada saluran akhir pembuangan dari rumah makan yang merupakan gabungan dari buangan kamar mandi komunal rumah makan dan buangan dapur. Dimana sampel diambil pada outlet saluran akhir pembuangan rumah makan 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 TSS, BOD 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.

3.6.3. Aklimatisasi

Pada tahap aklimatisasi ini bertujuan untuk menumbuhkan dan mematangkan lapisan *biofilm* pada reaktor. Dimana dilakukan beberapa tahapan, yaitu: pengkondisian reaktor secara *bach* selama beberapa hari, dimana bertujuan untuk memberikan nutrien 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 penguraiaan 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*).

3.7. Analis Minyak Lemak, BOD dan TSS

3.9.1. Analis Minyak Lemak

Metode pengujian Minyak Lemak menggunakan metode gravimetri. Gravimetri adalah penentuan kadar langsung dengan melakukan pengukuran massa zat murni yang dipisahkan dalam bentuk senyawa yang diketahui susunan kimianya dengan menghitung komponen analitnya. Pemisahan analit dapat

dilakukan dari larutannya, jadi sampel padat harus dilarutkan terlebih dahulu, baru dilakukan pengendapan dengan pereaksi pengendap atau dipisahkan dengan cara ekstraksi. Ekstraksi adalah pemisahan fraksi dari fraksi lain yang berada di dalam suatu campuran berdasarkan perbedaan kelarutan. Untuk memurnikan endapan diperlukan proses pencucian atau pengkristalan ulang dan pengeringan sampai berat konstan. Demikian juga halnya dengan wadah endapan, cawan, baik pada waktu penimbangan awal cawan kosong, maupun cawan yang sudah berisi endapan yang menggunakan suatu cara pengeringan tertentu, harus ditimbang sampai berat konstan.

3. 9. 2. Analisis BOD

Dalam menganalisa BOD digunakan metode titrimetri didahului dengan penentuan oksigen terlarut yang prinsipnya adalah oksigen terlarut akan bereaksi dengan mangan (II) dalam suasana basa menjadi hidroksida mangan dengan valensi yang lebih tinggi (mangan (IV)). Adanya iodida (I-) dalam suasana asam menyebabkan mangan (IV) berubah kembali menjadi mangan (II) dengan menghasilkan iodin (I₂) yang setara dengan jumlah oksigen terlarut (SNI-06-2503-1991).

3. 9. 3. Analisis TSS

Metode pengujian TSS menggunakan metode gravimetri Sampel uji yang telah homogen disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang. Residu yang tertahan pada saringan dikeringkan sampai mencapai berat konstan pada suhu 103°C sampai dengan 105°C. Kenaikan berat saringan mewakili padatan tersuspensi total (TSS). Jika padatan tersuspensi menghambat saringan dan memperlambat penyaringan, diameter pori-pori saringan perlu diperbesar atau mengurangi volume contoh uji. Untuk memperoleh estimasi TSS, dihitung perbedaan antara padatan terlarut total dan padatan total (SNI 06-6989.3-2004).

3.8. Prosedur analisis

3.8.1 Prosedur analisis TSS

- **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.

- **Cara Kerja**

- Panaskan filter kertas di dalam oven pada suhu 150 °C selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator selama 15 menit dan kemudian timbang dengan cepat.
- Sampel yang sudah dikocok merata, sebanyak 100 ml dipindahkan dengan menggunakan pipet ke dalam corong yang sudah ada filter kertas di dalamnya. Kemudian saring.
- Filter kertas diambil dari corong dengan hati – hati dan masukkan ke dalam oven untuk pemanasan pada suhu 105 °C selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator kemudian timbang dengan cepat.

- **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)

3.8.2 Prosedur Analisi Minyak Lemak

- **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.

- **Cara Kerja**

- Mengambil sample limbah 100 ml
- Dimasukan Hidroklorit 0,1 ml sampai terlarut
- 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
- Sampel dimasukkan kedalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam
- Sampel dinginkan di dalam desikator kemudian ditimbang

- **Perhitungan**

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

Dimana :

CI = berat cawan + ekstraksi (mg)

CK = berat cawan kosong (mg)

V = volume sampel (ml)

3. 8. 3 Metode Analisis BOD

- **Cara kerja DO₀**

- Isi botol winkler dengan air sampel sampai penuh
- Tambahkan 2 ml larutan mangan sulfat dan larutan *alkali iodide azida*
- Botol ditutup dan dikocok dengan membolak balik beberapa kali
- Biarkan 10 menit, kemudian buang 100 ml larutan jernih.
- Tambahkan 2 ml asam sulfat pekat, kocok lalu pindahkan ke erlenmeyer.
- Titrasi dengan *thiosulfat* hingga warna menjadi kuning muda.
- Tambahkan 2 ml indikator amilum sampai timbul warna biru.
- Titrasi dengan *thiosulfat* hingga warna biru hilang pertama kali.

- **Cara kerja DO₅**

- Isi botol winkler dengan air sampel sampai penuh
- Tambahkan 2 ml larutan mangan sulfat dan larutan *alkali iodide azida*
- Botol ditutup dan dikocok dengan membolak balik beberapa kali

- Botol diinkubasi pada 25°C selama 5 hari.
 - Kemudian buang 100 ml larutan jernih.
 - Tambahkan 2 ml asam sulfat pekat, kocok lalu pindahkan ke erlenmeyer.
 - Titrasi dengan *thiosulfat* hingga warna menjadi kuning muda.
 - Tambahkan 2 ml indikator amilum sampai timbul warna biru.
- Titrasi dengan *thiosulfat* hingga warna biru hilang pertama kali.

3.9. 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.

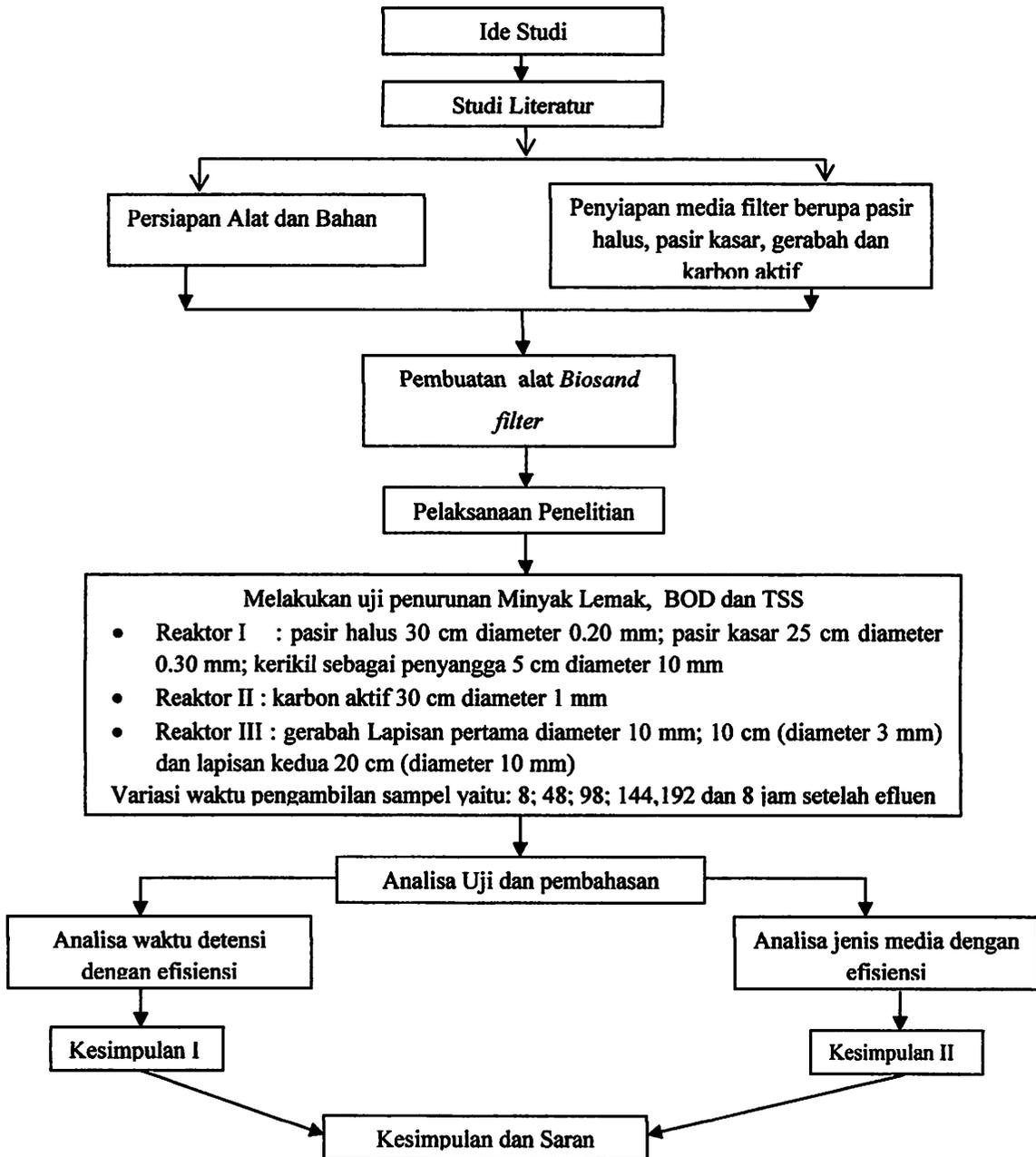
3.10. Kesimpulan dan Saran

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 makan.

3.11. Kerangka Penelitian

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



Gambar 3.2 Diagram Alir

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Limbah Cair Rumah Makan ‘Warung Prasmanan Syahroni’ Kelurahan Sawojajar Kota Malang

Berdasarkan analisa laboratorium yang dilakukan, diperoleh data karakteristik air limbah domestik rumah makan ‘Warung Prasmanan Syahroni’ Kelurahan Sawojajar Kota Malang yang terdapat pada Tabel 4.1 :

**Tabel 4.1. Karakteristik Air Limbah Domestik Rumah Makan ‘WPS’
Kelurahan Sawojajar Kota Malang**

No.	Parameter	Hasil*)	Baku Mutu**)	Satuan
1.	TSS	266,67	100	mg/L
2.	BOD	463,205	100	mg/l
3.	Minyak Lemak	87,54	10	mg/l
4.	PH	9,1	6 - 9	-

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 TSS 100 mg/l dan minyak lemak 10 mg/l, sedangkan untuk BOD yang diperbolehkan yaitu 100 mg/l. Dari hasil analisa tersebut diketahui bahwa kadar TSS, Minyak Lemak dan BOD yang ada melampaui baku mutu jika dibandingkan dengan Kepmen Negara LH No. 112 Tahun 2003 sehingga perlu dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke badan air, selanjutnya dilakukan penelitian untuk mengolah limbah cair rumah makan ‘Warung Prasmanan Syahroni’ menggunakan metode *Biosand filter* dengan penambahan karbon aktif dari ampas tebu dan gerabah.

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 mikroorganismen 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 :

$$\text{Penyisihan bahan organik} = \frac{31,15 - 26,58}{31,15} \times 100\% = 14,67 \%$$

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	Tanggal	Temperatur (°C)	Ph	Bahan Organik (Mg/L)	Selisih Bahan Organik (Mg/L)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	14-Des-12	26,57	9,1	31,15	0	0
2	15-Des-12	25,9	9,1	26,58	4,57	14,67
3	16-Des-12	26,7	8,9	24,76	1,82	6,85
4	17-Des-12	26,5	8,7	23,44	1,32	5,33
5	18-Des-12	26,8	8,5	20,77	2,67	11,39
6	19-Des-12	26,5	8,1	19,52	1,25	6,02
7	20-Des-12	26,3	8,2	17,18	2,34	11,99
8	21-Des-12	26,3	8,4	16,76	0,42	12,52
9	22-Des-12	25,9	8,3	15,55	1,21	7,22
10	23-Des-12	25,9	8,3	14,46	1,09	7,01
11	24-Des-12	25,8	8,6	12,58	1,88	13,00
12	25-Des-12	26,1	8,9	11,92	0,66	5,25
13	26-Des-12	26,2	8,4	10,89	1,03	11,64
14	27-Des-12	26,3	8,1	10,04	0,85	7,81

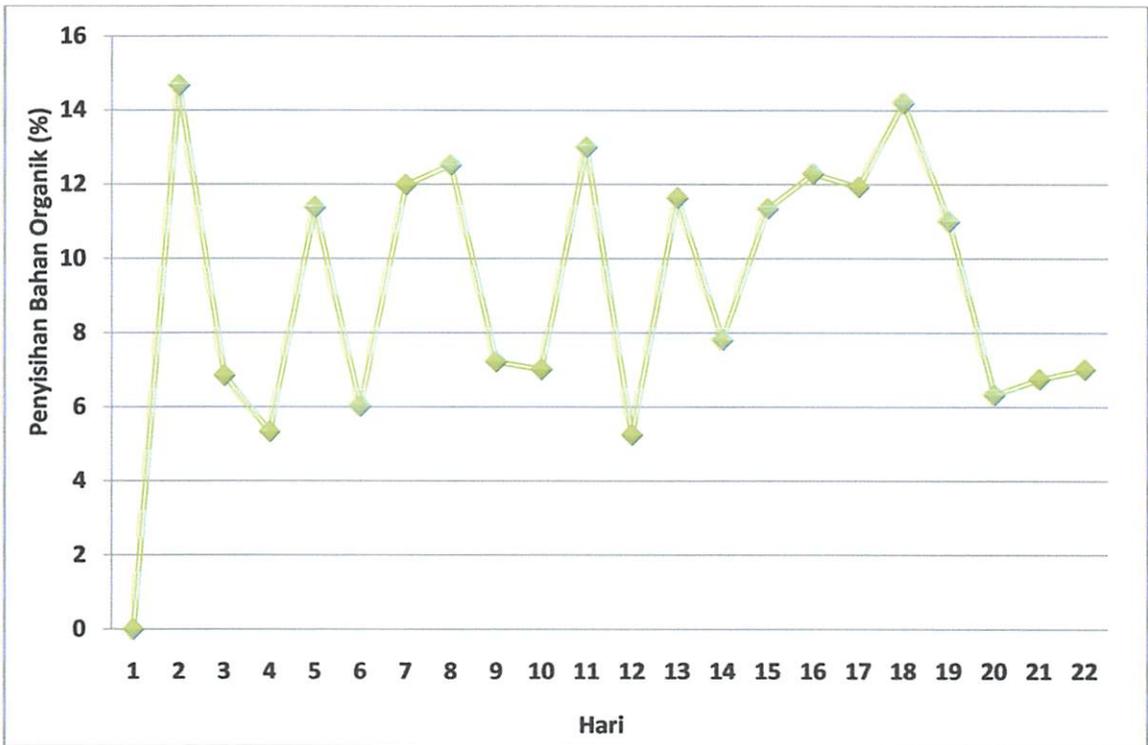
Hari	Tanggal	Temperatur (°C)	Ph	Bahan Organik (Mg/L)	Selisih Bahan Organik (Mg/L)	Penyisihan Bahan Organik (%)
15	28-Des-12	26	8,3	8,9	1,14	11,35
16	29-Des-12	26	8,2	8,72	0,18	12,29
17	30-Des-12	26,2	2,3	7,68	1,04	11,93
18	31-Des-12	26,3	8,3	6,59	1,09	14,19
19	01-Jan-13	26,4	8,3	5,06	1,53	11,01
20	02-Jan-13	26,2	8,4	4,74	0,32	6,32
21	03-Jan-13	26,2	8,5	4,42	0,32	6,75
22	04-Jan-13	26	8,4	4,11	0,31	7,01

(Sumber : Hasil penelitian di laboratorium lingkungan ITN Malang)

Pada penelitian ini, *seeding* bakteri berasal dari air limbah yang dimasukkan ke alat *biosand filter*. Di dalam air limbah terdapat nutrisi sehingga bakteri tersebut dapat tumbuh. Bakteri tersebut tumbuh di lapisan pasir paling atas (pasir halus). Proses *seeding* (penumbuhan bakteri) dilakukan dengan sistem *batch* dan berlangsung 22 hari dimana semua media yang terdapat pada reaktor *Biosand Filter* direndam dengan limbah cair yang berasal dari rumah makan. Selama proses *seeding*, ketinggian air di dalam reaktor harus terus dipantau

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 pada saat aklimatisasi terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. *Seeding* dan aklimatisasi dilakukan secara bersamaan karena pembenihan bakteri langsung dari dalam reaktor. Parameter untuk mengetahui adanya pertumbuhan bakteri dapat dilihat dari nilai konsentrasi bahan organik dengan angka pengolahan yang konstan dengan penyisihan di bawah 10%.

Untuk penyisihan bahan organik terendah terjadi pada hari ke 12 sebesar 5,25 %, sedangkan penyisihan bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 2 sebesar 14,67 %. Untuk penyisihan bahan organik dengan fluktuasi dibawah 10% selama tiga hari berturut-turut terjadi pada hari ke 20, 21 dan 22 sebesar 6,32 %, 6,75% dan 7,01 % dengan konsentrasi bahan organik sebesar 4,74 mg/l, 4,42 mg/l dan 4,11 mg/l. Pada tahap ini dapat dikatakan kondisi stabil (*steady state*) telah tercapai pada hari ke 22.



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

Proses aklimatisasi menunjukkan waktu yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan yang baru baik terhadap perubahan pH, temperatur dan lain – lain. Setelah beberapa hari bakteri berkembang biak dengan cepat karena masih terdapat substrat dan nutrisi yang cukup (Asmadi dan Suharno, 2012). 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. Pengolahan Data

4.3.1. Konsentrasi TSS, Minyak Lemak dan BOD Setelah Proses

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

Tabel 4.3. Konsentrasi TSS Setelah Proses

No.	Media	Pengambilan ke-	Waktu Operasional (jam)	Awal	Konsentrasi Akhir (mg/l)
1	<i>Biosand Filter</i>	1	8	266,67	76,67
		2	16	266,67	73,33
		3	32	266,67	70
		4	48	266,67	53,33
		5	96	266,67	50
		6	144	266,67	33,33
		7	192	266,67	53,33
		8	200	266,67	63,33
		9	240	266,67	110
2	Karbon Aktif	1	9,25	76,67	53,33
		2	17,25	76,67	50,66
		3	33,25	76,67	50,66
		4	49,25	76,67	42,66
		5	97,25	76,67	28,66
		6	145,25	76,67	21,33
		7	193,25	76,67	26,66
		8	201,25	76,67	38,33
		9	241,25	76,67	51,34
3	Gerabah	1	11,25	53,33	35,67

No.	Media	Pengambilan ke-	Waktu Operasional (jam)	Awal	Konsentrasi Akhir (mg/l)
		2	19,25	53,33	32,34
		3	35,25	53,33	30,66
		4	51,25	53,33	26,67
		5	99,25	53,33	16,64
		6	147,25	53,33	14,66
		7	195,25	53,33	25,66
		8	203,25	53,33	27,66
		9	243,25	53,33	34,34

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Lingkungan ITN Malang, 2013

Tabel 4.4. Konsentrasi Minyak Lemak Setelah Proses

No,	Media	Pengambilan ke-	Waktu Operasional (jam)	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir (mg/l)
1	<i>Biosand Filter</i>	1	8	87,54	27,58
		2	16	87,54	26,33
		3	32	87,54	23,73
		4	48	87,54	17,41
		5	96	87,54	11,01
		6	144	87,54	10,65
		7	192	87,54	17,12
		8	200	87,54	21,64
		9	240	87,54	24,56
2	Karbon Aktif	1	9,25	27,58	16,13
		2	17,25	27,58	15,01
		3	33,25	27,58	14,24
		4	49,25	27,58	12,04
		5	97,25	27,58	7,18
		6	145,25	27,58	7,21
		7	193,25	27,58	11,61
		8	201,25	27,58	16,36
		9	241,25	27,58	18,65
3	Gerabah	1	11,25	16,13	10,49
		2	19,25	16,13	9,87
		3	35,25	16,13	9,36
		4	51,25	16,13	7,41
		5	99,25	16,13	4,35

No,	Media	Pengambilan ke-	Waktu Operasional (jam)	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir (mg/l)
		6	147,25	16,13	4,97
		7	195,25	16,13	8,21
		8	203,25	16,13	10,58
		9	243,25	16,13	11,96

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Lingkungan ITN Malang, 2013

Tabel 4.5. Konsentrasi BOD Setelah Proses

No	Media	Pengambilan ke-	Waktu Operasional (jam)	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir (mg/l)
1	<i>Biosand Filter</i>	1	8	463,205	166,91
		2	16	463,205	159,69
		3	32	463,205	145,23
		4	48	463,205	138,01
		5	96	463,205	130,78
		6	144	463,205	107,09
		7	192	463,205	138,01
		8	200	463,205	145,23
		9	240	463,205	152,46
2	Karbon Aktif	1	9,25	166,91	125,03
		2	17,25	166,91	117,98
		3	33,25	166,91	113,14
		4	49,25	166,91	99,51
		5	97,25	166,91	95,51
		6	145,25	166,91	78,03
		7	193,25	166,91	84,28
		8	201,25	166,91	98,6
		9	241,25	166,91	105,8
3	Gerabah	1	11,25	125,03	70,02
		2	19,25	125,03	65,43
		3	35,25	125,03	61,16
		4	51,25	125,03	45,32
		5	99,25	125,03	36,31
		6	147,25	125,03	26,94
		7	195,25	125,03	38,01
		8	203,25	125,03	48,36
		9	243,25	125,03	59,78

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Lingkungan ITN Malang, 2013

4.3.2. Persentase Penurunan TSS

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair rumah makan “Warung Prasmanan Syahroni” Kelurahan Sawojajar Kota Malang dengan menggunakan *Biosand Filter* dengan 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,	Media	Pengambilan ke-	Awal	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Efisiensi
1,	<i>Biosand Filter</i>	1	266,67	76,67	71,25
		2	266,67	73,33	72,50
		3	266,67	70	73,75
		4	266,67	53,33	80,00
		5	266,67	50	81,25
		6	266,67	33,33	87,50
		7	266,67	53,33	80,00
		8	266,67	63,33	76,25
		9	266,67	110	58,75
2,	Karbon Aktif	1	76,67	53,33	30,44
		2	76,67	50,66	33,92
		3	76,67	50,66	33,92
		4	76,67	42,66	44,36
		5	76,67	28,66	62,62
		6	76,67	21,33	72,18
		7	76,67	26,66	65,23
		8	76,67	38,33	50,01
		9	76,67	51,34	33,04
3,	Gerabah	1	53,33	35,67	33,11
		2	53,33	32,34	39,36
		3	53,33	30,66	42,51
		4	53,33	26,67	49,99
		5	53,33	16,64	68,80

No,	Media	Pengambilan ke-	Awal	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Efisiensi
		6	53,33	14,66	72,51
		7	53,33	25,66	51,88
		8	53,33	27,66	48,13
		9	53,33	34,34	35,61

Sumber : Hasil Perhitungan, 2013

Berdasarkan Tabel 4.7 didapatkan persentase penurunan konsentrasi TSS pada reaktor I yaitu *biosand filter* berada diantara 58,75% - 87,50 %, media karbon aktif berada diantara 6,95 % - 72,18 %, dan media gerabah berada diantara 5,61 % - 72,51%.

4.3.3. Persentase Penurunan Minyak Lemak

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair rumah makan “Warung Prasmanan Syahroni” Kelurahan Sawojajar Kota Malang dengan menggunakan *Biosand Filter* dengan 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,	Media	Pengambilan ke-	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Efisiensi
1	<i>Biosand Filter</i>	1	87,54	27,58	68,49
		2	87,54	26,33	69,92
		3	87,54	23,73	72,89
		4	87,54	17,41	80,11
		5	87,54	11,01	87,42
		6	87,54	10,65	87,83
		7	87,54	17,12	80,44
		8	87,54	21,64	75,28

No,	Media	Pengambilan ke-	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Efisiensi
		9	87,54	24,56	71,94
2	Karbon Aktif	1	27,58	16,13	41,52
		2	27,58	15,01	45,58
		3	27,58	14,24	48,37
		4	27,58	12,04	56,35
		5	27,58	7,18	73,97
		6	27,58	7,21	73,86
		7	27,58	11,61	57,90
		8	27,58	16,36	40,68
		9	27,58	18,65	32,38
3	Gerabah	1	16,13	10,49	34,97
		2	16,13	9,87	38,81
		3	16,13	9,36	41,97
		4	16,13	7,41	54,06
		5	16,13	4,35	73,03
		6	16,13	4,97	69,19
		7	16,13	8,21	49,10
		8	16,13	10,58	34,41
		9	16,13	11,96	25,85

Sumber : Hasil Perhitungan, 2013

Berdasarkan Tabel 4.8 didapatkan persentase penurunan konsentrasi minyak lemak pada reaktor I yaitu *biosand filter* berada diantara 68,49% - 87,83 %, media karbon aktif berada diantara 32,38 % - 73,97% dan media gerabah berada diantara 13,45 % - 73,03%.

4.3.4. Persentase Penurunan BOD

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair rumah makan “Warung Prasmanan Syahroni” Kelurahan Sawojajar Kota Malang dengan menggunakan *Biosand Filter* dengan karbon aktif mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi BOD dengan tingkat penurunan yang bervariasi.

Analisis persentase penurunan BOD pada setiap variasinya digunakan rumus:

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

Besarnya persentase penurunan konsentrasi BOD pada reaktor uji dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Persentase Penurunan Konsentrasi BOD

No	Media	Pengambilan ke-	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Efisiensi
1	<i>Biosand Filter</i>	1	463,205	166,91	63,97
		2	463,205	159,69	65,52
		3	463,205	145,23	68,65
		4	463,205	138,01	70,21
		5	463,205	130,78	71,77
		6	463,205	107,09	76,88
		7	463,205	138,01	70,21
		8	463,205	145,23	68,65
		9	463,205	152,46	67,09
2	Karbon Aktif	1	166,91	125,03	25,09
		2	166,91	117,98	29,32
		3	166,91	113,14	32,21
		4	166,91	99,51	40,38
		5	166,91	95,51	42,78
		6	166,91	78,03	53,25
		7	166,91	84,28	49,51
		8	166,91	98,6	40,93
		9	166,91	105,8	36,61
3	Gerabah	1	125,03	70,02	44,00
		2	125,03	65,43	47,67
		3	125,03	61,16	51,08
		4	125,03	45,32	63,75
		5	125,03	36,31	70,96
		6	125,03	26,94	78,45
		7	125,03	38,01	69,60
		8	125,03	48,36	61,32
		9	125,03	59,78	52,19

Sumber : Hasil Perhitungan, 2013

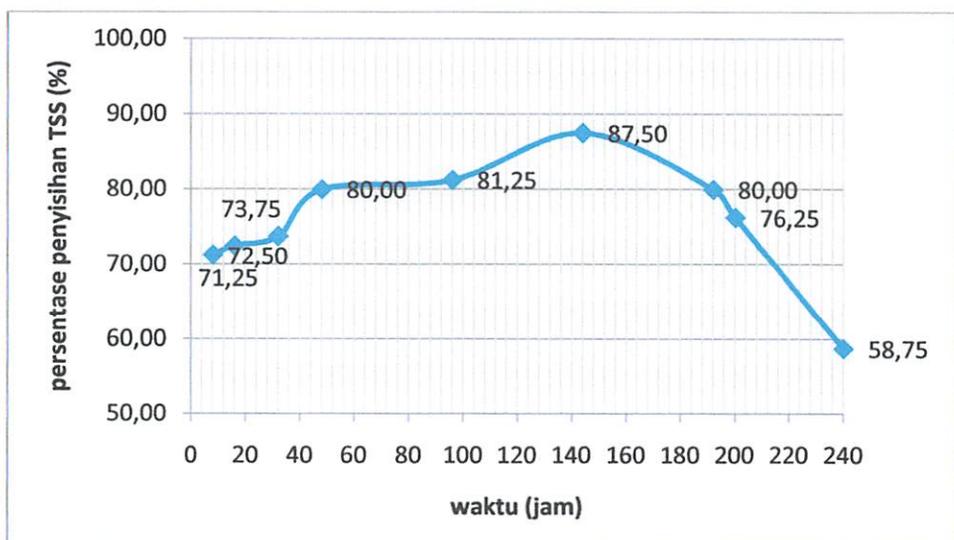
Berdasarkan Tabel 4.8 didapatkan persentase penurunan konsentrasi BOD pada reaktor I yaitu *biosand filter* berada diantara 63,97% - 76,45 %, media karbon aktif berada diantara 25,09 % - 53,25 %, dan media gerabah berada diantara 44 % - 78,45%.

4.4. Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif merupakan metode yang mendeskripsikan data secara visual sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi. Dalam penelitian ini digunakan bentuk grafik dalam menyajikan data.

4.4.1 Analisis Deskriptif Penurunan TSS

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair rumah makan “Warung Prasmanan Syahroni” Kota Malang yang menggunakan *biosand filter* dengan menggunakan penambahan karbon aktif dan pecahan genteng mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi TSS dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Variabel yang digunakan adalah waktu pengambilan sampel di reaktor *biosand filter* yaitu 8, 16, 32, 48, 96, 144, 192, 200 dan 240 jam setelah proses, dilanjutkan dengan pengambilan sampel pertama untuk reaktor karbon aktif dengan selisih waktu 1,25 jam setelah sampel masuk ke reaktor karbon aktif dan juga setelah 2 jam terhitung setelah sampel pertama kali masuk ke reaktor gerabah, dengan 7 variasi waktu pengambilan sampel yaitu 11,25; 19,25; 35,25; 51,25; 99,25; 147,25; 195,25; 203,25; 243,25 jam. Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi TSS pada *biosand filter*, media karbon aktif dan media pecahan genteng setelah pengolahan pada tabel 4.6 maka dapat diplotkan ke dalam grafik penurunan konsentrasi TSS pada di bawah ini



Gambar 4.2 Grafik persentasi penyisihan TSS (%) dengan waktu (jam) pada reaktor *Biosand Filter* setelah pengolahan



Pada reaktor *biosand filter*, waktu detensi yang direncanakan adalah 8 jam. Hal ini didasarkan pada penelitian sebelumnya yaitu oleh Mahrystiawan, Ade 2011. dengan waktu 8 jam mampu menurunkan TSS dengan efisiensi 90,1 %. Berdasarkan gambar 4.2 menunjukkan bahwa konsentrasi TSS mengalami penurunan sebesar 80% baru tercapai pada waktu *Biosand Filter* telah beroperasi selama 48 jam, artinya pengambilan sampel yang ke-5 persentasi penyisihan mencapai 80 %, dan bertahan hingga 192 atau pengambilan sampel ke-7 yaitu berkisar antara 80 %-87,50 %. Kemampuan penyisihan TSS tertinggi pada *Biosand Filter* adalah pada waktu *Biosand Filter* telah beroperasi selama 144 jam sebesar 87,5 %. Pada waktu operasi dari 8, 16, 32 jam efisiensi penyisihan belum mencapai 80 %, hal ini menunjukkan bahwa pada jam-jam tersebut terjadi tahap penyiapan media untuk meremoval konsentrasi TSS yang ada pada limbah. Pada waktu *Biosand Filter* telah beroperasi selama 200 jam terjadi penurunan efisiensi dari 80% menjadi 76,25%, hal ini disebabkan karena media filtrasi telah jenuh, lapisan *biofilm* dalam *Biosand Filter* terus terakumulasi dan tumbuh hingga tekanan akan aliran hilang karena lapisan *biofilm* menjadi berlebihan dan juga konsentrasi TSS yang harus terolah sangat besar sehingga terjadi penyumbatan pada media. Jika terjadi penyumbatan pada media (*clogging*) maka perlu dilakukan tahap pencucian media sebelum media digunakan kembali agar kemampuan meremoval kembali meningkat.

Berdasarkan tabel 4.6 dan gambar 4.2 pada reaktor *Biosand Filter* jika dibandingkan dengan baku mutu yaitu pada tabel 4.1 maka dapat disimpulkan bahwa hasil limbah yang terolah selama 8 jam sampai waktu operasional *Biosand Filter* selama 200 jam dapat memenuhi standar baku mutu karena konsentrasi yang diperoleh di bawah 100 mg/l sedangkan pada jam ke 240 (hari ke -10) sudah tidak memenuhi standar baku mutu sehingga perlu dilakukan pencucian media. Berdasarkan hasil konsentrasi yang diperoleh maka dapat dikatakan bahwa konsentrasi TSS yang dihasilkan pada *Biosand Filter* memungkinkan untuk tidak dilakukan proses filtrasi pada media selanjutnya karena konsentrasinya di bawah 100 mg/l dan telah memenuhi standar baku mutu.

Selanjutnya persentase penurunan konsentrasi TSS pada media karbon aktif setelah pengolahan dapat diplotkan ke dalam grafik penurunan konsentrasi TSS pada di bawah ini



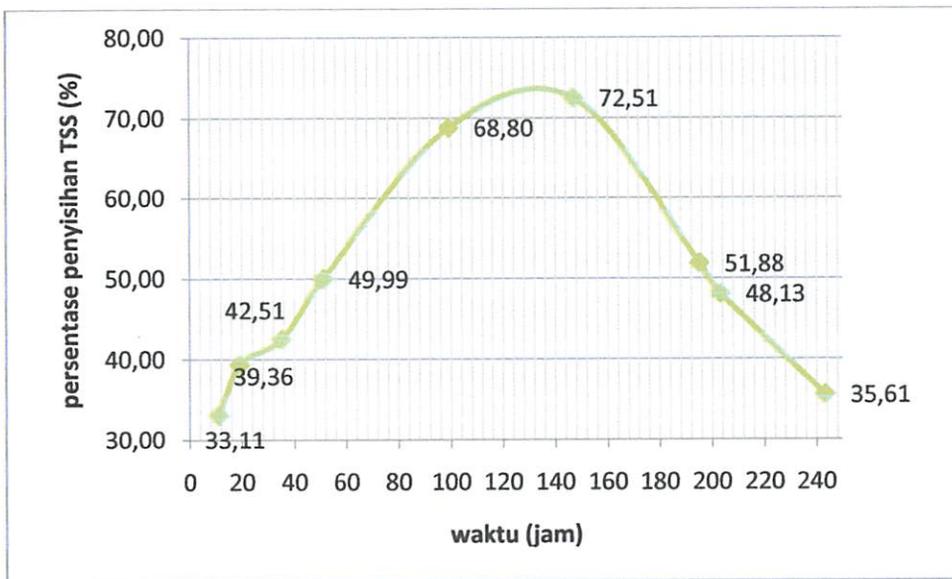
Gambar 4.3 Grafik persentasi penyisihan TSS (%) dengan waktu (jam) pada reaktor karbon aktif setelah pengolahan

Pada media karbon aktif waktu detensi yang direncanakan adalah sebesar 1,25 jam, karena pada penelitian sebelumnya yaitu oleh Bornez Septyanto, 2012 dengan waktu antara 0 - 2 jam mampu menurunkan TSS dengan efisiensi 85,3 – 88 %. Dari gambar 4.3 didapatkan bahwa konsentrasi TSS belum mengalami penurunan sebesar 80% setelah proses pengolahan. Kemampuan penyisihan TSS tertinggi pada karbon aktif adalah pada variasi pengambilan sampel ke-6 yaitu dengan waktu operasional selama 145,25 jam yaitu sebesar 72,18 %.

Media karbon aktif merupakan media lanjutan dari raktor *biosand filter*, pada waktu pengambilan pertama yaitu pada waktu operasional selama 1,25 jam persentasi penurunan TSS sebesar 30,44. Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa karbon aktif yang terbuat dari ampas tebu tidak mampu mengolah limbah rumah makan mencapai 80 %, karena dari persentasi yang didapat hanya berkisar antara 6,95 % - 72,18%.

Hasil pengolahan pada reaktor karbon aktif jika dibandingkan dengan tabel 4.1 baku mutu air limbah domestik maka telah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan, karena konsentrasi akhir yang dihasilkan oleh karbon aktif adalah di bawah 100 mg/l yaitu berkisar antara 21,33 mg/l – 81,34 mg/l.

Persentase penurunan konsentrasi TSS pada media gerabah setelah pengolahan dapat diplotkan ke dalam grafik penurunan konsentrasi TSS pada di bawah ini



Gambar 4.4 Grafik persentasi penyisihan TSS (%) dengan waktu (jam) pada reaktor Gerabah setelah pengolahan

Pada media gerabah waktu detensi yang direncanakan adalah sebesar 2 jam, karena pada penelitian terdahulu yaitu oleh Bornez Septyanto, 2012 dengan waktu 2 jam mampu menurunkan TSS dengan efisiensi 80,6 %. Pengambilan sampel dilakukan setelah 2 jam terhitung dari sampel pertama kali masuk ke reaktor gerabah, dengan 7 variasi waktu pengambilan sampel.

Dari grafik 4.2 didapatkan bahwa konsentrasi TSS belum mengalami penurunan sebesar 80%. Persentase penyisihan TSS pada reaktor gerabah berkisar antara 33,11 % -72,51 %. Kemampuan penyisihan TSS tertinggi pada media pecahan genteng baru terjadi setelah reaktor telah beroperasi selama 147,25 jam yaitu sebesar 72,51 %.

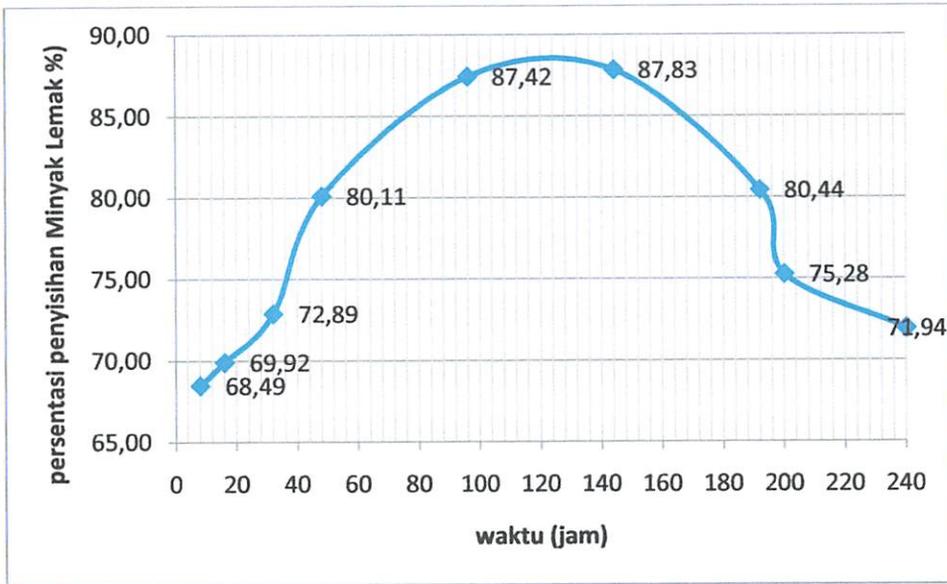
Media gerabah adalah media lanjutan dari *Biosand Filter* dan karbon aktif. Dari tabel 4.6 dan gambar 4.3 dapat dilihat bahwa konsentrasi yang dihasilkan pada gerabah kecil dibandingkan dengan dua reaktor sebelumnya. Hal ini dapat disebabkan karena media genteng adalah media filtrasi terakhir sehingga konsentrasi TSS yang harus diolah jumlahnya lebih sedikit, dibandingkan kandungan TSS awal karena telah diremoval oleh reaktor *Biosand Filter* dan karbon aktif. Hal ini dapat dilihat dari konsentrasi akhir yang dihasilkan dari pengolahan melalui reaktor pecahan genteng ini, yaitu berkisar antara 14,66 – 34,34 mg/l. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan gerabah juga dapat memenuhi standar baku yang telah ditetapkan seperti yang ada pada tabel 4.1 karena berada di bawah 100 mg/l.

Secara keseluruhan dari ke-3 grafik di atas dapat terlihat bahwa total waktu detensi adalah jumlah dari waktu detensi pada reaktor *biosand filter*, karbon aktif, dan gerabah adalah selama 11,25 jam. Dan juga bahwa dengan menggunakan reaktor *Biosand Filter* telah memenuhi standar baku mutu yang telah ditentukan sesuai tabel 4.1. Demikian pula jika ditambahkan dengan reaktor karbon aktif dan gerabah dari pecahan genteng. Konsentrasi akhir yang diperoleh dari pengolahan reaktor *Biosand Filter* dengan penambahan karbon aktif dan gerabah adalah berkisar 14,66– 34,34 mg/l.

4.4.2 Analisis Deskriptif Penurunan Minyak Lemak

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair rumah makan “Warung Prasmanan Syahroni” Kota Malang yang menggunakan *Biosand Filter* dengan menggunakan penambahan karbon aktif dan genteng mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi kekeruhan dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Variabel yang digunakan adalah waktu pengambilan sampel yaitu 8, 16, 32, 48, 96, 144, 92, 200 dan 240 jam setelah proses, dilanjutkan dengan pengambilan sampel pertama untuk reaktor karbon aktif dengan selisih waktu 1,25 jam setelah sampel masuk ke reaktor karbon aktif dan juga setelah 2 jam terhitung setelah sampel pertama kali masuk ke reaktor gerabah, dengan 7 variasi waktu pengambilan sampel yaitu 11,25; 19,25; 35,25; 51,25; 99,25; 147,25; 195,25;

203,25; 243,25 jam. Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi TSS pada *biosand filter*, media karbon aktif dan media pecahan genteng setelah pengolahan pada tabel 4.6 maka dapat diplotkan ke dalam grafik penurunan konsentrasi TSS pada di bawah ini



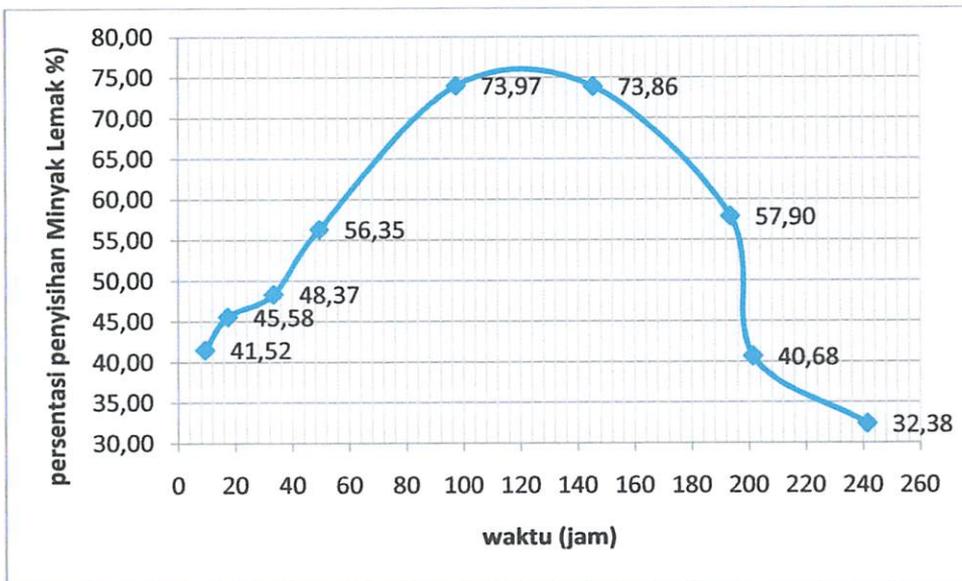
Gambar 4.5 Grafik Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) dengan Waktu (jam) pada Reaktor *Biosand Filter* Setelah Pengolahan

Pada reaktor *biosand filter*, waktu detensi yang direncanakan adalah 8 jam. Hal ini didasarkan pada penelitian sebelumnya yaitu oleh Ade Mahrystiawan, 2011 dengan waktu 8 jam mampu menurunkan minyak lemak dengan efisiensi 70,5 %. Berdasarkan gambar 4.5 menunjukkan bahwa konsentrasi minyak lemak mengalami penurunan sebesar 80% baru tercapai pada waktu operasional selama 48 jam, artinya setelah *Biosand Filter* beroperasi selama 48 jam persentase penyisihan mencapai 80,11 % dan bertahan hingga 192 jam atau pengambilan sampel ke-7 yaitu berkisar antara 80,11 % - 87,83 %. Kemampuan penyisihan minyak lemak tertinggi pada *Biosand Filter* adalah pada waktu operasional selama 144 jam sebesar 87,83 %. Pada waktu operasional dari 8, 16, 32 jam efisiensi penyisihan belum mencapai 80 %, hal ini menunjukkan bahwa pada jam-jam tersebut terjadi tahap penyiapan media untuk meremoval konsentrasi minyak lemak yang ada pada limbah. Pada waktu operasional selama 200 jam terjadi penurunan efisiensi dari 80,11 % menjadi 75,28%, hal ini

disebabkan karena media filtasi telah jenuh, lapisan *biofilm* dalam *Biosand Filter* terus terakumulasi dan tumbuh hingga tekanan akan aliran hilang karena lapisan *biofilm* menjadi berlebihan dan juga konsentrasi minyak lemak yang harus terolah sangat besar sehingga terjadi penyumbatan pada media. Jika terjadi penyumbatan pada media (*clogging*) maka perlu dilakukan tahap pencucian media sebelum media digunakan kembali agar kemampuan meremoval kembali meningkat.

Berdasarkan tabel 4.6 dan gambar 4.5 pada reaktor *Biosand Filter* jika dibandingkan dengan baku mutu yaitu pada tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa hasil limbah yang terolah tidak dapat memenuhi standar baku mutu karena konsentrasi yang diperoleh di atas 10 mg/l, walaupun persentase penyisihan minyak lemaknya telah mencapai 87,83%. Sehingga perlu dilakukan pengolahan lanjutan pada media berikutnya agar memenuhi standar baku mutu.

Selanjutnya persentase penurunan konsentrasi minyak lemak pada media karbon aktif setelah pengolahan dapat diplotkan ke dalam grafik penurunan konsentrasi minyak lemak pada di bawah ini

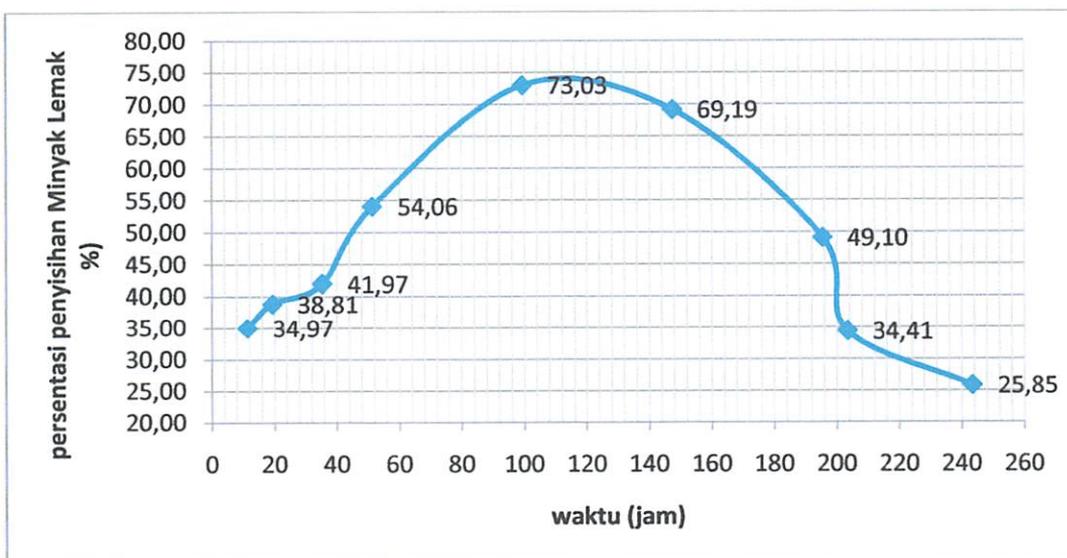


Gambar 4.6 Grafik Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) dengan Waktu (jam) pada Reaktor Karbon Aktif Setelah Pengolahan

Pada media karbon aktif waktu detensi yang direncanakan adalah sebesar 1,25 jam, karena pada penelitian sebelumnya yaitu oleh Septyanto, Bornez. 2012 dengan waktu antara 0 - 2 jam mampu menurunkan minyak lemak dengan efisiensi 86,5 - 87,5 %. Berdasarkan grafik didapatkan bahwa konsentrasi minyak lemak belum mengalami penurunan sebesar 80%. Kemampuan penyisihan minyak lemak tertinggi pada karbon aktif adalah pada variasi pengambilan sampel ke-5 yaitu dengan waktu operasional selama 97,25 jam sebesar 73,97 %.

Hasil pengolahan pada reaktor karbon aktif jika dibandingkan dengan tabel 4.1 baku mutu air limbah domestik maka pada jam operasional selama 97,25 jam yaitu senilai 7,18 mg/l telah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan. Namun pada waktu operasional sebelum dan sesudah 97,25 jam konsentrasi minyak lemak meningkat, yaitu berkisar antara 11,61 - mg/l – 18,65 mg/l. Sehingga dari nilai konsentrasi yang masih tinggi dan belum memenuhi baku mutu maka, dilanjutkan dengan pengolahan pada reaktor berikutnya yaitu reaktor gerabah dari pecahan genteng.

Untuk persentase penurunan konsentrasi TSS pada media pecahan genteng setelah pengolahan dapat diplotkan ke dalam grafik penurunan konsentrasi TSS pada di bawah ini



Gambar 4.7 Grafik Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) dengan Waktu (jam) pada Reaktor gerabah Setelah Pengolahan

Media gerabah waktu detensi yang direncanakan adalah sebesar 2 jam, karena pada penelitian terdahulu yaitu oleh Septyanto, Bornez. 2012 dengan waktu 2 jam mampu menurunkan minyak lemak dengan efisiensi 80,6 %. Pengambilan sampel dilakukan 2 jam terhitung setelah sampel pertama kali masuk ke reaktor gerabah, dengan 7 variasi waktu pengambilan sampel yaitu 11,25; 19,25; 35,25; 51,25; 99,25; 147,25; 195,25; 203,25; 243,25 jam

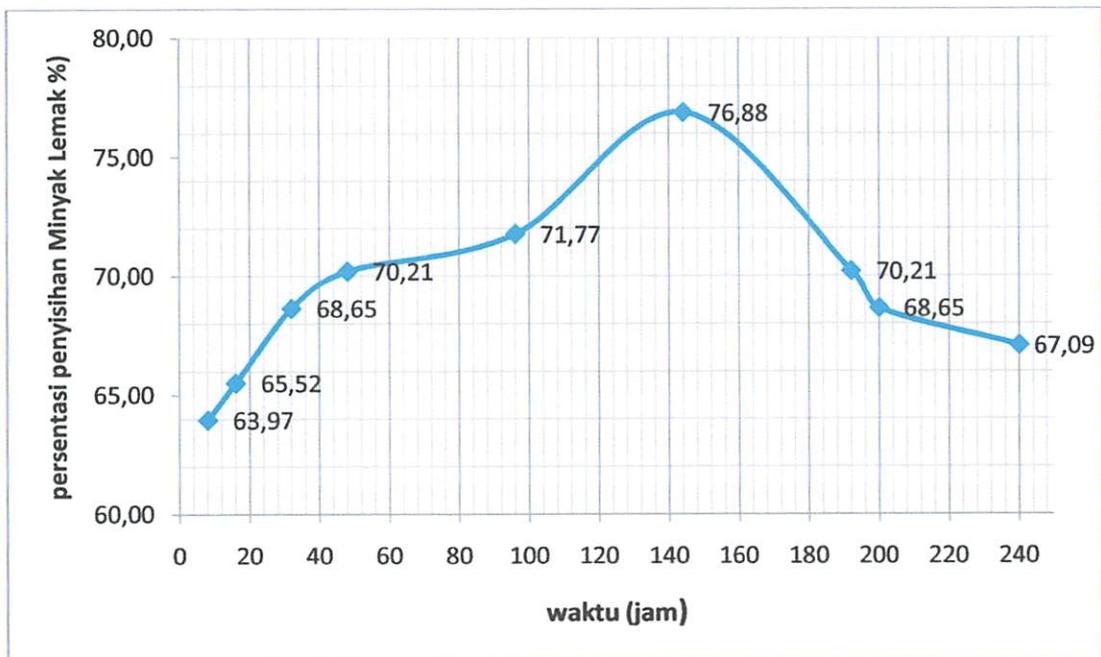
Berdasarkan gambar 4.7 didapatkan bahwa konsentrasi minyak lemak belum mengalami mengalami penurunan sebesar 80% . Kemampuan penyisihan minyak lemak tertinggi pada reaktor gerabah adalah pada waktu operasional selama 99,25 jam pengambilan sampel ke-5 yaitu sebesar 73,03 %. Secara keseluruhan persentase penyisihan minyak lemak pada reaktor gerabah berkisar antara 25,85 – 73,03 %.

Media gerabah adalah media lanjutan dari *Biosand Filter* dan karbon aktif. Dari tabel 4.6 dan gambar 4.7 dapat dilihat bahwa konsentrasi yang dihasilkan pada media gerabah kecil dibandingkan dengan dua reaktor sebelumnya. Hal ini dapat disebabkan karena media gerabah adalah media filtrasi terakhir sehingga konsentrasi minyak lemak yang harus diolah jumlahnya lebih sedikit, dibandingkan kandungan minyak lemak awal karena telah di removal oleh reaktor *Biosand Filter* dan karbon aktif. Hal ini dapat dilihat dari konsentrasi akhir yang dihasilkan dari pengolahan melalui reaktor gerabah ini, yaitu berkisar antara 4,35 – 11,96 mg/l. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan pecahan genteng juga dapat memenuhi standar baku yang telah ditetapkan seperti yang ada pada tabel 4.1 . karena berada di bawah 10 mg/l.

Secara keseluruhan dari ke-3 grafik di atas dapat terlihat bahwa total waktu detensi adalah jumlah dari waktu detensi pada reaktor *biosand filter*, karbon aktif, dan gerabah adalah selama 11,25 jam. Dan juga bahwa dengan menggunakan reaktor *Biosand Filter* belum memenuhi standar baku mutu yang telah ditentukan sesuai tabel 4.1. Namun dengan penambahan reaktor karbon aktif dan gerabah dari gerabah menghasilkan konsentrasi akhir yang dapat memenuhi standar baku mutu. Konsentrasi akhir yang terkecil adalah pada reaktor gerabah dengan konsentrasi sebesar 4,35 pada waktu operasional selama 98 jam.

4.4.3 Analisis Deskriptif Penurunan BOD

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair rumah makan “Warung Prasmanan Syahroni” Kota Malang yang menggunakan *Biosand Filter* dengan menggunakan penambahan karbon aktif dan pecahan genteng mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi minyak lemak dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Variabel yang digunakan adalah waktu pengambilan sampel yaitu 8, 16, 32, 48, 96, 144, 92, 200 dan 240 jam pada *biosand filter*. Setelah proses, dilanjutkan dengan pengambilan sampel pertama untuk reaktor karbon aktif dengan selisih waktu 1,25 jam setelah sampel masuk ke reaktor karbon aktif dan setelah 2 jam terhitung setelah sampel pertama kali masuk ke reaktor gerabah, dengan 7 variasi waktu pengambilan sampel yaitu 11,25; 19,25; 35,25; 51,25; 99,25; 147,25; 195,25; 203,25; 243,25 jam. Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi BOD pada *biosand filter*, media karbon aktif dan media gerabah setelah pengolahan pada tabel 4.6 maka dapat diplotkan ke dalam grafik penurunan konsentrasi BOD pada di bawah ini

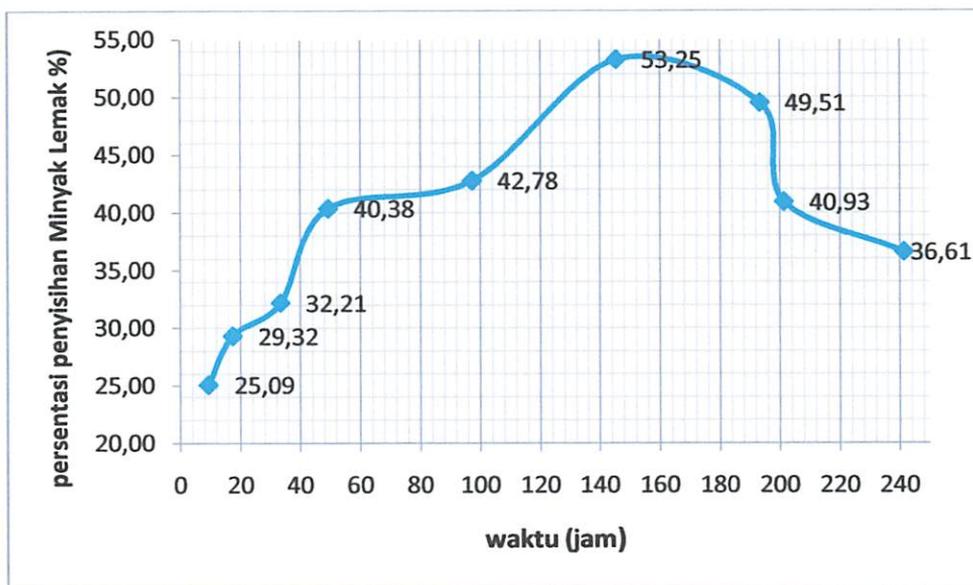


Gambar 4.8 Grafik Persentase Penyisihan BOD (%) dengan Waktu (jam) pada pada reaktor *Biosand Filter*

Pada reaktor *Biosand Filter* konsentrasi BOD belum mengalami penurunan sebesar 80% setelah proses pengolahan. Kemampuan penyisihan BOD berkisar antara 63,97 % - 71,77 %. Hal ini dapat disebabkan karena banyaknya bahan organik dan kurangnya oksigen yang terdapat dalam limbah sehingga mempengaruhi kadar BOD yang ada.

Berdasarkan tabel 4.6 dan gambar 4.8 jika dibandingkan dengan tabel 4.1 tentang baku mutu maka konsentrasi akhir pada reaktor *Biosand Filter* ini belum memenuhi standar yang telah ditetapkan. Karena konsentrasi akhir yang diperoleh berkisar antara 107,09 – 166,91 mg/l. Sehingga perlu dilakukan pengolahan lanjutan pada reaktor karbon aktif dan gerabah.

Persentase penurunan konsentrasi minyak lemak pada media karbon aktif setelah pengolahan dapat diplotkan ke dalam grafik penurunan konsentrasi BOD pada di bawah ini



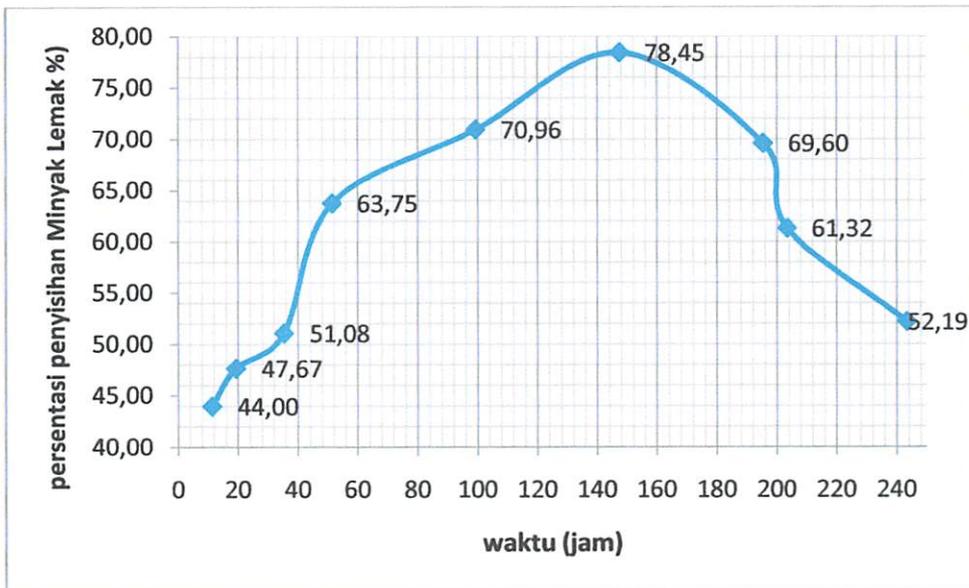
Gambar 4.9 Grafik Persentase Penyisihan BOD (%) dengan Waktu (jam) pada Reaktor Karbon Aktif

Pada media karbon aktif waktu detensi yang diperoleh adalah sebesar 1,25 jam. Berdasarkan grafik didapatkan bahwa konsentrasi BOD belum mengalami penurunan sebesar 80% setelah proses pengolahan. Persentase penyisihan bahan organik pada reaktor karbon aktif hanya berkisar antara 25,09 % - 53,25%.

Sehingga perlu adanya pengolahan lanjutan pada media berikutnya yaitu pada reaktor gerabah.

Hasil pengolahan pada reaktor karbon aktif jika dibandingkan dengan tabel 4.1 baku mutu air limbah domestik maka pada jam perasioanal selama 49,25 jam sampai pada jam operasional selama 201,25 jam telah memenuhi baku mutu karena konsentasi BOD yang diperoleh dibawah 100 mg/l yaitu berkisar antara 78,03 – 99,51 mg/l.

Untuk persentase penurunan konsentrasi BOD pada media pecahan genteng setelah pengolahan dapat diplotkan ke dalam grafik penurunan konsentrasi BOD pada di bawah ini



Gambar 4.10 Grafik Persentase Penyisihan BOD (%) dengan Waktu (jam) pada Reaktor Gerabah

Pada media gerabah waktu detensi yang diperoleh adalah sebesar 2 jam. Dari grafik didapatkan bahwa konsentrasi BOD belum mengalami penurunan sebesar 80%. Kemampuan penyisihan BOD tertinggi pada gerabah adalah pada waktu operasional selama 147,25 jam yaitu sebesar sebesar 78,45 %.

Media gerabah adalah media lanjutan dari *Biosand Filter* dan karbon aktif. Pada media ini ditambah dengan aerator yaitu aerator tipe h-338 aquarium air pump hai long yang diletakan di dalam reaktor gerabah dengan maksud untuk menambah atau mensuplay oksigen ke dalam limbah dan juga untuk

menghilangkan bau. Dengan penamahan aerator pada reaktor ketiga ini dapat dilihat dari tabel 4.6 dan gambar 4.10 bahwa konsentrasi BOD yang dihasilkan pada gerabah kecil dibandingkan dengan dua reaktor sebelumnya, karena mendapat suplay oksigen dari aerator. dan dapat disebabkan karena media genteng adalah media filtrasi terakhir sehingga konsentasi BOD yang harus diolah jumlahnya lebih sedikit, dibandingkan kandungan BOD awal karena telah diremoval oleh reaktor *Biosand Filter* dan karbon aktif. Hal ini dapat dilihat dari konsentrasi akhir yang dihasilkan dari pengolahan melalui reaktor gerabah ini, yaitu berkisar antara 44 – 78,45 mg/l. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan reaktor gerabah dari pecahan genteng maka konsentrasi yang dihasilkan pada proses pengolahan ini dapat memenuhi standar baku yang telah ditetapkan seperti yang ada pada tabel 4.1 karena berada di bawah 100 mg/l.

Secara keseluruhan dari ke-3 grafik di atas dapat terlihat bahwa total waktu detensi adalah jumlah dari waktu detensi pada reaktor *biosand filter*, karbon aktif, dan pecahan genteng adalah selama 11,25 jam. Dan juga bahwa dengan menggunakan reaktor *Biosand Filter* ternyata belum memenuhi standar baku mutu yang telah ditentukan sesuai tabel 4.1. Sehingga perlu ditambahkan dengan reaktor karbon aktif dan gerabah dari pecahan genteng. Dan konsentrasi akhir yang didapat pada pengolahan reaktor *Biosand Filter* dngan penambahan karbon aktif dan gerabah adalah berkisar 44 – 78,45 mg/l dan memenuhi standar baku mutu yang telah ditentukan.

4.5. 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

4.5.1 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan TSS

4.5.1.1. Analisa Korelasi Antara Waktu operasional Terhadap % Penurunan TSS Pada *Biosand Filter*

Hasil analisis korelasi untuk presentase penyisihan TSS pada *Biosand Filter* dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini

Tabel 4.8 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan TSS (%) pada *Biosand filter* terhadap Waktu operasional (jam)

<p>Correlations: waktu (jam), % penyisihan TSS</p> <p>Pearson correlation of waktu (jam) and % penyisihan TSS = -0.105 P-Value = 0.787</p>

Berdasarkan Tabel 4.8 menunjukkan bahwa :

Hubungan kedua variabel searah, karena semakin lama waktu operasional makin besar persentasi penyisihan TSS dan semakin kecil konsentrasi yang dihasilkan. Namun berdasarkan nilai korelasi - 0,105 menunjukkan bahwa nilai korelasinya lemah, karena mendekati 0. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal (H_1) dan menerima hipotesis alternatif (H_0) karena nilai probabilitasnya

0,708 > 0,05. Korelasi antara persentase penyisihan TSS pada media *Biosand Filter* dengan waktu operasional lemah.

4.5.1.2. Analisa Korelasi Antara Waktu operasional Terhadap % Penurunan TSS Pada Media Karbon Aktif

Hasil analisis korelasi untuk presentase penyisihan TSS pada media karbon aktif dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut ini

Tabel 4.9 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan TSS (%) pada Media Karbon Aktif terhadap Waktu operasional (jam)

Correlations: waktu (jam), % penyisihan TSS

Pearson correlation of waktu (jam) and % penyisihan TSS = 0.427
P-Value = 0.252

Berdasarkan Tabel 4.9 menunjukkan bahwa :

Koefisien korelasi antara persentase penyisihan TSS pada media karbon aktif dengan waktu operasional adalah 0,427. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal (H_1) dan menerima hipotesis alternatif (H_0) karena nilai probabilitasnya $0,252 > 0,05$. Artinya korelasi antara persentase penyisihan TSS pada media karbon aktif dengan waktu operasionalnya lemah.

4.5.1.3. Analisa Korelasi Antara Waktu operasional Terhadap % Penurunan TSS Pada Media gerabah/genteng

Hasil analisis korelasi untuk presentase penyisihan TSS pada media gerabah dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini

Tabel 4.10 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan TSS (%) pada media Gerabah terhadap Waktu operasional (jam)

Correlations: waktu (jam), % penyisihan TSS

Pearson correlation of waktu (jam) and % penyisihan TSS = 0.257
P-Value = 0.505

Berdasarkan Tabel 4.10 menunjukkan bahwa :

Koefisien korelasi antara persentase penyisihan TSS pada media gerabah/genteng dengan waktu operasional adalah 0,257. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal (H_1) dan menerima hipotesis alternatif (H_0) karena nilai probabilitasnya $0,505 > 0,05$. Artinya korelasi antara persentase penyisihan TSS pada media gerabah/genteng dengan waktu operasionalnya lemah.

4.5.2 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak

4.6.2.1. Analisa Korelasi Antara Waktu operasional Terhadap% Penurunan Minyak Lemak pada *Biosand filter*

Hasil analisis korelasi untuk presentase penyisihan minyak lemak pada *biosand filter* dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4.11 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) pada *Biosand filter* terhadap Waktu operasional (jam)

Correlations: waktu (jam), % penyisihan minyak dan lemak

Pearson correlation of waktu (jam) and % penyisihan minyak dan lemak = 0.334
P-Value = 0.380

Berdasarkan Tabel 4.11 menunjukkan bahwa :

Koefisien korelasi antara persentase penyisihan minyak dan lemak pada media *Biosand Filter* dengan waktu operasional adalah 0,334. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal (H_1) dan menerima hipotesis alternatif (H_0) karena nilai probabilitasnya $0,380 > 0,05$. Artinya korelasi antara persentase penyisihan minyak dan lemak pada media *Biosand Filter* dengan waktu operasionalnya lemah.

4.6.2.2. Analisa Korelasi Antara Waktu operasional Terhadap% Penurunan Minyak Lemak pada Media Karbon Aktif

Hasil analisis korelasi untuk presentase penyisihan minyak lemak pada media karbon aktif dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut

Tabel 4.12 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) pada Media Karbon Aktif terhadap Waktu operasional (jam)

Correlations: waktu (jam), % penyisihan minyak dan lemak

Pearson correlation of waktu (jam) and % pemyisihan minyak dan lemak = -0.046
P-Value = 0.906

Berdasarkan Tabel 4.12 menunjukkan bahwa :

Koefisien korelasi antara persentase penyisihan minyak dan lemak pada media karbon aktif dengan waktu operasional adalah $-0,064$. Hubungan kedua variabel tidak searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai negatif pada nilai koefisien korelasi. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal (H_1) dan menerima hipotesis alternatif (H_0) karena nilai probabilitasnya $0,906 > 0,05$. Artinya korelasi antara persentase penyisihan TSS pada media karbon aktif dengan waktu operasionalnya lemah.

4.6.2.3. Analisa Korelasi Antara Waktu operasional Terhadap% Penurunan Minyak Lemak pada pada media Gerabah

Hasil analisis korelasi untuk presentase penyisihan minyak lemak pada media gerabah dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut ini.

Tabel 4.13 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) pada pada media Gerabah terhadap Waktu operasional (jam)

Correlations: waktu (jam), % penyisihan minyak dan lemak

Pearson correlation of waktu (jam) and % penyisihan minyak dan lemak = -0.058
P-Value = 0.883

Berdasarkan Tabel 4.13 menunjukkan bahwa :

Koefisien korelasi antara persentase penyisihan minyak dan lemak pada media gerabah/genteng dengan waktu operasional adalah $-0,058$. Hubungan kedua

variabel tidak searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai negatif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu operasionalnya maka persen penyisihan TSS pada media gerabah/genteng yang dihasilkan akan semakin menurun. Hal ini dikarenakan gerabah/genteng telah jenuh. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal (H_1) dan menerima hipotesis alternatif (H_0) karena nilai probabilitasnya $0,883 > 0,05$. Artinya korelasi antara persentase penyisihan TSS pada media gerabah/genteng dengan waktu operasionalnya lemah.

4.5.3 Analisis Korelasi Untuk Persentase Penyisihan BOD

4.5.3.1 Analisa Korelasi Antara Waktu operasional Terhadap % Penurunan BOD Pada *Biosand Filter*

Hasil analisis korelasi untuk presentase penyisihan Minyak Lemak pada *Biosand Filter* dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut ini.

Tabel 4.14 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan BOD (%) pada *Biosand Filter* terhadap Waktu operasional (jam)

<p>Correlations: waktu (jam), % penyisihan BOD</p> <p>Pearson correlation of waktu (jam) and % penyisihan BOD = 0.384 P-Value = 0.308</p>
--

Berdasarkan Tabel 4.14 menunjukkan bahwa :

Koefisien korelasi antara persentase penyisihan BOD pada media *Biosand Filter* dengan waktu operasional adalah 0,384. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal (H_1) dan menerima hipotesis alternatif (H_0) karena nilai probabilitasnya $0,308 > 0,05$. Artinya korelasi antara persentase penyisihan BOD pada media *Biosand Filter* dengan waktu operasionalnya lemah.

4.5.3.2 Analisa Korelasi Antara Waktu operasional Terhadap % Penurunan BOD Pada Media Karbon Aktif

Hasil analisis korelasi untuk presentase penyisihan Minyak Lemak pada media Karbon Aktif dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut ini.

Tabel 4.15 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan BOD (%) pada Media Karbon Aktif terhadap Waktu operasional (jam)

Correlations: waktu (jam), % penyisihan BOD

Pearson correlation of waktu (jam) and % penyisihan BOD = 0.639
P-Value = 0.064

Koefisien korelasi antara persentase penyisihan BOD pada media karbon aktif dengan waktu operasional adalah 0,639. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal (H_1) dan menerima hipotesis alternatif (H_0) karena nilai probabilitasnya $0,064 > 0,05$. Artinya korelasi antara persentase penyisihan BOD pada media karbon aktif dengan waktu operasionalnya lemah.

4.5.3.3 Analisa Korelasi Antara Waktu operasional Terhadap % Penurunan BOD Pada pada media Gerabah

Hasil analisis korelasi untuk presentase penyisihan Minyak Lemak pada media gerabah dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut ini.

Tabel 4.15 Hasil Uji Korelasi Persentase Penyisihan BOD (%) pada pada media Gerabah terhadap Waktu operasional (jam)

Correlations: waktu (jam), % penyisihan BOD

Pearson correlation of waktu (jam) and % penyisihan BOD = 0.485
P-Value = 0.186

Berdasarkan Tabel 4.16 menunjukkan bahwa :

Koefisien korelasi antara persentase penyisihan BOD pada media gerabah/genteng dengan waktu operasional adalah 0,485. Hubungan kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal (H_1) dan menerima hipotesis alternatif

(H_0) karena nilai probabilitasnya $0,186 > 0,05$. Artinya korelasi antara persentase penyisihan BOD pada media gerabah/genteng dengan waktu operasionalnya lemah.

4.6. Analisis Regresi

Analisis regresi digunakan untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel respons dan variabel prediktor, sehingga diketahui ketepatan atau signifikansi prediksi dari hubungan atau korelasi data. 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

4.6.1 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan TSS

4.6.1.1 Analisa Regresi Antara Waktu Detensi Terhadap % Penurunan TSS Pada *Biosand Filter*

Hasil uji regresi persentase penyisihan TSS pada *Biosand Filter* dan waktu detensi dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan TSS (%) pada *Biosand Filtr* terhadap Waktu Detensi (jam)

Regression Analysis: % penyisihan TSS versus waktu (jam)				
The regression equation is				
% penyisihan TSS = 77.2 - 0.0135 waktu (jam)				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	77.155	4.709	16.38	0.000
waktu (jam)	-0.01346	0.03446	-0.39	0.708
S = 8.59561 R-Sq = 2.1% R-Sq(adj) = 0.0%				

- Keterangan :
- S = Standar deviasi model.
 - R-Sq (R^2) = Koefisien determinasi.
 - R-Sq (adj) = Koefisien determinasi yang disesuaikan.
 - T = Nilai statistik.
 - P = Nilai probabilitas
 - DF = Derajat bebas
 - SS = Variasi residual
 - MS = Mean Square
 - F = Nilai statistik Uji
 - P = Nilai probabilitas



Pada tabel 4.16 dapat diketahui :

1. Persamaan regresi pada Tabel 4.4 adalah $Y = 77.2 - 0.0135 X_1$, dimana Y adalah persentase penyisihan TSS (%) pada media *Biosand Filter* dan X_1 adalah waktu detensi (jam). Koefisien regresi sebesar $-0,01346$ untuk variasi waktu detensi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 8 jam dalam pengambilan sampel akan menurunkan persentase penyisihan TSS pada media *Biosand Filter* dimulai dari jam ke 8 s/d jam ke 144, selanjutnya untuk waktu 192 s/d 240 penyisihan menurun dikarenakan karbon aktif telah

4.0.1 Analisis Regresi Linear Berganda (Berkas) (100%)

4.0.1.1 Analisis Regresi Linear Berganda (Berkas) (100%)

Uraian Jawaban:

Hasil uji regresi berganda pada penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut:

Hasil uji t dapat dilihat pada tabel 4.0.10.

Tabel 4.10 Analisis Regresi Linear Berganda (Berkas) (100%)

Uraian Jawaban: (Berkas) (100%)

Regression Analysis: Y (pendapatan) Versus Waktu (jam)	
Source	DF
Total	14
Error	12
Regression	2
Adjusted R-Sq	0,821
Adjusted T-Stat	1,000
Adjusted R-Sq (Lack of Fit)	0,821
Adjusted T-Stat (Lack of Fit)	1,000
Adjusted R-Sq (Pure Error)	0,821
Adjusted T-Stat (Pure Error)	1,000
Adjusted R-Sq (Total)	0,821
Adjusted T-Stat (Total)	1,000

Uraian Jawaban:

- R-Sq: 0,821
- R-Sq (Lack of Fit): 0,821
- R-Sq (Pure Error): 0,821
- R-Sq (Total): 0,821
- F-Stat: 1,000
- T-Stat: 1,000
- P-Value: 0,000
- S-Value: 0,000
- D-Value: 0,000
- A-Value: 0,000
- B-Value: 0,000
- C-Value: 0,000
- D-Value: 0,000
- E-Value: 0,000
- F-Value: 0,000
- G-Value: 0,000
- H-Value: 0,000
- I-Value: 0,000
- J-Value: 0,000
- K-Value: 0,000
- L-Value: 0,000
- M-Value: 0,000
- N-Value: 0,000
- O-Value: 0,000
- P-Value: 0,000
- Q-Value: 0,000
- R-Value: 0,000
- S-Value: 0,000
- T-Value: 0,000
- U-Value: 0,000
- V-Value: 0,000
- W-Value: 0,000
- X-Value: 0,000
- Y-Value: 0,000
- Z-Value: 0,000



Uraian Jawaban: (Berkas) (100%)

Uraian Jawaban: (Berkas) (100%)

jenuh, dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 2,1%. Hal ini berarti 2,1%, persentase penurunan TSS dapat dijelaskan oleh variasi waktu detensi. Sedangkan sisanya 97,9% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model termasuk karbon aktif yang telah jenuh

2. 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 $t_{(0,025,3)} = 3,182$. Nilai t waktu detensi pada Tabel 4.4 adalah sebesar - 0,39. Nilai probabilitas (P) waktu detensi pada Tabel 4.4 adalah 0,708. Kesimpulan yang diambil untuk waktu detensi adalah menerima H_0 dan menolak H_1 , karena nilai T hitung < T Tabel dan nilai P > 0,05. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi tidak signifikan dimana variasi waktu detensi berpengaruh secara tidak signifikan terhadap persentase penyisihan TSS pada media biosand filter.

4.6.1.2 Analisa Regresi Antara Waktu Detensi Terhadap % Penurunan TSS Pada Media Karbon Aktif

Hasil uji regresi persentase penyisihan TSS pada karbon aktif dan waktu detensi dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan TSS (%) pada Media Karbon Aktif terhadap Waktu Detensi (jam)

Regression Analysis: % penyisihan TSS versus waktu (jam)					
The regression equation is					
% penyisihan TSS = 79.8 - 0.0151 waktu (jam)					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	79.848	4.643	17.20	0.000	
waktu (jam)	-0.01507	0.03373	-0.45	0.669	
S = 8.41418 R-Sq = 2.8% R-Sq(adj) = 0.0%					

Pada tabel 4.17 dapat diketahui :

1. Persamaan regresi pada Tabel 4.5 adalah $Y = 79,8 - 0.0151 X_1$, dimana Y adalah persentase penyisihan TSS (%) pada media karbon aktif dan X_1 adalah

waktu detensi (jam). Koefisien regresi sebesar $-0,001507$ untuk variasi waktu detensi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 8 jam dalam pengambilan sampel akan menurunkan persentase penyisihan TSS pada media *Biosand Filter* dimulai dari jam ke 9,25 s/d jam ke 145,25, selanjutnya untuk waktu 193,5 s/d 241,25 penyisihan menurun dikarenakan karbon aktif telah jenuh, dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi ($R \text{ Square} = r^2$) sebesar 2,8%. Hal ini berarti 2,8%, persentase penurunan TSS dapat dijelaskan oleh variasi waktu detensi. Sedangkan sisanya 97,2% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model termasuk karbon aktif yang telah jenuh

2. 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 $t_{(0,025,3)} = 3,182$. Nilai t waktu detensi pada Tabel 4.5 adalah sebesar $-0,45$. Nilai probabilitas (P) waktu detensi pada Tabel 4.5 adalah 0,669. Kesimpulan yang diambil untuk waktu detensi adalah menerima H_0 dan menolak H_1 , karena nilai T hitung $<$ T Tabel dan nilai $P > 0,05$. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi tidak signifikan dimana variasi waktu detensi berpengaruh secara tidak signifikan terhadap persentase penyisihan TSS pada media karbon aktif.

4.6.1.3 Analisa Regresi Antara Waktu Detensi Terhadap % Penurunan TSS Pada Media pada media Gerabah

Hasil uji regresi persentase penyisihan TSS pada gerabah dan waktu detensi dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan TSS (%) pada pada media Gerabah terhadap Waktu Detensi (jam)

Regression Analysis: % penyisihan TSS versus waktu (jam)

The regression equation is

% penyisihan TSS = 83.6 - 0.0164 waktu (jam)

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	83.620	3.879	21.56	0.000
waktu (jam)	-0.01643	0.02806	-0.59	0.577

S = 6.99927 R-Sq = 4.7% R-Sq(adj) = 0.0%

Pada tabel 4.18 dapat diketahui :

1. Persamaan regresi pada Tabel 4.5 adalah $Y = 83,6 - 0,0164 X_1$, dimana Y adalah persentase penyisihan TSS (%) pada media gerabah/genteng dan X_1 adalah waktu detensi (jam). Koefisien regresi sebesar $-0,01643$ untuk variasi waktu detensi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 8 jam dalam pengambilan sampel akan menurunkan persentase penyisihan TSS pada media *Biosand Filter* dimulai dari jam ke 8 s/d jam ke 146, selanjutnya untuk waktu 194 s/d 242 penyisihan menurun dikarenakan karbon aktif telah jenuh, dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi ($R \text{ Square} = r^2$) sebesar 2,8%. Hal ini berarti 2,8%, persentase penurunan TSS dapat dijelaskan oleh variasi waktu detensi. Sedangkan sisanya 97,2% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model termasuk karbon aktif yang telah jenuh
2. 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 $t_{(0,025,3)} = 3,182$. Nilai t waktu detensi pada Tabel 4.5 adalah sebesar $-0,45$. Nilai probabilitas (P) waktu detensi pada Tabel 4.5 adalah 0,669. Kesimpulan yang diambil untuk waktu detensi adalah menerima H_0 dan menolak H_1 , karena nilai T hitung $< T$ Tabel dan nilai $P > 0,05$. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi tidak signifikan dimana variasi waktu detensi berpengaruh secara tidak signifikan terhadap persentase penyisihan TSS pada media karbon aktif.



4.6.2 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak

4.6.2.1. Analisa Regresi Antara Waktu Detensi Terhadap % Penurunan Minyak Lemak Pada *Biosand Filter*

Hasil uji regresi persentase penyisihan Minyak Lemak pada *Biosand Filter* dan waktu detensi dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) pada *Biosand Filter* terhadap Waktu Detensi (jam)

Results for: Worksheet 1				
Regression Analysis: % penyisihan minyak dan lemak versus waktu (jam)				
The regression equation is				
% penyisihan minyak dan lemak = 75.3 + 0.0180 waktu (jam)				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	75.256	4.152	18.12	0.000
waktu (jam)	0.01796	0.03039	0.59	0.573
S = 7.57937 R-Sq = 4.8% R-Sq(adj) = 0.0%				

Pada tabel 4.19 dapat diketahui :

1. Persamaan regresi pada Tabel 4.4 adalah $Y = 75.3 + 0,0180 X_1$, dimana Y adalah persentase penyisihan minyak dan lemak (%) pada media *Biosand Filter* dan X_1 adalah waktu detensi (jam). Koefisien regresi sebesar 0,0180 untuk variasi waktu detensi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 8 jam dalam pengambilan sampel akan menaikkan persentase penyisihan minyak dan lemak pada media *Biosand Filter* sebesar 0,0180 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi ($R \text{ Square} = r^2$) sebesar 4,8%. Hal ini berarti 4,8%, persentase penurunan minyak dan lemak dapat dijelaskan oleh variasi waktu detensi. Sedangkan sisanya 95,2% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model termasuk karbon aktif yang telah jenuh

2. 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 $t_{(0,025,3)} = 3,182$. Nilai t waktu detensi pada Tabel 4.4 adalah sebesar 0,59. Nilai probabilitas (P) waktu detensi pada Tabel 4.4 adalah 0,573. Kesimpulan yang diambil untuk waktu detensi adalah menerima H_0 dan menolak H_1 , karena nilai T hitung < T Tabel dan nilai P > 0,05. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi tidak signifikan dimana variasi waktu detensi berpengaruh secara tidak signifikan terhadap persentase penyisihan minyak dan lemak pada media biosand filter.

4.6.2.2. Analisa Regresi Antara Waktu Detensi Terhadap % Penurunan Minyak Lemak Pada Media Karbon Aktif

Hasil uji regresi persentase penyisihan Minyak Lemak pada Karbon Aktif dan waktu detensi dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) pada Karbon Aktif terhadap Waktu Detensi (jam)

Results for: Worksheet 2				
Regression Analysis: % penyisihan minyak dan lemak versus waktu (jam)				
The regression equation is				
% penyisihan minyak dan lemak = 82.6 - 0.0065 waktu (jam)				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	82.557	3.242	25.46	0.000
waktu (jam)	-0.00649	0.02356	-0.28	0.791
S = 5.87568 R-Sq = 1.1% R-Sq(adj) = 0.0%				

Pada tabel 4.20 dapat diketahui :

1. Persamaan regresi pada Tabel 4.5 adalah $Y = 82,6 - 0.0065 X_1$, dimana Y adalah persentase penyisihan minyak dan lemak (%) pada media karbon aktif dan X_1 adalah waktu detensi (jam). Koefisien regresi sebesar $- 0.0065$ untuk variasi waktu detensi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu

sebesar 8 jam dalam pengambilan sampel akan menurunkan persentase penyisihan minyak dan lemak pada media karbon aktif dimulai dari jam ke 9,25 s/d jam ke 145,25, selanjutnya untuk waktu 193,5 s/d 241,25 penyisihan menurun dikarenakan karbon aktif telah jenuh, dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 1,1%. Hal ini berarti 1,1%, persentase penurunan minyak dan lemak dapat dijelaskan oleh variasi waktu detensi. Sedangkan sisanya 98,9% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model termasuk karbon aktif yang telah jenuh

2. 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 $t_{(0,025,3)} = 3,182$. Nilai t waktu detensi pada Tabel 4.5 adalah sebesar -0,28. Nilai probabilitas (P) waktu detensi pada Tabel 4.5 adalah 0,791. Kesimpulan yang diambil untuk waktu detensi adalah menerima H_0 dan menolak H_1 , karena nilai T hitung < T Tabel dan nilai P > 0,05. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi tidak signifikan dimana variasi waktu detensi berpengaruh secara tidak signifikan terhadap persentase penyisihan minyak dan lemak pada media karbon aktif

4.6.2.3. Analisa Regresi Antara Waktu Detensi Terhadap % Penurunan Minyak Lemak Pada pada media Gerabah

Hasil uji regresi persentase penyisihan Minyak Lemak pada gerabah dan waktu detensi dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan Minyak Lemak (%) pada pada media Gerabah terhadap Waktu Detensi (jam)

Regression Analysis: % penyisihan minyak dan lemak versus waktu (jam)				
The regression equation is				
% penyisihan minyak dan lemak = 86.3 - 0.0121 waktu (jam)				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	86.302	2.958	29.18	0.000
waktu (jam)	-0.01213	0.02139	-0.57	0.589
S = 5.33648 R-Sq = 4.4% R-Sq(adj) = 0.0%				

Pada tabel 4.21 dapat diketahui :

1. Persamaan regresi pada Tabel 4.5 adalah $Y = 86,3 - 0,0121 X_1$, dimana Y adalah persentase penyisihan minyak dan lemak (%) pada media gerabah/genteng dan X_1 adalah waktu detensi (jam). Koefisien regresi sebesar $- 0,0121$ untuk variasi waktu detensi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 8 jam dalam pengambilan sampel akan menurunkan persentase penyisihan minyak dan lemak pada media *Biosand Filter* dimulai dari jam ke 8 s/d jam ke 146, selanjutnya untuk waktu 194 s/d 242 penyisihan menurun dikarenakan karbon aktif telah jenuh, dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi ($R \text{ Square} = r^2$) sebesar 4,4%. Hal ini berarti 4,4%, persentase penurunan minyak dan lemak dapat dijelaskan oleh variasi waktu detensi. Sedangkan sisanya 95,6% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model termasuk karbon aktif yang telah jenuh
2. 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 $t_{(0,025,3)} = 3,182$. Nilai t waktu detensi pada Tabel 4.5 adalah sebesar $- 0,57$. Nilai probabilitas (P) waktu detensi pada Tabel 4.5 adalah 0,589. Kesimpulan yang diambil untuk waktu detensi adalah menerima H_0 dan menolak H_1 , karena nilai T hitung $< T$ Tabel dan nilai $P > 0,05$. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi tidak signifikan dimana variasi waktu detensi berpengaruh secara tidak signifikan terhadap persentase penyisihan minyak dan lemak pada media karbon aktif.

4.6.3 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan BOD

4.6.3.1 Analisa Regresi Antara Waktu Detensi Terhadap % Penurunan BOD Pada *Biosand Filter*

Hasil uji regresi persentase penyisihan BOD pada *Biosand Filter* dan waktu detensi dapat dilihat pada Tabel 4.22

Tabel 4.22 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan BOD (%) pada *Biosand Filter* terhadap Waktu Detensi (jam)

Results for: Worksheet 1				
Regression Analysis: % penyisihan BOD versus waktu (jam)				
The regression equation is				
% penyisihan BOD = 67.7 + 0.0133 waktu (jam)				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	67.727	2.029	33.37	0.000
waktu (jam)	0.01330	0.01485	0.90	0.400
S = 3.70452 R-Sq = 10.3% R-Sq(adj) = 0.0%				

Pada tabel 4.22 dapat diketahui :

1. Persamaan regresi pada Tabel 4.4 adalah $Y = 67,7 + 0,0133 X_1$, dimana Y adalah persentase penyisihan BOD (%) pada media *Biosand Filter* dan X_1 adalah waktu detensi (jam). Koefisien regresi sebesar 0,01330 untuk variasi waktu detensi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 8 jam dalam pengambilan sampel akan menaikkan persentase penyisihan BOD pada media *Biosand Filter* sebesar 0,01330 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi ($R \text{ Square} = r^2$) sebesar 10,3%. Hal ini berarti 10,3%, persentase penurunan BOD dapat dijelaskan oleh variasi waktu detensi. Sedangkan sisanya 89,7% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model termasuk karbon aktif yang telah jenuh
2. 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 $t_{(0,025,3)} = 3,182$. Nilai t waktu detensi pada Tabel 4.4 adalah sebesar 0,90. Nilai probabilitas (P) waktu detensi pada Tabel 4.4 adalah 0,400. Kesimpulan yang diambil untuk waktu detensi adalah menerima H_0 dan menolak H_1 , karena nilai T hitung $< T$ Tabel dan nilai $P > 0,05$. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi tidak signifikan dimana variasi waktu

detensi berpengaruh secara tidak signifikan terhadap persentase penyisihan minyak dan lemak pada media biosand filter.

4.6.3.2 Analisa Regresi Antara Waktu Detensi Terhadap % Penurunan BOD Pada Media Karbon Aktif

Hasil uji regresi persentase penyisihan BOD pada media karbon aktif dan waktu detensi dapat dilihat pada Tabel 4.23

Tabel 4.23 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan BOD (%) pada Media Karbon Aktif terhadap Waktu Detensi (jam)

Results for: Worksheet 2				
Regression Analysis: % penyisihan BOD versus waktu (jam), karbon aktif				
The regression equation is				
% penyisihan BOD = 71.0 + 0.0226 waktu (jam)				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	71.013	1.776	39.99	0.000
waktu (jam)	0.02265	0.01290	1.76	0.123
S = 3.21777 R-Sq = 30.6% R-Sq(adj) = 20.7%				

Pada tabel 4.23 dapat diketahui :

1. Persamaan regresi pada Tabel 4.5 adalah $Y = 71,0 + 0.0226 X_1$, dimana Y adalah persentase penyisihan BOD (%) pada media karbon aktif dan X_1 adalah waktu detensi (jam). Koefisien regresi sebesar 0.02265 untuk variasi waktu detensi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 8 jam dalam pengambilan sampel akan meningkatkan persentase penyisihan BOD pada media karbon aktif dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi ($R \text{ Square} = r^2$) sebesar 30,6%. Hal ini berarti 30,6%, persentase penurunan BOD dapat dijelaskan oleh variasi waktu detensi. Sedangkan sisanya 69,4% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model termasuk karbon aktif yang telah jenuh

2. 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 $t_{(0,025,3)} = 3,182$. Nilai t waktu detensi pada Tabel 4.5 adalah sebesar 1,76. Nilai probabilitas (P) waktu detensi pada Tabel 4.5 adalah 0,123. Kesimpulan yang diambil untuk waktu detensi adalah menerima H_0 dan menolak H_1 , karena nilai T hitung $<$ T Tabel dan nilai $P > 0,05$. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi tidak signifikan dimana variasi waktu detensi berpengaruh secara tidak signifikan terhadap persentase penyisihan BOD pada media karbon aktif.

4.6.3.3 Analisa Regresi Antara Waktu Detensi Terhadap % Penurunan BOD Pada pada media Gerabah

Hasil uji regresi persentase penyisihan BOD pada media gerabah dan waktu detensi dapat dilihat pada Tabel 4.24

Tabel 4.24 Analisis Regresi Antara Persentase Penyisihan BOD (%) pada pada media Gerabah terhadap Waktu Detensi (jam)

Results for: Worksheet 3				
Regression Analysis: % penyisihan BOD versus waktu (jam)				
The regression equation is				
% penyisihan BOD = 79.1 + 0.0170 waktu (jam)				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	79.084	2.802	28.22	0.000
waktu (jam)	0.01696	0.02027	0.84	0.430
S = 5.05618 R-Sq = 9.1% R-Sq(adj) = 0.0%				

Pada tabel 4.6 dapat diketahui :

1. Persamaan regresi pada Tabel 4.5 adalah $Y = 79,1 + 0,0170 X_1$, dimana Y adalah persentase penyisihan BOD (%) pada media gerabah/genteng dan X_1 adalah waktu detensi (jam). Koefisien regresi sebesar 0,02027 untuk variasi waktu detensi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 8 jam dalam pengambilan sampel akan meningkatkan persentase penyisihan

BOD pada media gerabah/genteng dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 9,1%. Hal ini berarti 9,1%, persentase penurunan BOD dapat dijelaskan oleh variasi waktu detensi. Sedangkan sisanya 90,9% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model termasuk karbon aktif yang telah jenuh

2. 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 $t_{(0,025,3)} = 3,182$. Nilai t waktu detensi pada Tabel 4.5 adalah sebesar 0,84. Nilai probabilitas (P) waktu detensi pada Tabel 4.5 adalah 0,430. Kesimpulan yang diambil untuk waktu detensi adalah menerima H_0 dan menolak H_1 , karena nilai T hitung $<$ T Tabel dan nilai $P > 0,05$. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi tidak signifikan dimana variasi waktu detensi berpengaruh secara tidak signifikan terhadap persentase penyisihan BOD pada gerabah/genteng.

4.7. Analisis ANOVA One Way

Analisis ANOVA ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh waktu detensi terhadap persentase penyisihan TSS, Kekeruhan 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_1 ditolak
- b. Nilai F hitung,
 - F hitung output $>$ F Tabel, H_0 ditolak
 - F hitung output $<$ F Tabel, H_1 diterima

4.7.1 Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan TSS

4.7.1.1. Analisa Anova One Way Antara Waktu operasional Terhadap % Penurunan TSS Pada *Biosand Filter*

Hasil uji anova one way persentase penyisihan TSS pada media *Biosand Filter* dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu operasional (jam)

One-way ANOVA: waktu (jam), % penyisihan TSS						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Factor	1	22489.7	22489.7	611.47	0.000	
Error	16	588.5	36.8			
Total	17	23078.1				

S = 6.065 R-Sq = 97.45% R-Sq(adj) = 97.29%

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 operasional adalah 611,47. Nilai probabilitas waktu operasional adalah 0,000.

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

4.7.1.2. Analisa Anova One Way Antara Waktu operasional Terhadap % Penurunan TSS Pada Media Karbon Aktif

Hasil uji anova one way persentase penyisihan TSS pada media Media Karbon Aktif dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan TSS (%) pada Media Karbon Aktif

One-way ANOVA: waktu (jam), % penyisihan TSS					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	8053	8053	61.45	0.000
Error	16	2097	131		
Total	17	10149			

S = 11.45 R-Sq = 79.34% R-Sq(adj) = 78.05%

Hasil Tabel diatas memuat keterangan sebagai berikut :

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

Untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka dari Tabel distribusi F didapat F Tabel adalah 5,32. Nilai F hitung output waktu operasional adalah 61,45. Nilai probabilitas waktu operasional adalah 0,000.

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

4.7.1.3. Analisa Anova One Way Antara Waktu operasional Terhadap % Penurunan TSS Pada Media Gerabah

Hasil uji anova one way persentase penyisihan TSS pada media karbon gerabah dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan TSS (%) pada Media Gerabah

One-way ANOVA: waktu (jam), % penyisihan TSS						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Factor	1	8751.6	8751.6	88.54	0.000	
Error	16	1581.5	98.8			
Total	17	10333.2				

S = 9.942 R-Sq = 84.69% R-Sq(adj) = 83.74%

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 operasional adalah 88,54. Nilai probabilitas waktu operasional adalah 0,000.

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

4.7.2 Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan Minyak Lemak

4.7.2.1 Analisa Anova One Way Antara Waktu operasional Terhadap % Penurunan Minyak Lemak Pada *Biosand Filter*

Hasil uji anova one way persentase penyisihan minyak dan lemak pada *Biosand Filter* dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan Minyak Lemak Pada *Biosand Filter*

One-way ANOVA: waktu (jam), % penyisihan minyak dan lemak					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	23423.1	23423.1	788.69	0.000
Error	16	475.2	29.7		
Total	17	23898.3			

S = 5.450 R-Sq = 98.01% R-Sq(adj) = 97.89%

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 operasional adalah 788,69. Nilai probabilitas waktu operasional adalah 0,000.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu pengambilan sampel adalah menerima hipotesis alternatif (H_1) dan menolak hipotesis awal (H_0) karena nilai minyak dan lemak terhadap waktu operasional dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang tidak signifikan.

4.7.2.2 Analisa Anova One Way Antara Waktu operasional Terhadap % Penurunan minyak dan lemak Pada Media Karbon Aktif

Hasil uji anova one way persentase penyisihan minyak dan lemak pada media karbon aktif dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.29

Tabel 4.29 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan Minyak Lemak Pada Media Karbon Aktif

One-way ANOVA: waktu (jam), % pemyisihan minyak dan lemak					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	10064	10064	91.97	0.000
Error	16	1751	109		
Total	17	11814			

S = 10.46 R-Sq = 85.18% R-Sq(adj) = 84.25%

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 operasional adalah 91,97. Nilai probabilitas waktu operasional adalah 0,000.

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

4.7.2.3 Analisa Anova One Way Antara Waktu operasional Terhadap % Penurunan minyak dan lemak Pada Media Gerabah

Hasil uji anova one way persentase penyisihan minyak dan lemak pada media gerabah dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.30

Tabel 4.30 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan Minyak Lemak Pada pada media Gerabah

One-way ANOVA: waktu (jam), % penyisihan minyak dan lemak					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	7871	7871	59.21	0.000
Error	16	2127	133		
Total	17	9997			
S = 11.53 R-Sq = 78.73% R-Sq(adj) = 77.40%					

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 operasional adalah 59,21. Nilai probabilitas waktu operasional adalah 0,000.

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

4.7.3 Analisis Anova One Way untuk Persentase Penyisihan BOD

4.7.3.1 Analisa Anova One Way Antara Waktu operasional Terhadap % Penurunan BOD Pada *Biosand Filter*

Hasil uji anova one way persentase penyisihan BOD pada *Biosand Filter* dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.31



Tabel 4.31 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan BOD Pada *Biosand Filter*

One-way ANOVA: waktu (jam), % penyisihan BOD					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	18557.0	18557.0	1710.55	0.000
Error	16	173.6	10.8		
Total	17	18730.6			

S = 3.294 R-Sq = 99.07% R-Sq(adj) = 99.02%

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 operasional adalah 1710,55. Nilai probabilitas waktu operasional adalah 0,000.

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

4.7.3.2 Analisa Anova One Way Antara Waktu operasional Terhadap % Penurunan BOD Pada Media Karbon Aktif

Hasil uji anova one way persentase penyisihan BOD pada media karbon aktif dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan BOD Pada Media Karbon Aktif

One-way ANOVA: waktu (jam), % penyisihan BOD					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	5170.8	5170.8	112.97	0.000
Error	16	732.4	45.8		
Total	17	5903.1			

S = 6.766 R-Sq = 87.59% R-Sq(adj) = 86.82%

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 operasional adalah 112,97. Nilai probabilitas waktu operasional adalah 0,000.

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

4.7.3.3 Analisa Anova One Way Antara Waktu operasional Terhadap % Penurunan BOD Pada gerabah

Hasil uji anova one way persentase penyisihan BOD pada media gerabah dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.34.

Tabel 4.33 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Waktu operasional (jam) Terhadap Persentase Penyisihan BOD Pada Media gerabah

One-way ANOVA: waktu (jam), % penyisihan BOD					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	13558.7	13558.7	184.32	0.000
Error	16	1177.0	73.6		
Total	17	14735.6			

S = 8.577 R-Sq = 92.01% R-Sq(adj) = 91.51%

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 operasional adalah 184,32. Nilai probabilitas waktu operasional adalah 0,000.

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

4.8. Pembahasan

4.8.1 Pembahasan Penurunan Konsentrasi TSS

Berdasarkan tabel 4.6 dapat diketahui bahwa konsentrasi TSS untuk masing-masing media setelah proses pada reaktor uji berkisar antara 14,66 mg/l sampai dengan 110 mg/l. Persentase penurunan konsentrasi TSS tertinggi terdapat pada media *Biosand Filter* pada waktu pengambilan sampel ke-6 dengan waktu operasional selama 144 jam, kemampuan *Biosand Filter* untuk menurunkan konsentrasi TSS sebesar 87,5 5%.

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. Umumnya partikel tersuspensi memiliki ukuran lebih besar dari pada 1 mikron dan untuk partikel koloid mempunyai ukuran antara 1 milimikron hingga 1 mikron (Alearts G dan Sumestri, 1984).

Penurunan TSS dikarenakan dari jenis media pada reaktor media yang dipakai adalah pasir, karbon aktif dan gerabah dengan aliran *down flow*. Air limbah mengalir masuk ke dalam reaktor *Biosand Filter* dengan waktu detensi selama 8 jam terjadi penurunan konsentarsi TSS akhir 76,67 mg/l, masuk ke media karbon aktif penurunan konsentrasi sebesar 53,34 mg/l, terakhir di media gerabah penurunan konsentrasi TSS akhir 35,67 mg/l. Penelitian ini memakai aliran *down flow* sehingga air limbah mengalir menggunakan gravitasi, air limbah yang mengandung partikel tersuspensi tertahan pada media pasir dengan diameter 0,20 mm, pada karbon aktif dengan diameter 0,20 mm masih ada partikel tersuspensi yang lolos dari media pasir halus di tahan dan di adsorpsi oleh karbon aktif, terakhir di media gerabah dengan diameter 5 mm partikel yang lolos karbon aktif kembali tertahan.

Penurunan TSS juga dapat dibantu dengan proses filtrasi secara fisik menggunakan media pasir. Penurunan konsentrasi lebih disebabkan oleh proses filtrasi akibat air limbah yang dialirkan melewati lapisan media. Karakteristik media (koefisien keseragaman, ukuran dan luas permukaan butiran) berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi TSS. Semakin kecil diameter maka akan

mempertinggi kerapatan media sehingga memperbesar daya saring. Keseragaman diameter mampu mengalirkan air limbah ke dalam media secara merata terjadi kontak pada hampir seluruh media dan luas permukaan butiran semakin memperbesar akan terjadi kontak dengan seluruh air limbah (Wiasi, Agni, 2005).

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).

Daya saring media yang terlalu besar akan menyebabkan lamanya pengaliran tetapi memberikan hasil effluent yang cukup baik. Penurunan kecepatan aliran ini memberikan kesempatan pengendapan sehingga secara signifikan akan menurunkan konsentrasi TSS (Santoso dkk, 2001). Semakin tinggi dan panjang media filter maka mempunyai daya saring yang lebih tinggi karena mempunyai waktu pengaliran yang lebih lama, media yang mempunyai daya saring yang baik akan memberikan kualitas effluent yang baik (Suantari, Made, 2005). Zat padat yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya berat dan waktu (Alaerts G dan Sumestri, 1984).

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 mengadsorpsi berbagai senyawa termasuk TSS (Christina R. N dkk, 2006). Diameter karbon aktif yang digunakan adalah 0,20 mm. Semakin kecil adsorben, maka semakin luas permukaan aktif pada adsorben. Kapasitas penyerapan pada proses adsorpsi tergantung area permukaan yang tersedia untuk interaksi antara larutan dengan permukaan, dengan kata lain penyerapan dari material yang mempunyai ukuran partikel lebih kecil dapat mengadsorpsi substansi lebih banyak bila dibandingkan dengan partikel berukuran lebih besar (Reri A dkk, 2010).

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.

Diameter gerabah yang digunakan pada lapisan pertama 5 mm dan lapisan kedua 50 mm. Filter gerabah yang digunakan memiliki pori-pori yang mempunyai kemampuan beroperasi dengan baik. Pori-pori tersebut dibentuk dari bahan-bahan pencampur termasuk bahan utama pembentuk gerabah yaitu tanah dan pasir. Gerabah memiliki porositas yang lebih rapat atau lebih kecil, sehingga material yang terlarut mengakibatkan penyumbatan.

Jika dilihat tabel 4.6 pada reaktor *biosand filter*, penurunan persentase penyisihan TSS >80 % baru terjadi pada saat *Biosand Filter* telah beroperasi selama 48 jam sampai jam ke 192 yaitu berkisar 80% sampai 87,5 %. Dan setelah memasuki jam ke 200 persentase penyisihan TSS mengalami penurunan dan pada pengolahan selama 240 jam persentase penyisihannya sebesar 58,75%. Hal ini dapat menunjukkan bahwa waktu operasional optimum pada reaktor *Biosand Filter* untuk menurunkan konsentrasi TSS dengan persentase penurunan > 80 % adalah pada saat *Biosand Filter* telah beroperasi selama 48 jam atau hari ke-2 sampai 192 jam atau hari ke 8.

Untuk reaktor karbon aktif turut membantu penurunan konsentrasi TSS dengan efisiensi berkisar antara 30,44 % - 72,18%. Untuk konsentrasi awal pada reaktor karbon aktif yang merupakan lanjutan dari reaktor *Biosand Filter* adalah sebesar 76,67 mg/l dan menghasilkan limbah terolah dengan konsentrasi akhir terkecil yaitu 21,33 mg/l dengan efisiensi penurunan TSS sebesar 72,18 %.

Sedangkan untuk penambahan gerabah yang merupakan reaktor terakhir turut mempengaruhi penurunan konsentrasi pada limbah rumah makan. Hal ini disebabkan karena reaktor gerabah adalah reaktor terakhir dalam *biosand filter*, sehingga dengan efektif mampu meremoval TSS karena sebagian besar TSS telah teremoval pada dua reaktor sebelumnya. Dan juga bahwa di reaktor gerabah juga terjadi proses filtrasi. 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.

Efisiensi tertinggi terjadi pada pengambilan sampel ke-6 yaitu dengan waktu operasional selama 146 jam sebesar 72,51%. Artinya efisiensi tertinggi pada reaktor gerabah baru terjadi pada waktu operasional berjalan selama 146 jam dengan menghasilkan konsentrasi TSS sebesar 14,64 mg/l.

Dari hasil penelitian waktu operasional terbaik pada masing-masing media berbeda hal ini dapat disebabkan karena kemampuan meremoval bahan pencemar dari masing-masing media berbeda-beda. Kemampuan meremoval bahan pencemar dapat dipengaruhi oleh jenis, diameter, dan ketinggian media yang berbeda-beda. Pada media *Biosand Filter* waktu operasional terbaik yaitu pada pengambilan sampel ke-6 dapat menurunkan TSS dengan persentase sebesar 87,5%, pada karbon aktif waktu operasional yang dibutuhkan adalah selama 145 jam agar mampu menurunkan kadar TSS sebesar 72,18% dan media gerabah selama 147 jam sebesar 72,51%.

Hubungan korelasi antara variasi waktu pengambilan sampel dengan persentase penurunan TSS adalah searah artinya semakin lama waktu operasionalnya maka persentase penyisihan TSS semakin meningkat dan konsentrasi yang dihasilkan semakin kecil. Namun berdasarkan nilai korelasi, nilai koefisien korelasinya adalah sebesar - 0,105 menunjukkan bahwa nilai korelasi yang dihasilkan lemah, karena mendekati 0. Dan dapat dilihat bahwa persentase penurunan pada pengambilan sampel 1-6 mengalami peningkatan, namun setelah pengambilan ke-7 sampai ke-9 mengalami penurunan.



4.8.2 Pembahasan Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak

Berdasarkan tabel 4.7 dapat diketahui bahwa konsentrasi minyak lemak untuk masing-masing media setelah proses pada reaktor uji berkisar antara 4,35 mg/l sampai dengan 27,58 mg/l. Persentase penurunan konsentrasi minyak lemak tertinggi terdapat pada media *Biosand Filter* pada waktu pengambilan sampel ke-

6 dengan waktu operasional selama 144 jam, artinya pada saat 8 jam yang ke 18, kemampuan *Biosand Filter* untuk menurunkan konsentrasi minyak lemak sebesar 87,83%.

Penurunan minyak lemak dikarenakan dari jenis media pada reaktor *biosand filter*, media yang dipakai adalah pasir, karbon aktif dan gerabah dengan aliran *down flow*. Air limbah mengalir masuk ke dalam media *Biosand Filter* terjadi penurunan konsentarsi minyak lemak terkecil 10,65 mg/l, masuk ke media karbon aktif penurunan konsentrasi sebesar 7,18 mg/l, terakhir dimedia gerabah penurunan konsentrasi TSS akhir terkecil 4,35 mg/l. Pada penelitian ini memakai aliran *down flow* sehingga air limbah mengalir menggunakan gravitasi, air limbah yang mengandung partikel tersuspensi tertahan pada media pasir dengan diameter 0,20 mm, pada karbon aktif dengan diameter 0,20 mm masih ada partikel tersuspensi yang lolos dari media pasir halus di tahan dan di adsorpsi oleh karbon aktif, terakhir dimedia gerabah dengan diameter 5 mm partikel yang lolos karbon aktif kembali tertahan.

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir halus dengan diameter 0,2 mm dengan diameter pasir yang kecil dan rapat, sehingga terjadi penumpukan zat-zat organik pada permukaan media pasir dan terbentuk 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.

Proses pengolahan secara biologis pada umumnya sangat efektif untuk mengurangi konsentrasi minyak lemak dan emulsi lainnya yang tidak dapat distabilkan atau dikurangi konsentrasinya oleh proses kimia (penambahan bahan kimia atau koagulan). Proses pengolahan secara biologis efektif dikarenakan kandungan minyak lemaknya dapat terserap secara cepat oleh mikroorganisme untuk pertumbuhan mikroorganisme tersebut (sebagai sumber makanan).

Salah satu media yang digunakan dalam penelitian ini adalah karbon aktif dari ampas tebu dengan diameter 0,20 mm ukuran partikel lebih kecil dapat mengadsorpsi substansi lebih banyak bila dibandingkan dengan partikel berukuran

lebih besar. 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).

Diameter gerabah yang digunakan pada lapisan pertama 5 mm dan lapisan kedua 50 mm. 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 model reproduksi dari mikroba tertentu dapat mempengaruhi kecepatan kolonisasi dan kinerja reaktor *fixed film*. Hal ini yang mengakibatkan salah satu penurunan konsentrasi minyak lemak.

Berdasarkan tabel 4.7 penurunan persentase penyisihan minyak lemak >80 % baru terjadi pada saat *Biosand Filter* telah beroperasi selama 48 jam sampai jam ke 192 yaitu berkisar 80,11% sampai 87,83 %. Dan setelah memasuki jam ke 200 persentase penyisihan minyak lemak mengalami penurunan dan pada pengolahan selama 240 jam persentasinya sebesar 75,28%. Hal ini dapat menunjukkan bahwa waktu operasional optimum pada reaktor *Biosand Filter* untuk menurunkan konsentrasi minyak lemak dengan persentase

penurunan > 80 % baru terjadi pada saat *Biosand Filter* telah beroperasi selama 48 jam atau 2 hari sampai 192 jam atau hari ke 8

Untuk reaktor karbon aktif turut membantu penurunan konsentrasi minyak lemak dengan efisiensi berkisar antara 32,38 % - 73,97%. Untuk konsentrasi awal pada reaktor karbon aktif yang merupakan lanjutan dari reaktor *Biosand Filter* adalah sebesar 27,58 mg/l dan menghasilkan limbah terolah dengan konsentrasi akhir terkecil yaitu 7,18 mg/l dengan efisiensi penurunan minyak lemak sebesar 73,86 %. Karbon aktif merupakan karbon amorf yang memiliki porositas internal tinggi, sehingga merupakan adsorben yang baik untuk adsorpsi gas, cairan, maupun larutan. Sifat karbon aktif yang paling penting adalah daya serap. Penyerapan secara umum adalah proses mengumpulkan benda-benda terlarut yang terdapat di dalam larutan antara dua permukaan (Sugiharto, 2008). Pada karbon aktif terjadi proses adsorpsi, yaitu proses penyerapan zat-zat yang akan dihilangkan oleh permukaan karbon aktif. Apabila seluruh permukaan karbon aktif sudah jenuh, atau sudah tidak mampu lagi menyerap maka kualitas air yang disaring sudah tidak baik lagi, sehingga karbon aktif harus diganti dengan karbon aktif yang baru.

Penambahan reaktor gerabah yang merupakan reaktor terakhir turut mempengaruhi penurunan konsentrasi pada limbah rumah makan. Efisiensi tertinggi terjadi pada pengambilan sampel ke ke-5 yaitu dengan waktu operasional selama 98 jam sebesar 73,03%. Artinya efisiensi tertinggi pada reaktor gerabah baru terjadi pada waktu operasional berjalan selama 98 dengan menghasilkan konsentrasi minyak lemak sebesar 4,35 mg/l.

Hasil penelitian waktu operasional terbaik pada masing-masing media berbeda hal ini dapat disebabkan karena kemampuan meremoval bahan pencemar dari masing-masing media berbeda-beda. Kemampuan meremoval bahan pencemar dapat dipengaruhi oleh jenis, diameter, dan ketinggian media yang berbeda-beda. Pada media *biosand filter* waktu operasional terbaik yaitu pada pengambilan sampel ke- 6 dapat menurunkan minyak lemak dengan persentase sebesar 87,83 %, untuk karbon aktif yaitu pada pengambilan ke-5 dengan persentase

sebesar sebesar 73,97 % dan media gerabah yaitu pada pengambilan ke-5 selama 99 jam sebesar 73,03 %.

Hubungan korelasi antara variasi waktu pengambilan sampel dengan persentase penurunan minyak lemak adalah searah. Namun berdasarkan nilai korelasi yang dihasilkan yaitu sebesar 0,334 dan hubungan antara waktu dan penyisihan minyak lemaknya lemah. Dimana dalam penelitian ini yang bertujuan untuk mendapatkan waktu operasional yang optimum untuk menurunkan konsentrasi minyak lemak. Pada jam awal penurunan akan mengalami peningkatan kemudian setelah medianya jenuh efisiensi penurunannya akan berkurang (*clogging*) sehingga perlu dilakukan pencucian media.

4.8.3 Pembahasan Penurunan Konsentrasi BOD

Pada Tabel 4.8 dapat diketahui bahwa konsentrasi BOD untuk masing-masing media setelah proses pada reaktor uji berkisar antara 26,94 mg/l sampai dengan 166,91 mg/l. Persentase penurunan konsentrasi BOD tertinggi terdapat pada media genteng pada waktu pengambilan sampel jam ke 146 yaitu sebesar 78,45 %

Proses pengolahan dengan *Biosand filter* mengkombinasikan proses pengolahan biologis dan fisik. Pengolahan biologis dilakukan dengan menggunakan lapisan *biofilm* yang berada pada permukaan media filter. Lapisan biologis yang banyak mengandung mikroorganisme akan menguraikan zat-zat organik dalam air limbah. Jumlah mikroorganisme aerobik dipengaruhi oleh bahan organik yang tersedia, difusi dari udara dan senyawa-senyawa yang bersifat toksik. Banyaknya bahan organik yang tersedia dalam air limbah akan meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme . Apabila banyak senyawa toksik dalam air limbah akan menurunkan jumlah mikroorganisme. Keberadaan mikroorganisme dalam air limbah berfluktuasi dan akan mempengaruhi juga terhadap jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme aerobik. Nilai BOD yang tertinggi ditunjukkan dari tingginya bahan organik yang didegradasi secara biologis.

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 BOD. Dengan demikian proses filtrasi ini mampu menurunkan beban BOD 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 BOD dalam air limbah. Pada proses biodegradasi ini, bahan organik terlarut merupakan sumber makanan bagi mikroorganisme sehingga konsentrasinya menjadi berkurang. Sebaliknya, jika semakin banyak mikroorganisme yang tumbuh pada lapisan *biofilm* maka dapat menyebabkan meningkatnya bahan organik.

Di bawah lapisan pasir terdapat lapisan karbon aktif yang terbuat dari ampas tebu. Karbon aktif sangat berguna sebagai media filtrasi karena tidak hanya mampu memisahkan partikel solid secara fisik namun mampu menyerap berbagai material dalam air termasuk BOD. 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 ampas tebu yaitu 33-44%. Selulosa adalah molekul yang

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

berdasarkan tabel 4.8 maka pada pengolahan *Biosand Filter* dengan penambahan media karbon aktif maupun gerabah, belum dapat mencapai efisiensi >80. Hal ini dapat dilihat pada tabel, bahwa efisiensi tertinggi yang didapat pada proses pengolahan limbah ini hanya sebesar 78,45, namun jika dibandingkan dengan baku mutu maka pada hasil akhir dari reaktor gerabah telah memenuhi standar baku mutu karena berada di bawah 100 mg/l yang merupakan kadar maksimum yang diperbolehkan. Konsentrasi akhir BOD yang diperoleh berkisar antara 26,94 – 70,02 mg/l.

Korelasi antara variasi waktu pengambilan sampel dengan persentase penurunan BOD adalah searah, artinya semakin lama waktu operasionalnya maka persentase penyisihan TSS semakin meningkat. dan konsentrasi yang dihasilkan semakin kecil, namun berdasarkan nilai korelasi, nilai koefisien korelasi yang dihasilkan lemah. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan waktu operasional yang optimum untuk menurunkan konsentrasi minyak lemak. Pada jam awal penurunan akan mengalami peningkatan kemudian setelah medianya jenuh efisiensi penurunannya akan berkurang (*clogging*) sehingga perlu dilakukan pencucian media

4.8.4 Pembahasan Penurunan pH

Nilai pH air sampel yang diperoleh dari perlakuan sebesar 9,1 dan sesudah perlakuan sebesar 7,2. Kondisi pH air sampel sebelum dan sesudah perlakuan mengalami penurunan yaitu sebesar 1,9. Menurut Said (1999) bahwa penggunaan karbon aktif pada pengolahan air akan menaikkan atau menurunkan pH air pada

aliran keluar (effluent). Menurut Tchobanoglous dan Burton (1991) air sampel mengalami peningkatan atau penurunan pH setelah melewati karbon aktif. Hal ini disebabkan terbentuknya senyawa yang bersifat asam. Menurut Sembiring dan Sinaga (2003) bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi adalah luas permukaan. Semakin tebal karbon aktif berarti semakin luas permukaan adsorpsi, dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah.

Karbon aktif yang digunakan pada proses *biosand filter* ini, sebelum digunakan telah diaktivasi terlebih dahulu. Proses aktivasinya secara kimia, yaitu karbon aktif yang telah dikarbonisasi direndam dengan larutan HCl 2 M selama 2 jam, kemudian dioven pada suhu 100°C selama 24 jam. Karbon aktif direndam dengan HCl yang merupakan larutan asam kuat, hal ini dilakukan agar dapat menurunkan PH air limbah yang bersifat basa.

Salah satu cara meningkatkan mutu karbon aktif ialah melalui pengaktifan secara kimia dengan merendam karbon dalam H₃PO₄, ZnCl₂, NH₄Cl, HCl atau dengan AlCl₃ (Setyaningsih 1995). Fernandez & Delgado (1994) dalam penelitiannya mendapatkan bahwa karbon aktif hasil pengaktifan kimiawi dengan ZnCl₂ memiliki kapasitas adsorpsi terhadap I₂ yang lebih tinggi daripada hasil pengaktifan dengan uap, bahkan melebihi karbon aktif komersial. Rahman & Saad (2003) mengatakan bahwa pengaktifan tanpa penambahan bahan kimia akan menghasilkan karbon aktif yang tidak maksimum dalam mengadsorpsi dibandingkan dengan pengaktifan menggunakan bahan kimia seperti HCl.

Selain itu, semakin tebal *karbon aktif* semakin lama waktu yang dibutuhkan air limbah untuk melewatinya. Dalam rentang waktu tersebut, memungkinkan limbah untuk terionisasi menjadi Ca²⁺ dan OH⁻. Dengan demikian, semakin banyak H⁺ dan Cl⁻ akan menurunkan nilai pH air. Menurut Sukardjo (1998) penyerapan zat oleh karbon aktif dalam suatu larutan bersifat selektif. Bila dalam suatu zat ada dua atau lebih, zat yang satu akan diserap lebih kuat dari yang lain. Zat-zat yang dapat menurunkan tegangan muka antara karbon aktif akan lebih kuat diserap.

pH mempunyai pengaruh yang sangat besar pada proses adsorpsi, karena pH menentukan tingkat ionisasi larutan. Asam organik dapat diadsorpsi dengan

mudah pada pH rendah, sebaliknya basa organik dapat diadsorpsi pada pH tinggi. Pada umumnya, adsorpsi bahan organik dari air limbah meningkat seiring dengan menurunnya pH (Culp, RL dan Culp, GL, 1986). Pada pH rendah, jumlah ion H^+ lebih besar; dimana ion H^+ tersebut akan menetralkan permukaan karbon aktif yang bermuatan negatif, sehingga dapat mengurangi halangan untuk terjadinya difusi organik pada pH yang lebih tinggi. Sebaliknya pada pH tinggi, jumlah ion OH^- berlimpah, sehingga menyebabkan proses difusi bahan-bahan organik menjadi terhalang (RaniSahu, www.GISdevelopment.net).

4.9. Kualitas Output Pengolahan *Biosand Filter* dengan Penambahan Gerabah dan karbon aktif Berdasarkan Standar Baku Mutu

Konsentrasi awal TSS, minyak lemak dan BOD pada limbah cair rumah makan “Prasmanan Syahroni” kota Malang secara berturut-turut adalah 266,67 mg/l, 87,54 mg/l dan 463,20 mg/l. Konsentrasi TSS, minyak lemak dan BOD tersebut melebihi standar baku mutu yang ditetapkan Kepmen Negara LH No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Sedangkan syarat untuk masing-masing parameter berturut-turut adalah sebesar 100 mg/l, 10 mg/l dan 100 mg/l. Setelah dilakukan pengolahan menggunakan metode *Biosand Filter* dengan penambahan gerabah dan karbon aktif, konsentrasi TSS, minyak lemak dan BOD yang terkandung dalam limbah tersebut mengalami penurunan.

Konsentrasi TSS, minyak lemak dan BOD terbaik pada penelitian ini secara berturut-turut adalah 14,66 mg/l, 4,35 mg/l dan 26,94 mg/l dan telah memenuhi standar baku mutu.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Reaktor *Biosand Filter* dengan penambahan gerabah dan karbon aktif mampu menurunkan konsentrasi TSS, minyak lemak dan BOD, hingga memenuhi baku mutu yang ada. Hal ini dapat dilihat pada efisiensi dari karbon aktif dari ampas tebu yang mampu menurunkan konsentrasi TSS sebesar 72,18 %, konsentrasi minyak lemak sebesar 73,97 %. dan konsentrasi BOD sebesar 53,25 %. Sedangkan untuk penambahan gerabah mampu menurunkan konsentrasi TSS sebesar 72,51 %, konsentrasi minyak lemak sebesar 73,03 % dan konsentrasi BOD sebesar 78,45 %.
2. Waktu optimum untuk menurunkan TSS dan minyak lemak dan BOD dengan menggunakan reaktor *Biosand Filter* dengan penambahan gerabah dan karbon aktif berbeda-beda.
 - a. Untuk reaktor *biosand filter*, waktu optimum yang diperlukan adalah setelah *Biosand Filter* beroperasi selama 144 jam untuk mencapai efisiensi penurunan konsentrasi yang tertinggi.
 - b. Untuk karbon aktif, waktu optimum yang diperlukan adalah setelah karbon aktif beroperasi selama 145,25 jam untuk mencapai efisiensi penurunan konsentrasi yang tertinggi.
 - c. Untuk gerabah, waktu optimum yang diperlukan adalah setelah gerabah beroperasi selama 147,25 jam untuk mencapai efisiensi penurunan konsentrasi yang tertinggi.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian dengan pengolahan pendahuluan (*pre treatment*) seperti koagulasi-flokulasi dan sedimentasi untuk menurunkan

konsentrasi TSS, minyak lemak dan BOD agar memenuhi standar baku mutu air baku.

2. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan media gerabah yang memiliki kekasaran lebih besar untuk mengurangi gerusan, sehingga dapat meningkatkan efektifitas reaktor.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdilah Chairy, 2011, **Penggunaan Reaktor Biosand Filter Dengan Penambahan Karbon Aktif Sekam Padi Untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Susun**. Skripsi, ITN, Malang
- Alaerts, G dan Sri Santika S, 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional, Surabaya.
- Asmadi dan Suharno, 2012. *Dasar – Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah*, Gosyen Publishing, Yogyakarta.
- 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.
- Janah dan Nieke Karnaningrum, 2009. **Penggunaan Filter Tembikar untuk Meningkatkan Kualitas Air Tanah Dangkal (Studi Kasus Rumah Tinggal di Kelurahan Pogot, Surabaya)**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan FTSP, 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
- Iriawan, N dan Astuti, S.P, 2006. *Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Andi. Yogyakarta.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003. *Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Deputi MENLH Bidang Kebijakan dan Kelembagaan Lingkungan Hidup, Jakarta
- Mahersetyawan, A, 2011. **Penggunaan Reaktor Biosand Filter dengan Penambahan gerabah dan Karbon Aktif untuk mengolah Limbah Cair Rumah Susun, Parameter Terolah : COD, TSS dan Minyak**

- Lemak** Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITN Malang.
- Marsono, B. D, 1997. *Pengolahan Limbah Cair Biologis*. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS Surabaya.
- Metcalf and Eddy, 1981. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, Reuse, Revised* by Geo Tchobanoglous, Tata Mc Graw-Hil Publising Company LTD, New Delhi
- 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.
- Septyanto, Bornez. 2012. *Penggunaan Reaktor Biosand Filter Dengan Penambahan Gerabah Dan Karbon Aktif Dalam Upaya Reuse Limbah Cair Rumah Makan “Warung Prasmanan Syahroni*. Sripsi Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITN Malang.
- 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.
- SNI 06-2503, 1991. *Pengujian Kebutuhan Kadar Oksigen Biokimiawi Dalam Air*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 06-6989.3-2004. *Air dan air limbah- Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri*. Badan Standardisasi Nasional.
- Sugiharto, 2008. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Supranto, 1996, *Pemakaian Filter Karbon Dalam Penyediaan Air Minum*, *Jurnal Ilmiah STTL “YLH”*, Yogyakarta.
- Yung Kathleen, 2003, *Biosand Filtration: Application in the Developing World*, CE 401 Project , Civil Engineering, University Of Waterloo, Canada.



LAMPDIRAN



HASIL ANALISIS SAMPEL

Nama : Kornelia Bernadetha Ndeku
 NIM : 0826020
 Alamat : Teknik Lingkungan ITN Malang
 Lokasi : Rumah Makan "Warung Prasmanan Syahroni"
 Jl. Danau Sentani, Malang
 Sampling : Oleh Konsumen
 Analisis : Oleh Konsumen

Analisis Konsentrasi Awal Sampel

Parameter	Satuan	Nilai			
		1	2	3	r
TSS	mg/l	270	270	260	266,67
BOD	mg/l	434,298	477,659	477,659	463,205
Minyak Lemak	mg/l	89,6	87,01	86,02	87,54

1) Analisis Bahan Organik

Hari	Tanggal	Temperatur (°C)	Ph	Bahan Organik (Mg/L)	Selisih Bahan Organik (Mg/L)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	14-Des-12	26,57	9,1	31,15	0	0
2	15-Des-12	25,9	9,1	26,58	4,57	14,67
3	16-Des-12	26,7	8,9	24,76	1,82	6,85
4	17-Des-12	26,5	8,7	23,44	1,32	5,33
5	18-Des-12	26,8	8,5	20,77	2,67	11,39
6	19-Des-12	26,5	8,1	19,52	1,25	6,02
7	20-Des-12	26,3	8,2	17,18	2,34	11,99
8	21-Des-12	26,3	8,4	16,76	0,42	12,52
9	22-Des-12	25,9	8,3	15,55	1,21	7,22
10	23-Des-12	25,9	8,3	14,46	1,09	7,01
11	24-Des-12	25,8	8,6	12,58	1,88	13,00
12	25-Des-12	26,1	8,9	11,92	0,66	5,25
13	26-Des-12	26,2	8,4	10,89	1,03	11,64
14	27-Des-12	26,3	8,1	10,04	0,85	7,81
15	28-Des-12	26	8,3	8,9	1,14	11,35
16	29-Des-12	26	8,2	8,72	0,18	12,29
17	30-Des-12	26,2	8,3	7,68	1,04	11,93
18	31-Des-12	26,3	8,3	6,59	1,09	14,19



Hari	Tanggal	Temperatur (°C)	Ph	Bahan Organik (Mg/L)	Selisih Bahan Organik (Mg/L)	Penyisihan Bahan Organik (%)
20	02-Jan-13	26,2	8,4	4,74	0,32	6,32
21	03-Jan-13	26,2	8,5	4,42	0,32	6,75
22	04-Jan-13	26	8,4	4,11	0,31	7,01

2) Analisis Konsentrasi Akhir TSS

No	Media	Waktu (jam)	Konsentrasi awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)			Rata-rata (mg/l)		
				1	2	3			
1	Biosand Filter	8	266,67	70	80	80	76,67		
		16	266,67	70	70	80	73,33		
		32	266,67	70	70	70	70,00		
		48	266,67	60	60	40	53,33		
		96	266,67	40	60	50	50,00		
		144	266,67	30	30	40	33,33		
		192	266,67	60	60	40	53,33		
		200	266,67	60	60	70	63,33		
		240	266,67	110	110	110	110,00		
		2	Karbon Aktif	9,25	76,67	50	60	50	53,33
				17,25	76,67	52	50	50	50,66
				33,25	76,67	50	52	50	50,66
				49,25	76,67	40	48	40	42,66
				97,25	76,67	30	30	26	28,66
				145,25	76,67	24	20	20	21,33
193,25	76,67			20	30	30	26,66		
201,25	76,67			40	40	35	38,33		
241,25	76,67			54	50	50	51,33		
3	Gerabah			11,25	53,33	30	30	47	35,67
				19,25	53,33	37	30	30	32,34
				35,25	53,33	30	30	32	30,66
				51,25	53,33	30	20	30	26,67
				99,25	53,33	20	20	10	16,67
				147,25	53,33	12	12	20	14,67
		195,25	53,33	25	25	27	25,67		
		203,25	53,33	30	23	30	27,67		
		243,25	53,33	35	34	34	34,33		



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

(PERSERO) MALANG
K 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

3) Analisis Konsentrasi Akhir BOD

No	Media	Waktu (jam)	Konsentrasi awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)			Rata-rata (mg/l)
				1	2	3	
1	Biosand Filter	8	463,205	174,140	174,140	152,460	166,91
		16	463,205	152,460	174,140	152,460	159,69
		32	463,205	149,140	149,14	137,42	145,23
		48	463,205	152,46	140,23	130,78	141,16
		96	463,205	130,78	130,78	130,78	130,78
		144	463,205	109,09	109,09	109,09	109,09
		192	463,205	130,78	152,46	130,78	138,01
		200	463,205	152,46	152,46	130,78	145,23
		240	463,205	152,46	152,46	152,46	152,46
		2	Karbon Aktif	9,25	166,91	127,58	123,36
17,25	166,91			118,13	117,83	117,98	117,98
33,25	166,91			113,09	113,11	113,23	113,14
49,25	166,91			99,78	98,86	99,89	99,51
97,25	166,91			95,21	95,11	96,21	95,51
145,25	166,91			74,43	87,25	72,41	78,03
193,25	166,91			84,29	84,39	84,14	84,27
201,25	166,91			97,88	98,93	98,88	98,56
241,25	166,91			100,83	109,9	106,68	105,80
3	Gerabah			11,25	125,03	70,17	65,78
		19,25	125,03	65,11	66,05	65,13	65,43
		35,25	125,03	61,54	61,32	60,61	61,16
		51,25	125,03	40,41	45,11	50,43	45,32
		99,25	125,03	35,71	36,11	37,11	36,31
		147,25	125,03	27,03	27,11	26,68	26,94
		195,25	125,03	38,61	37,83	37,58	38,01
		203,25	125,03	50,41	48,38	46,28	48,36
		243,25	125,03	61,27	60,04	58,04	59,78



LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

(PERSERO) MALANG
K 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

4) Analisis Konsentrasi Akhir Minyak Lemak

No	Media	Waktu (jam)	Konsentrasi awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)			Rata-rata (mg/l)
				1	2	3	
1	Biosand Filter	8	87,54	28,07	27,48	27,18	27,58
		16	87,54	26,94	25,87	26,17	26,33
		32	87,54	23,97	23,58	23,65	23,73
		48	87,54	17,09	18,07	17,08	17,41
		96	87,54	11,01	11,01	11,01	11,01
		144	87,54	10,38	10,98	10,59	10,65
		192	87,54	16,28	17,31	17,78	17,12
		200	87,54	21,39	21,46	22,07	21,64
		240	87,54	24,42	24,63	24,62	24,56
		2	Karbon Aktif	9,25	71,86	16,02	16,01
17,25	71,86			14,03	15,04	14,55	14,54
33,25	71,86			14,02	14,51	14,19	14,24
49,25	71,86			12,52	11,48	12,11	12,04
97,25	71,86			7,02	7,31	7,21	7,18
145,25	71,86			7,22	7,03	7,39	7,21
193,25	71,86			12,03	11,45	11,34	11,61
201,25	71,86			16,34	16,25	16,49	16,36
3	Gerabah	11,25	58,21	10,24	10,23	11,01	10,49
		19,25	58,21	9,72	9,89	10,01	9,87
		35,25	58,21	9,14	9,25	9,69	9,36
		51,25	58,21	7,31	7,35	7,57	7,41
		99,25	58,21	4,55	4,09	4,41	4,35
		147,25	58,21	5,01	5,04	4,86	4,97
		195,25	58,21	8,14	8,26	8,22	8,21
		203,25	58,21	10,75	10,47	10,52	10,58
243,25	58,21	12,19	12,12	11,57	11,96		



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 Malang 65145

Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

ER) MALANG
GA MALANG

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

Malang, 02 September 2013

Asisten Labororium Pendamping

Noval Risdian Hambajawa
10 26 028

Mahasiswa

Kornelia Bemadetha ndeku
NIM 08 26-020

Mengetahui
Kepala Labororium Teknik Lingkungan

Anis Ariyani, ST. MT
NIP. P. 1030300384

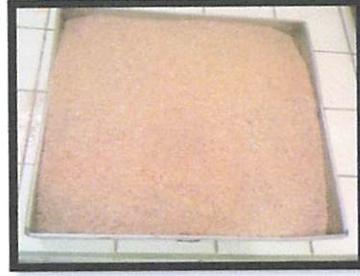
PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN



Pencucian Media



Penjemuran Media



Pasir Kasar



Karbon Aktif



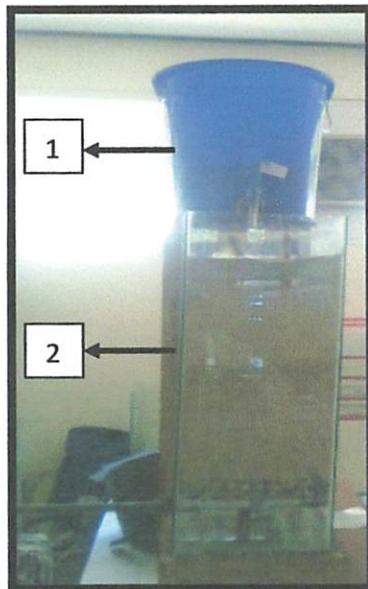
Kerikil



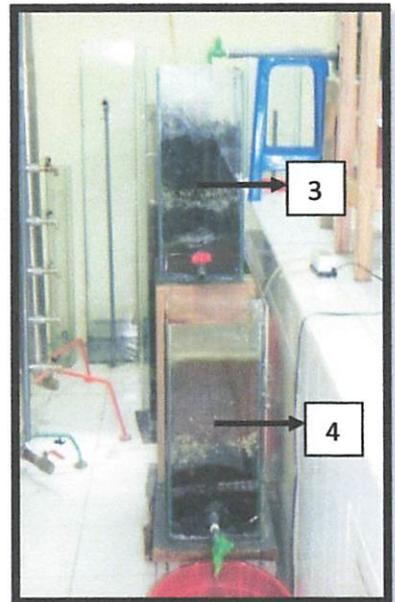
Pecahan Genteng



Persiapan Biosand Filter



3. Bak Penampung
4. Reaktor Biosand Filter



1. Reaktor Karbon Aktif
2. Reaktor Gerabah

DOKUMENTASI METODE ANALISIS TSS



Kertas saring dan cawan ditimbang



Sampel disaring



Kertas saring + sampel + cawan dioven pada 105 °C



Kertas saring + residu + cawan ditimbang

DOKUMENTASI METODE ANALISIS MINYAK LEMAK



cawan ditimbang



Sampel dimasukkan ke cawan



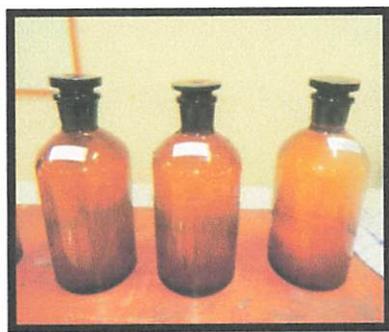
Sampel + cawan dioven



sampel +cawan ditimbang



DOKUMENTASI METODE ANALISIS BOD



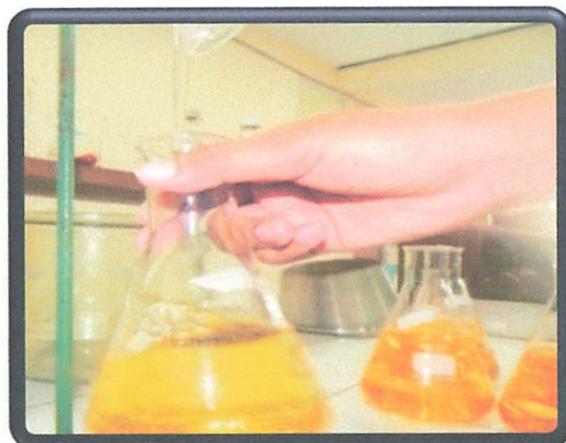
mpel dimasukkan dalam botol winkler



Pereaksi

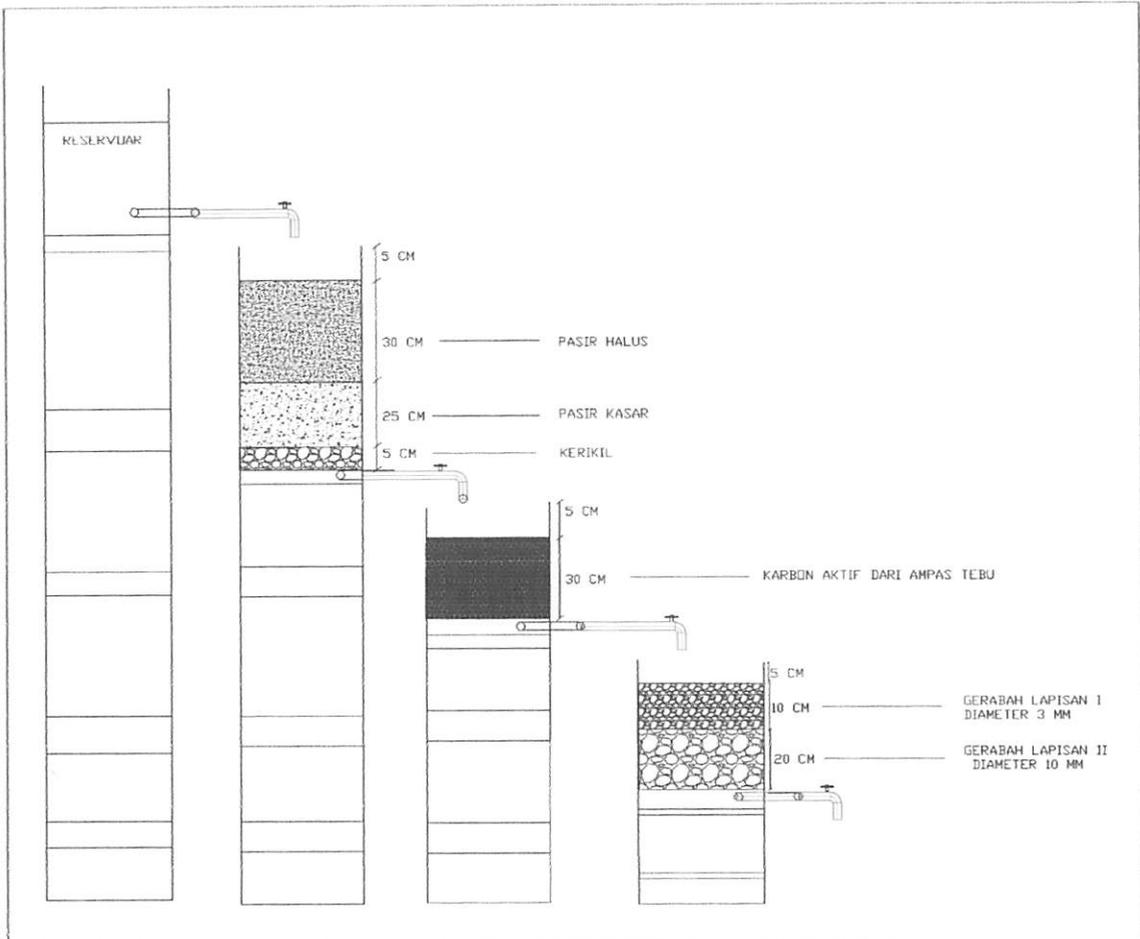


Proses Inkubasi



Proses Titiasi

Gambar Desain Reaktor



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, perniagaan, apartemen dan asrama yang telah ada, tetap berlaku sepanjang tidak bertentangan dengan Keputusan ini.

Pasal 15

Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di: Jakarta
pada tanggal : 10 Juli 2003
Menteri Negara
Lingkungan Hidup,
ttd
Nabiel Makarim, MPA, MSM

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

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

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK

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

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

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

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

Metode Analisis BOD

- Bahan analisa BOD
 - MnSO_4
 - NaOH
 - NaN_3
 - KI
 - Amylum
 - H_2SO_4
 - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

- Cara kerja DO_0
 - Isi botol winkler dengan air sampel sampai penuh
 - Tambahkan 2 ml larutan mangan sulfat dan larutan alkali iodide azida
 - Botol ditutup dan dikocok dengan membolak balik beberapa kali
 - Biarkan 10 menit, kemudian buang 100 ml larutan jernih.
 - Tambahkan 2 ml asam sulfat pekat, kocok lalu pindahkan ke erlenmeyer.
 - Titrasi dengan thiosulfat hingga warna menjadi kuning muda.
 - Tambahkan 2 ml indikator amilum sampai timbul warna biru.
 - Titrasi dengan thisulfat hingga warna biru hilang pertama kali.

- Cara kerja DO_5
 - Isi botol winkler dengan air sampel sampai penuh
 - Tambahkan 2 ml larutan mangan sulfat dan larutan alkali iodide azida
 - Botol ditutup dan dikocok dengan membolak balik beberapa kali
 - Botol diinkubasi pada 25°C selama 5 hari.
 - Kemudian buang 100 ml larutan jernih.
 - Tambahkan 2 ml asam sulfat pekat, kocok lalu pindahkan ke erlenmeyer.
 - Titrasi dengan thiosulfat hingga warna menjadi kuning muda.
 - Tambahkan 2 ml indikator amilum sampai timbul warna biru.
 - Titrasi dengan thisulfat hingga warna biru hilang pertama kali.

"Yang terucap akan lenyap, yang tercatat akan teringat"

*Dengarkanlah Nasihat dan Terimalah Didikan,
Supaya Engkau Menjadi Bijak di Masa Depan
(Amsal 19:20)*

Terima kasih Tuhan,
Atas Nafas kehidupan yang telah kau berikan kepada hambaMu,
Atas segala bimbingan, bantuan, Rahmat dan curahan Roh KudusMu
Yang selalu engkau limpahkan
Sehingga sampai saat ini hambaMu masih bisa merasakan hasil karya CiptaanMu
Berkatilah Hambamu selalu dalam perjalanan kedepannya

Karya kecil ini teristimewa saya persembahkan untuk terang hidup, yang selalu ada saat suka maupun duka, yang memberi dukungan dalam bentuk apapun, yang selalu berdoa buat saya dan yang selalu setia mendampingi. Terima kasih Tuhan, engkau menghadirkan 4 orang penting dalam hidup ini, **Bapa, Mama, Athan dan Filius.**

* Untuk Wanita Terhebat Di Dunia,,mama,,terima kasih mama tidak pernah brenti kirim doa buat saya, yang selalu ada di setiap doa dan air mata mama.

Orang yang paling tegar, sabar, dan paling kuat. Saya mau jadi orang kuat seperti mama,,
Untuk bapa yang tidak pernah berhenti untuk kasih nasihat dari dulu sampai sekarang saya tidak pernah lupa.
"ine,,jangan lupa belajar, itu penting,, " kerasnya apapun yang telah terjadi sekarang, bagaimanapun keadaannya sekarang, saya yakin keputusan yang bapa ambil adalah terbaik untuk bapa.. amiiin ☺

Athan,,terima kasih banyak, saya bisa bagini karena KK,, saya percaya klo ada yang bilang kalo anak pertama itu harus bisa buka jalan yang baik untuk adik2nya,,dan itu saya rasakan sendiri,,terima kasih banyak selalu penuhi saya punya kebutuhan dari awal sampe akhir kuliah ini tanpa absen 1 bulanpun hehehe,,

Liu,, terima kasih e sudah jadi curhat + teman gosip dan selalu ada pada saat kondisi kritis hihihii,, ingat oww kita punya tugas sekarang buat mama bahagia ☺☺
saya sayang kalian, dan saya masih berharap kita masih bisa tinggal sama-sama,,,maaf kalo saya banyak salah

Buat semua keluarga yang selalu mendukung saya dari awal kuliah sampe akhir, untuk K Lussy, k Lorens dan Aldo yang sudah banyak sekali bantu, yang sudah mengarahkan saya untuk kuliah di Teknik Lingkungan sekarang saya sudah lulus dan saya rasa beruntung skali bisa kuliah d jurusan Teknik lingkungan.

Untuk K An terima kasih sudah mengenalkan Malang untuk pertama kalinya, dari awal cari kos, beli barang-barang, antar daftar smpe hal2 yang kecil2 hehehe dan saya rsa itu sangat-sangat merepotkan xixixixi terima kasih juga untuk tumpangan d wlingi no 1 ☺ juga komputernya,, dan itu sangat-sangat membantu saya hehe ☺

Untuk k Enci terima kasih juga, sudah banyak nasihat yang berguna skli,,sudah mw repot waktu persiapan awal mau kuliah di Malang.. untuk Bene,,Lu cepat LULUS !!! jangan buat orang marah2 terus dengan lu,,untuk Yashin dan Man yang masih di Malang cepat lulus eww ☺
Man jangan lupa 18 agustus 2013 xixixi sekarang di malang hati2 oww cepat lulus juga Ana, Man, yasin maaf klo d malang kita jarang kumpul-kumpul...

Untuk k Yana, K Patris, Febri, K Maren, terima kasih,,,

Untuk om Guru, mama tua, bibi Dheta, K kris, k Agnes, Ornus, terima kasih skli sudah banyak doanya untuk saya, banyak suntikan dana yang tak terduga hehehe,,

Untuk Ririn, Ellen, Richard, Trisno, Febby, Gusti, Nilson, terima kasih juga doanya,,,akhirnya saya bisa nyusul kalian setelah banyak sekali pertanyaan "kapan lulus?" kapan wisuda?" ataupun "masih di malang kah? Kapan pulang?" heem dan andai kalian tahu,,,itu sangat2 menyiksaku xixixi #eaaah



*menk,,,, ☺

Saya sedih di bagian ini,,,,

Menk terima kasih eww 5 tahun kita sama-sama,, saya tdk tau lagi mw bilang apa,,

Terima kasih skli sudah bnyak bantu saya, antar kemana-mana, jalan2, kerja tugas sama-sama,

Sudah nebeng di kw hampir 1 tahun huahuahua,,,,ooh iya sdah mw ajar ane masak xixixi,,

los eww tempe goreng xixixi,,mau perkedel tahu,,,hehhehe kamarnya vini yang sudah mw terima saya juga xixixi

padahal mungkin mereka tolak xixixixi

meeenk,,,, akhirnya eww dari KP - skripsi dan akhirnya kita 2 bisa lulus sama2, smoga kita mash kerja sam2 juga xixixxi,,maap eww kalo saya bxak salah,,

untuk k kkterganteng, pelatih terbaik, dan maniak Mie goreng ☺ k gondesss,,hehehehe orang pertma yang saya kenal di TL ☺ terima kasih banyak ewww,,, saya tidak tau mw mulai dari mana,,, terima kasih sudah banyak skli bantu saya, slalu temani saya kemana2, bahkan hxa untuk pulang kos saja minta jmput, kk ganteng nih paliing sabaaar sudah hahhaa,, buat itu Tieh Ta Yau Gin wuiih dy pedis sajaa ☺ dan terima kasih bwt ini printer "n'desevic" yang ternyata bantu print juga lembar ini ☺ ingat cepat LULUS !! saya te mw tau pokoknya Maret lulus titik ! klo tdak saya merajuk hahha,, terima kasih juga sudah



kenalkan saya dengan Arema ☺



untuk teman Faris

teman terima kasih banyak eww,,,, sudah banya skli bantu saya, dari awal smpe akhir nih,,, dari sama2 proposal, penelitian sdah banyak skli bantu saya bongkar pasang tuh reaktor, sampe jam 12 malam ke lab juga tetap temani,, hahaha,,,sampe akhirnya kita harus tunda 1 semester an akhirnya bisa lulus juga sama2,, sya rasa banyak skli pelajaran yang kita dapat dari itu,,, teman klo kw

su di jekaardaah jgan lupa kami2 oww xixixixi,,, sukses slalu eww ☺

Untuk semua Keluarga Teknik Lingkungan

Untuk 2008,, ane lope klian hehehhee

Buat teman2 yang sudah lulus kemaren,,Tiwa, Nana, Bornez, Apex, Jupe, Soffi... terima kasih bxak eww sudah banyak bantu selama 4 tahun ini,,, sudah kasih dukungan juga biar kami juga



cepat selesai teristimewa untuk teman2 yang akhirya kita bisa lulus sama2 Vinni, farish, reza, Toni, Pateng, Endra, Irul, Ucil, Miftah,,akhirnya setelah berat perjuanganxa xixixxi,,jadi ingat waktu nunggu giliran kompre ☺ Buat Med, Opan, DD,

retty,ivan,, semngat yaah kan hampir selesai ☺ pkoknya 22 Maret harus pake Toga ☺
Buat ipuul terima kasih bxak buat semngat mencintai Alamnya ☺ ,, saya masih tetap tunggu
janjinya mw naik Mahameru ☺ cepat urus klihatnya eww cepat lulus,,
terima kasih 2008 sudah bxak skli ajak jalan2 kelling Malang, sudah ajak naik gunung
panderman, itu pengalaman yang tidak pernah saya lupa di puncak tdak sampe 5 menit dan
turun gara2 Monyet OMG ☺

sudah berkemah di gunung, di laut hehehehe semoga masih bisa kita seperti itu lagi,,

* terima kasih untuk bapak/ibu dosen TL,, pak har dosen wali,, maaf pak klo kami
nakal pak ☺ buat pak diro dan pak heri yang sudah membimbing saya walaupun agak
lama hehe,, buat bu candra sdah memberi nasihat dan mw membimbing,, buat bu
anis,,maaf bu kita nakal kalo d lab hehe,,untuk bu evi terima kasih bu,,bxak pelajaran
berharga yang saya dapat dari ibu, bxak motivasi, dan semoga hal2 yang didapat bisa
ditrapkan di kemudian hari...

*untuk kk tingkat yang bxak membantu dari awal masuk klihat di TL, dari ospek yang sudah
kash pelajaran berharga, dan sudah mw pinjamkan laporan dan buku2 hehehehe,,, buat k2
2007 k achi, k pian, k ledi, k uci, k jean, sahabat noah k angga, k odi, k erwin, k adem, kk
2006 k chaca, k ayu, k iva, k salma, k sukma "pjr waktu ospek" kk 2005 k paul, k angel, k iin,,
terima kasih banyaak atas semua bantuanya ☺

untuk 2009 Ita, adji, hendi, Irul, trio, Arin selamat yaah bapak ibu ST ☺, emen, Igi Gek,
arta, Joice, Yoan buat 2010, Iir, Ando, Yasin, Emi, Noval, Anggi dll,,, cepat lulus yaah,,

♥♥ Keluarga Mahasiswa Katholik ♥♥

Adduh terima kasih sekali,,saya sangat bersyukur sskli bisa bergabung di "kelurga besar" ini,



banyak pengalaman dan pelajaran
berharga yang tidak pernah saya
dapat sebelumnya,,banyak sekali
suka duka yang kita lewati sama-
sama,,, terima kasih semua
teman2 yang sudah baxak kasih
dukungannya..

Untuk senior2 di KMK K Ary, Mas
Rano, K Shinta, K Argon, Yeri, K
Ike, K Vian Djo, K Akim, K Yossa,
K Elwyn, K Alfian terima ksh sudah

kenalkan saya dengan kelurga ini,, eja Frans, Indra, Arsis, Siltox, Chartan, Riska, Mira,
Chychy, Gusti, Idus, Mike Jo, Ino, Lin, Gina, Erson, Yanti, Wati, Nana, Rita, Tigor, Wawan,
Tores, Lia, (semoga saya tdak lupa yg lain) bahagia sekali bisa kerja sama dengan klian untuk
KMK,, saya pasti kangen dengan suasana rapat dan suasan kegiatan KMK,, untuk semua adek2
di KMK Kim, Ida, Ima, Tian, Yonis, Romi, Yoyo, Hendro, Litha, Fat, Diana, nong Ichal, Edo,
Novi, Even, Ingka, Ciska, Gita, Esco, Aris, lidya, dll (maaf kalo tidak bisa ssebut satu2) titip
jaga KMK eww,,, bagikan semngat KMK ke adek2 nnti yang mau masuk,, ☺ Viva KMK !!!

Untuk Kent, Lany, Coteng, k Geova, kk benjiyy, K jepri, Iki, bersama atributnya hehe (motor)
Heem,,,mewek :'(

Terima kasih sudah banyak skli bantu
saya,,kasih semngat buat saya
Mebut saya tidak tahu menjadi tau,
mengajarkan banyak hal tanpa perlu diminta,
buat saya merasa memiliki keluarga yg hebat
yg selalu ada buat saya, yang hebatnya sudah
kasih jawaban sebelum bertanya bertanya itu
yang membuat kalian ajaib ^&%(&(*??
Buat ken hehehe terima kasih bxak e saya dari



dlu sering mengungsi di kontrakan hehehehe,,,, terima kasih e kk terbijaksana ☺ atas semua bantuannya dan motivasinya...

Buat coteng,,,terima kasih bxak2 eww sdah bxak skli bantu saya,,,buat laptopxa ini sangat2 bantu saya, ada salam dari "marina" wkwkwkkw baunya mirip :p...

buat ussie lanny,usie terima kasih ew su jadi teman curhat dan teman menghayal yg setia ☺ nnti kita di kupang sama2 eww hehehe,,,,

k jepri,yg selalu dengan klimat "nel kliii ini aja" ato"nel, curhat!!

hehehe terima kasih masukan, nasihatnya tapi yg palig bxak tentang cinta heeem,,,, dan terima kasih sudah ajak gabung d KMK ☺ hebaaat skli (Y)

untuk kk benjiyy terima kasih baxak eww buat semuanya ☺ akhirnya bisa lulus sama2 ☺

k geova terima kasih eww sudah bxak bantu, bxak nasihat juga hehehe,,, macamanya saya ingat kalian kah waktu tulis ini,,,,

buat iki yg sudah jdi pak ST duluan jadi moyivasi buat kami, terima kasih bxak,,, saya minta maaf e kalo bxak salah,,,saya harap suatu saat entah kapan itu,,kita bisa sama2 lagi,,, buat lanny, coteng, kent cepat lulus,,maret lulus !!! ok?? Sekali lagi maaf dan terima kasih banyak,,,



Terima kasih untuk semua yg slalu setia dampingi saya, kos wlingi 27 yg tiga 3 kli pindah kamar, buat semua barang2 d kamar yg setia membantu saya, buat komputer, hp, speaker, tivi, OMG kalian setia sekaleeee,,,, ☺

Buat tempat makan di malang, pak toh terima kasih bxakk,,, makan malam andalan ☺ , mas didik, m2, amel, lalapan sastro, warung karaoke, bu um,, terima ksh banyak...

Dan buat semua tempat yang pernah saya kunjungi, terima kasih,,, saya pernah menjadi salah satu penikmatmu saya sangat berharap akan bertemu lagi,,

Terima kasih untuk pagi dan malam yang tak pernah berhenti mengingatkan bahwa hidup itu terus berjalan, mengajarkan panas-dingin, gelap dan terang yang mau tidak mau kita harus lewati.

Untuk alam yang tak pernah berhenti pula mengingatkan kita bahwa kita membutuhkan mereka,dan membutuhkan kasih sayang dari kita. untuk awan yang selalu memberikan bentuk-bentuk indah yang membut kita selalu memberikan arti untuk kita sendiri.

Dengan skripsi ini,

Saya Belajar sabar,...

Belajar untuk tegar saat ada masalah,...

Belajar tersenyum disaat dikala sedih,...

Belajar berani ketika takut,...

Belajar menerima kekalahan dan bangkit untuk menang,,

Belajar tentang kebersamaan, persaudaraan, dan keluarga...



Terima Kasih Malang, sudah mengenalkan saya dengan semuanya,,,,,