

SKRIPSI

**PENURUNAN COD, TSS, DAN MINYAK LEMAK PADA LIMBAH CAIR
PENCUCIAN MOBIL DENGAN UNIT PENGOLAHAN *TRICKLING FILTER*
(Studi Kasus Limbah Cair Pencucian Mobil "*The Auto Bridal*", Malang)**



Disusun Oleh :
AGUSFIAN TRIMA PUTRA
03.26.039

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2012**

187182

PERKAWINAN DAN KELUARGA
KEMENTERIAN KEMAJLIHAN SAINS DAN TEKNOLOGI
KEMENTERIAN KEMAJLIHAN SAINS DAN TEKNOLOGI
(Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan)

187182
KEMENTERIAN KEMAJLIHAN SAINS DAN TEKNOLOGI
020.02.00

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK DAN PERENCANAAN
KEMENTERIAN KEMAJLIHAN SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
187182

LEMBAR PERSETUJUAN

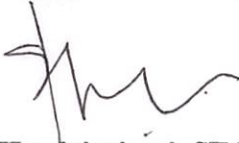
SKRIPSI

**PENURUNAN COD, TSS, DAN MINYAK LEMAK PADA LIMBAH CAIR
PENCUCIAN MOBIL DENGAN UNIT PENGOLAHAN *TRICKLING FILTER*
(Studi Kasus Limbah Cair Pencucian Mobil "*The Auto Bridal*", Malang)**

**Oleh:
AGUSFIAN TRIMA PUTRA
03.26.039**

**Menyetujui :
Tim Pembimbing**

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



**Anis Artiyani, ST.MT
NIP .P. 1030300384**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan/Prodi Teknik Lingkungan**



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

LEMBAR FERTILISASI

SKRIPSI

PENURUAN COD, TSS, DAN MINYAK LEMAK PADA LIMBAH CAIR
PENCUCIAN MOBIL DENGAN UNIT PENGOLAHAN TRICKLING FILTER
(Studi Kasus Limbah Cair Pencucian Mobil "The Two Birds", Malang)

Oleh:
AGUSRIAN TRIMA PUTRA
03.26.030

Mengetahui:
Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing II

Aris Aritama, ST.MT
NIP. P. 103000384

Dosen Pembimbing I

Evy Hendrianti, ST.MMT
NIP. P. 103000382

Mengetahui:
Ketua Jurusan Prodi Teknik Lingkungan

Gandah Dwi Ratna, ST.MT
NIP. Y. 103000210



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
LEMBAGA PENKAJIAN PENGEMBANGAN DAN KERJASAMA

(PERSERO) MALANG
PUSAT 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 : AGUSFIAN TRIMA PUTRA
NIM : 03.26.039
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN
JUDUL : **PENURUNAN COD, TSS DAN MINYAK LIMAK PADA
LIMBAH CAIR PENCUCIAN MOBIL DENGAN UNIT
PENGOLAHAN *TRICKLING FILTER***
(Studi Kasus Limbah Cair Pencucian Mobil "*The Auto Bridal*",
Malang)

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi Jurusan
Teknik Lingkungan/Program Studi Teknik Lingkungan Jenjang Strata satu (S-1)

Pada Hari : Selasa

Tanggal : 14 Agustus 2012

Dengan Nilai : B⁺ (75,39)

Panitia Ujian Komprehensif Skripsi

Ketua


Candra Dwiratna, ST. MT

NIP. X. 1030000349

Sekretaris


Evy Hendriarianti, ST. MMT

NIP. P. 1030300382

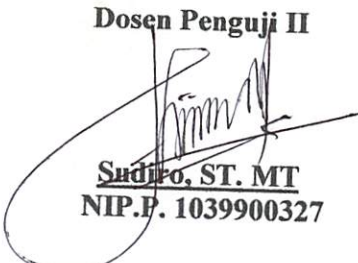
Dewan Penguji

Dosen Penguji I


Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M.Si

NIP. 196106201991031002

Dosen Penguji II

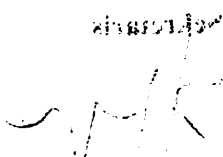

Sudipo, ST. MT
NIP.P. 1039900327

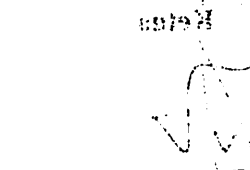
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS AIR MATA SURABAYA

NAMA : AGUSTIAN TRIANA PURA
 NIM : 0120030
 JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN
 UJIAN : PENYERAPAN GED. DAN ANALISA LINGK. PADA
 LEMBAR CAIR PENYERAPAN MOBIL DENGAN BOIT
 PENGOALAHAN TINGKATAN PLYER
 (Dapat & soal limbah cair penelitian Mobil "Vis Two Babel"
 2015)

Dibuat dan diterbitkan oleh Panitia Ujian Komparasi Skripsi Jurusan
 Teknik Lingkungan pada hari Selasa tanggal 14 Agustus 2015
 dengan nilai : B (75,3%)

Panitia Ujian Komparasi Skripsi

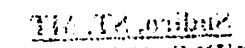

Chairperson
 NIP. 103000330

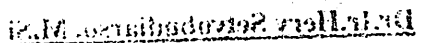

Member
 NIP. 103000330

Dosen Penguji

Dosen Penguji II

Dosen Penguji I


Chairperson
 NIP. 103000330


Member
 NIP. 103000330

Putra, A.T. 2012. **Penurunan COD, TSS dan Minyak Lemak pada Limbah Cair Pencucian Mobil dengan Unit Pengolahan *Trickling Filter*** (Studi Kasus Limbah Cair Pencucian Mobil "*The Auto Bridal*", Malang. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAKSI

Munculnya usaha pencucian mobil yang makin marak memiliki potensi menurunnya kualitas lingkungan karena limbah yang dihasilkan. Limbah yang dihasilkan dari pencucian mobil tersebut dapat meningkatkan antara lain kadar COD, TSS deterjen atau surfaktan ionik maupun minyak dan lemak serta bahan pencemar lainnya yang apabila dibuang langsung ke badan air dapat membahayakan perairan. Oleh sebab itu perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah tersebut sebelum dibuang ke badan air penerima.

Salah satu alternatif untuk menurunkan zat pencemar dalam limbah cair pencucian mobil tersebut adalah dapat menggunakan prinsip pengolahan secara biologis salah satunya adalah dengan proses *trickling filter*. *Trickling filter* merupakan suatu proses pengolahan secara biologi dengan memanfaatkan teknologi *biofilm*, yaitu bahan organik yang ada dalam limbah cair diuraikan oleh mikroorganisme yang menempel pada media filter. Dalam *trickling filter* hal yang harus diperhatikan adalah desain dan operasi untuk *trickling filter* seperti resirkulasi, beban hidrolis, dan beban organik.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui seberapa besar penurunan COD, TSS dan minyak lemak pada limbah cair pencucian mobil dengan unit *trickling filter* menggunakan media batu apung.

Pada penelitian ini dilakukan variasi terhadap debit aliran limbah yaitu sebesar 1400 ml/menit, 1500 ml/menit dan 1600 ml/menit dengan faktor resirkulasi 3. Metode analisis yang digunakan untuk mengetahui nilai konsentrasi COD adalah *closed reflux titrimetri* sedangkan metode analisa untuk TSS dan minyak lemak adalah secara gravimetri.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *trickling filter* dengan menggunakan media batu apung dapat menurunkan konsentrasi COD, TSS dan minyak lemak dengan penyisihan tertinggi berturut-turut yaitu sebesar 65,53%, 74,26%, dan 71,59% terjadi pada debit 1400 ml/menit.

Kata Kunci : *biofilm*, COD, limbah pencucian mobil, minyak dan lemak, *trickling filter*, TSS.

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 **Penurunan COD, TSS dan Minyak Lemak pada Limbah Cair Pencucian Mobil dengan Unit Pengolahan *Trickling Filter*** (Studi Kasus Limbah Cair Pencucian Mobil "*The Auto Bridal*", Malang yang disusun berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan.

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

1. Ibu Evy Hendriarianti, ST.MMT selaku Dosen Pembimbing I dalam pembuatan laporan skripsi ini sekaligus sebagai dosen wali serta Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
2. Ibu Anis Artiyani, ST.MT selaku Dosen Pembimbing II dalam pembuatan laporan skripsi ini sekaligus Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.
3. Ibu Candra Dwiratna, ST.MT selaku dosen pengajar sekaligus Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
4. Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSi selaku dosen pengajar Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
5. Bapak Sudiro, ST.MT selaku dosen pengajar Jurusan 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, Agustus 2012

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAKSI.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air Limbah	4
2.2 Pencucian Mobil.....	4
2.2.1 Proses Pencucian Mobil	4
2.2.2 Limbah Cair Pencucian Mobil	6
2.2.3 Baku Mutu Limbah Cair Pencucian Mobil	7
2.3 Jenis Pengolahan Air Limbah	11
2.4 Prinsip Pengolahan Air Limbah	13
2.4.1 Pengolahan Pendahuluan (<i>pretreatment</i>)	13
2.4.2 Pengolahan Pertama (<i>primary treatment</i>)	14
2.4.3 Pengolahan Kedua (<i>secondary treatment</i>)	15
2.4.4 Pengolahan Ketiga (<i>tertiary treatment</i>).....	15
2.4.5 Pembunuhan Bakteri (<i>desinfection</i>)	16
2.4.6 Pengolahan Lanjutan (<i>ultimate disposal</i>).....	17
2.5 Sedimentasi	17
2.5.1 Bak Pengendap Pertama (Prasedimentasi).....	19
2.5.2 Bak Pengendap II (<i>Clarifier</i>).....	20

2.6	<i>Trickling Filter</i>	20
2.6.1	Pengertian <i>Trickling Filter</i>	20
2.6.2	Mekanisme Kerja Alat <i>Trickling Filter</i>	23
2.6.3	Klasifikasi Filter pada <i>Trickling Filter</i>	25
2.6.4	Faktor-faktor Yang Berpengaruh Pada Efisiensi Penggunaan <i>Trickling Filter</i>	28
2.6.5	Kelebihan dan Kekurangan <i>Trickling Filter</i>	30
2.6.6	Media Filter	31
2.6.6.1	Media Batu Apung	32
2.7	Metode Pengolahan Data	35
2.7.1	Statistik Deskriptif dan Inferensi	35
2.7.2	Analisis Korelasi	36
2.7.3	Analisis Regresi	37
2.7.4	<i>Analysis of Variance</i>	38

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Kerangka Penelitian	39
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	40
3.3	Variabel Penelitian	40
3.4	Alat dan Bahan	40
3.4.1	Alat-alat Penelitian	40
3.4.1.1	Peralatan <i>Trickling Filter</i>	40
3.4.1.2	Peralatan Untuk Analisis Parameter Limbah	43
3.4.2	Bahan Penelitian	44
3.5	Pelaksanaan Penelitian	44
3.5.1	Analisis Awal	44
3.5.2	Tahap Pembenuhan (<i>seeding</i>)	45
3.5.3	Aklimatisasi	45
3.5.4	Tahap Penelitian	46
3.6	Analisis Parameter Uji	46

3.6.1. Analisis COD	46
3.6.2. Analisis TSS	46
3.6.3. Analisis Minyak Lemak	46
3.7. Analisis Data	47

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Konsentrasi Awal Limbah Pencucian Mobil	48
4.2 Penyisihan Bahan Organik Pada Tahap <i>Seeding</i> dan Aklimatisasi	49
4.3 Analisis Konsentrasi Akhir Limbah Pencucian Mobil.....	51
4.3.1 Konsentrasi Akhir COD	51
4.3.2 Konsentrasi Akhir TSS.....	51
4.3.3 Konsentrasi Akhir Minyak Lemak	52
4.4 Analisis Deskriptif.....	52
4.4.1 Analisis Deskriptif COD	52
4.4.2 Analisis Deskriptif TSS.....	53
4.4.3 Analisis Deskriptif Minyak Lemak	55
4.5 Analisis Korelasi	56
4.5.1 Analisis Korelasi COD.....	56
4.5.2 Analisis Korelasi TSS	56
4.5.3 Analisis Korelasi Minyak Lemak.....	57
4.6 Analisis Regresi.....	58
4.6.1 Analisis Regresi COD	58
4.6.2 Analisis Regresi TSS.....	60
4.6.3 Analisis Regresi Minyak Lemak	62
4.7 Analisis ANOVA	63
4.7.1 Analisis ANOVA COD	63
4.7.2 Analisis ANOVA TSS	64
4.7.3 Analisis ANOVA Minyak Lemak.....	65
4.8 Pembahasan	67
4.8.1 Pangaruh Debit Terhadap Penyisihan COD.....	67

4.8.2 Pangaruh Debit Terhadap Penyisihan TSS	68
4.8.3 Pangaruh Debit Terhadap Penyisihan Minyak Lemak	70

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran.....	76

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Skema yang Memperlihatkan Bentuk dari Proses Biologi di <i>Trickling Filter</i>	22
Gambar 2.2	Unit <i>Trickling Filter</i> di dalam Pengoperasian.....	24
Gambar 2.3	Profil dari Tipe <i>High Rate Filter</i> yang Direncanakan.....	27
Gambar 2.4	Tipe Kemasan Media untuk <i>Trickling Filter</i> : (a) Batu, (b) dan (c) Aliran Plastik Vertikal, (d) Aliran Plastik Silang, (e) Kayu Merah Horizontal dan (f) Kemasan Acak.....	28
Gambar 2.5	Bentuk Batu Apung.....	32
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian	39
Gambar 3.2	Reaktor <i>Trickling Filter</i>	42
Gambar 4.1	Penyisihan Bahan Organik pada Tahap Aklimatisasi	50
Gambar 4.2	Persentase penyisihan COD pada Proses <i>Trickling Filter</i> terhadap Debit.....	53
Gambar 4.3	Persentase Penyisihan TSS pada Proses <i>Trickling Filter</i> terhadap Debit.....	54
Gambar 4.4	Persentase Penyisihan Minyak lemak pada Proses <i>Trickling Filter</i> terhadap Debit.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Baku Mutu Limbah Cair untuk Pencucian Kendaraan Bermotor	8
Tabel 2.2	Kriteria Desain Sedimentasi	19
Tabel 2.3	Kriteria Desain <i>Clairifier</i>	20
Tabel 2.4	Kriteria Desain <i>Trickling Filter</i>	26
Tabel 4.1	Hasil Analisis Awal Limbah Cair Pencucian Mobil “The Auto Bridal”, Malang.....	48
Tabel 4.2	Penyisihan Bahan Organik pada Tahap Aklimatisasi.....	49
Tabel 4.3.	Konsentrasi Akhir COD.....	51
Tabel 4.4	Konsentrasi Akhir TSS	51
Tabel 4.5	Konsentrasi Akhir Minyak lemak.....	52
Tabel 4.6	Penyisihan COD pada Effluent Alat <i>Trickling Filter</i>	52
Tabel 4.7	Penyisihan TSS pada Effluent Alat <i>Trickling Filter</i>	54
Tabel 4.8	Penyisihan Minyak lemak pada Effluent Alat <i>Trickling Filter</i>	55
Tabel 4.9	Analisis Korelasi antara Persentase Penyisihan COD terhadap Debit.....	56
Tabel 4.10	Analisis Korelasi antara Persentase Penyisihan TSS terhadap Debit.....	56
Tabel 4.11	Analisis Korelasi antara Persentase Penyisihan Minyak lemak terhadap Debit.....	57
Tabel 4.12	Analisis Regresi antara Persentase Penyisihan COD dengan Debit	58
Tabel 4.13	Analisis Regresi antara Persentase Penyisihan TSS terhadap Debit.....	60
Tabel 4.14	Analisis Regresi antara Persentase Penyisihan Minyak lemak terhadap Debit.....	62
Tabel 4.15	Analisis ANOVA antara Persentase Penyisihan COD terhadap Debit.....	65
Tabel 4.16	Analisis ANOVA antara Persentase Penyisihan TSS terhadap Debit.....	64

Tabel 4.17 Analisis ANOVA antara Persentase Penyisihan Minyak lemak terhadap Debit.....	65
--	-----------

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang sedang berkembang dengan jumlah penduduk lebih dari 200 juta jiwa. Seiring bertambahnya penduduk dari tahun ke tahun dan gaya hidup, kebutuhan akan kendaraan bermotor juga semakin bertambah. Dengan jumlah kendaraan bermotor terutama mobil yang tergolong tinggi memberikan peluang munculnya usaha-usaha atau jasa pencucian mobil bagi masyarakat.

Munculnya peluang usaha pencucian mobil dianggap dapat menguntungkan, karena akan meningkatkan perekonomian serta meningkatkan pendapatan daerah melalui pajak usaha. Namun, jika dilihat dari aspek lingkungan, menjamurnya jasa pencucian mobil di kota-kota besar dapat memperburuk kualitas lingkungan karena kebanyakan dari usaha pencucian mobil yang ada tidak mengolah terlebih dahulu limbah atau air hasil pencucian mobilnya melainkan langsung dibuang ke saluran air atau ke badan air yang ada. Apabila limbah tersebut dibuang ke badan air dalam jumlah besar maka dapat meningkatkan bahan pencemar antara lain seperti COD, bahan deterjen atau surfaktan ionik maupun minyak dan lemak serta pencemar lainnya.

Dalam beberapa pengukuran kadar COD dalam air limbah dari jasa pencucian mobil berkisar antara 248 mg/l - 776 mg/l (Hakim, 2010) dimana menurut Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002 tentang baku mutu limbah cair mensyaratkan kadar COD untuk pencucian kendaraan bermotor tidak boleh melebihi 250 mg/l. Dalam penelitian lain yang dilakukan oleh Mawardin (2011) dengan judul "Kajian Waktu Operasional terhadap Penurunan Deterjen, Minyak dan Lemak pada Limbah Cair Pencucian Kendaraan Bermotor dengan Reaktor Aerokarbonbiofilter" menunjukkan bahwa pada analisa awal limbah cair kendaraan bermotor mengandung deterjen 17,65 mg/l, minyak dan lemak 18,5 mg/l juga melebihi standar baku mutu limbah cair yang ditetapkan

menurut Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002 yang masing-masing sebesar 10 mg/l. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan terhadap limbah cair pencucian kendaraan bermotor tersebut yang sederhana namun memiliki kualitas yang baik untuk mengurangi kadar pencemar limbah tersebut.

Salah satu alternatif pengolahan limbah cair tersebut adalah melalui proses biologi dengan *trickling filter* dengan memanfaatkan teknologi *biofilm*, yaitu bahan organik yang ada dalam limbah cair diuraikan oleh mikroorganisme yang menempel pada media filter. Bahan yang digunakan sebagai media filter haruslah kuat, keras, tahan tekanan, tahan lama, tidak mudah berubah dan tidak mudah menyumbat pada medianya. Media filter dapat berupa batu atau plastik (Marsono, 1995). Pada penelitian yang dilakukan Radhistry dan Pratihata (2009), *trickling filter* dengan menggunakan media pecahan genteng dapat menurunkan COD dari konsentrasi awal 49,4 mg/l menjadi 23,8 mg/l (55,7%) pada pengolahan limbah air kolam retensi tawang (suatu sistem untuk memproteksi air limpahan dari luar kawasan dan mengendalikan muka air di dalam kota lama). Penelitian oleh Parisa (2010) menunjukkan bahwa *trickling filter* dengan menggunakan media batu apung dapat menyisihkan BOD sebesar 276,49 mg/l menjadi 43,93 mg/l (84,11%), dan TSS sebesar 131,86 mg/l menjadi 35,32 mg/l (73,21%) pada limbah cair domestik rumah susun Wonorejo. Pada penelitian yang dilakukan oleh Hadi (2011) efisiensi penurunan COD dan TSS pada limbah *laundry* dengan pengolahan *trickling filter* menunjukkan efisiensi penurunan COD konsentrasi awal 517,74 mg/l menjadi 180,98 mg/l (63,05%) dan TSS dari konsentrasi awal 463,5 mg/l menjadi 88,67 mg/l (80,87%) dengan menggunakan media plastik.

Dari ketiga penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan media batu apung (Parisa, 2010) dan penggunaan media plastik (Hadi, 2011) dapat menurunkan konsentrasi COD dan TSS lebih efektif dibandingkan pada penelitian dengan menggunakan media pecahan genteng (Radhsity dan Pratihata, 2009). Dari segi ekonomis, penggunaan media batu apung lebih murah dan mudah didapatkan bila dibandingkan dengan media plastik yang membutuhkan biaya yang cukup tinggi dalam pengadaan medianya.

Berdasarkan permasalahan dan penelitian diatas maka muncul ide untuk melakukan penelitian dalam menurunkan konsentrasi COD, TSS, minyak dan lemak pada limbah pencucian mobil dengan menggunakan media batu apung. Dengan alasan penggunaan media tersebut memiliki karakteristik dengan luas permukaan yang besar serta berpori sehingga bakteri yang menempel pada permukaan media lebih banyak dan air limbah dapat terdegradasi lebih sempurna (Wahyuningtyas, 2006 dalam Parisa, 2010) disamping harganya murah dan mudah didapatkan.

1.2 Rumusan Masalah

Seberapa besarkah penurunan COD, TSS dan minyak lemak pada limbah cair pencucian mobil dengan unit pengolahan *trickling filter* menggunakan media batu apung.

1.3 Tujuan Penelitian

Mengetahui besarnya penurunan COD, TSS dan minyak lemak pada limbah cair pencucian mobil dengan unit pengolahan *trickling filter* menggunakan media batu apung.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

1. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Sampel yang digunakan adalah limbah cair pencucian mobil yang berasal dari pencucian mobil “The Auto Bridal”, Malang.
3. Unit pengolahan limbah yang digunakan adalah *trickling filter*.
4. Media yang digunakan adalah batu apung.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air Limbah

Secara umum pengertian limbah cair (air limbah) adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya. Dengan demikian air buangan ini yang bersifat kotoran umum (Sugiharto, 2008). Menurut Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya, limbah cair adalah limbah dalam wujud cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri atau kegiatan lainnya yang dibuang ke lingkungan yang diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair (Asmadi dan Suharno, 2012).

2.2 Pencucian Mobil

2.2.1 Proses Pencucian Mobil

Pelayanan jasa pencucian mobil "*The Auto Bridal*" memiliki 2 bentuk pencucian mobil. Pertama, *Original Snow Car Wash/Ice Cream Wash* adalah layanan pencucian mobil dengan teknologi baru yaitu "wax 100%" dengan kadar pH 7 balance, yang memungkinkan pencucian dengan tingkat kebersihan optimal di mana dengan *snow wax* (busa salju) dapat bertahan selama 3 hari dan *ice crem* bertahan selama 7 hari. Kedua, Cuci Poles adalah layanan pencucian mobil ditambah dengan poles *body* satu lapis menggunakan obat *wax* untuk menghilangkan flak dan noda jamur.

Untuk layanan pencucian mobil meliputi beberapa bagian yaitu:

- *Body* luar mobil
- Bagian bawah mobil
- Bagian dalam mobil (*vacuum interior*, bersihkan interior)



- Semir mesin mobil
- Semir ban mobil

Proses Pencucian mobil yang dilakukan di pelayanan jasa pencucian mobil "The Auto Bridal" Malang adalah sebagai berikut:

- 1) Parkirkan mobil dengan pas di posisi *hydrolic*, angkat ban serep dan karpet plastik atau karet untuk dibersihkan, dicuci lalu dikeringkan. Lindungi saluran-saluran udara masuk distributor kap dan bagian-bagian elektronik yang mungkin terkena air.
- 2) Angkat mobil dengan *hydrolic* sampai posisi ban di atas dada, lalu bilas seluruh kolong mobil dengan mesin *high pressure* secara merata dan urut dari depan sampai belakang, bersihkan semua kotoran yang ada di dalam kolong mobil semaksimal mungkin. Tahap berikutnya semprotkan *snow/ ice cream wash* ke seluruh kolong mobil sampai merata, bersihkan keempat ban, kolong ban, semua bagian logam /besi, plastik dengan *shampoo snow*, lalu bilas dengan air bertekanan tinggi (120 bar).

Catatan : perhatikan besarnya tekanan untuk mobil tua dan cat ulang-ulang untuk membersihkan *velg* harus memakai busa. Dilarang memakai sikat atau membuat gores pada *body*.

- 3) Turunkan mobil perlahan-lahan, pastikan posisi mobil pas pada posisi semula.
- 4) Bilas *body* pada saat mobil turun perlahan-lahan atau semprotkan air dari atas ke bawah yaitu dari atap, kap mesin lalu *body*.
- 5) Semprotkan *shampoo snow* ke seluruh badan mobil secara merata lalu lap dengan spon secara detail dari atas ke bawah.
- 6) Teliti ulang kemudian bilas dengan air bertekanan lembut (menggunakan selang air) secara sistematis, mulai dari bagian bawah samping perlahan-lahan menuju ke atas. Penyemprotan dari ban mobil. Berikan perhatian khusus pada bagian grill, belakang bumper, celah-celah dan bagian bawah dek mesin untuk memaksimalkan finishing.
- 7) Buka kap mesin, bersihkan bagian mesin lalu bilas (khusus mobil buatan Jepang).

- 8) Bersihkan karpet dan cuci ban serep bila dilakukan.
- 9) Selesai dilakukan proses pengerjaan, mobil dibawa ke daerah yang kering.
Untuk pengerjaan Cuci Poles prosesnya sama yaitu dioleskan lagi dengan *radian wax polish atau super resin polisa* pada permukaan cat, untuk mengkilapkan warna asli cat mobil. Pengerjaan poles dilakukan secara manual (*Standard Operation Procedure Automotive Branded Hauz, 2007*).

2.2.2 Limbah Cair Pencucian Mobil

Dalam aktivitas pencucian mobil tentu saja dibutuhkan bahan pembersih berupa cairan pembersih berupa deterjen dan surfaktan lain. Bahan ini dibutuhkan untuk melarutkan kotoran-kotoran yang menempel di permukaan *body* dan bagian kendaraan lainnya seperti ban, mesin dan rangka bawah, termasuk juga karpet atau karet alas dibagian dalam mobil. Oleh karena itu air yang sudah digunakan jelas mengandung bahan kimia pembersih dan kotoran. Kebanyakan air buangan ini sudah bersifat limbah dan oleh pemilik jasa pencucian dialirkan ke saluran pembuangan dan akhirnya mengalir ke sungai yang tentunya menimbulkan pencemaran.

Secara fisik ditandai dengan terdapat gelembung busa yang sangat banyak yang menunjukkan keberadaan bahan deterjen atau surfaktan ionik. Akumulasi bahan ini akan menurunkan kualitas air, seperti penurunan oksigen terlarut (DO) sehingga berakibat kenaikan nilai parameter BOD, COD dan TSS dalam air. Akibat penurunan kualitas air ini maka dimungkinkan bahwa air tidak bisa digunakan untuk kepentingan manusia bahkan untuk keperluan irigasi pertanian sekalipun. Apabila lokasi pembuangan berada di daerah hunian maka air dapat masuk teresap pada air sumur yang dikonsumsi oleh masyarakat di sekitar lokasi. Hal ini tentu saja dapat menimbulkan resiko kesehatan bagi warga yang mengkonsumsi air tersebut.

Tingginya kadar TSS di badan air disebabkan karena buangan pencucian mobil yang mengandung padatan sehingga bila tidak terlarut sempurna akan mengendap di dasar sungai atau saluran drainase dan yang dapat larut sebagian akan menjadi koloidal. Padatan tersuspensi dalam air akan menghalangi

masuknya sinar matahari ke dalam lapisan air. Akibatnya proses fotosintesis oleh mikroorganisme terganggu sehingga kandungan oksigen yang terlarut berkurang. Selain itu adanya padatan tersuspensi mengakibatkan perubahan warna air menjadi lebih pekat. Kandungan minyak dan lemak yang terdapat di dalam limbah cair pencucian mobil bila dibuang ke badan air tidak dapat larut melainkan mengapung di atas permukaan air. Lapisan minyak pada permukaan air akan mengganggu kehidupan organisme di dalam air. Hal ini disebabkan karena lapisan minyak menghalangi difusi oksigen dari udara ke dalam air sehingga oksigen yang terlarut berkurang. Selain itu lapisan minyak tersebut akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air sehingga proses fotosintesis tidak dapat berlangsung dan menyebabkan kandungan oksigen pun berkurang. Akibat penurunan kualitas air ini maka dimungkinkan bahwa air tidak bisa digunakan untuk kepentingan manusia bahkan untuk keperluan irigasi pertanian juga mungkin tidak bisa (Wisnu Arya Wardhana, 2004).

2.2.3 Baku Mutu Limbah Cair Pencucian Mobil

Baku Mutu Limbah Cair adalah batas maksimal yang tidak boleh dilampaui dari limbah cair tentang volume limbah per satuan produk atau per satuan bahan baku, kadar zat pencemar. Limbah cair pencucian mobil termasuk dalam kegiatan usaha lainnya yang telah ditetapkan berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair untuk Pencucian Kendaraan Bermotor sebagai berikut.

**Tabel 2.1. Baku Mutu Limbah Cair untuk Pencucian
Kendaraan Bermotor**

BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK PENCUCIAN KENDARAAN BERMOTOR	
Volume limbah cair maximum per satuan produk 1,5 m ³ / Kendaraan Besar 0,5 m ³ / Kendaraan Kecil 0,1 m ³ / Sepeda Motor	
Parameter	Kadar Maximum (mg/l)
BOD ₅	150
COD	250
TSS	100
Minyak dan Lemak	10
MBAS (Detergent)	10
Fosfat (sebagai P ₂ O ₄)	10
pH	6 – 9

Keterangan :

Kendaraan Besar adalah : Jenis Truk, Bus, Trailer, dsb

Kendaraan Kecil adalah : Jenis Sedan, Mini Bus, Pickup, Jeep, Station Wagon, dsb

Sepeda Motor adalah : Jenis Sepeda Motor dan Skuter
(Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002)

1. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

BOD didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang diperlukan oleh populasi mikroorganisme yang berada dalam kondisi aerob untuk menstabilkan materi organik. Semakin besar angka BOD menunjukkan bahwa derajat pengotoran air limbah semakin besar. Parameter yang paling umum digunakan untuk pengukuran kandungan zat organik di dalam limbah cair adalah BOD₅ yaitu pengukuran oksigen terlarut (*dissolved oxygen* atau DO) yang digunakan mikroorganisme untuk oksidasi biokimia zat organik membutuhkan waktu 5 hari.

Hasil tes BOD digunakan untuk :

- a) Menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk stabilisasi biologi dari zat organik yang ada.
- b) Menentukan ukuran fasilitas pengolahan air limbah.

c) Menyesuaikan dengan baku mutu effluent air limbah (Tchobanoglous, 1991 dalam Asmadi dan Suharno 2012).

2. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD adalah indikator yang digunakan untuk mengetahui zat organik dan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi materi organik dengan oksidasi secara kimia. Nilai COD dalam air limbah biasanya lebih tinggi dari nilai BOD karena lebih banyak senyawa kimia yang dapat dioksidasi secara kimia dibandingkan oksidasi biologi. Semakin tinggi nilai COD dalam air limbah mengindikasikan bahwa derajat pencemaran pada suatu perairan makin tinggi pula. Untuk berbagai tipe air limbah, COD dapat dihubungkan dengan BOD. Mengingat tes COD hanya membutuhkan waktu 3 jam sehingga merupakan keuntungan bagi instalasi pengolahan jika melakukan tes COD dibandingkan dengan tes BOD yang membutuhkan waktu 5 hari untuk mendapatkan hasilnya (Asmadi dan Suharno, 2012).

3. *TSS (Total Suspended Solid)* adalah jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron.

4. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak adalah komponen penting dalam makanan dan biasanya terdapat dalam air limbah. Lemak merupakan senyawa organik yang stabil dalam air dan tidak mudah diuraikan oleh mikroba. Minyak jika terdapat dalam limbah cair, dapat merugikan karena dapat menghambat aktivitas biologi mikroba untuk pengolahan limbah cair (Tchobanoglous, 1991 dalam Asmadi dan Suharno, 2012). Selain itu minyak dan lemak dapat merusak sistem perpipaan pada instalasi pengolahan air limbah.

Minyak tanah dan minyak pelumas adalah derivat atau turunan adalah turunan dari minyak residu dan batubara yang berisikan karbon dan hidrogen. Minyak dapat sampai ke saluran air limbah berasal dari pertokoan, garasi serta jalanan. Sebagian besar benda mengapung di

dalam air limbah, akan tetapi ada juga yang mengendap terbawa oleh lumpur. Sebagai petunjuk dalam mengelola air limbah, maka efek buruk yang dapat menimbulkan permasalahan pada dua hal yaitu pada saluran limbah dan pada bangunan pengolahan. Apabila lemak tidak dihilangkan sebelum dibuang ke saluran limbah dapat mempengaruhi kehidupan yang ada di permukaan air dan menimbulkan lapisan tipis permukaan sehingga membentuk selaput. Kadar minyak lemak sebesar 15-20 mg/l merupakan batas yang ditolerir apabila berada dalam air limbah (Sugiharto, 2008).

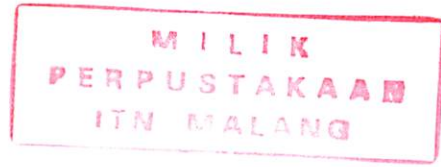
5. Deterjen atau Surfaktan

Deterjen adalah golongan dari molekul organik yang dipergunakan sebagai pengganti sabun untuk pembersih supaya mendapatkan hasil yang lebih baik. Dalam air zat ini menimbulkan buih dan selama proses aerasi buih tersebut berada di atas permukaan gelembung udara sifatnya relatif tetap (Sugiharto, 2008). Surfaktan menyebabkan timbulnya busa (*foam*) yang stabil dan biasanya terdapat dalam deterjen sintetik (Tchobanoglous, 1991 dalam Asmadi dan Suharno, 2012).

6. Fosfat merupakan senyawa yang tersusun atas unsur P (phosphorus) yang berikatan dengan oksigen. Di alam unsur fosfat tidak terdapat dalam bentuk bebas melainkan dalam bentuk terikat yaitu polifosfat, orthofosfat, fosfat organik dan setiap senyawa fosfat tersebut dalam bentuk terlarut dan tersuspensi, ataupun terikat di dalam sel organisme air (Sugiharto, 2008).

7. pH

Konsentrasi ion hidrogen adalah ukuran kualitas dari air maupun dari air limbah. Adapun kadar yang baik adalah kadar yang masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Air limbah dengan konsentrasi air limbah yang tidak netral akan menyulitkan proses penjernihannya. pH yang baik bagi air minum dan air limbah adalah netral (7). Semakin kecil nilai pH maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam (Sugiharto, 2008).



2.3 Jenis Pengolahan Air Limbah

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

1. Pengolahan secara fisik

Merupakan proses pengolahan melakukan removal bahan pengotor secara fisik. Yang termasuk proses pengolahan secara fisik adalah screening, sedimentasi, filtrasi, adsorpsi (penyerapan fisik), dan floatasi.

2. Pengolahan secara kimiawi

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

3. Pengolahan secara biologis

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

Adapun pengolahan secara biologis dapat dibedakan menjadi:

a. Proses Aerobik

1) *Activated Sludge*

Adalah pengolahan dengan menggunakan bakteri aerobik yang dibiakkan dalam tangki aerasi yang bertujuan untuk menurunkan organik karbon atau organik nitrogen, dimana BOD dan COD dipakai sebagai ukuran yang menyatakan konsentrasi organik karbon (Marsono, 1995).

2) *Aerated Lagoon*

Adalah pengolahan biologis yang membutuhkan area luas dan dangkal, sehingga kondisi aerobik akan terpelihara dengan adanya alga dan beban organik yang tinggi (Marsono, 1995).

3) *Aerobik Digestion*

Adalah metode stabilisasi lumpur dalam tangki terbuka yang dapat dikategorikan sebagai modifikasi proses lumpur aktif. Tujuannya

adalah mengurangi bakteri patogen dan menghilangkan bau. Pengolahan utama adalah untuk mengurangi kadar bahan organik biodegradabel dari lumpur dan memperbaiki kemampuan penyusutan air (Marsono, 1995).

4) *Trickling Filter*

Adalah bahan-bahan organik yang ada dalam air limbah diuraikan oleh mikroorganisme yang menempel pada media filter. Bahan organik sebagai substrat yang terlarut dalam air limbah diadsorpsi ke dalam biofilm atau lapisan berlendir (Marsono, 1995).

b. Proses Anaerobik

1) *Anaerobik Digestion*

Adalah suatu bentuk pengolahan limbah dimana bahan organik dirubah menjadi gas metan, gas tersebut sebagai bahan bakar dapat diambil dari reaktor anaerobik. Pada mulanya anaerobik digestion digunakan pada pengolahan lumpur tinja dan limbah pertanian dengan menggunakan septik tank. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang pesat telah menciptakan pengolahan secara anaerobik dengan laju yang lebih cepat dengan menggunakan biofilm dan bioflok (Marsono, 1995).

2) *Anaerobik Filter*

Adalah suatu bentuk pengolahan biologis dimana aliran air limbah dapat melaju ke atas atau ke bawah melalui suatu kolam yang terisi media pendukung. Permukaan media tersebut berfungsi untuk menempel mikroba dan untuk menangkap flok yang tidak bisa menempel. Mikroba yang menempel tersebut bertanggungjawab atas stabilisasi limbah. Berbagai macam tipe, bentuk, dan ukuran media pendukung telah banyak digunakan seperti kwarsa, plastik, clay, batubatuan, activated karbon, dan pasir (Marsono, 1995).

3) *Anaerobik Lagoon*

Adalah kolam dengan kedalaman 1 meter - 2,5 meter. Pada kolam ini kedalaman air terbagi menjadi tiga zona, yaitu zona aerobik di bagian

atas, zona fakultatif di bagian tengah dan zona anaerobik di bagian atas dasar kolam. Proses yang terjadi dalam penurunan BOD atau organik COD adalah adanya aktifitas reaksi simbiosis antara alga dan bakteri (Marsono, 1995).

2.4 Prinsip Pengolahan Air Limbah

Secara umum pengolahan limbah dapat dikelompokkan menjadi enam bagian (6) antara lain (Sugiharto, 2008):

1. Pengolahan pendahuluan (*pretreatment*).
2. Pengolahan pertama (*primary treatment*).
3. Pengolahan kedua (*secondary treatment*).
4. Pengolahan ketiga (*tertiary treatment*).
5. Pembunuhan bakteri (*disinfection*).
6. Pengolahan lanjutan (*ultimate disposal*).

Setiap fase di atas terdapat beberapa jenis pengolahan yang dapat diterapkan. Berdasarkan prinsip pengolahan air limbah, beberapa jenis itu maka akan dapat dipilih salah satu yang diperkirakan memberikan manfaat yang terbaik. Selain itu, perlu diketahui juga bahwa untuk mengolah air limbah tidaklah harus selalu mengikuti tahap-tahap yang di atas, akan tetapi perlu diadakan penyesuaian dengan kebutuhan yang ada. Dengan demikian setiap unit bangunan pengolah air limbah akan berbeda-beda teknik yang dipergunakan dan tidak semua tahap perlu dilalui (Sugiharto, 2008).

2.4.1 Pengolahan pendahuluan (*pretreatment*)

Sebelum mengalami proses pengolahan perlu kiranya dilakukan pembersihan-pembersihan agar mempercepat dan memperlancar proses pengolahan selanjutnya. Adapun kegiatan tersebut berupa (Sugiharto, 2008):

1. Pengambilan benda terapung

Tahap awal dari pengolahan air limbah adalah menghilangkan zat padat yang kasar. Pada umumnya proses tersebut dengan jalan melewatkan air limbah melalui para-para atau saringan kasar untuk menghilangkan benda yang

besar. Apabila rak dan saringan kasar tidak dipergunakan, maka dapat juga dipergunakan alat pencacah (*comminutor*) untuk memotong zat padat yang terdapat di dalam air limbah kemudian tanpa mengambilnya dari dalam aliran tersebut.

2. Pengambilan benda mengendap (pasir)

Bak penangkap pasir direncanakan untuk menghilangkan kerikil halus yang berupa pasir, koral atau zat padat berat lainnya yang mengalami penurunan kecepatan, atau mempunyai gaya berat lebih berat dari zat organik yang dapat membusuk di dalam air limbah. Tergolong dalam kerikil halus seperti kulit telur, potongan tulang, biji-bijian dan zat organik besar seperti sisa makanan. Bak pengendap pasir disediakan untuk mencegah terjadinya kerusakan alat akibat pengikisan dan terganggunya saluran, untuk mengurangi endapan pada pipa penyalur dan sambungan serta mengurangi frekuensi pembersihan pada tangki pencerna sebagai akibat terjadinya tumpukan pasir.

Beberapa jenis pengolahan pendahuluan (*pretreatment*) adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran laju alir.
2. penyaringan (*screening*).
3. Penghilangan padatan halus (*grit removal*).
4. Prasedimentasi.
5. Pemisahan lemak dan minyak.
6. Equalisasi.
7. Pengadukan.

2.4.2 Pengolahan pertama (*primary treatment*)

Pengolahan pertama (*primary treatment*) bertujuan untuk menghilangkan zat padat tercampur melalui pengendapan atau pengapungan. Pengendapan adalah kegiatan utama pada tahap ini dan pengendapan yang dihasilkan terjadi karena adanya kondisi yang sangat tenang. Bahan kimia dapat juga ditambahkan untuk menetralkan keadaan atau meningkatkan pengurangan dari partikel kecil yang tercampur. Dengan adanya pengendapan ini, maka akan mengurangi kebutuhan

oksigen pada pengolahan biologis berikutnya dan pengendapan yang terjadi adalah pengendapan secara grafitasi (Sugiharto, 2008).

Apabila tujuan utama pengoperasian untuk menghasilkan hasil buangan ke sungai dengan sedikit partikel zat tercampur maka peralatan yang dipergunakan dikenal sebagai *clarifier*, sedangkan apabila penekanannya menghasilkan partikel padat yang jernih maka dikenal dengan *thickener*. Kedua peralatan ini dipergunakan setelah air limbah melewati reaktor biologis (Sugiharto, 2008).

2.4.3 Pengolahan kedua (*secondary treatment*)

Pengolahan kedua (*secondary treatment*) umumnya mencakup proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada didalamnya. Pada proses ini sangat dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain; jumlah air limbah, tingkat kotoran, jenis kotoran yang ada, dan sebagainya. Reaktor pengolahan lumpur aktif dan saringan penjernihan biasanya dipergunakan dalam tahap ini (Sugiharto, 2008).

Terdapat dua hal penting dalam proses biologis, antara lain; proses penambahan oksigen dan proses pertumbuhan bakteri. Untuk proses biologis banyak dipergunakan reaktor activated sludge dan trickling filter (Sugiharto, 2008).

2.4.4 Pengolahan ketiga (*tertiary treatment*)

Pengolahan ketiga (*tertiary treatment*) adalah kelanjutan dari pengolahan-pengolahan terdahulu. Oleh karena itu, pengolahan jenis ini baru akan dipergunakan apabila pada pengolahan pertama (*primary treatment*) dan pengolahan kedua (*secondary treatment*) masih banyak terdapat zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum. Pengolahan ketiga (*tertiary treatment*) ini merupakan pengolahan secara khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah, biasanya dilaksanakan pada pabrik yang menghasilkan air limbah yang khusus pula. Terdapat beberapa jenis pengolahan yang sering dipergunakan (Sugiharto, 2008) antara lain:

1. Saringan pasir.
2. Saringan multi media.
3. *Precoal filter*.
4. *Mikrostaining*.
5. *Vacum filter*.
6. Penyerapan (*adsorbtion*).
7. Pengurangan besi dan mangan.
8. Perubahan CN⁻.
9. osmosis bolak-balik.

2.4.5 Pembunuhan bakteri (desinfeksi)

Pembunuhan bakteri (*desinfeksi*) bertujuan untuk mengurangi atau membunuh mikroorganisme patogen yang ada di dalam air limbah. Mekanisme pembunuhan sangat dipengaruhi oleh kondisi dari zat pembunuhnya dan mikroorganisme itu sendiri. Banyak zat pembunuh kimia termasuk klorin dan komponennya mematikan bakteri dengan cara merusak atau menginaktifkan enzim utama, sehingga terjadi kerusakan dinding sel. Mekanisme lain dari desinfeksi adalah dengan merusak langsung dinding sel seperti yang dilakukan apabila menggunakan bahan radiasi ataupun panas (Sugiharto, 2008).

Penggunaan panas dan bahan radiasi meskipun sangat baik hasil yang dicapai, akan tetapi kurang cocok untuk diterapkan secara masal mengingat biaya pelaksanaannya sangat mahal serta cukup sulit dalam penanganannya. Oleh karena itu, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memilih bahan kimia bila akan dipergunakan sebagai bahan desinfeksi antara lain (Sugiharto, 2008):

1. Daya racun zat kimia tersebut.
2. Waktu kontak yang diperlukan.
3. Efektifitasnya.
4. Rendahnya dosis.
5. Tidak toksis terhadap manusia dan hewan.
6. Tetap tahan terhadap air.

7. Biaya murah untuk pemakaian yang bersifat masal.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka untuk menjernihkan air limbah banyak dipergunakan bahan, antara lain; klorin oksida dan komponennya, bromine, rodine, permanganat, logam berat, asam dan basa kuat (Sugiharto, 2008).

2.4.6 Pengolahan lanjutan (*ultimate disposal*)

Berdasarkan tahap pengolahan air limbah, maka hasilnya adalah berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan. Untuk itu perlu kiranya terlebih dahulu mengenal sedikit tentang lumpur tersebut (Sugiharto, 2008).

Jumlah dan sifat air limbah sangat dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain (Sugiharto, 2008):

1. Jenis air limbah itu sendiri.
2. Tipe/jenis pengolahan air limbah yang diterapkan.
3. metode pelaksanaan.

Pengolahan lumpur yang masih sedikit mengandung bahan nitrogen dan mempermudah proses pengangkutan, maka diperlukan beberapa tahap pengolahan (Sugiharto, 2008), antara lain:

1. Proses pemekatan.
2. Proses penstabilan.
3. Proses pengaturan.
4. Proses pengurangan air.
5. Proses pengeringan.
6. Proses pembuangan.

2.5 Sedimentasi

Sedimentasi merupakan unit operasi yang didesain untuk mengumpulkan dan memindahkan padatan tersuspensi dari air limbah dengan cara gravitasi. Sedimentasi berguna untuk memisahkan pasir, partikel yang besar, dalam kolam pengendapan utama, *biological flock* pada kolam pengendapan lumpur aktif, dan

menghilangkan flok kimiawi ketika proses koagulasi senyawa kimia digunakan. Ini juga digunakan untuk mengumpulkan padatan yang ada di thickening. Di banyak kasus, tujuan utama adalah untuk menghasilkan effluen yang jernih, tetapi ini juga penting untuk menghasilkan lumpur dengan konsentrasi padatan yang dapat mempermudah penanganan dan pengolahan.

Kondisi performa pengendapan partikel dipengaruhi oleh kondisi aliran apakah laminar atau turbulen. Untuk mencapai kondisi performa yang optimal maka diusahakan aliran laminar, yaitu didekati dengan bilangan Reynold < 500 dan bilangan Froude $> 10^{-5}$.

Tipe-tipe sedimentasi ada empat, yaitu :

- 1) Tipe pengendapan I (*free settling*), sering disebut sebagai pengendapan partikel diskrit, pengendapan partikel diskrit dimana partikel mengendap secara individual dan partikel tidak berubah ukuran.
- 2) Tipe pengendapan II (*flocculation free settling*), pengendapan flok dalam *dilute suspension*, selama pengendapan partikel flok, makin besar dan makin padat kecepatannya semakin besar. Terjadi pengendapan flokulan dimana partikel menggumpal selama proses pengendapan. Sehingga terjadi perubahan ukuran dan bentuk.

Pengendapan flokulan terjadi jika kecepatan partikel meningkat bersamaan dengan bertambahnya kedalaman partikel di dalam bak. Kebanyakan *suspended solid* di dalam air limbah berada dalam fase flokulan. Pada pengendapan diskrit efisiensi pemindahan partikel hanya tergantung pada kecepatan *overflow* saja. Sedangkan pengendapan flokulan, efisiensi tergantung pada kecepatan dan waktu detensi.

- 3) Tipe pengendapan III (*zone settling*), pengendapan partikel pada konsentrasi menengah, dimana energi partikel yang berdekatan saling memecah sehingga menghalangi pengendapan partikel flok, partikel yang tertinggal pada posisi relatif tetap dan mengendap pada kecepatan konstan, menghasilkan pengendapan massa partikel. Pengendapan penghalang (*zone*) yang melibatkan suspensi terflokulasi dalam bentuk kecil dan mengendap sebagai massa dengan lapisan yang tegas selama proses pengendapan. Partikel-

partikel padatan saling melekat dan mengendap seperti selimut, membentuk lapisan antara flok dan supernatant.

- 4) Tipe pengendapan IV (*compression settling*), partikel bersentuhan pada konsentrasi tinggi dan pengendapan dapat terjadi hanya karena kompresi dari penempatan massa.

Di bawah ini menunjukkan kriteria desain sedimentasi pada Tabel 2.2:

Tabel 2.2 Kriteria Desain Sedimentasi

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1.	Efisiensi penurunan SS	%	30-70
2.	Efisiensi penurunan BOD	%	30-40
3.	Waktu detensi (td)	Jam	1,5-2,5
4.	Over flowrate	m ² /m ³ /hari	30-50
5.	Beban pelimpah	m ² /m ³ /hari	124
6.	Rasio panjang : lebar	m	4:1 – 6:1
7.	Kedalaman (d)	m	3-4,5
8.	Panjang (p)	m	15-90
9.	Lebar (l)	m	3-24
10.	Kemiringan dasar	m	1-2
11.	Kecepatan inlet	m/det	1
12.	Kecepatan aliran	m/det	0,3

(sumber : Asmadi dan Suharno, 2012)

2.5.1 Bak Pengendap Pertama (Prasedimentasi)

Bak pengendap pertama berfungsi untuk mengurangi partikel padat dalam air buangan dengan cara mengendapkan pada suatu tangki selama waktu tertentu sehingga terendapkan sekaligus mengurangi kekeruhan bahan organik.

Lumpur yang dihasilkan dari bak pengendap I akan diolah lebih lanjut pada proses penanganan lumpur sehingga volume lumpur dapat diperkecil. Sedangkan fluida atau supernatannya keluar melalui sistem pelimpah yang ditampung pada saluran penampung/*gullet* menuju ke unit pengolahan biologi.

Faktor penentu untuk mendesain bak pengendap pertama adalah: *overflow rate*, kedalaman tangki, waktu detensi

2.5.2 Bak Pengendap II (Clarifier)

Bak pengendap II berfungsi untuk mengendapkan zat padat yang terdapat dalam air buangan setelah melalui pengolahan biologis. Bak pengendap ini dilengkapi dengan pengeruk lumpur mekanis. Lumpur yang terkumpul dipompakan ke unit pengolahan lumpur, sedangkan supernatannya dialirkan menuju bak filtrasi sebelum dibuang ke dalam air penerima.

Di bawah ini menunjukkan kriteria desain *clarifier* pada Tabel 2.3:

Tabel 2.3 Kriteria Desain Clarifier

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1.	Overflow rate (Vo)	m ² /m ³ /hari	23-32
2.	Weir loading	m ² /m ³ /hari	25-500
3.	Kedalaman (h)	m	3-5
4.	Diameter (d)	m	36-60
5.	Slope dasar saluran (S)	mm/m	60-160
6.	Waktu detensi (td)	jam	2-4

(sumber : Asmadi dan Suharno, 2012)

2.6 Trickling Filter

2.6.1 Pengertian Trickling Filter

Beberapa pengertian *trickling filter*:

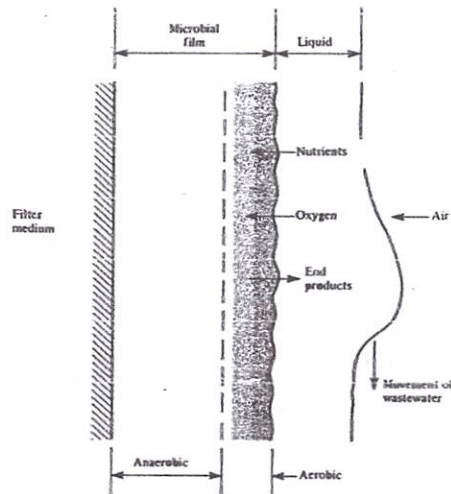
1. Menurut Metcalf and Eddy (1991), *trickling filter* merupakan proses pengolahan biologi dimana mikroorganisme bertanggung jawab untuk konversi bahan organik atau unsur pokok dalam air buangan menjadi gas dan jaringan sel yang menempel pada sebagian media seperti batu, *slag*, desain keramik atau bahan plastik.
2. Menurut Slamet dan Masduqi (2000), *trickling filter* merupakan salah satu tipe yang sering digunakan untuk pengolahan air limbah. Prinsip

kerja *trickling filter* adalah air limbah diumpankan secara merata dengan metode percikan (*trickle*) pada permukaan media terus menerus melintas pada permukaan seluruh media sepanjang kolom filter. Dengan perlakuan ini permukaan media secara alami akan ditumbuhi koloni-koloni mikroba yang membentuk lapisan *biofilm*.

3. Menurut Asmadi dan Suharno (2012), pengolahan air limbah dengan proses *trickling filter* adalah proses pengolahan dengan cara menyebarkan air limbah ke dalam suatu tumpukan atau unggun media yang terdiri atas dari bahan batu pecah (kerikil), bahan keramik, sis tanur (*slag*), medium dari bahan plastik atau lainnya. Dengan cara demikian maka permukaan medium akan tumbuh lapisan biologis (*biofilm*) seperti lendir, dan lapisan biologis tersebut akan kontak dengan air limbah dan akan menguraikan senyawa polutan yang akan ada di dalam air limbah.

Proses *trickling filter* biasanya digunakan untuk pengolahan kedua (*secondary treatment*) dari pengolahan air limbah. Effluen pertama merupakan percikan di atas media batu karang yang telah dihancurkan atau media lain, membentuk lapisan *biofilm*. Lapisan lumpur biologi terdiri dari bakteri, protozoa, dan jamur. Cacing lumpur, larva lalat, bakteri pembusuk, dan binatang lain yang lebih tinggi sering ditemukan di lingkungan ini untuk pertumbuhan. Permukaan media mendukung pertumbuhan alga ketika temperatur dan sinar matahari dalam kondisi yang optimal. Bagian yang rendah dari kedalaman filter sering mendukung populasi bakteri nitrifikasi (Clark, Viessman, and Hammer, 1977).

Walaupun digolongkan sebagai alat pengolahan aerobik, mikrobial film diatas media filter merupakan aerobik untuk kedalaman hanya 0,1 mm - 0,2 mm (lihat Gambar 2.1). Zona selanjutnya untuk media filter merupakan anaerobik. Ketika air limbah mengalir di atas mikrobial film, organik yang dapat larut dengan cepat mengalami metabolisme dan organik koloidal menyerap ke permukaan (Clark, Viessman, and Hammer, 1977).



MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

Gambar 2.1 Diagram Skema yang Memperlihatkan Bentuk dari Proses Biologi di *Trickling Filter* (Sumber: Clark, Viessman, and Hammer, 1977)

Aliran air limbah diantara tumpukan media umumnya laminer, dan lapisan mikroba terdiri dari lapisan aerobik dan lapisan anaerobik. Lapisan aerobik dibatasi oleh kedalaman masuknya oksigen ke lapisan *biofilm*, yang dipengaruhi oleh difusivitas oksigen di *biofilm*, konsentrasi oksigen di batas fase *biofilm* dan air limbah serta kecepatan pemakaian oksigen di *biofilm*. Untuk kecepatan aliran dan limbah tertentu, tebal lapisan aerobik akan mencapai harga yang tertentu. Kenaikan kadar bahan organik dalam air limbah akan mengurangi ketebalan lapisan aerobik ini, sedangkan kenaikan kecepatan aliran limbah akan menambah ketebalan lapisan ini. Ketebalan *biofilm* yang dapat dimasuki oleh substrat tergantung pada beberapa faktor, yaitu:

1. Kecepatan aliran,
2. Kadar kandungan bahan organik dalam limbah,
3. Difusivitas bahan organik dalam *biofilm*, dan
4. Kecepatan pemakaian bahan organik dalam *biofilm*.

Secara umum kedalaman *biofilm* yang dapat dimasuki bahan organik akan bertambah dengan naiknya kadar bahan organik maupun kecepatan aliran

limbah. Setelah bahan organik dikonsumsi oleh *biofilm*, tebal *biofilm* akan bertambah, setelah waktu tertentu, akan mencapai kedalaman dimana bahan organik akan habis sebelum memasuki keseluruhan lapisan *biofilm*. Mikroba yang ada pada lapisan *biofilm* yang tidak dimasuki bahan organik, akan memanfaatkan bahan organik *cytoplasma*-nya untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya (pada fase kematian), sehingga pada tahap ini mikroba akan kehilangan kemampuannya untuk menempel pada media sehingga akan terlepas keluar filter bersama limbah, peristiwa ini disebut *sloughing* (Marsono, 1995).

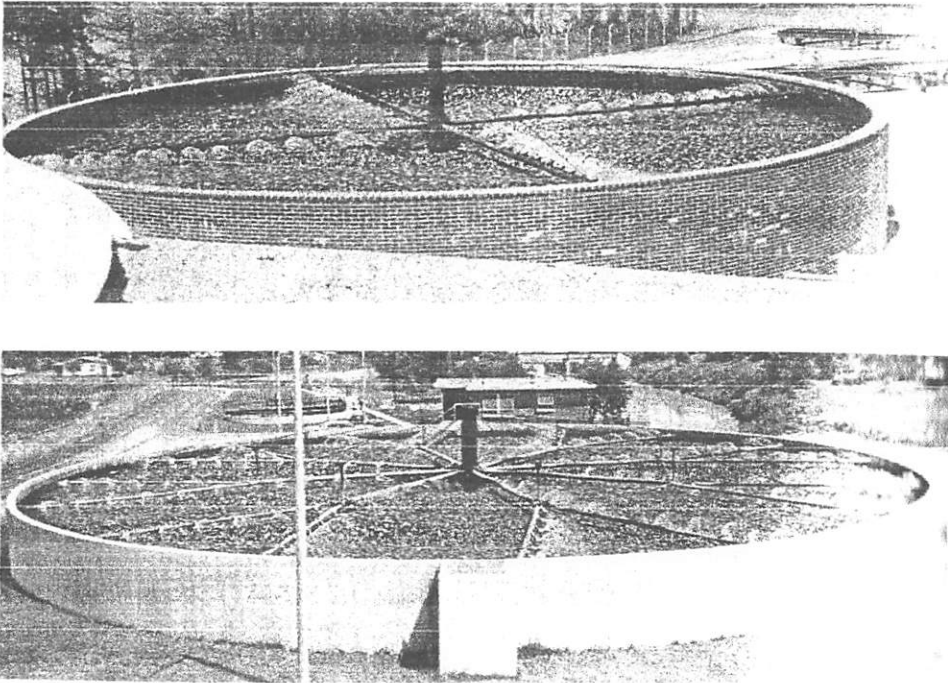
2.6.2 Mekanisme Kerja Alat Trickling Filter

Air limbah didistribusikan pada bagian atas dengan suatu lengan distributor yang dapat berputar. Filter juga dilengkapi dengan *underdrain* untuk mengumpulkan *biofilm* yang mati untuk kemudian diendapkan dalam bak sedimentasi. Bagian cairan yang keluar biasanya dikembalikan lagi ke *trickling filter* sebagai pengencer air baku yang diolah (Marsono, 1995).

Air limbah akan didistribusikan di atas tumpukan media oleh distributor, kemudian air limbah akan membentuk lapisan tipis ketika mengalir melewati *biofilm* yang tumbuh di permukaan media (Benefield and Randal, 1980).

Sifat yang penting untuk media yang harus dipenuhi adalah:

1. Luas permukaan spesifik, semakin luas permukaan maka semakin banyak mikroorganisme persatuan volume.
2. Volume ruang kosong, makin banyak ruang kosong diantara tumpukan bahan isian maka semakin besar pula kecepatan aliran limbah yang dapat diolah tanpa adanya keterbatasan oksigen (Benefield and Raandal, 1980).



Gambar 2.2 Unit *Trickling Filter* di Dalam Pengoperasian
(*Courtesy Lakeside Equipment Corporation*)

Air buangan yang diolah dengan *trickling filter* harus terlebih dahulu diendapkan, karena pengendapan dimaksudkan untuk mencegah penyumbatan pada distributor dan media filter.

Air limbah diteteskan secara periodik dan terus-menerus ke atas media *trickling filter*. Bahan organik yang ada dalam air limbah diuraikan oleh mikroorganisme yang menempel pada media filter. Bahan organik sebagai substrat yang terlarut dalam air limbah diabsorpsi *biofilm* atau lapisan berlendir dan dilepaskan sebagai bahan suspensi yang berkoagulasi karena massanya lebih berat maka akan lebih mudah mengendap.

Bahan organik yang ada dalam limbah cair diuraikan oleh mikroorganisme yang menempel pada media filter. Pada bagian luar *biofilm*, bahan organik diuraikan oleh mikroorganisme aerobik. Pertumbuhan mikroorganisme akan mempertebal lapisan *biofilm* (0,1-0,2 mm). Oksigen yang terdifusi dapat dikonsumsi sebelum *biofilm* mencapai ketebalan maksimum. Pada saat mencapai

ketebalan maksimum, oksigen dapat mencapai penetrasi secara penuh, akibatnya bagian dalam atau permukaan media menjadi anaerobik.

Pada saat lapisan *biofilm* mengalami ketebalan bahan organik yang diabsorpsi dapat diuraikan oleh mikroorganisme, namun tidak dapat mencapai mikroorganisme yang berada di permukaan media. Dengan kata lain, tidak tersedia bahan organik untuk sel karbon pada bagian permukaan media, sehingga mikroorganisme pada bagian sekitar permukaan media mengalami fase kematian (*endogenous*).

Pada akhirnya mikroorganisme sebagai *biofilm* tersebut akan terlepas dari media. Cairan yang masuk akan turut melepas atau mencuci dan mendorong *biofilm* keluar. Setelah itu lapisan *biofilm* baru akan segera mulai tumbuh. Fenomena lepasnya *biofilm* dari media disebut *sloughing* dan hal ini fungsi dari beban organik dan beban hidroulik memberikan kecepatan daya gerus *biofilm*, sedangkan beban organik memberikan kontribusi pada laju metabolisme dalam *biofilm*.

Mikroorganisme yang dominan adalah bakteri *aerob*, *anaerob fakultatif*, dan *anaerob obligat*. Bakteri aerob *bacillus* terdapat di lapisan teratas, sedangkan bakteri anaerob *Desulfotomobacter* terdapat di lapisan terbawah. Kelompok yang paling dominan adalah bakteri *anaerob fakultatif*, yang dapat hidup secara aerobik pada saat tersedia oksigen, tetapi dapat hidup terus menerus secara aerobik apabila terjadi penurunan kandungan oksigen. Jenis bakteri fakultatif yang biasa ditemukan adalah spesies-spesies dari *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Micrococcus* dan anggota-anggota *Enterobacteriaceae* (Asmadi dan Suharno, 2012).

2.6.3 Klasifikasi Filter pada Trickling Filter

Trickling filter digolongkan oleh beban hidroulik dan beban organik. Klasifikasi tersebut adalah sebagai berikut (Metcalf and Eddy, 1991):

1. *Low rate filters*.
2. *Intermediate rate filters*.
3. *High rate filters*.

4. *Super high rate filters.*

5. *Roughing filters.*

Sering *two stage filter* digunakan, dimana dua *trickling filter* dihubungkan secara seri. Tingkatan loading biasanya berhubungan dan karakteristik operasi lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 Kriteria Desain Trickling Filter

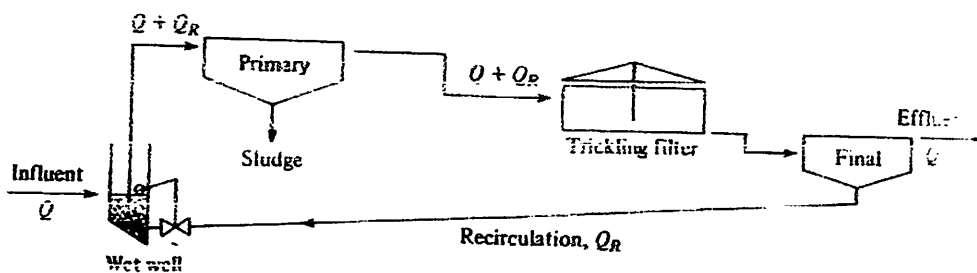
Parameter	Low Rate Filter	Intermediate Rate Filter	High Rate Filter	Two Stage Filter
Beban Hidrolik (m ³ /m ² .hari)	1-4	4-10	10-40	10-40
Beban Orgaik (Kg BOD/m ³ .hari)	0,08-0,32	0,24-0,48	0,32-1,0	1,0-2,0
Kedalaman (m)	1,5-3,0	1,25-2,5	1,0-2,0	2,0-3,0
Rasio Resirkulasi	0	0-1	1-3	0,5-0,3
Media Filter	Batu, plastik, dll	Batu, plastik, dll	Batu, plastik, dll	Batu, bahan sintesis, dll
Kebutuhan Power (kW/10 ³ .m ³)	2-4	2-8	6-10	6-10
Jumlah Lalat	Banyak	Sedang	Jarang	Tidak ada
Sloughing	Intermittent	Intermittent	Kontinyu	Kontinyu
Effluent	Full nitrifikasi	Partial nitrifikasi	Nitrifikasi pada Beban rendah	Nitrifikasi pada beban rendah

(Sumber: Marsono, 1995)

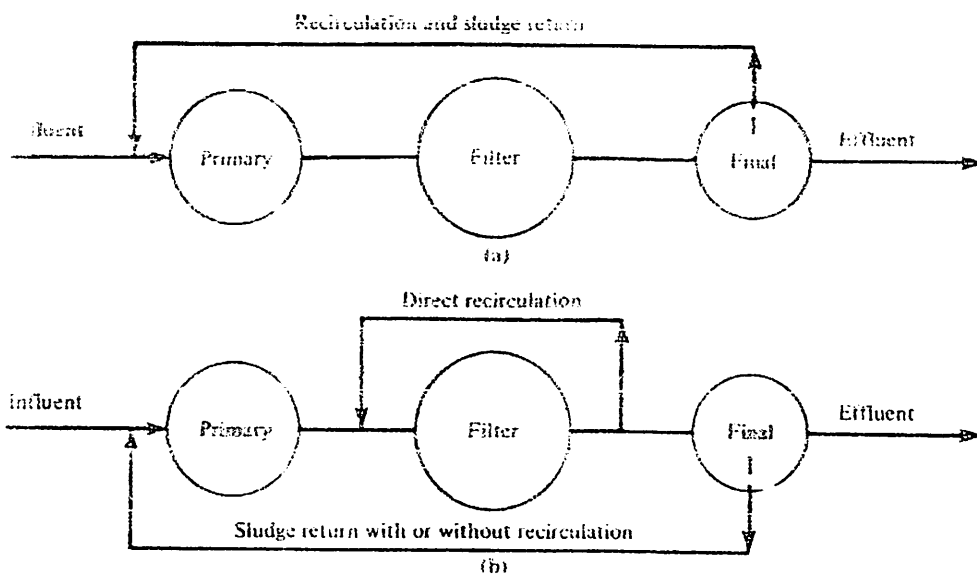
1. *High rate filters*

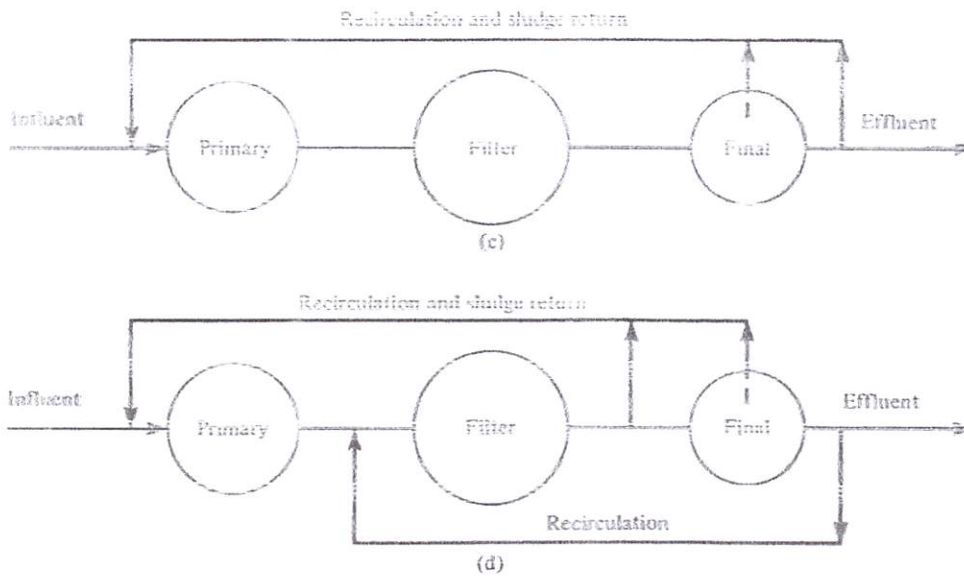
High rate filters didesain untuk *loading* yang kokoh, lebih tinggi daripada *low rate filters*. Resirkulasi dari effluent yang berasal *trickling filter clarifier* mengizinkan *high rate filters* untuk mencapai efisiensi removal yang mirip dengan *low rate filters* atau *intermediate rate filters*. Yang dimaksud dengan faktor resirkulasi (R) adalah nilai rasio antara debit resirkulasi (Q_r) dengan debit influent air buangan (Q_i), yaitu $R = Q_r/Q_i$ (dapat dilihat pada gambar 2.3). Resirkulasi dari effluent filters mengelilingi filter (dapat dilihat pada gambar 2.4 yang menunjukkan

contoh tipe resirkulasi untuk *single stage high rate filters*) hasil dikembalikannya organisme dapat terus hidup dan sering juga memperbaiki efisiensi pengolahan. Resirkulasi juga membantu mencegah kolam di filter dan mereduksi gangguan dari bau dan lalat. *High rate filters* menggunakan salah satu media batu atau media plastik. Filters biasanya berbentuk lingkaran dan aliran kontinyu (Metcalf and Eddy, 1991).



Gambar 2.3 Profil dari Tipe *High Rate Filters* yang Direncanakan
(Sumber: Clark, Viessman, and Hammer, 1977)





Gambar 2.4 Contoh Tipe Resirkulasi untuk *Single Stage High Rate Filters*. (a) Resirkulasi dengan Lumpur Kembali. (b) Resirkulasi Langsung antar Filter. (c) Resirkulasi dengan Effluent yang Direncanakan. (d) Resirkulasi Rangkap (Sumber: Clark, Viessman, and Hammer, 1977)

2.6.4 Faktor-faktor Yang Berpengaruh Pada Efisiensi Penggunaan Trickling Filter

Agar fungsi *trickling filter* dapat berjalan dengan baik, diperlukan persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

a. Persyaratan Abiotis

1. Lama waktu tinggal *trickling filter*

Diperlukan lama waktu tinggal yang disebut dengan masa pengkondisian atau pendewasaan agar mikroorganisme yang tumbuh di atas permukaan media telah tumbuh cukup memadai untuk terselenggaranya proses yang diharapkan. Waktu aerasi dirancang umumnya antara 3–8 hari. Lama waktu tinggal ini dimaksudkan agar mikroorganisme dapat menguraikan bahan-bahan organik dan tumbuh di permukaan media *trickling filter* membentuk lapisan *biofilm* atau lapisan berlendir. Pertumbuhan



mikroorganisme pada media batu kali mulai terbentuk lapisan *biofilm* pada hari ke-3 masa pengkondisian.

2. Aerasi

Agar aerasi berlangsung dengan baik, media *trickling filter* harus disusun sedemikian rupa sehingga memungkinkan masuknya udara ke dalam sistem *trickling filter* tersebut. Keterbatasan udara dalam hal ini adalah oksigen sangat berpengaruh terhadap proses penguraian oleh mikroorganisme. Aerasi juga dapat dilakukan dengan distributor berputar. Air limbah dikeluarkan di atas penyaring menetes oleh suatu distributor berputar sehingga aerasi cairan berlangsung sebelum kontak dengan media.

3. Jenis media

Bahan untuk media *trickling filter* harus kuat, keras, tahan tekanan, tahan lama, tidak mudah berubah dan mempunyai luas permukaan per unit volume yang tinggi. Bahan yang biasa digunakan adalah kerikil, batu kali, antrasit, batu bara dan sebagainya. Akhir-akhir ini telah digunakan media plastik yang dirancang sedemikian rupa sehingga menghasilkan panas yang tinggi.

4. Diameter media

Diameter media *trickling filter* biasanya antara 2,5-7,5 cm. Sebaiknya dihindari penggunaan media dengan diameter terlalu kecil karena akan memperbesar kemungkinan penyumbatan. Makin luas permukaan media, maka makin banyak pula mikroorganisme yang hidup di atasnya.

5. Ketebalan susunan media

Ketebalan media *trickling filter* minimum 1 meter dan maksimum 3-4 meter. Makin tinggi ketebalan media, maka akan makin besar pula total luas permukaan yang ditumbuhi mikroorganisme sehingga makin banyak pula mikroorganisme yang tumbuh menempel di atasnya.

6. pH

Pertumbuhan mikroorganisme khususnya bakteri, dipengaruhi oleh nilai pH. Agar pertumbuhan baik, diusahakan nilai pH mendekati keadaan

netral. Nilai pH antara 4-9,5 dengan nilai pH yang optimum 6,5-7,5 merupakan lingkungan yang sesuai.

7. Karakteristik air buangan

Air buangan yang diolah dengan *trickling filter* terlebih dahulu diendapkan, karena pengendapan dimaksudkan untuk mencegah penyumbatan pada distributor dan media filter.

8. Suhu

Pertumbuhan mikroorganisme juga dipengaruhi suhu. Suhu yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme adalah 25-37°C. Selain itu suhu juga mempengaruhi kecepatan reaksi dari suatu proses biologi, bahkan efisiensi dari *trickling filter* sangat dipengaruhi oleh suhu.

b. Persyaratan Biotis

Persyaratan biotis diperlukan dalam penggunaan *trickling filter* adalah jenis, jumlah dan kemampuan mikroorganisme dalam *trickling filter* serta asosiasi kehidupan di dalamnya (Asmadi dan Suharno, 2012).

2.6.5 Kelebihan dan Kekurangan *Trickling Filter*

a. Kelebihan

Kelebihan dari *trickling filter* antara lain :

- 1) *Simple*
- 2) proses cocok untuk area pengolahan
- 3) efektif dalam mengolah konsentrasi organik tergantung dari media yang digunakan
- 4) Cocok untuk komunitas kecil-sedang dan sistem *onsite*.
- 5) Relatif hemat energi
- 6) Tingkat kepercayaan kinerja tinggi
- 7) Mempunyai kemampuan dalam penanganan dan pemulihan dari *shock load*
- 8) Daya tahan elemen proses tinggi
- 9) Tidak membutuhkan tenaga ahli

b. Kekurangan

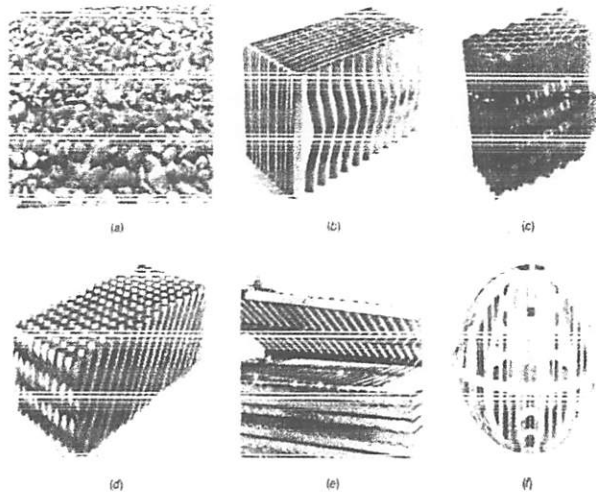
- 1) Pengolahan tambahan mungkin dibutuhkan untuk mendapatkan effluen standar yang baik
- 2) Timbulan lumpur harus diolah dan dibuang
- 3) Perlu pemeriksaan teratur
- 4) Relatif tinggi masalah *clogging*
- 5) Dapat menimbulkan masalah vektor dan bau busuk

(Asmadi dan Suharno, 2012).

2.6.6 Media Filter

Media filter yang ideal merupakan bahan yang mempunyai luas permukaan tinggi per satuan volume, murah harganya, mempunyai daya tahan lama, dan tidak mudah tersumbat. Tipe media filter dapat dilihat pada Gambar 2.5. Karakteristik fisik umum yang digunakan media filter, dapat dilihat pada Gambar 2.3. Sampai pertengahan 1960, bahan yang digunakan paling sering salah satunya adalah granit berkualitas tinggi atau ampas bijih besi yang sudah dipanaskan. Karena berharga dan masalah-masalah seperti daerah kosong yang sedikit, dan potensial penyumbatan biomassa, media batu telah digantikan untuk desain selanjutnya oleh plastik, kayu merah, kayu yang diberi tekanan.

Dimana lokasi yang tersedia, media batu memperoleh keuntungan yaitu harga yang murah. Bahan yang paling cocok biasanya tersedia kerikil sungai atau batu yang telah dihancurkan, tingkatan untuk ukuran yang seragam mencapai 95% antara 3 in - 4 in (75 mm - 100 mm). Spesifikasi ukuran yang seragam memastikan cukup pori-pori kosong untuk aliran air limbah dan sirkulasi udara. Karakteristik penting lainnya dari media filter adalah mempunyai kekuatan dan daya tahan. Daya tahan mungkin menentukan percobaan sodium sulfat, yang biasanya digunakan untuk percobaan kekuatan dinding beton. Karena berat media, kedalaman media filter batu biasanya mempunyai batas 5 ft - 10 ft (1,5 m - 3 m).

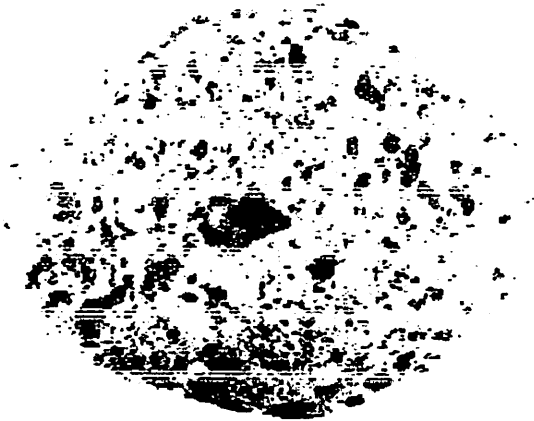


Gambar 2.5 Tipe kemasan media untuk trickling filters: (a) batu, (b) dan (c) aliran plastik vertikal, (d) aliran plastik silang, (e) kayu merah horizontal dan (f) kemasan acak { gambar (c) dan (d), from American Surfpac Corp., (e) from Neptune Microfloc, dan (f) from Jaeger Products, Inc. } (Sumber: Metcalf and Eddy, 1991)

2.6.6.1 Media Batu Apung

1. Definisi dan Proses Pembentukan Batu Apung

Batu apung (*pumice*) adalah jenis batuan yang berwarna terang, mengandung buih yang terbuat dari gelembung berdinding gelas, dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat. Batuan ini terbentuk dari magma asam oleh aksi letusan gunung api yang mengeluarkan materialnya ke udara, kemudian mengalami transportasi secara horizontal dan terakumulasi sebagai batuan piroklastik.



Gambar 2.6 Bentuk Batu Apung

Batu apung mempunyai sifat vesicular yang tinggi, mengandung jumlah sel yang banyak (berstruktur selular) akibat ekspansi buih gas alam yang terkandung di dalamnya. Dan pada umumnya terdapat sebagai bahan lepas atau fragmen-fragmen dalam breksi gunung api. Sedangkan mineral-mineral yang terdapat dalam batu apung adalah feldspar, kuarsa, kbsidian, kristobalit, kridimit.

Pumice terjadi bila magma asam muncul ke permukaan dan bersentuhan dengan udara luas secara tiba-tiba. Buih gelas alam dengan gas yang terkandung didalamnya mempunyai kesempatan untuk keluar dan magma membeku dengan tiba-tiba. *Pumice* umumnya terdapat sebagai fragmen yang terlemparkan pada saat gunung api dengan ukuran dari kerikil sampai bongkah. *Pumice* umumnya terdapat sebagai lelehan atau aliran permukaan, bahan lepas, atau fragmen dalam breksi gunung api. Batu apung dapat pula dibuat dengan cara memanaskan obsidian, sehingga gasnya keluar. Pemanasan yang dilakukan pada obsidian dari Krakatau, suhu yang diperlukan untuk mengubah obsidian menjadi batu apung rata-rata 880°C. Berat jenis obsidian yang semula 2,36 turun menjadi 0,416 sesudah perlakuan tersebut oleh sebab itu mengapung di dalam air. Batu apung ini mempunyai sifat hidrolis. *Pumice* berwarna putih abu-abu, kekuningan sampai merah, tekstur vesikuler dengan ukuran lubang yang bervariasi baik berhubungan satu sama lain atau tidak struktur skorious dengan lubang yang terorientasi. Kadang-kadang lubang tersebut terisi oleh zeolit atau kalsit. Batuan ini tahan terhadap pembekuan embun (*frost*), tidak begitu higroskopis (mengisap air).

Mempunyai sifat penghantar panas yang rendah. Kekuatan tekan antara 30-20 kg/cm². Komposisi utama mineral silikat amorf.

(<http://www.adipedia.com/2011/06/mengenal-batu-apung-pumice.html>)

2. Sifat-sifat Batu Apung

Sifat-sifat kimia batu apung adalah sebagai berikut:

a) Komposisi kimianya:

- SiO₂ : 60,00 – 75,00%
- Al₂O₃ : 12,00 – 15,00%
- Fe₂O₃ : 0,90 – 4,00%
- Na₂O : 2,00 – 5,00%
- K₂O : 2,00 – 4,00%
- MgO : 1,00 – 2,00%
- CaO : 1,00 - 2,00%
- Unsur lainnya : TiO₂, SO₃, dan Cl.

b) Berwarna terang

c) Mengandung buih yang terbuat dari gelembung berdinding gelas.

d) Sifat fisika:

- Bobot isi ruah : 480 – 960 kg/cm³
- Peresapan air : 16,67%
- Gravitasi spesifik : 0,8 gr/cm³
- Hantaran suara : rendah
- Rasio kuat tekan terhadap beban : Tinggi
- Konduktifitas panas : rendah
- Ketahanan terhadap api : s.d 6 jam

(Sukandarrumudi. 2009)

3. Pemanfaatan Batu Apung Sebagai Media Pengolahan Air Limbah

Salah satu kegunaan batu apung dalam bidang pengolahan air limbah adalah sebagai media filtrasi. Sebagai media filtrasi, batu apung banyak digunakan untuk membersihkan limbah perkotaan dan industri karena mempunyai

luas area permukaan yang besar serta berpori banyak, sehingga batu apung ideal untuk digunakan sebagai agen filtrasi. Suatu badan penelitian berkembang telah menunjukkan apung menjadi media yang efektif untuk penyaringan air. Struktur berbusa dan kemurnian dekat-putih Hess apung membuatnya ideal untuk menangkap dan menahan *cyanobacterial* racun dan kotoran lainnya yang ditemukan mengotori air. Batu apung memiliki beberapa keunggulan dibandingkan media filtrasi lain seperti tanah liat diperluas, antrasit, pasir, dan PFA disinter. Tes dilakukan perbandingan antara pasir unggul dan filter batu apung untuk mengobati air ditemukan batu apung menjadi keunggulan dalam kinerja kekeruhan penghapusan dan kerugian head. Manfaat batu apung untuk aplikasi pengolahan air meliputi:

- Peningkatan tingkat filtrasi
- pemanfaatan energi rendah
- sebagai alas dasar yang baik dalam medium filtrasi
- Lebih besar luas permukaan
- Rendah biaya perawatan filter
- Ekonomis: menghemat pengeluaran modal untuk pembangkit pengobatan limbah baru

(Sukandarrumudi. 2009)

2.7 Metode Pengolahan Data

2.7.1 Statistika Deskriptif dan Inferensi

Secara garis besar, statistik dibedakan menjadi 2 yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensi. Metode statistika yang meringkas, menyajikan, dan mendeskripsikan data dalam bentuk yang mudah dibaca sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi disebut statistika deskriptif. Statistika deskriptif menyajikan data dalam tabel, grafik, ukuran pemusatan data, dan penyebaran data. Agar mendapatkan data lebih terperinci, kita memerlukan analisis data dengan metode statistika tertentu. Hasil analisis data akan memberikan informasi lebih rinci sehingga kita memperoleh suatu kesimpulan mengenai suatu fenomena berdasarkan sampel yang diambil. Analisis tersebut

dinamakan statistika inferensi. Statistika inferensi sering disebut statistika induktif. Statistika inferensi memerlukan pengetahuan lebih mengenai konsep probabilitas yang biasa dikenal sebagai ilmu peluang. Ilmu peluang tidak lepas dari statistika karena membantu pengambilan keputusan statistik suatu data (Iriawan N dan Astuti, 2006).

2.7.2 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 :

Hipotesis awal (H_0) : $\rho = 0$

Hipotesis alternatif (H_1) : $\rho \neq 0$

Dimana ρ adalah korelasi antara 2 variabel.

Daerah penolakan:

P-value $< \alpha$ (dengan nilai $\alpha = 0,05$)



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 ekstrim.
3. Kita bisa membuat korelasi hanya jika variabel memiliki hubungan sebab akibat.

2.7.3 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 predictor.
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 dependen karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian, variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respon dan sering disebut variabel independen karena peneliti bebas mengendalikannya (Iriawan N dan Astuti, 2006).

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

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_t x_t + \epsilon$$

Hipotesis

H_0 : koefisien regresi tidak signifikan.

H_1 : koefisien regresi signifikan.

Pengambilan keputusan

- a. Untuk nilai t , berdasarkan pada perbandingan t hitung dengan t tabel:
 - Jika statistik hitung (angka t output) $>$ statistik tabel $t_{(\alpha,df)}$, H_0 ditolak.
 - Jika statistik hitung (angka t output) $<$ statistik tabel $t_{(\alpha,df)}$, H_0 diterima.
- b. Untuk nilai Probabilitas
 - Jika probabilitas $>$ 0,05 berarti H_0 diterima.
 - Jika probabilitas $<$ 0,05 berarti H_0 ditolak.

2.7.4 Pengantar Desain Eksperimen

Desain eksperimen berperan penting dalam mengembangkan proses agar kinerja 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).

2.7.4.1 Langkah-langkah dalam Desain Eksperimen

Berikut adalah langkah-langkah dalam melakukan desain eksperimen:

- 1) Mengenal masalah
- 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

2.7.4.2 ANOVA (*Analysis of Variance*)

Analysis of Variance atau sering dikenal ANOVA digunakan untuk menyelidiki hubungan antara variabel respon (dependen) dengan 1 atau beberapa variabel prediktor (independen).

Hipotesis

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = 0$ (rata-rata sampel tiap perlakuan sama)

$H_1 : \tau_i \neq 0$ (ada perlakuan yang rata-ratanya tidak sama)

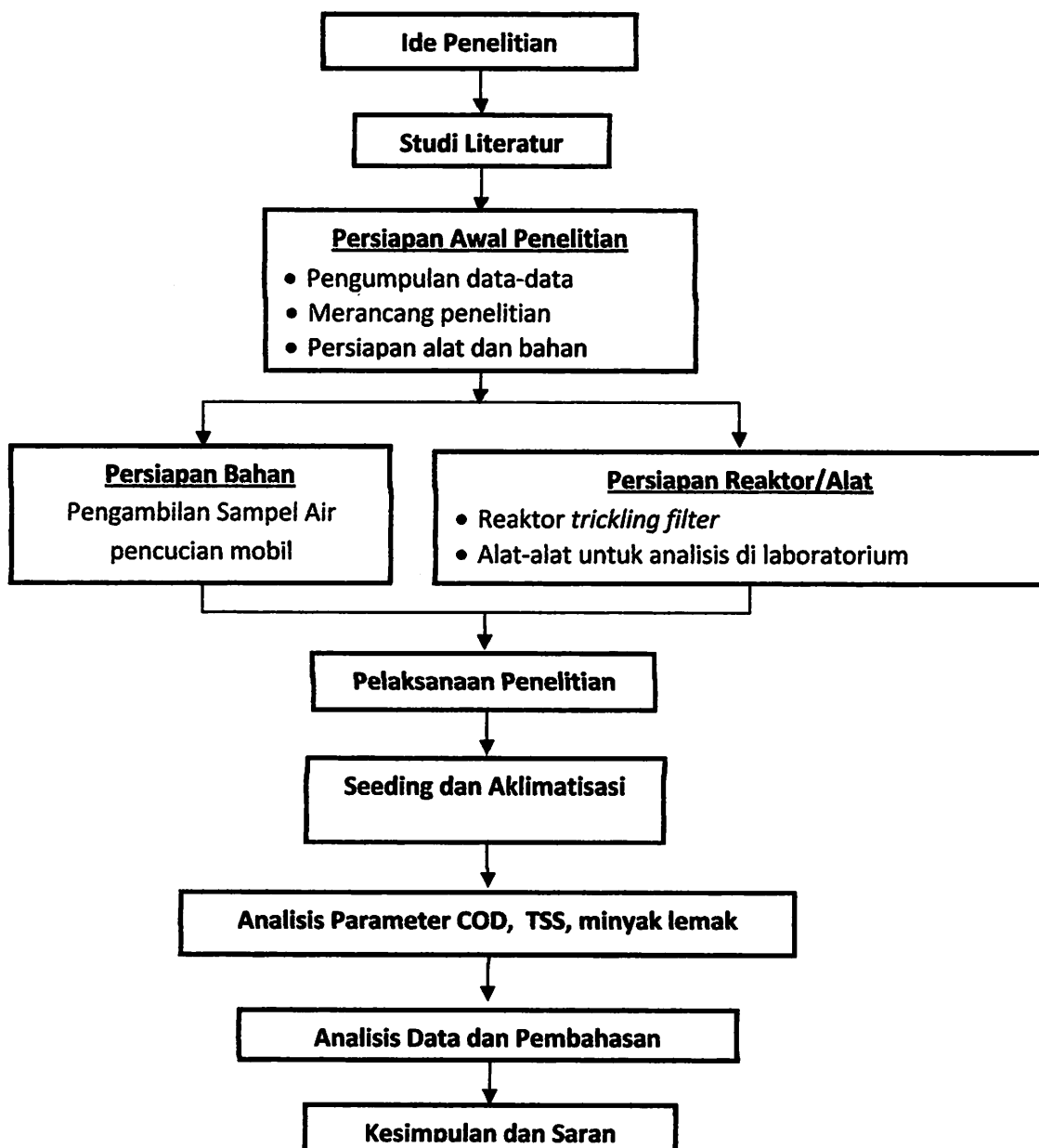
Pengambilan keputusan

- a. Untuk nilai F , berdasarkan pada perbandingan F hitung dengan $F_{\alpha, a-1, N-a}$ dimana a adalah banyak replikasi di tiap level faktor dan N adalah banyaknya seluruh pengamatan.
 - Jika $F > F_{\alpha, a-1, N-a}$ berarti H_0 ditolak.
 - Jika $F < F_{\alpha, a-1, N-a}$ berarti H_0 diterima.
- b. Daerah penolakan
 - Jika probabilitas $> 0,05$ berarti H_0 diterima.
 - Jika probabilitas $< 0,05$ berarti H_0 ditolak.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam suatu tahapan penelitian. Gambaran penelitian secara utuh dari tahapan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1 di bawah ini :



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang di JL. Bendungan Sigura-gura No. 2 Malang, dilaksanakan pada bulan Juli 2012.

3.3 Variabel Penelitian

Beberapa variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel Respon (Y)

- COD
- TSS
- Minyak dan lemak

Ketiga parameter diatas merupakan bagian parameter yang dianalisis harus memenuhi standar baku mutu limbah cair bagi industri atau kegiatan usaha lainnya yang telah ditetapkan dalam Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002 (Lampiran F)

2. Variabel Prediktor (X)

- Debit aliran limbah : 1400 ml/menit, 1500 ml/menit dan 1600 ml/menit.
Debit aliran limbah yang dipakai sesuai dengan kriteria perhitungan desain *trickling filter*.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat-alat Penelitian

3.4.1.1 Peralatan *Trickling Filter*

Alat- alat *trickling filter* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bak penampung air limbah

Merupakan bak yang digunakan untuk menampung air limbah yang akan diolah. Limbah cair dialirkan melalui pipa menggunakan dan *valve* (Lampiran A : Kriteria Desain Reaktor)

2. Bak Pengendapan I

Berupa bak berbentuk tabung dengan kapasitas \pm 96 liter yang mempunyai dimensi sebagai berikut:

- Diameter : 35 cm
- Tinggi : 100 cm

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada (Lampiran A : Kriteria Desain Reaktor).

3. Bak pengatur debit aliran

Merupakan bak yang digunakan untuk mengatur debit aliran limbah. Limbah cair dialirkan secara gravitasi melalui pipa dan *valve/stop* kran yang digunakan untuk mengatur aliran air dan debit aliran yang akan masuk ke kolom *trickling filter*.

4. Kolom *trickling filter*

Berbentuk tabung dengan diameter = 50 cm dan tinggi 170 cm.

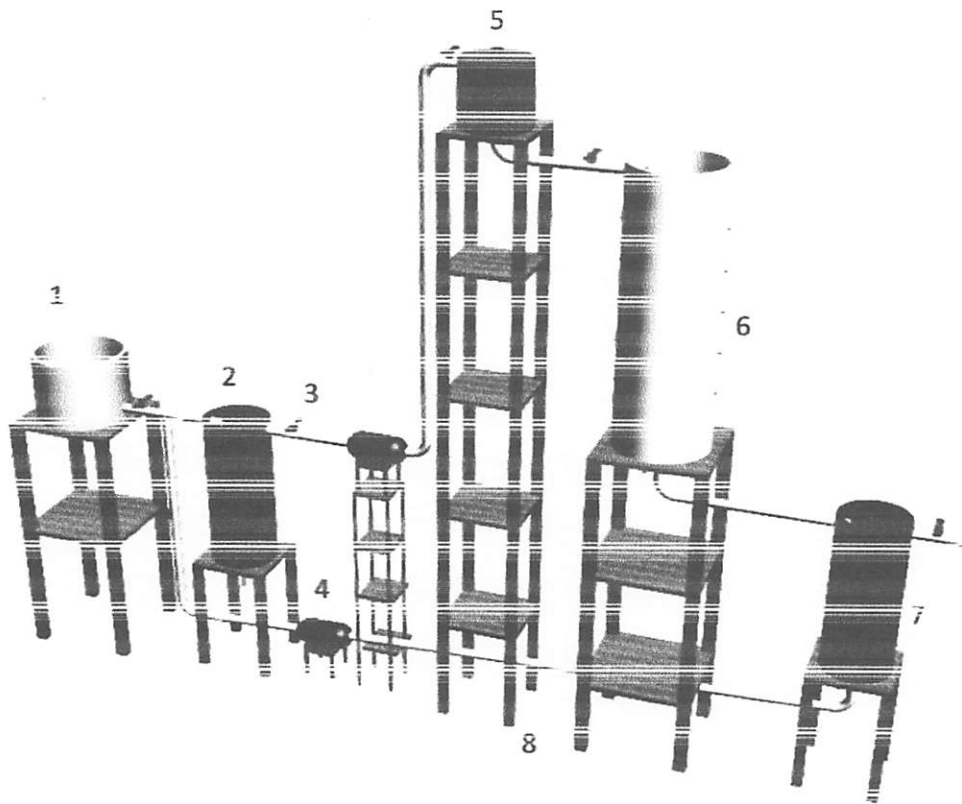
5. Bak Pengendapan II (clarifier)

Merupakan bak yang digunakan untuk menampung air limbah setelah melalui kolom *trickling filter*.

6. Pompa

Digunakan untuk mengalirkan atau memompakan air limbah selama proses penelitian.

Untuk lebih jelasnya mengenai rangkaian alat yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini:



Gambar 3.2. Reaktor *Trickling Filter*

Keterangan Gambar:

1. Bak penampung limbah.
2. Bak Pengendapan I
3. Valve.
4. Pompa.
5. Bak pengatur debit.
6. *Trickling Filter*.
7. Bak Pengendapan II (*clarifier*)
8. Meja penyangga reaktor.

Mekanisme atau cara kerja reaktor

1. Limbah pencucian mobil dimasukkan dan ditampung dalam bak penampung limbah (1)
2. Kemudian limbah tersebut dialirkan menuju bak pengendapan I (2).
3. Limbah kemudian dialirkan menuju bak pengatur debit (5) dengan menggunakan pompa (4) kemudian diteruskan menuju kolom *trickling filter* (6).
4. Setelah limbah melewati media filter pada kolom *trickling filter* kemudian ditampung pada bak pengendapan II (*clarifier*) (7).
5. Proses pengaliran limbah dilakukan secara kontinyu sampai terbentuk lapisan *biofilm*.
6. Setelah itu, air limbah diganti dengan air limbah yang baru untuk selanjutnya dialirkan sesuai dengan debit yang direncanakan (lampiran A : Kriteria Desain Reaktor).
7. Air limbah baru dialirkan dari bak penampung limbah (1) sampai bak pengendapan II (7). Setelah itu diresirkulasikan menuju bak pengendapan I (2) dan diteruskan lagi seperti dari urutan kerja 3 sampai 5.
8. Setelah melalui proses resirkulasi kemudian melakukan pengambilan sampel di effluent *trickling filter* untuk selanjutnya di ukur pH dan suhu nya dan selanjutnya menganalisis COD, TSS, dan minyak lemak pada sampel.

3.4.1.2 Peralatan untuk analisis parameter limbah

Peralatan untuk analisis parameter limbah pada penelitian ini terdiri atas analisis PV (*Permanganat Value*), analisis COD (*Chemical Oxygen Demand*), analisis TSS (*Total Suspended Solid*) dan analisis minyak lemak serta pengukuran suhu dan pH.



3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Air limbah yang berasal dari pencucian mobil “The Auto Bridal”, Malang.
2. Media batu apung dengan ukuran ± 7 cm.

Filter media biasanya mempunyai ukuran diameter 25-100 mm (Marsono, 1995).

Untuk mendapatkan keseragaman ukuran media dilakukan pengukuran diameter terlebih dahulu.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Analisis Awal

Pada tahap penelitian ini dilakukan analisis awal untuk mengetahui kondisi awal limbah pencucian mobil yang akan diolah. Parameter yang dianalisis adalah COD, TSS, minyak dan lemak.

a. Analisis COD

Dalam menganalisis COD digunakan metode *closed reflux titrimetric*. Prinsip pengukuran dengan cara ini adalah senyawa organik dalam air dioksidasi oleh larutan kalium dikromat dalam suasana asam sulfat pada temperatur 150°C selama ± 2 jam. Kelebihan kalium dikromat (yang tidak tereduksi) dititrasi dengan larutan ferro amonium sulfat (FAS) memakai indikator ferroin. Materi organik yang teroksidasi akan dikalkulasi dalam bentuk ekivalensi oksigen (Alaerts dan Santika, 1987).

b. Analisis TSS

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

c. Analisis Minyak dan Lemak

Metode yang digunakan dalam menganalisis minyak dan lemak adalah metode gravimetri. Prinsip metode gravimetri adalah bila minyak lemak dalam sampel dipisahkan dengan menggunakan filter kertas atau filter fiber glass (serabut kaca) dan kemudian tertahan pada filter dikeringkan pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$. Maka berat residu sesudah pengeringan adalah minyak lemak.

3.5.2 Tahap Pembenuhan (*seeding*)

Pembenuhan dilakukan untuk memperoleh sejumlah mikroorganisme yang akan berperan dalam penguraian bahan organik dalam reaktor *trickling filter*. Pembenuhan dilakukan langsung pada reaktor dari model yang dibuat. Pembenuhan merupakan proses yang dilakukan untuk memperoleh sejumlah mikroorganisme aktif yang dapat berperan dalam penguraian bahan organik dalam reaktor *trickling filter*. Sebelum melakukan *seeding*, terlebih dahulu media dimasukkan dalam reaktor. *Seeding* dilakukan dengan cara memasukkan sampel limbah yang akan diolah ke dalam reaktor dan kemudian sistem dioperasikan sesuai dengan variabel penelitian (Droste, 1997 dalam Drasnyta, 2009).

3.5.3 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. Aklimatisasi dilakukan bersama-sama dengan proses *seeding*, karena air limbah yang digunakan untuk proses *seeding* sama dengan air limbah yang akan diolah oleh *trickling filter* (Henze and Herremoes, 1983 dalam Drasnyta, 2009).

Setelah proses *seeding* dan aklimatisasi barulah dilakukan pengukuran parameter dari effluen secara berkala. Selanjutnya masuk ke tahap penelitian

3.5.4 Tahap Penelitian

Adapun urutan dalam tahap penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Limbah cair pencucian mobil yang sudah mengalami kondisi *steady-state* (tahap *seeding* dan aklimatisasi) dibuang dan digantikan dengan limbah cair pencucian mobil yang baru.
2. Mengatur debit aliran air pada masing-masing *valve*.
3. Pengambilan sampel dilakukan di effluen setelah melewati kolom *trickling filter*.
4. Mengukur suhu dan pH pada pengambilan sampel.
5. Menganalisis parameter COD, TSS dan minyak lemak pada pengambilan sampel.
6. Melakukan perlakuan (1) sampai dengan (5) dengan variasi debit aliran air limbah yang berbeda.

3.6 Analisis Parameter Uji

3.6.1 Analisis COD

Air limbah yang telah melalui proses pengolahan pada reaktor *trickling filter* kemudian dilakukan pengambilan sampel melalui effluen kolom *trickling filter*. Selanjutnya dilakukan analisis COD pada sampel yang diambil. (untuk analisis COD dapat dilihat pada 3.4.1 Analisis Awal, a. Analisis COD).

3.6.2 Analisis TSS

Air limbah yang telah melalui proses pengolahan pada reaktor *trickling filter* kemudian dilakukan pengambilan sampel melalui effluen kolom *trickling filter*. Selanjutnya dilakukan analisis TSS pada sampel yang diambil. (untuk analisis TSS dapat dilihat pada 3.4.2 Analisis Awal, b. Analisis TSS).

3.6.3 Analisis Minyak dan lemak

Air limbah yang telah melalui proses pengolahan pada reaktor *trickling filter* kemudian dilakukan pengambilan sampel melalui effluen kolom *trickling filter*.

Selanjutnya dilakukan analisis minyak dan lemak pada sampel yang diambil. (untuk analisis minyak dan lemak dapat dilihat pada 3.4.3 Analisis Awal, c. Analisis minyak dan lemak).

3.7 Analisis Data

Hasil penelitian yang didapat kemudian dilakukan analisis data dengan metode :

1. Analisis deskriptif bertujuan untuk mendapatkan gambaran berdasarkan gejala dan fakta yang diperoleh dari sampel penelitian yang ditampilkan dalam bentuk grafik.
2. Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel prediktor (debit) dan variabel respon (COD, TSS dan minyak lemak).
3. Analisis regresi bertujuan untuk menyatakan hubungan fungsional antara variabel prediktor (debit) dan variabel respon (COD, TSS dan minyak lemak) kedalam bentuk persamaan matematis.
4. Analisis ANOVA bertujuan untuk mengetahui tingkat keterkaitan antara berbagai variasi percobaan (debit) terhadap penurunan nilai COD, TSS dan minyak lemak.

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Konsentrasi Awal Limbah Pencucian Mobil

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka data konsentrasi awal parameter uji pada limbah cair pencucian mobil dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini :

**Tabel 4.1 Hasil Analisis Awal Limbah Cair Pencucian Mobil
"The Auto Bridal"**

No.	Parameter	Konsentrasi	Baku Mutu Limbah Cair*
1	COD (mg/l)	549.41	250
2	TSS (mg/l)	272	100
3	Minyak lemak	29,33	10
4	pH	7	6-9

(Sumber : Hasil Penelitian, 2012)

* Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002

Dari Tabel 4.1 diatas menunjukkan kualitas air buangan pencucian mobil untuk parameter COD, TSS, dan minyak lemak tidak memenuhi standar baku mutu limbah cair menurut Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002. Apabila dengan kondisi limbah seperti ini langsung dibuang ke badan air maka akan dapat menyebabkan tercemarnya badan air karena kandungannya yang melebihi standar baku mutu sehingga dapat menyebabkan terjadinya kematian biota-biota air termasuk ikan (Alaerts dan Santika, 1987). Untuk itu, perlu dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan sehingga tidak mencemari lingkungan dan sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

4.2 Penyisihan Bahan Organik Pada Tahap *Seeding* dan Aklimatisasi

Berdasarkan hasil penelitian maka penyisihan bahan organik dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini :

Tabel 4.2 Penyisihan Bahan Organik pada Tahap Aklimatisasi

Hari Ke-	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	Rata-rata Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	7-07-2012	25,4	7	23,068	0	-
2	8-07-2012	25,4	7	18,96	4,108	17,808
3	9-07-2012	25,4	7	15,8	3,16	16,667
4	10-07-2012	25,4	7	18,96	-3,16	-
5	11-07-2012	25,4	7	19,592	-0,632	-
6	12-07-2012	25,4	7	16,748	2,528	14,516
7	13-07-2012	25,4	7	18,328	-0,316	-
8	14-07-2012	25,4	7	18,644	-0,948	-
9	15-07-2012	25,4	7	16,432	1,896	11,865
10	16-07-2012	25,4	7	15,168	1,264	7,693
11	17-07-2012	25,4	7	14,22	0,948	6,25
12	18-07-2012	25,4	7	13,588	0,632	4,445
13	19-07-2012	25,4	7	13,272	0,316	2,326

(Sumber: Hasil Penelitian, 2012)

Ket : Nilai selisih (-) terjadi penurunan konsentrasi bahan organik

Nilai selisih (+) terjadi peningkatan konsentrasi bahan organik

Berdasarkan Tabel 4.2 diplotkan pada Gambar 4.1 berikut ini:



Gambar 4.1 Penyisihan Bahan Organik Pada Tahap Aklimatisasi
(Sumber: Hasil Penelitian, 2012)

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 di atas menunjukkan bahwa penyisihan bahan organik pada tahap aklimatisasi terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Peningkatan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke-13 sebesar 13,272 mg/l dan peningkatan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke-2 sebesar 18,96 mg/l sedangkan penurunan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke-7 sebesar 18,328 mg/l dan penurunan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke-4 sebesar 20 mg/l.

Penurunan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10% terjadi pada hari ke-11 sampai hari ke-13 sebesar 6,25% - 2,326%, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 13,588 mg/l - 15,168 mg/l, kondisi seperti ini bisa disimpulkan bahwa kondisi stabil (*steady state*) stabil telah tercapai.

4.3 Analisis Konsentrasi Akhir Limbah Pencucian Mobil

4.3.1 Konsentrasi Akhir COD

Berdasarkan data hasil penelitian yang dilakukan maka konsentrasi akhir COD dapat dilihat pada Tabel 4.3 di bawah ini:

Tabel 4.3 Konsentrasi Akhir COD

No.	Konsentrasi Awal COD (mg/l)	Debit Effluent (ml/menit)	Konsentrasi Akhir COD (mg/l)			
			1	2	3	Rata-rata
1	549,412	1400	237,04	165,52	165,52	189,36
2		1500	237,04	276,92	200,00	237,99
3		1600	276,92	320,00	276,92	291,28

(Sumber: Hasil penelitian, 2012)

4.3.2 Konsentrasi Akhir TSS

Berdasarkan data hasil penelitian yang dilakukan maka konsentrasi akhir COD dapat dilihat pada Tabel 4.4 di bawah ini:

Tabel 4.4 Konsentrasi Akhir TSS

No.	Konsentrasi Awal TSS (mg/l)	Debit Effluent (ml/menit)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)			
			1	2	3	Rata-rata
1	272	1400	70	68	72	70
2	272	1500	77	75	78	76,67
3	272	1600	92	95	97	94,67

(Sumber: Hasil penelitian, 2012)

4.3.3 Konsentrasi Akhir Minyak Lemak

Berdasarkan data hasil penelitian yang dilakukan maka konsentrasi akhir COD dapat dilihat pada Tabel 4.5 di bawah ini:

Tabel 4.5 Konsentrasi Akhir Minyak Lemak

No.	Konsentrasi Awal Minyak lemak (mg/l)	Debit Effluent (ml/menit)	Konsentrasi Akhir Minyak lemak (mg/l)			
			1	2	3	Rata-rata
1	29,33	1400	11	8	6	8,33
2	29,33	1500	8	11	10	9,67
3	29,33	1600	10	14	13	12,33

(Sumber: Hasil penelitian, 2012)

4.4 Analisis Deskriptif

4.4.1 Analisis Deskriptif COD

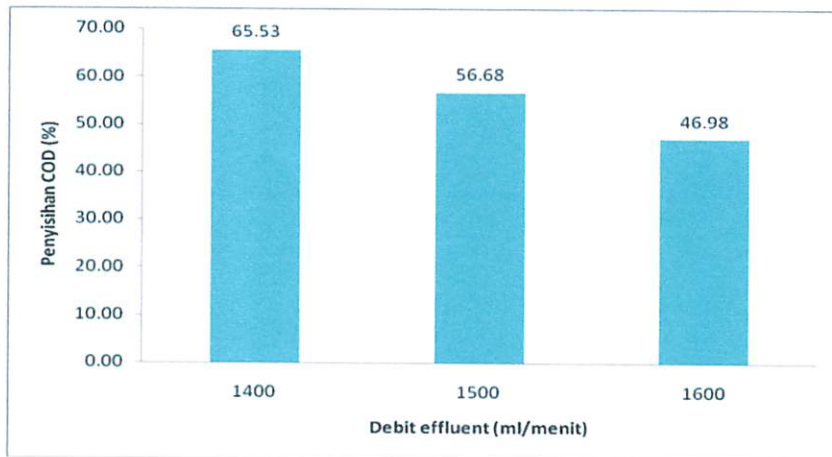
Berdasarkan hasil perhitungan maka persentase penyisihan konsentrasi COD dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut ini:

Tabel 4.6 Penyisihan COD pada Effluent Alat Tricking Filter

No.	Konsentrasi Awal COD (mg/l)	Debit Effluent (ml/menit)	Konsentrasi Akhir COD rata-rata (mg/l)	Penyisihan COD (%)
1	549,412	1400	189,36	65,53
2		1500	237,99	56,68
3		1600	291,28	46,98

(Sumber: Hasil pengolahan data, 2012)

Dari Tabel 4.6 Penyisihan COD pada proses *tricking filter* kemudian diplotkan dalam bentuk grafik dan dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini :



Gambar 4.2 Persentase Penyisihan COD pada Proses *Trickling filter* terhadap Debit
(Sumber: Hasil pengolahan data, 2012)

Berdasarkan Tabel 4.6 dan Gambar 4.2 penyisihan COD pada proses *trickling filter* menunjukkan terjadinya penurunan COD. Untuk penyisihan COD terendah terjadi pada debit 1600 ml/menit sebesar 46,98% dan untuk penyisihan COD tertinggi terjadi pada debit 1400 ml/menit 65,53%.

4.4.2 Analisis Deskriptif TSS

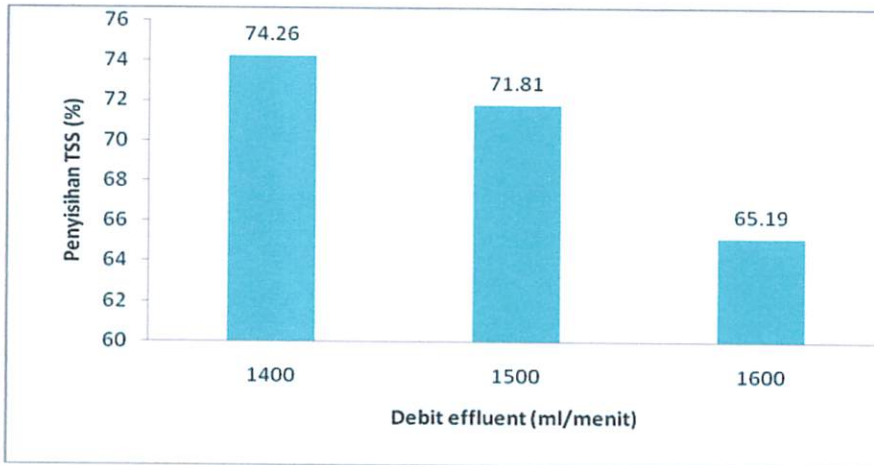
Berdasarkan hasil perhitungan maka persentase penyisihan konsentrasi TSS dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut ini:

Tabel 4.7 Penyisihan TSS pada *Effluent Alat Trickling Filter*

No.	Konsentrasi Awal TSS (mg/l)	Debit Effluent (ml/menit)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)	Penurunan TSS (%)
1	272	1400	70	74,26
2	272	1500	76,67	71,81
3	272	1600	94,67	65,19

(Sumber: Hasil pengolahan data, 2012)

Dari Tabel 4.7 Penyisihan TSS pada proses *trickling filter* kemudian diplotkan ke dalam bentuk grafik dan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Persentase Penyisihan TSS pada Proses *Trickling Filter* terhadap Debit
(Sumber: Hasil pengolahan data, 2012)

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.3 penyisihan TSS pada proses *trickling filter* menunjukkan terjadinya penurunan terhadap konsentrasi TSS. Untuk penyisihan TSS terendah terjadi pada debit 1600 ml/menit dan sebesar 65,19% dan untuk penyisihan TSS tertinggi terjadi pada debit 1400 ml/menit sebesar 74,26%.

4.4.3 Analisis Deskriptif Minyak lemak

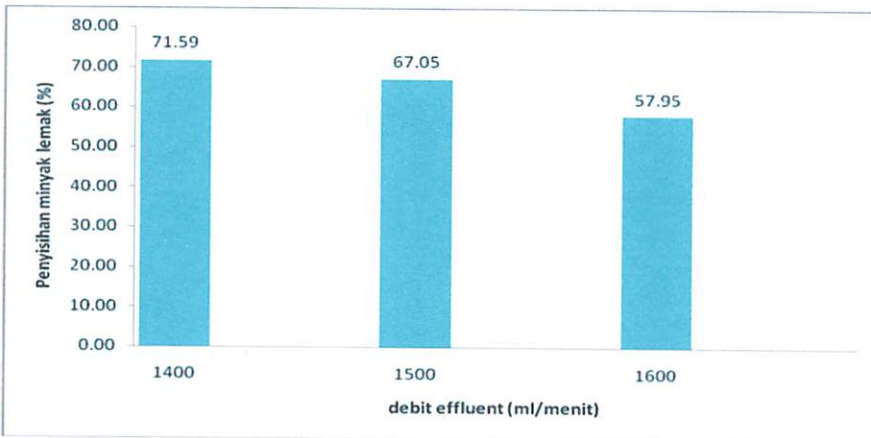
Berdasarkan hasil perhitungan maka persentase penyisihan konsentrasi minyak lemak dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini:

Tabel 4.8 Penyisihan Minyak Lemak pada *Effluent* Alat *Trickling Filter*

No.	Konsentrasi Awal Minyak lemak (mg/l)	Debit Effluent (ml/menit)	Konsentrasi Akhir minyak lemak (mg/l)	Penurunan minyak lemak(%)
1	29,33	1400	8,33	71,59
2	29,33	1500	9,67	67,05
3	29,33	1600	12,33	57,95

(Sumber: Hasil pengolahan data, 2012)

Dari Tabel 4.8 Penyisihan minyak lemak pada proses *trickling filter* kemudian diplotkan ke dalam bentuk grafik dan dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini :



Gambar 4.4 Persentase Penyisihan Minyak Lemak pada Proses *Trickling Filter* terhadap Debit
(Sumber: Hasil pengolahan data, 2012)

Berdasarkan Tabel 4.8 dan Gambar 4.4 penyisihan minyak lemak pada proses *trickling filter* menunjukkan terjadinya penurunan terhadap konsentrasi minyak lemak. Untuk penyisihan minyak lemak terendah terjadi pada debit 1600 ml/menit dan sebesar 57,95% dan untuk penyisihan minyak lemak tertinggi terjadi pada debit 1400 ml/menit sebesar 71,59%.



4.5 Analisis Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisis korelasi.

4.5.1 Analisis Korelasi COD

Uji korelasi persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9 Analisis Korelasi Antara Persentase Penyisihan COD terhadap Debit

Correlations: % Penyisihan COD, Debit (ml/menit)

Pearson correlation of debit and % Penyisihan COD = -1.000
P-Value = 0.017

Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.9 menunjukkan bahwa:

- Koefisien korelasi antara persentase penyisihan COD dengan debit adalah -1,000. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena nilainya adalah -1 (Iriawan dan Astuti, 2006). Hubungan kedua variabel berbanding terbalik. Hal ini ditunjukkan dengan nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika salah satu variabel meningkat, maka variabel lainnya akan menurun atau berkurang. Keputusan yang diambil adalah menolak H_0 yang artinya ada korelasi antara persentase penurunan COD terhadap debit, karena nilai P-value adalah $0,017 < 0,05$.

4.5.2 Analisis Korelasi TSS

Uji korelasi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Analisis Korelasi Antara Persentase Penyisihan TSS terhadap Debit

Correlations: % Penyisihan TSS, Debit (ml/menit)

Pearson correlation of debit and % penyisihan TSS = -0.967
P-Value = 0.165

Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.10 menunjukkan bahwa:

- Korelasi antara persentase penyisihan TSS terhadap debit adalah -0,967. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena mendekati -1 (Iriawan dan Astuti, 2006). Hal ini ditunjukkan dengan nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika salah satu variabel meningkat, maka variabel lainnya akan menurun atau berkurang. Keputusan yang diambil adalah menerima H_0 yang artinya tidak ada korelasi antara persentase penurunan TSS terhadap debit, karena nilai P-value adalah $0,165 > 0,05$.

4.5.3 Analisis Korelasi Minyak lemak

Uji korelasi persentase penyisihan minyak lemak dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Analisis Korelasi Antara Persentase Penyisihan Minyak Lemak terhadap Debit

<p style="text-align: center;">Correlations: % Penyisihan Minyak lemak, Debit (ml/menit)</p> <p>Pearson correlation of debit and % penyisihan minyak lemak = -0.982 P-Value = 0.121</p>
--

Keputusan

Berdasarkan Tabel 4.11 menunjukkan bahwa:

- Korelasi antara persentase penyisihan minyak lemak terhadap debit adalah
- -0,982. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena mendekati -1 (Iriawan dan Astuti, 2006). Hal ini ditunjukkan dengan nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika salah satu variabel meningkat, maka variabel lainnya akan menurun atau berkurang. Keputusan yang diambil adalah menerima H_0 yang artinya

tidak ada korelasi antara persentase penurunan minyak lemak terhadap debit, karena nilai P-value adalah $0,121 > 0,05$.

4.6 Analisis Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data.

4.6.1 Analisis Regresi COD

Uji koefisien regresi persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.12 sebagai berikut :

Tabel 4.12 Analisis Regresi antara Persentase Penyisihan COD terhadap Debit

Regression Analysis: % Penyisihan COD versus debit					
The regression equation is					
% Penyisihan COD = 196 - 0.0927 debit					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	195.522	3.686	53.04	0.012	
debit	-0.092750	0.002454	-37.80	0.017	
S = 0.347011 R-Sq = 99.9% R-Sq(adj) = 99.9%					
Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	172.05	172.05	1428.80	0.017
Residual Error	1	0.12	0.12		

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.

A. Analisis regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu:

$$Y = 196 - 0,0927X$$

dimana :

Y = % Penyisihan COD

X = Debit

Berdasarkan persamaan regresi dapat disimpulkan bahwa:

- o Konstanta sebesar 196 menyatakan bahwa jika variabel X (debit) bernilai 0 (nol), maka variabel Y bernilai 196.
- o Koefisien regresi untuk variabel X (debit) sebesar 0,0927 menyatakan bahwa setiap penambahan debit sebesar 100 ml/menit, maka persentase penyisihan COD yang dihasilkan akan berkurang sebesar 0,0927.

B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (RSquare = r^2) sebesar 99,9%. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi COD dipengaruhi oleh variasi debit sedangkan sisanya 0,1% persentase penyisihan COD dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam model.

C. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dengan variabel bebas

Keputusan

- o Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel
Jika statistik t hitung output < statistik $t_{(\alpha, df)}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung output > $t_{(\alpha, df)}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Berdasarkan Tabel 4.12 statistik t hitung output untuk variasi debit adalah 37,80. Sedangkan $t_{(0,05,1)}$ adalah 6,314. Untuk variasi debit, t hitung output > statistik $t_{(0,05,1)}$. Kesimpulan yang diambil

adalah menolak H_0 yang berarti ada pengaruh debit terhadap persentase penurunan COD.

- o Berdasarkan probabilitas

Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi debit adalah 0,017 Untuk variasi debit, probabilitasnya $< 0,05$. Maka, H_0 ditolak yang berarti koefisien regresi signifikan.

4.6.2 Analisis Regresi TSS

Uji koefisien regresi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut ini:

Tabel 4.13 Analisis Regresi antara Persentase Penyisihan TSS terhadap Debit

Regression Analysis: penyisihan TSS (%) versus debit (ml/menit)					
The regression equation is					
% konsentrasi TSS = 138 - 0.0453 debit					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	138.45	18.08	7.66	0.083	
debit	-0.04535	0.01204	-3.77	0.165	
S = 1.70240 R-Sq = 93.4% R-Sq(adj) = 86.8%					
Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	41.132	41.132	14.19	0.165
Residual Error	1	2.898	2.898		
Total	2	44.031			

A. Analisis regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu:

$$Y = 138 - 0,0453X$$

dimana :

Y = % Penyisihan TSS

X = Debit

Berdasarkan persamaan regresi dapat disimpulkan bahwa:

- Konstanta sebesar 148 menyatakan bahwa jika variabel X (debit) bernilai 0 (nol), maka variabel Y bernilai 138.
 - Koefisien regresi untuk variabel X (debit) sebesar 0,0451 menyatakan bahwa setiap penambahan debit 100 ml/menit, maka persentase penyisihan TSS yang dihasilkan akan berkurang sebesar 0,0453.
- B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (RSquare = r^2) sebesar 93,4%. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi TSS dipengaruhi oleh variasi debit sedangkan sisanya 6,6% persentase penyisihan TSS dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam model.
- C. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dengan variabel bebas

Keputusan

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel
Jika statistik t hitung output < statistik $t_{(\alpha,df)}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung output > $t_{(\alpha,df)}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Berdasarkan Tabel 4.13, statistik t hitung output untuk variasi debit adalah 3,77. Sedangkan $t_{(0,05,1)}$ adalah 6,314. Untuk variasi debit, t hitung output < statistik $t_{(0,05,1)}$. Kesimpulan yang diambil adalah H_0 diterima yang berarti tidak ada pengaruh debit terhadap persentase penurunan TSS.
- Berdasarkan probabilitas
Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi debit 0,165. Untuk variasi debit, probabilitasnya > 0,05. Maka, H_0 diterima yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.

4.6.3 Analisis Regresi Minyak lemak

Uji koefisien regresi persentase penyisihan minyak lemak dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut ini:

Tabel 4.14 Analisis Regresi antara Persentase Penyisihan Minyak Lemak terhadap Debit

Regression Analysis: penyisihan minyak lemak (%) versus debit (ml/menit)					
The regression equation is penyisihan minyak lemak (%) = 168 - 0.0682 debit (ml/menit)					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	167.83	19.77	8.49	0.075	
debit (ml/menit)	-0.06820	0.01316	-5.18	0.121	
S = 1.86161 R-Sq = 96.4% R-Sq(adj) = 92.8%					
Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	93.025	93.025	26.84	0.121
Residual Error	1	3.466	3.466		

A. Analisis regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu:

$$Y = 168 - 0,0682X$$

dimana :

Y = % Penyisihan minyak lemak

X = Debit

Berdasarkan persamaan regresi dapat disimpulkan bahwa:

- Konstanta sebesar 168 menyatakan bahwa jika variabel X (debit) bernilai 0 (nol), maka variabel Y bernilai 168.
- Koefisien regresi untuk variabel X (debit) sebesar 0,0682 menyatakan bahwa setiap penambahan debit 100 ml/menit, maka persentase penyisihan minyak lemak yang dihasilkan akan berkurang sebesar 0,068.

D. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (RSquare = r^2) sebesar 96,4%. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi minyak

lemak dipengaruhi oleh variasi debit sedangkan sisanya 3,6% persentase penyisihan minyak lemak dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam model.

B. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dengan variabel bebas

Keputusan

- o Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel
Jika statistik t hitung output $<$ statistik $t_{(\alpha,df)}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung output $>$ $t_{(\alpha,df)}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Berdasarkan Tabel 4.14, statistik t hitung output untuk variasi debit adalah 5,18. Sedangkan $t_{(0,05,1)}$ adalah 6,314. Untuk variasi debit, t hitung output $<$ statistik $t_{(0,05,1)}$. Kesimpulan yang diambil adalah H_0 diterima yang berarti tidak ada pengaruh debit terhadap persentase penurunan minyak lemak.

Berdasarkan probabilitas

Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi debit 0,121. Sedangkan probabilitasnya $<$ 0,05. Untuk variasi debit, probabilitasnya $>$ 0,05. Maka, H_0 diterima yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.

4.7 Analisis ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh antara debit terhadap persentase penyisihan COD, TSS dan minyak lemak maka dilakukan juga analisis dengan menggunakan uji ANOVA.

4.7.1 Analisis ANOVA COD

Hasil uji koefisien ANOVA persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut ini :



Tabel 4.15 Uji ANOVA Persentase Penyisihan COD terhadap Debit

One-way ANOVA: % Penyisihan COD, debit						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Factor	1	3125986	3125986	619.86	0.000	
Error	4	20172	5043			
Total	5	3146158				

S = 71.01 R-Sq = 99.36% R-Sq(adj) = 99.20%

Keterangan :

DF = Derajat Bebas F = Nilai Statistik Uji
 SS = Variasi Residual P = Nilai Probabilitas
 MS = Mean Square

Keputusan

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan Tabel 4.15, nilai probabilitas (P) dari sebesar 0,000. Karena nilai probabilitas < 0,05, maka H_0 ditolak. Artinya persentase penyisihan COD dalam perlakuan tidak identik atau ada perlakuan yang rata – ratanya tidak sama.

2. Nilai F

Berdasarkan Tabel 4.15, nilai F hitung output dari debit adalah 619,86. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai $F_{(0,05; 1, 6)}$ adalah 5,99. Karena nilai F hitung output > dari $F_{(0,05; 2, 1)}$ maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Artinya, ada perbedaan yang signifikan antara variasi debit terhadap penyisihan COD.

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

Tabel 4.16 Dunnett's Tes Penyisihan COD

Dunnett's comparisons with a control				
Family error rate = 0.05				
Individual error rate = 0.0287				
Critical value = 2.86				
Control = level (1500) of debit				
Intervals for treatment mean minus control mean				
Level	Lower	Center	Upper	
1400	-131.86	-48.63	34.60	(-----+-----+-----+-----+)
1600	-29.94	53.29	136.52	(-----+-----+-----+-----+)
				-----+-----+-----+-----+
				-70 0 70 140

Dari tabel di atas digunakan debit 1500 ml/menit (*comparison control*) untuk membandingkan dengan debit yang lainnya. Dari tabel diperoleh data :

- Nilai kritis (*critical value*) = 2.86
- Nilai level debit 1400 ml/menit mencakup nilai 0 karena rentang nilai terendah (*lower*) sampai nilai tertinggi (*upper*) adalah -131,86 sampai 34,60.
- Nilai level debit 1600 ml/menit juga mencakup nilai 0 karena rentang nilai terendah (*lower*) sampai nilai tertinggi (*upper*) adalah -29,94 sampai 136,53.

Keputusan

Dengan membandingkan nilai tengah (*center*) dari masing-masing debit terhadap nilai kritis kritis (*control levelnya* adalah debit 1500 ml/menit) menunjukkan bahwa value dari debit 1600 ml/menit sebesar 53,29 > 2,86. Artinya, debit 1600 ml/menit mempunyai perbedaan yang signifikan dari debit yang lainnya.

4.7.2 Analisis ANOVA TSS

Hasil uji koefisien ANOVA persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.17 berikut ini :

Tabel 4.17 Uji ANOVA Persentase Penyisihan TSS terhadap Debit

One-way ANOVA: % Penyisihan TSS, debit (ml/menit)					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	3065663	3065663	611.80	0.000
Error	4	20043	5011		
Total	5	3085706			

S = 70.79 R-Sq = 99.35% R-Sq(adj) = 99.19%

Keputusan

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan Tabel 4.17, nilai probabilitas (P) dari sebesar 0,000. Karena nilai probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak. Artinya persentase penyisihan TSS dalam perlakuan tidak identik atau ada perlakuan yang rata – ratanya tidak sama.

Nilai F

Berdasarkan Tabel 4.17, nilai F hitung output dari debit adalah 1543,53. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai $F_{(0,05; 1, 10)}$ adalah 4,96. Karena nilai F hitung output $>$ dari $F_{(0,05; 2, 1)}$ maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Artinya, ada perbedaan yang signifikan antara variasi debit terhadap penyisihan TSS.

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

Tabel 4.18 Dunnett's Tes Penyisihan TSS

Dunnett's comparisons with a control				
Family error rate = 0.05				
Individual error rate = 0.0287				
Critical value = 2.86				
Control = level (1500) of debit				
Intervals for treatment mean minus control mean				
Level	Lower	Center	Upper	
1400	-43.23	-8.33	26.56	(-----*-----)
1600	-12.56	22.33	57.23	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----
				-30 0 30 60

Dari tabel di atas digunakan debit 1500 ml/menit (*comparison control*) untuk membandingkan dengan debit yang lainnya. Dari tabel diperoleh data :

- Nilai kritis (*critical value*) = 2.86
- Nilai level debit 1400 ml/menit mencakup nilai 0 karena rentang nilai terendah (*lower*) sampai nilai tertinggi (*upper*) adalah -43,23 sampai 26,56.
- Nilai level debit 1600 ml/menit juga mencakup nilai 0 karena rentang nilai terendah (*lower*) sampai nilai tertinggi (*upper*) adalah -12,56 sampai 57,23.

Keputusan

Dengan membandingkan nilai tengah (*center*) dari masing-masing debit terhadap nilai kritis kritis (control levelnya adalah debit 1500 ml/menit) menunjukkan bahwa value dari debit 1600 ml/menit sebesar 22,33 > 2,86. Artinya, debit 1600 ml/menit mempunyai perbedaan yang signifikan dari debit yang lainnya.

4.7.3 Analisa ANOVA Minyak lemak

Hasil uji koefisien ANOVA persentase penyisihan minyak lemak dapat dilihat pada Tabel 4.19 berikut ini :

Tabel 4.19 Uji ANOVA Persentase Penyisihan Minyak Lemak terhadap Debit

One-way ANOVA: % penyisihan minyak lemak, debit					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	3086542	3086542	614.35	0.000
Error	4	20096	5024		
Total	5	3106638			

S = 70.88 R-Sq = 99.35% R-Sq(adj) = 99.19%

Keputusan

1. Nilai Probabilitas

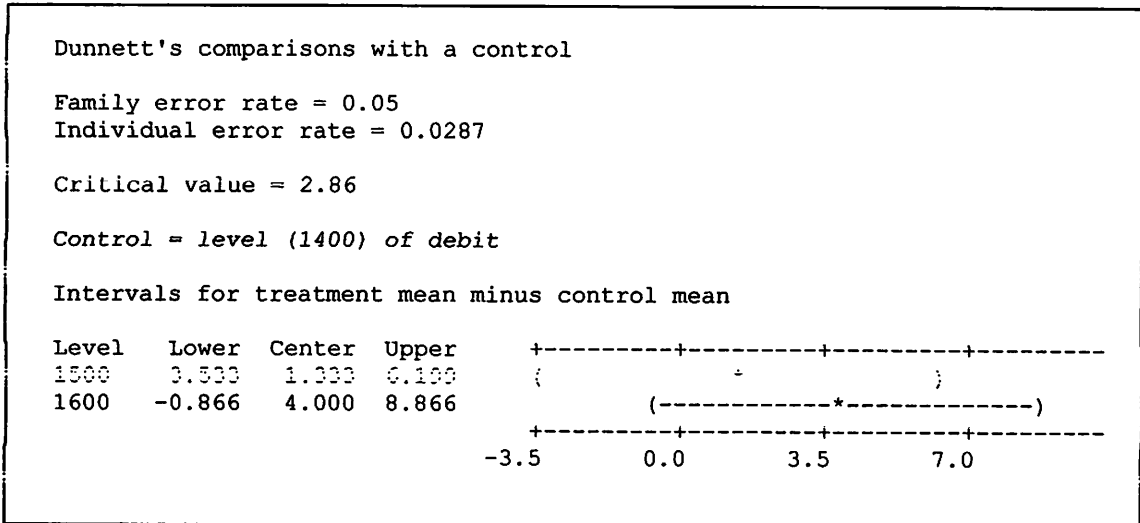
Berdasarkan Tabel 4.19, nilai probabilitas (P) dari sebesar 0,000. Karena nilai probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak. Artinya persentase penyisihan minyak lemak dalam perlakuan tidak identik atau ada perlakuan yang rata – ratanya tidak sama.

2. Nilai F

Berdasarkan Tabel 4.19, nilai F hitung output dari debit adalah 614,35. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai $F_{(0,05; 1, 4)}$ adalah 7,71. Karena nilai F hitung output $>$ dari $F_{(0,05; 2, 1)}$ maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Artinya, ada perbedaan yang signifikan antara variasi debit terhadap penyisihan minyak lemak.

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

Tabel 4.20 Dunnett's Tes Penyisihan Minyak lemak



Dari tabel di atas digunakan debit 1400 ml/menit (*comparison control*) untuk membandingkan dengan debit yang lainnya. Dari tabel diperoleh data :

- Nilai kritis (*critical value*) = 2.86
- Nilai level debit 1500 ml/menit mencakup nilai 0 karena rentang nilai terendah (*lower*) sampai nilai tertinggi (*upper*) adalah -3,533 sampai 6,199.
- Nilai level debit 1600 ml/menit juga mencakup nilai 0 karena rentang nilai terendah (*lower*) sampai nilai tertinggi (*upper*) adalah -0,866 sampai 8,866.

Keputusan

Dengan membandingkan nilai tengah (*center*) dari masing-masing debit terhadap nilai kritis kritis (control levelnya adalah debit 1400 ml/menit) menunjukkan bahwa value dari debit 1600 ml/menit sebesar 4 > 2,86. Artinya, debit 1600 ml/menit mempunyai perbedaan yang signifikan dari debit yang lainnya.

4.8 Pembahasan

4.8.1 Pangaruh Debit Terhadap Penyisihan COD

Berdasarkan Tabel 4.3, Tabel 4.4 dan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa dengan adanya peningkatan debit akan menyebabkan semakin berkurangnya tingkat penyisihan terhadap konsentrasi COD. Penyisihan COD berdasarkan variasi debit masing-masing untuk debit 1400 ml/menit adalah 65,53%, debit 1500 ml/menit adalah 56,68%, debit 1600 ml/menit adalah 46,98%. Berdasarkan hasil analisis, persentase penyisihan COD lebih besar dengan menggunakan debit 1400 ml/menit dibandingkan dengan menggunakan debit 1500 ml/menit ataupun 1600 ml/menit. Penyisihan ini belum bisa menunjukkan kinerja dari *trickling filter* karena sebelum limbah masuk ke kolom *trickling filter* terdapat bak pengendapan yang menunjukkan adanya pengendapan, salah satunya bahan organik yang tidak dilakukan pengukuran.

Dalam penurunan COD, berbanding lurus dengan faktor-faktor yang mempengaruhi proses *trickling filter* yaitu pada pengaruh beban hidrolis. Beban hidrolis merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi efisiensi oksidasi. Beban hidrolis akan berpengaruh secara langsung pada waktu kontak dan waktu tinggal air limbah secara keseluruhan di dalam reaktor. Waktu tinggal yang pendek tidak akan mengoptimalkan proses pada seluruh jenis bakteri penyusun *biofilm*, terutama pada bakteri dari jenis autotrop. Waktu tinggal akan bertambah dengan jumlah *biofilm* di dalam *bed* (Slamet dan Masduqi, 2000).

Begitu pula dengan bahan-bahan organik (COD) yang ada dalam air limbah diuraikan oleh mikroorganisme yang menempel pada media filter. Bahan organik sebagai substrat yang terlarut dalam air limbah diadsorpsi ke dalam *biofilm* atau lapisan berlendir (Marsono, 1995).

Analisis korelasi pada proses *trickling filter* (Tabel 4.9) antara debit terhadap penyisihan COD adalah signifikan atau ada korelasi. Ini menunjukkan bahwa adanya hubungan antara variasi debit terhadap penyisihan COD.

Pada uji ANOVA (Tabel 4.15) adalah tidak identik. Ini menunjukkan

bahwa adanya perbedaan yang signifikan antara debit terhadap penyisihan COD. Dari Dunnet's Test (Tabel 4.16) menunjukkan bahwa debit 1600 ml/menit memiliki perbedaan yang signifikan dengan debit yang lainnya dalam penyisihan COD. Hal ini bisa disebabkan karena adanya resirkulasi yang dilakukan dalam proses. Adapun manfaat dari resirkulasi antara lain terjadinya kontak mikroorganisme dengan bahan organik di dalam filter dimungkinkan lebih dari satu kali, kondisi filter dapat dijaga tetap segar, kecenderungan penyumbatan kecil dan hasil dikembalikannya organisme dapat terus hidup serta membantu mereduksi gangguan dari bau dan lalat (Metcalf and Eddy, 1991).

Penurunan COD juga dipengaruhi oleh media filter yang digunakan. Dalam hal ini media yang digunakan adalah batu apung. Media ini memiliki mempunyai luas permukaan tinggi per satuan volume, murah harganya, daya tahan lama dan bersifat porous sehingga termasuk media yang ideal untuk digunakan sebagai media filter. dengan luas permukaan yang besar dan porositas rongga yang ada memungkinkan melekatnya mikroorganisme dalam jumlah yang banyak pula.

Hasil analisa regresi pada proses *trickling filter* (Tabel 4.12) penyisihan konsentrasi COD limbah pencucian mobil dipengaruhi oleh variasi debit. Hal ini diperkuat dengan nilai R-square sebesar 99,9%.

4.8.2 Pengaruh Debit Terhadap Penyisihan TSS

Berdasarkan Tabel 4.5, Tabel 4.6 dan Gambar 4.3 dapat dilihat dengan pengaruh debit yang semakin meningkat, maka persentase penyisihan TSS semakin berkurang. Atau sebaliknya, dengan debit yang semakin kecil maka persentase penyisihan TSS semakin meningkat. Penyisihan TSS berdasarkan variasi debit masing-masing untuk debit 1400 ml/menit adalah 74,26%, debit 1500 ml/menit adalah 71,81%, debit 1600 ml/menit adalah 65,19%. Penyisihan ini belum bisa menunjukkan kinerja dari *trickling filter* karena sebelum limbah masuk ke kolom *trickling filter* terdapat bak pengendapan yang menunjukkan adanya pengendapan dari salah satunya beban organik yang

tidak dilakukan pengukuran. Penyisihan TSS ini belum bisa menunjukkan kinerja dari *trickling filter* karena sebelum limbah masuk ke kolom *trickling filter* terdapat bak pengendapan yang menunjukkan adanya pengendapan, salah satunya berupa zat tersuspensi yang tidak dilakukan pengukuran. Sehingga proses pengendapan atau sedimentasi dan sirkulasi tersebut dapat membantu menurunkan konsentrasi TSS.

Berdasarkan uji statistik dengan analisis korelasi pada Tabel 4.10, menunjukkan bahwa tidak ada korelasi penyisihan TSS dengan debit. Hal ini menunjukkan bahwa variasi debit belum mempunyai range yang cukup untuk membedakan penyisihan TSS. Ini disebabkan kemungkinan terjadi pengelupasan *biofilm* (*sloughing*). pada *trickling filter* ketebalan *biofilm* memiliki keterbatasan sampai nutrisi mampu menjangkau mikroorganisme yang terletak pada lapisan yang paling dalam. Pada saat tertentu ketebalan *biofilm* akan mencapai ketebalan maksimum dimana pada kondisi ini, sumber makanan dan nutrisi tidak mampu berdifusi sampai ke lapisan paling dalam. Akibat terhentinya suplai makanan maka mikroorganisme pada lapisan bagian dalam akan mengalami respirasi endogenenous dengan memanfaatkan sitoplasmanya untuk mempertahankan hidup. Pada kondisi seperti ini mikroorganisme akan kehilangan kemampuan untuk menempel pada media, kemudian terlepas dan terbawa keluar dari sistem *trickling filter* bersama dengan aliran air (Slamet dan Masduqi, 2000).

Sedangkan pada uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Ini ditunjukkan pada Tabel 4.18 bahwa debit 1600 ml/menit memiliki perbedaan yang signifikan dengan debit yang lainnya dalam penyisihan TSS. Ini bisa disebabkan karena adanya perlakuan pretreatment pada proses berupa bak pengendap sebelum air limbah dialirkan menuju kolom *trickling filter*.

4.8.3 Pengaruh Debit Terhadap Penyisihan Minyak Lemak

Berdasarkan Tabel 4.7, Tabel 4.8 dan Gambar 4.4 dapat dilihat dengan pengaruh debit yang semakin meningkat, maka persentase penyisihan minyak

lemak semakin berkurang. Atau sebaliknya, dengan debit yang semakin kecil maka persentase penyisihan minyak lemak semakin meningkat. Penyisihan minyak lemak berdasarkan variasi debit masing-masing untuk debit 1400 ml/menit adalah 71,59%, debit 1500 ml/menit adalah 67,05%, debit 1600 ml/menit adalah 57,95%. Penyisihan ini belum bisa menunjukkan kinerja dari *trickling filter* karena sebelum limbah masuk ke kolom *trickling filter* terdapat bak pengendapan yang menunjukkan adanya pengapungan dari lapisan minyak yang berada di atas permukaan air limbah akibat dari berat jenis yang lebih kecil dari berat jenis limbah cairnya.

Pada penelitian ini digunakan media berupa batu apung yang bersifat porous. Dalam mekanisme penyisihan senyawa polutan yang ada dalam air limbah akan terdifusi ke dalam lapisan *biofilm* yang melekat pada permukaan media (Asmadi dan Suharno, 2012) salah satunya adalah minyak lemak. Dalam penyisihan minyak lemak ini diduga terjadinya pertumbuhan mikroorganisme tertentu yang ada menunjukkan kemampuan dari mikroorganisme tertentu itu untuk memanfaatkan hidrokarbon. Diketahui baik molekul yang jenuh maupun yang tidak didekomposisi oleh mikroorganisme tertentu, molekul yang tidak jenuh lebih mudah dihancurkan oleh molekul yang jenuh. Misalnya etana, hidrokarbon parafin berantai pendek yang berberat molekul rendah diuraikan oleh *Mycobacterium*, *Nocordia*, *Streptomyces*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium* dan beberapa jamur (Subba Rao, 2007). Menurut Marsono, (1995) menyatakan bahwa media filter yang sering digunakan untuk kriteria desain *trickling filter* tipe *high rate* filter adalah batu dan plastik. Jenis batu apung memiliki beberapa keuntungan yaitu harga yang lebih murah dan mudah didapat, memiliki luas permukaan yang besar serta berpori banyak sehingga bakteri yang menempel pada permukaan media lebih banyak dari pada permukaan batu yang licin dan air limbah dapat terdegradasi lebih sempurna. Selain itu juga batu apung dapat dijadikan sebagai adsorben dalam membantu proses adsorpsi yang terjadi karena terperangkapnya molekul adsorbat dalam rongga batu apung, sedangkan pada sisi aktifnya terjadi karena interaksi antara sisi tersebut dengan molekul

adsorbat. Pori-pori ini nantinya akan menyerap bahan kimia yang terkandung dalam air limbah untuk mengurangi konsentrasi minyak lemak (Supranto, 1996).

Berdasarkan uji statistik dengan analisis korelasi pada Tabel 4.11, hubungan antara debit terhadap penyisihan konsentrasi minyak lemak adalah tidak ada korelasi. Hal ini bisa disebabkan karena penyisihan minyak juga terjadi sebelum masuk ke kolom *trickling filter* yaitu pada bak sedimentasi I. Hal ini ditunjukkan pada pengamatan fisik yang menunjukkan adanya lapisan tipis minyak yang berada di atas permukaan air limbah. Menurut Sugiharto (2008), sebagian besar minyak mengapung di dalam air limbah, akan tetapi ada juga yang mengendap terbawa oleh lumpur. Selain itu juga pada proses adsorpsi mengalami titik jenuh dimana adsorben tidak bisa lagi melakukan penyerapan sehingga perlu dilakukan regenerasi yaitu proses pengaktifan kembali (Supranto, 1996). Kemungkinan juga terjadinya proses pengelupasan (*sloughing*) seperti yang telah diuraikan pada pembahasan 4.7.1 Pengaruh Debit Terhadap Penurunan COD.

Sedangkan pada uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Ini ditunjukkan pada Tabel 4.20 bahwa debit 1600 ml/menit memiliki perbedaan yang signifikan dengan debit yang lainnya dalam penyisihan minyak lemak. Ini bisa disebabkan karena adanya perlakuan pretreatment pada proses berupa bak pengendap sebelum air limbah dialirkan menuju kolom *trickling filter* yang menunjukkan adanya lapisan tipis yang mengapung di atas air limbah pada bak pengendapan sebelum limbah tersebut dialirkan ke kolom *trickling filter*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Penyisihan konsentrasi akhir COD dengan menggunakan media batu apung pada unit pengolahan *trickling filter* tertinggi terjadi pada debit 1400 ml/menit dengan persentase penyisihan sebesar 65,53% dengan konsentrasi akhir sebesar 189,36 mg/l Dengan konsentrasi COD tersebut berarti sudah memenuhi standar baku mutu limbah cair menurut Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002 yaitu sebesar 250 mg/l.
2. Besarnya konsentrasi akhir TSS dengan menggunakan media batu apung pada unit pengolahan *trickling filter* tertinggi terjadi pada debit 1400 ml/menit dengan persentase penyisihan sebesar 74,26% dengan konsentrasi akhir sebesar 70 mg/l Dengan konsentrasi tersebut berarti sudah memenuhi standar baku mutu limbah cair menurut Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002 yaitu TSS sebesar 100 mg/l.
3. Besarnya konsentrasi akhir minyak lemak dengan menggunakan media batu apung pada unit pengolahan *trickling filter* tertinggi terjadi pada debit 1400 ml/menit dengan persentase penyisihan sebesar 71,59% dengan konsentrasi akhir sebesar 8,33 mg/l Dengan konsentrasi tersebut berarti sudah memenuhi standar baku mutu limbah cair menurut Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002 yaitu minyak lemak sebesar 10 mg/l.

5.2 Saran

Saran yang dapat diusulkan sehubungan dengan pe lanjut adalah:

1. Perlu penelitian lainnya dengan menggunakan media filter lainnya yang memiliki karakteristik yang hampir sama dengan batu apung tersebut.
2. Perlu penelitian lebih lanjut untuk pengukuran parameter bila dalam proses ditambahkan unit *pretreatment*.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan parameter lain pada air limbah pencucian mobil seperti BOD, fosfat, surfaktan, dan jenis mikroba.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Santika, S.S. 1987. *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Asmadi dan Suharno. 2012. *Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta
- Benfield, L. D. and Randall, C. W. 1981. *Biological Process Design for Wastewater Treatment*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Clark, J. W., Viessman, W. and Hammer, M. 1977. *Water and Wastewater Pollution Control Third Edition*. New York: Harper International Edition.
- Hadi, A. L., 2011. *Penentuan Faktor Resirkulasi Trickling Filter Untuk Menurunkan BOD, COD dan TSS (Studi Kasus Limbah Laundry di Kota Malang)*. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITN Malang.
- Iriawan, N. dan Astuti S. P. 2006. *Mengolah Data Statististik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Yogyakarta: Andi.
- Marsono, B.D. 1995. *Teknik Pengolahan Air Limbah Secara Biologis*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mawardin. 2011. *Kajian Waktu Operasional Terhadap Penurunan Deterjen dan Minyak Lemak pada Limbah Cair Pencucian Kendaraan Bermotor dengan Reaktor "Aerokarbonbiofilter"*. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Malang.
- Metcalf and Eddy. 1991. *Wastewater Treatment Disposal Reuse*. Singapore: McGraw-Hill International Edition.
- Parisa, O. 2010. *Pengolahan Air Limbah Domestik Rumah Susun Wonorejo Secara Biologi dengan Trickling Filter*. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan, UPN Surabaya.
- Radhisty, H. A. dan Pratihata, Y. A. 2009. *Pengolahan Limbah Air Kolam Retensi Tawang dengan Trickling Filter*. Semarang: Skripsi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Slamet, A. dan Masduki, A. 2000. *Satuan Proses untuk Pengolahan Air*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Slamet, A. dan Masduki, A. 2002. *Satuan Operasi untuk Pengolahan Air*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Sugiharto. 2008. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.

Sukandarrumudi. 2009. *Bahan Galian Industri*. Yogyakarta: UGM Press

Tjokrokusumo, 1995. *Pengantar Konsep Teknologi Bersih*. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan YLH.

Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 tahun 2002 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri Atau Kegiatan Usaha Lainnya Di Jawa Timur.

<http://www.scribd.com/mobile/doc/68321585/query=batu+apung>)

<http://www.adipedia.com/2011/06/mengenal-batu-apung-pumice.html>)



LAMP IRAN

LAMPIRAN A
KRITERIA DESAIN REAKTOR

PERHITUNGAN

A DESAIN REAKTOR TRICKLING FILTER

Direncanakan desain reaktor berbentuk tabung:

$$1) \text{ Tinggi reaktor} = 170 \text{ cm} = 170 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 1,7 \text{ m}$$

$$2) \text{ Diameter reaktor} = 50 \text{ cm} = 50 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0,5 \text{ m}$$

Maka, dapat dihitung:

- o Luas alas reaktor = πr^2

$$= 3,14 \times (0,25 \text{ m})^2$$

$$= 0,19625 \text{ m}^2 = 196,25 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

- o Volume reaktor efektif = Luas alas reaktor x tinggi efektif

$$= 196,25 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times 1,5 \text{ m}$$

$$= 294,375 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

3) Tipe *trickling filter* yang digunakan adalah *high-rate filter*. Kriteria *high-rate filter* adalah sebagai berikut (Metcalf & Eddy, 1976):

- ✓ Hidrolik loading ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$) = 10-40

- ✓ Kedalaman (m) = 1-2

- ✓ Ratio resirkulasi = 1-3

- ✓ Media filter = batu apung

1. Perhitungan hidrolik loading, $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ (H_L)

$$H_L = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (\text{Metcalf dan Eddy, 1976})$$

a. Untuk debit aliran air (Q) = 1400 ml/menit

$$Q = 1400 \text{ ml/menit} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}}$$
$$= 2,016 \text{ m}^3/\text{hari} = 2016 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}$$

maka,

$$H_L = \frac{Q}{A}$$

dimana, $A = 196,25 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

$$\begin{aligned} H_L &= \frac{2016 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}}{196,25 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \\ &= 10,273 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \end{aligned}$$

Kriteria high-rate filter untuk hidrolik loading adalah $10 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ - $40 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ (Reynold/Richards, 1996)

Jadi, hidrolik loading (H_L) $10,273 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ memenuhi kriteria *high-rate filter* pada *Trickling Filter* dengan debit aliran air (Q) $1400 \text{ ml}/\text{menit}$.

b. Untuk debit aliran air (Q) = $1500 \text{ ml}/\text{menit}$

$$\begin{aligned} Q &= 1500 \text{ ml}/\text{menit} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{24 \text{ hari}}{1 \text{ hari}} \\ &= 2,16 \text{ m}^3/\text{hari} = 2160 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}. \end{aligned}$$

Dengan perhitungan dan rumus yang sama seperti point (a) di atas, maka didapatkan hasil :

$$H_L = 11,006 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

Jadi, hidrolik loading (H_L) $11,006 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ memenuhi kriteria *high-rate filter* pada *Trickling Filter* dengan debit aliran air (Q) $1500 \text{ ml}/\text{menit}$.

c. Untuk debit aliran air (Q) = $1600 \text{ ml}/\text{menit}$

$$\begin{aligned} Q &= 1600 \text{ ml}/\text{menit} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{24 \text{ hari}}{1 \text{ hari}} \\ &= 2,304 \text{ m}^3/\text{hari} = 2304 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}. \end{aligned}$$

Dengan perhitungan dan rumus yang sama seperti point (a) di atas, maka didapatkan hasil :

$$H_L = 11,740 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

Jadi, hidrolik loading (H_r) $11,740 \text{ m}^3/\text{m}^2$.hari memenuhi kriteria *high-rate filter* pada *Trickling Filter* dengan debit aliran air (Q) 1600 ml/menit.

2. Perhitungan kontrol organik loading (OL)

$$OL = \frac{S_0 \times Q}{V}$$

Dimana,

S_0 = BOD influent (mg/l)

Q = debit air limbah influent (m^3/hari)

V = volume media trickling filter (m^3).

Diketahui :

$$V = 294,375 \cdot 10^{-3} \text{m}^3$$

BOD influent pada limbah pencucian mobil adalah

$$S_0 = 357 \text{ mg/l}$$

Direncanakan :

- Pada Bak Pengendapan I, BOD removal = 25%-40%.....(*Metcalf & Eddy, 1976*):

$$\begin{aligned} \text{BOD yang mengendap} &= 35\% \times 357 \text{ mg/l} \\ &= 124,95 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

BOD influent setelah proses Pengendapan I adalah :

$$\begin{aligned} \text{BOD influent} &= 357 \text{ mg/l} - 124,95 \text{ mg/l} \\ &= 232,05 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Jadi, BOD influent setelah proses Pengendapan I adalah 232,05 mg/l

- Pada *trickling filter*, BOD removal = 65%-85%...%.....(*Metcalf & Eddy, 1991*), maka :

$$\begin{aligned} \text{BOD yang mengendap} &= 70\% \times 232,05 \text{ mg/l} \\ &= 162,435 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

BOD removal setelah proses *trickling filter* adalah:

$$\text{BOD influent} = 232,05 \text{ mg/l} - 162,435 \text{ mg/l}$$

$$= 69,62 \text{ mg/l}$$

Jadi, BOD influent setelah proses *trickling filter* adalah 69,62 mg/l

- Perhitungan S_o pada *trickling filter* (dengan resirkulasi 3):

$$Q \times S_o + R \times S_t = (Q+R) \times S_o$$

$$Q \times 232,05 + 3Q \times 69,62 = (Q+3Q) \times S_o$$

$$232,05Q + 208,86Q = 4Q \times S_o$$

$$: Q$$

$$232,05 + 208,86 = 4 \times S_o$$

$$S_o = 110,23 \text{ mg/l}$$

Jadi, BOD influent pada *trickling filter* dengan resirkulasi 3 adalah 110,23mg/l.

- a. Untuk debit aliran (Q) = 1400 ml/menit

$$Q = 1400 \text{ ml/menit} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{24 \text{ hari}}{1 \text{ hari}}$$

$$= 2,016 \text{ m}^3/\text{hari} = 2016 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}.$$

Dengan : $V = 294,375 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

Maka ,

$$O_L = \frac{S_o \times Q}{V}$$

$$= \frac{110,23 \times 10^{-3} \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 2016 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{hari}}{294,375 \times 10^{-3} \text{ m}^3}$$

$$= 0,75 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{hari}$$

Kriteria high-rate filter untuk organik loading adalah $0,32 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{hari} - 1,0 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{hari}$ (Reynold/Richards, 1996)

Jadi, organik loading (O_L) $0,75 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{hari}$ memenuhi kriteria *high-rate filter* pada *Trickling Filter* dengan debit aliran air (Q) 1400 ml/menit.

b. Untuk debit aliran (Q) = 1500 ml/menit

$$Q = 1500 \text{ ml/menit} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{24 \text{ hari}}{1 \text{ hari}}$$

$$= 2,16 \text{ m}^3/\text{hari} = 2160 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}.$$

Dengan : $V = 294,375 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

Maka ,

$$\begin{aligned} OL &= \frac{So \times Q}{V} \\ &= \frac{110,23 \times 10^{-3} \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 2160 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{hari}}{294,375 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \end{aligned}$$

$$= 0,809 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{hari}$$

Kriteria high-rate filter untuk organik loading adalah $0,32 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{hari} - 1,0 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{hari}$ (Reynold/Richards, 1996)

Jadi, organik loading (O_L) $0,809 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{hari}$ memenuhi kriteria *high-rate filter* pada *Trickling Filter* dengan debit aliran air (Q) 1500 ml/menit.

c. Untuk debit aliran (Q) = 1600 ml/menit

$$Q = 1600 \text{ ml/menit} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{24 \text{ hari}}{1 \text{ hari}}$$

$$= 2,304 \text{ m}^3/\text{hari} = 2304 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}.$$

Dengan : $V = 294,375 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

Maka ,

$$\begin{aligned} OL &= \frac{So \times Q}{V} \\ &= \frac{110,23 \times 10^{-3} \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 2304 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{hari}}{294,375 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \end{aligned}$$

$$= 0,862 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{hari}$$

Kriteria high-rate filter untuk organik loading adalah $0,32 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{hari} - 1,0 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{hari}$ (Reynold/Richards, 1996)

Jadi, organik loading (O_t) $0,862 \text{ Kg/m}^3$.hari memenuhi kriteria *high-rate filter* pada *Trickling Filter* dengan debit aliran air (Q) 1600 ml/menit.

3. Perhitungan Debit Resirkulasi (Q_R) dan Debit infulent (Q_{inf})

$$Q = Q_R + Q_{inf}$$

$$R = \frac{Q_R}{Q_{inf}} \dots\dots\dots (John W. Clark, Warren Viessman, Mark Hammer, 1977).$$

Dengan periakuan resirkulasi 3

Maka,

a. Untuk debit (Q) = 1400 ml/menit

$$R = \frac{Q_R}{Q_{inf}}$$

$$Q_R = N \times Q_{inf}$$

$$Q_R = 3 \times Q_{inf}$$

$$Q = Q_R + Q_{inf}$$

$$Q = 3Q_{inf} + Q_{inf}$$

$$Q = 4Q_{inf}$$

$$Q_{inf} = \frac{Q}{4}$$

$$Q_{inf} = \frac{1400\text{ml/menit}}{4}$$

$$Q_{inf} = 350 \text{ ml/menit}$$

$$Q_R = 3 \times Q_{inf}$$

$$Q_R = 1050 \text{ ml/menit}$$

Jadi, debit influent (Q_{inf}) = 350 ml/menit, dan debit resirkulasi (Q_R) = 1050 ml/menit.

b. Untuk debit (Q) = 1500 ml/menit

$$R = \frac{Q_R}{Q_{inf}}$$

$$Q_R = N \times Q_{inf}$$

$$Q_R = 3 \times Q_{inf}$$

$$Q = Q_R + Q_{inf}$$

$$Q = 3Q_{inf} + Q_{inf}$$

$$Q = 4Q_{inf}$$

$$Q_{inf} = \frac{Q}{4}$$

$$Q_{inf} = \frac{1500 \text{ ml/menit}}{4}$$

$$Q_{inf} = 375 \text{ ml/menit}$$

$$Q_R = 3 \times Q_{inf}$$

$$Q_R = 1125 \text{ ml/menit}$$

Jadi, debit influent (Q_{inf}) = 375 ml/menit, dan debit resirkulasi (Q_R) = 1125 ml/menit.

c. Untuk debit (Q) = 1600 ml/menit

$$R = \frac{Q_R}{Q_{inf}}$$

$$Q_R = N \times Q_{inf}$$

$$Q_R = 3 \times Q_{inf}$$

$$Q = Q_R + Q_{inf}$$

$$Q = Q_{inf} + Q_{inf}$$

$$Q = 4Q_{inf}$$

$$Q_{inf} = \frac{Q}{4}$$

$$Q_{inf} = \frac{1600 \text{ ml/menit}}{4}$$

$$Q_{inf} = 400 \text{ ml/menit}$$

$$Q_R = 3 \times Q_{inf}$$

$$Q_R = 1200 \text{ ml/menit}$$

Jadi, debit influent (Q_{inf}) = 400 ml/menit, dan debit resirkulasi (Q_R) = 1200 ml/menit.

4. Perhitungan waktu yang menghubungkan antara air buangan *trickling filter* melalui saringan dan permukaan media filter dengan kedalaman saringan, menit (t)

$$\frac{t}{D} = \frac{CD}{Q^n}$$

Dimana ;

t = waktu yang waktu yang menghubungkan antara air buangan *trickling filter* melalui saringan dan permukaan media filter dengan kedalaman saringan, menit

D = kedalaman filter (ft)

Q = beban hidrolis (mg/acre.day)

C = nilai konstanta untuk permukaan spesifik

n = nilai konstanta media filter

diketahui,

$$D = 1,5 \text{ meter} = 1,5 \text{ meter} \times \frac{3,28084 \text{ ft}}{1 \text{ meter}}$$

$$= 4,92 \text{ ft}$$

$$C = 75,8 \text{ ft}^2/\text{ft}^3$$

$$n = 0,7$$

a. Untuk debit aliran Q = 1400 ml/menit

$$Q = 1400 \text{ ml/menit} = 10,273 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day} = 10,273 \text{ mg/acre.day}$$

Maka,

$$\frac{t}{D} = \frac{CD}{Q^n}$$

$$t = \frac{CD^2}{Q^n}$$

$$= \frac{75,8 \text{ ft}^2 / \text{ft}^3 \times (4,921 \text{ ft})^2}{(10,273)^{0,7} \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{day}}$$

$$= 359,4 \text{ menit}$$

$$= 5,99 \text{ jam}$$

b. Untuk debit aliran Q = 1500 ml/menit

$$Q = 1500 \text{ ml/menit} = 11,007 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day} = 11,007 \text{ mg/acre.day}$$

Maka,

$$\frac{t}{D} = \frac{CD}{Q^n}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{CD^2}{Q^n} \\ &= \frac{75,8 \text{ ft}^2 / \text{ft}^3 \times (4,921 \text{ ft})^2}{(11,007)^{0.7} \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{day}} \\ &= 342,458 \text{ menit} \\ &= 5,71 \text{ jam} \end{aligned}$$

c. Untuk debit aliran Q = 1600 ml/menit

$$Q = 1600 \text{ ml/menit} = 11,740 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day} = 11,740 \text{ mg/acre.day}$$

Maka,

$$\frac{t}{D} = \frac{CD}{Q^n}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{CD^2}{Q^n} \\ &= \frac{75,8 \text{ ft}^2 / \text{ft}^3 \times (4,921 \text{ ft})^2}{(11,740)^{0.7} \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{day}} \\ &= 327,35 \text{ menit} \\ &= 5,45 \text{ jam} \end{aligned}$$

**B DESAIN REAKTOR PENGENDAPAN I DAN PENGENDAPAN II
(CLARIFIER)**

Kriteria desain reaktor:

- 1) Surface loading = $16 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} - 24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$ (Metcalf:514)
- 2) Waktu detensi = 1 jam

1. Perhitungan surface area (m²)

$$\text{Surface area} = \frac{Q_{\text{ave}}}{\text{Surface loading}}$$

a. Untuk debit aliran air (Q_{ave}) = 1400 ml/menit

$$Q = 1.400 \text{ ml/menit} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}}$$
$$= 2,016 \text{ m}^3/\text{hari} = 2,016 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}$$

maka,

$$\text{Surface area} = \frac{Q_{\text{ave}}}{\text{Surface loading}}$$
$$= \frac{2,016 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hari}}$$
$$= 0,084 \text{ m}^2$$

Jadi, surface area untuk debit aliran air (Q_{ave}) = 1400 ml/menit adalah 0,084 m².

b. Untuk debit aliran air (Q_{ave}) = 1500 ml/menit

$$Q = 1500 \text{ ml/menit} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}}$$
$$= 2,16 \text{ m}^3/\text{hari} = 2,160 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}$$

maka,

$$\text{Surface area} = \frac{Q_{\text{ave}}}{\text{Surface loading}}$$
$$= \frac{2,160 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hari}}$$
$$= 0,09 \text{ m}^2$$

Jadi, surface area untuk debit aliran air (Q_{ave}) = 1500 ml/menit adalah 0,09 m².

c. Untuk debit aliran air (Q_{ave}) = 1600 ml/menit

$$Q = 1600 \text{ ml/menit} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}}$$

$$\text{Surface area} = \frac{Q_{\text{ave}}}{\text{Surface loading}}$$

a. Untuk debit aliran air (Q_{ave}) = 1400 ml/menit

$$\begin{aligned} Q &= 1.400 \text{ ml/menit} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 2,016 \text{ m}^3/\text{hari} = 2,016 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned} \text{Surface area} &= \frac{Q_{\text{ave}}}{\text{Surface loading}} \\ &= \frac{2,016 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}} \\ &= 0,084 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Jadi, surface area untuk debit aliran air (Q_{ave}) = 1400 ml/menit adalah 0,084 m².

b. Untuk debit aliran air (Q_{ave}) = 1500 ml/menit

$$\begin{aligned} Q &= 1500 \text{ ml/menit} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 2,16 \text{ m}^3/\text{hari} = 2,160 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned} \text{Surface area} &= \frac{Q_{\text{ave}}}{\text{Surface loading}} \\ &= \frac{2,160 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}} \\ &= 0,09 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



Jadi, surface area untuk debit aliran air (Q_{ave}) = 1500 ml/menit adalah 0,09 m².

c. Untuk debit aliran air (Q_{ave}) = 1600 ml/menit

$$\begin{aligned} Q &= 1600 \text{ ml/menit} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 2,304 \text{ m}^3/\text{hari} = 2,304 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$= 2,304 \text{ m}^3/\text{hari} = 2,160 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}$$

maka,

$$\begin{aligned} \text{Surface area} &= \frac{Q_{\text{ave}}}{\text{Surface loading}} \\ &= \frac{2,304 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hari}} \\ &= 0,096 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Jadi, surface area untuk debit aliran air (Q_{ave}) = 1600 ml/menit adalah 0,096 m².

2. Perhitungan diameter bak pengendap (D)

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

a. Untuk debit aliran air (Q_{ave}) = 1400 ml/menit

$$A = 0,084 \text{ m}^2$$

maka,

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,084 \text{ m}^2}{3,14}} \\ &= 0,327 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, diameter bak pengendap untuk debit aliran air (Q_{ave}) 1400 ml/menit adalah 0,327 m.

b. Untuk debit aliran air (Q_{ave}) = 1500 ml/menit

$$A = 0,09 \text{ m}^2$$

maka,

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 0,09 \text{ m}^2}{3,14}}$$

$$= 0,338 \text{ m}$$

Jadi, diameter bak pengendap untuk debit aliran air (Q_{ave}) 1500 ml/menit adalah 0,338 m.

c. Untuk debit aliran air (Q_{ave}) = 1600 ml/menit

$$A = 0,096 \text{ m}^2$$

maka,

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 0,096 \text{ m}^2}{3,14}}$$

$$= 0,350 \text{ m}$$

Jadi, diameter bak pengendap untuk debit aliran air (Q_{ave}) 1600 ml/menit adalah 0,350 m.

3. Perhitungan volume dan kedalaman bak pengendap (V dan h)

$$V = t_d \cdot Q_{ave}$$

$$h = \frac{V}{A}$$

a. Untuk debit aliran air (Q_{ave}) = 1.400 ml/menit

$$Q = 1400 \text{ ml/menit} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}}$$

$$= 2,016 \text{ m}^3/\text{hari} = 2,016 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$A = 0,084 \text{ m}^2$$

$$t_d = 1 \text{ jam} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 0,0417 \text{ hari}$$

maka,

$$V = t_d \cdot Q_{ave}$$

$$= 0,0417 \text{ hari} \times 2,016 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,084 \text{ m}^3$$

$$h = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{0,084 \text{ m}^3}{0,084 \text{ m}^2}$$

$$= 1,0 \text{ m}$$

Jadi, volume dan kedalaman bak pengendap untuk debit aliran air (Q_{ave}) 1400 ml/menit adalah $0,084 \text{ m}^3$ dan $1,0 \text{ m}$.

b. Untuk debit aliran air (Q_{ave}) = 1500 ml/menit

$$Q = 1500 \text{ ml/menit} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}}$$

$$= 2,160 \text{ m}^3/\text{hari} = 2,160 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$A = 0,09 \text{ m}^2$$

$$t_d = 1 \text{ jam} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 0,0417 \text{ hari}$$

maka,

$$V = t_d \cdot Q_{ave}$$

$$= 0,0417 \text{ hari} \times 2,160 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,09 \text{ m}^3$$

$$h = \frac{V}{A}$$

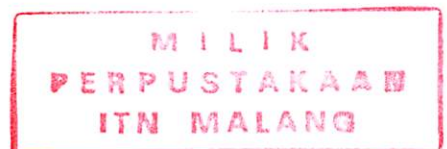
$$= \frac{0,09 \text{ m}^3}{0,09 \text{ m}^2}$$

$$= 1,0 \text{ m}$$

Jadi, volume dan kedalaman bak pengendap untuk debit aliran air (Q_{ave}) 1500 ml/menit adalah $0,09 \text{ m}^3$ dan $1,0 \text{ m}$.

c. Untuk debit aliran air (Q_{ave}) = 1600 ml/menit

$$Q = 1600 \text{ ml/menit} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}}$$



$$= 2,304 \text{ m}^3/\text{hari} = 2,160 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$A = 0,096 \text{ m}^2$$

$$t_d = 1 \text{ jam} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 0,0417 \text{ hari}$$

maka,

$$V = t_d \cdot Q_{ave}$$

$$= 0,0417 \text{ hari} \times 1,296 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,054 \text{ m}^3$$

$$h = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{0,096 \text{ m}^3}{0,096 \text{ m}^2}$$

$$= 1,0 \text{ m}$$

Jadi, volume dan kedalaman bak pengendap untuk debit aliran air (Q_{ave}) 1600 ml/menit adalah 0,096 m³ dan 1,0 m.

C DESAIN BAK PENGUMPUL (RESERVOIR)

Rancangan desain reaktor:

$$1) \text{ Surface loading} = 16 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} - 24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \text{ (Metcalf:514)}$$

$$2) \text{ Waktu detensi} = 1 \text{ hari} = 1 \text{ hari} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} = 1.440 \text{ menit}$$

3) Volume bak pengendapan untuk debit 1400 ml/menit

$$V = 0,054 \text{ m}^3 \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 54 \text{ L}$$

Jadi, volume untuk 2 bak pengendapan adalah:

$$V = 2 \times 54 \text{ L} = 108 \text{ L}$$

4) Volume *effluent* limbah 350 ml/menit

$$V = 350 \text{ ml/menit} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1440 \text{ menit}}{1 \text{ hari}}$$

$$V = 696 \text{ L/hari} = \pm 700 \text{ L/hari}$$

1. Perhitungan volume bak pengumpul

$$\begin{aligned} V &= \text{volume 2 bak sedimentasi} + \text{volume effluent per hari} \\ &= (2 \times 96) \text{ L} + 504 \text{ L} \\ &= 875,52 \text{ L dipakai bak pengumpul} \pm 900 \text{ L} \end{aligned}$$

Jadi, volume bak pengumpul adalah ± 900 L.

LAMPIRAN B

ANALISIS MEDIA DAN SAMPEL

A. STERILISASI MEDIA FILTER

1. Metode

Pemanasan dalam oven.

2. Prinsip

Bakteri dan kuman akan dibasmi semua dengan cara pemanasan. Cara yang digunakan dengan pemanasan dalam oven.

3. Cara Kerja

Bakteri dapat dibasmi oleh panas dalam oven. Dengan suhu 105°C dan waktu selama 8 jam maka efisiensi tercapai dengan baik. Lubang ventilasi pada oven boleh ditutup, karena tidak ada uap yang keluar.

B. PENGUKURAN pH DAN SUHU

1. Cara Kerja Pengukuran Suhu

- a. Ambil sampel limbah dengan menggunakan *beaker glass*.
- b. Celupkan termometer ke dalam *beaker glass* limbah tersebut.
- c. Lihat temperatur yang tertera pada termometer.

2. Cara Kerja Pengukuran pH

- a. Ambil sampel limbah dengan menggunakan *beaker glass*.
- b. Celupkan kertas pH meter ke dalam *beaker glass* limbah tersebut.
- c. Lihat warna kertas pH meter di indikator warna pH meter.

C. ANALISIS *PERMANGANAT VALUE* (PV)

1. Metode

Titration permanganometri.

2. Prinsip

Zat organik dioksidasi oleh KMnO_4 berlebih dalam suasana asam dan panas.

3. Peralatan dan Perekasi

3.1 Peralatan

- | | |
|--------------------|------------------------|
| a. Buret | f. Pipet |
| b. Statif | g. <i>Beaker glass</i> |
| c. Erlemmeyer | h. Kompor listrik |
| d. Neraca analitis | |
| e. Gelas ukur | |

3.2 Perekasi

a. Larutan KMnO_4 0,1 N

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

b. Larutan KMnO_4 0,01 N

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

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

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

d. 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 kedalam labu ukur 1 liter.

e. Larutan H_2SO_4 8 N bebas zat organik

222 ml H_2SO_4 pekat tuangkan 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

a. Pembebasan labu elenmeyer dari zat organik

- 100 ml air keran dimasukkan ke dalam labu elenmeyer 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 elenmeyer (dinginkan).

b. Pemeriksaan zat organik

- 100 ml contoh air dimasukkan ke dalam labu elenmeyer 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. ± 5 menit (dinginkan).
- Tambahkan 10 ml larutan baku KMnO_4 0,01 N kemudian panaskan lagi hingga mendidih selama 10 menit, suhu 100°C .
- Setelah itu tambahkan 10 ml larutan baku asam oksalat 0,01 N (temperatur $80^\circ \text{C} - 70^\circ \text{C}$).
- 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 lebih dari 7 ml (titrasi) ulangi. Analisis dengan cara mengencerkan larutan uji.

- Untuk analisis secara duplo, apabila terdapat perbedaan pemakaian larutan baku KMnO_4 lebih dari 0,1 ml, ulangi pengujian, apabila kurang atau sama dengan 0,1 ml rata-ratakan hasilnya.

5. Standarisasi KMnO_4

- Ukur 100 ml air suling secara duplo dan masukan dalam labu elenmeyer 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 sampai menunjukkan warna merah muda.
- Catat volume KMnO_4 yang dibutuhkan untuk titrasi, apabila perbedaan pemakaian larutan baku atau = 0,1 ml maka hasilnya di rata-rata.

(Nilai yang didapat pada standarisasi KMnO_4 digunakan untuk perhitungan normalitas larutan baku KMnO_4).

6. Perhitungan

Perhitungan nilai permanganat dengan rumus sebagai berikut:

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

dimana:

A : ml larutan baku KMnO_4 yang digunakan dalam titrasi (total).

B : Normalitas larutan baku KMnO_4 .

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

dimana:

V_1 = ml larutan baku asam oksalat.

V_2 = ml larutan baku KMnO_4 yang digunakan untuk titrasi.

N_1 = Normalitas larutan baku asam oksalat.

N_2 = Normalitas larutan baku KMnO_4 yang dicari.

P : faktor pengenceran larutan uji.

D. ANALISIS CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD)

1. Metode

Closed Reflux Titrimetric.

2. Prinsip

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

3. Peralatan dan Perekasi

3.1 Peralatan

1. Buret
2. Pipet
3. pH meter
4. *Beker Glass*
5. Buret
6. Erlemmeyer
7. Statif
8. Neraca analitis
9. Gelas ukur
10. Bunsen

3.2 Perekasi

A. Larutan standar kalium dikromat 0,0167 M

Tambahkan 4,193 gram $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, yang sebelumnya telah dikeringkan pada suhu 103°C selama 2 jam, pada 500 ml air destilasi. Lalu tambahkan 167 ml H_2SO_4 pekat dan 3,33 gram H_2SO_4 . Larutkan dan

dinginkan sampai temperatur kamar kemudian encerkan volumenya menjadi 1000 ml.



B. Pereaksi asam sulfat

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

C. Larutan indikator ferroin

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

D. Larutan ferroin amonium sulfat (FAS)

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

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

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

3. Cara kerja

- a. Cuci tabung COD dan rendam dalam 20% H_2SO_4 untuk penggunaan pertama kali.
- b. Masukkan 2,5 ml sampel, 1,5 ml kalium dikromat dan 3,5 ml pereaksi asam sulfat ke dalam tabung COD. Tutup tabung rapat-rapat dan kocok agar tercampur sempurna.

- c. Masukkan pada pemanas COD mikro lalu panaskan pada suhu 150°C selama 2 jam.
- d. Dinginkan pada suhu kamar. Kemudian tuangkan isinya ke dalam wadah yang lebih besar. Tambahkan 1 sampai 2 tetes indikator ferroin. Titrasi dengan FAS Titik akhir titrasi adalah terjadi perubahan warna dari biru kehijauan sampai berwarna merah kecoklatan. Catat ml FAS yang dipakai untuk titrasi.
- e. Buat blangko dengan air destilasi sebagai pengganti sampel, lalu langkah-langkah pengerjaan diatas diulangi kembali. Catat ml FAS yang dipakai untuk titrasi blangko tersebut.

5. Perhitungan

$$\text{COD (mg O}^2\text{/l)} = (A-B) \times M \times 8000/\text{ml sampel}$$

dimana:

A = ml FAS yang dipakai untuk titrasi blangko

B = ml FAS yang dipakai untuk titrasi sampel

M = molaritas FAS

E. Analisis *Total Suspended Solid* (TSS)

1. Metode

Penyaringan kertas saring.

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 105⁰ C. Maka berat residu sesudah pengeringan adalah zat padat tersuspensi.

3. Alat-alat

- a. Cawan porselin
- b. Oven untuk pemanasan 105° C
- c. Desikator
- d. Timbangan analitis
- e. Filter kertas

4. Cara Kerja

- a. Panaskan filter kertas di dalam oven pada suhu 150⁰C 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.
- b. 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.
- c. Filter kertas diambil dari alat penyaring dengan hati – hati dan masukan dalam oven untuk pemanasan pada suhu 105⁰C. Selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator dan kemudian timbang dengan cepat.

4. Perhitungan

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

dimana :

a = berat filter dan residu sesudah pemanasan 105⁰C (mg)

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

c = ml sampel

LAMPIRAN C

PENGOPERASIAN ALAT *TRICKLING FILTER*

LANGKAH-LANGKAH PENGOPERASIAN ALAT *TRICKLING FILTER*

A. Mengukur debit aliran limbah pencucian mobil pada alat *trickling filter*

- 1.1 Pengaturan debit aliran menggunakan *valve*.
- 1.2 Dilakukan pengukuran debit aliran sebelum rangkaian pipa alat *trickling filter* dipasang agar memudahkan pengukuran debit aliran.
- 1.3 Pengaturan debit aliran air limbah dilakukan:
 1. Setelah bak pengumpul
 - a. Masukkan air ke dalam bak pengumpul.
 - b. Dalam penelitian ini, variasi debit yang dihasilkan di bak pengumpul adalah:
 - ✓ Untuk $Q = 1.400$ ml/menit, maka $Q_{effluent} = 350$ ml/menit.
 - ✓ Untuk $Q = 1.500$ ml/menit, maka $Q_{effluent} = 375$ ml/menit.
 - ✓ Untuk $Q = 1.600$ ml/menit, maka $Q_{effluent} = 400$ ml/menit.
 - c. Gunakan botol plastik ukuran 2 liter untuk mengukur variasi volume pada bak pengumpul.
 - d. Beri tanda pada botol tersebut setelah variasi volume yang berbeda diukur.
 - e. Siapkan *stopwacth* dan botol plastik yang sudah diberi tanda untuk variasi volume yang berbeda.
 - f. Buka *valve* pada bak pengumpul biarkan mengalir. Kemudian masukkan botol plastik ke aliran air dan nyalakan *stopwacth* secara bersamaan.
 - g. Matikan *stopwacth* bila sudah mencapai waktu 1 menit secara bersamaan dengan penghentian aliran air pada botol plastik.
 - h. Lihat botol plastik, apakah sudah mencapai volume 350 ml.
 - i. Bila belum mencapai volume 350 ml, maka dilakukan langkah (c) sampai dengan (h) kembali.
 - j. Bila sudah mencapai volume 350 ml, maka beri tanda pada *valve* bak pengumpul.

k. Lakukan langkah (c) sampai dengan (h) untuk variasi debit: 375 ml/menit dan 400 ml/menit.

l. Bila pengukuran debit telah selesai, tutup *valve*.

2. Setelah bak pengendapan I

a. Masukkan air ke dalam pengendapan I.

b. Dalam penelitian ini, variasi debit yang dihasilkan di bak pengendapan I adalah:

✓ Untuk $Q = 1.400$ ml/menit.

✓ Untuk $Q = 1.500$ ml/menit.

✓ Untuk $Q = 1.600$ ml/menit.

c. Gunakan botol plastik ukuran 2 liter untuk mengukur variasi volume pada bak pengendapan I.

d. Beri tanda pada botol tersebut setelah variasi volume yang berbeda diukur.

e. Siapkan *stopwacth* dan botol plastik yang sudah diberi tanda untuk variasi volume yang berbeda.

f. Buka *valve* pada bak pengendapan I biarkan mengalir. Kemudian masukkan botol plastik ke aliran air dan nyalakan *stopwacth* secara bersamaan.

g. Matikan *stopwacth* bila sudah mencapai waktu 1 menit secara bersamaan dengan penghentian aliran air pada botol plastik.

h. Lihat botol plastik, apakah sudah mencapai volume 1400 ml.

i. Bila belum mencapai volume 1400 ml, maka dilakukan langkah (c) sampai dengan (h) kembali.

j. Bila sudah mencapai volume 1400 ml, maka beri tanda pada *valve* bak pengendapan I.

k. Lakukan langkah (c) sampai dengan (h) untuk variasi debit: 1500 ml/menit dan 1600 ml/menit.

l. Bila pengukuran debit telah selesai, tutup *valve*.

- ✓ Untuk $Q = 1.600 \text{ ml/menit}$
- c. Gunakan botol plastik ukuran 2 liter untuk mengukur variasi volume pada bak pengumpul.
- d. Beri tanda pada botol tersebut setelah variasi volume yang berbeda diukur.
- e. Siapkan *stopwacth* dan botol plastik yang sudah diberi tanda untuk variasi volume yang berbeda.
- f. Buka *valve* pada bak pengumpul biarkan mengalir. Kemudian masukkan botol plastik ke aliran air dan nyalakan *stopwacth* secara bersamaan.
- g. Matikan *stopwacth* bila sudah mencapai waktu 1 menit secara bersamaan dengan penghentian aliran air pada botol plastik.
- h. Lihat botol plastik, apakah sudah mencapai volume 1400 ml.
- i. Bila belum mencapai volume 1400 ml, maka dilakukan langkah (c) sampai dengan (h) kembali.
- j. Bila sudah mencapai volume 1400 ml, maka beri tanda pada *valve* bak pengumpul.
- k. Lakukan langkah (c) sampai dengan (h) untuk variasi debit: 1500 ml/menit dan 1600 ml/menit.
- l. Bila pengukuran debit telah selesai, tutup *valve*.

5. Setelah bak pengendapan II

- a. Masukkan air ke dalam pengendapan II.
- b. Dalam penelitian ini, variasi debit yang dihasilkan di bak pengendapan II adalah:
 - ✓ Untuk $Q = 1.400 \text{ ml/menit}$ dengan resirkulasi = 3, maka $Q_{\text{resirkulasi}} = 1050 \text{ ml/menit}$.
 - ✓ Untuk $Q = 1.500 \text{ ml/menit}$ dengan resirkulasi = 3, maka $Q_{\text{resirkulasi}} = 1125 \text{ ml/menit}$.
 - ✓ Untuk $Q = 1.600 \text{ ml/menit}$ dengan resirkulasi = 3, maka $Q_{\text{resirkulasi}} = 1200 \text{ ml/menit}$.
 - ✓ Untuk $Q = 1.400 \text{ ml/menit}$, maka $Q_{\text{effluent}} = 350 \text{ ml/menit}$.
 - ✓ Untuk $Q = 1.500 \text{ ml/menit}$, maka $Q_{\text{effluent}} = 375 \text{ ml/menit}$.

- ✓ Untuk $Q = 1.600 \text{ ml/menit}$
- c. Gunakan botol plastik ukuran 2 liter untuk mengukur variasi volume pada bak pengumpul.
- d. Beri tanda pada botol tersebut setelah variasi volume yang berbeda diukur.
- e. Siapkan *stopwacth* dan botol plastik yang sudah diberi tanda untuk variasi volume yang berbeda.
- f. Buka *valve* pada bak pengumpul biarkan mengalir. Kemudian masukkan botol plastik ke aliran air dan nyalakan *stopwacth* secara bersamaan.
- g. Matikan *stopwacth* bila sudah mencapai waktu 1 menit secara bersamaan dengan penghentian aliran air pada botol plastik.
- h. Lihat botol plastik, apakah sudah mencapai volume 1400 ml.
- i. Bila belum mencapai volume 1400 ml, maka dilakukan langkah (c) sampai dengan (h) kembali.
- j. Bila sudah mencapai volume 1400 ml, maka beri tanda pada *valve* bak pengumpul.
- k. Lakukan langkah (c) sampai dengan (h) untuk variasi debit: 1500 ml/menit dan 1600 ml/menit.
- l. Bila pengukuran debit telah selesai, tutup *valve*.

5. Setelah bak sedimentasi II

- a. Masukkan air ke dalam sedimentasi II.
- b. Dalam penelitian ini, variasi debit yang dihasilkan di bak sedimentasi II adalah:
 - ✓ Untuk $Q = 1.400 \text{ ml/menit}$ dengan resirkulasi = 3, maka $Q_{\text{resirkulasi}} = 1050 \text{ ml/menit}$.
 - ✓ Untuk $Q = 1.500 \text{ ml/menit}$ dengan resirkulasi = 3, maka $Q_{\text{resirkulasi}} = 1125 \text{ ml/menit}$.
 - ✓ Untuk $Q = 1.600 \text{ ml/menit}$ dengan resirkulasi = 3, maka $Q_{\text{resirkulasi}} = 1200 \text{ ml/menit}$.
 - ✓ Untuk $Q = 1.400 \text{ ml/menit}$, maka $Q_{\text{effluent}} = 350 \text{ ml/menit}$.
 - ✓ Untuk $Q = 1.500 \text{ ml/menit}$, maka $Q_{\text{effluent}} = 375 \text{ ml/menit}$.

- ✓ Untuk $Q = 1.600$ ml/menit, maka $Q_{effluent} = 400$ ml/menit.
- c. Gunakan botol plastik ukuran 2 liter untuk mengukur variasi volume pada bak pengendapan II.
 - d. Beri tanda pada botol tersebut setelah variasi volume yang berbeda diukur.
 - e. Siapkan *stopwacth* dan botol plastik yang sudah diberi tanda untuk variasi volume yang berbeda.
 - f. Buka *valve* pada bak pengendapan II biarkan mengalir. Kemudian masukkan botol plastik ke aliran air dan nyalakan *stopwacth* secara bersamaan.
 - g. Matikan *stopwacth* bila sudah mencapai waktu 1 menit secara bersamaan dengan penghentian aliran air pada botol plastik.
 - h. Lihat botol plastik, apakah sudah mencapai volume 1050 ml.
 - i. Bila belum mencapai volume 1400 ml, maka dilakukan langkah (c) sampai dengan (h) kembali.
 - j. Bila sudah mencapai volume 1400 ml, maka beri tanda pada pengendapan II.
 - k. Lakukan langkah (c) sampai dengan (h) untuk variasi debit resirkulasi 1125 ml/menit dan 1200 ml/menit.
 - l. Prosedur dari (c) sampai (k) adalah pengukuran debit resirkulasi dari bak pengendapan II ke bak pengendapan I
 - m. Untuk pengukuran debit pada effluent bak pengendapan II dilakukan sesuai prosedur dari (c) sampai (h) untuk debit 350 ml/menit, 375 ml/menit dan 400 ml/menit.
 - n. Bila pengukuran debit telah selesai, tutup *valve*.

B. Masukkan media filter (batu apung) ke dalam *trickling filter*.

C. Rangkaikan inslulasi alat *trickling filter*.

D. Operasional alat *trickling filter* siap untuk dijalankan.

1. Mengisi air limbah pencucian mobil kedalam bak pengumpul.
2. Buka *valve* (sesuai dengan debit yang akan dipakai/yang sudah diberi tanda) pada bak pengumpul untuk mengisi bak pengendapan I hingga penuh.

3. Buka *valve* (sesuai dengan debit yang akan dipakai/yang sudah diberi tanda) pada bak pengendapan I untuk mengisi bak pengatur debit hingga penuh dengan menggunakan pompa.
4. Buka *valve* (sesuai dengan debit yang akan dipakai/yang sudah diberi tanda) pada bak pengatur debit untuk mengisi *trickling filter*.
5. Buka *valve* (sesuai dengan debit yang akan dipakai/yang sudah diberi tanda) pada *trickling filter* untuk mengisi bak pengendapan II hingga penuh.
6. Buka *valve effluent* pada bak pengendapan II (sesuai dengan debit yang akan dipakai/yang sudah diberi tanda) dan juga buka *valve resirkulasi* pada bak pengendapan II (sesuai dengan debit yang akan dipakai/yang sudah diberi tanda) dengan menggunakan pompa.

Pengoperasian model unit *trickling filter* limbah pencucian mobil secara *Continous Flow System* selama beberapa hari (mengalami proses *seeding* dan aklimatisasi) sampai dengan mencapai *steady-state*.

LAMPIRAN D

DOKUMENTASI PENELITIAN

Persiapan Alat



Pembersihan reaktor
trickling filter



Rangkaian reaktor
trickling filter



pompa



Alat pertukangan untuk pembuatan
sistem perpipaan

Alat-alat Laboratorium yang Digunakan



furnace



oven



desikator



Neraca analitis

Analisa



Susunan media batu apung



Pembentukan biofilm pada media batu apung



Perbandingan Sampel Awal dengan Sampel setelah perlakuan variasi debit



Analisa COD



Analisa TSS



Analisa minyak lemak

LAMPIRAN E

HASIL PENGOLAHAN DATA DENGAN MINITAB 14

A. Persentase Penyisihan COD

debit (ml/menit)	% penyisihan COD
1400	65.53
1500	56.68
1600	46.98

8/7/2012 2:09:22 AM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Correlations: debit (ml/menit, % penyisihan COD

Pearson correlation of debit (ml/menit and % penyisihan COD = -1.000
P-Value = 0.017

Regression Analysis: % penyisihan COD versus debit (ml/menit

The regression equation is
 $\% \text{ penyisihan COD} = 196 - 0.0927 \text{ debit (ml/menit)}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	195.522	3.686	53.04	0.012
debit (ml/menit	-0.092750	0.002454	-37.80	0.017

S = 0.347011 R-Sq = 99.9% R-Sq(adj) = 99.9%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	172.05	172.05	1428.80	0.017
Residual Error	1	0.12	0.12		
Total	2	172.17			

One-way ANOVA: debit (ml/menit, % penyisihan COD

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	3125986	3125986	619.86	0.000
Error	4	20172	5043		
Total	5	3146158			

S = 71.01 R-Sq = 99.36% R-Sq(adj) = 99.20%

Individual 95% CIs For Mean Based on

Level	N	Mean	StDev	Pooled StDev
debit (ml/menit)	3	1500.0	100.0	
% penyisihan COD	3	56.4	9.3	

0 500 1000 1500

Pooled StDev = 71.0

B. Persentase Penyisihan TSS

debit (ml/menit)	% Penyisihan TSS
1400	74.26
1500	71.81
1600	65.19

8/7/2012 2:09:22 AM

Correlations: % Penyisihan TSS, Debit (ml/menit)

Pearson correlation of debit and % penyisihan TSS = -0.967
P-Value = 0.165

Regression Analysis: % Penyisihan TSS versus debit (ml/menit)

The regression equation is
% konsentrasi TSS = 138 - 0.0453 debit

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	138.45	18.08	7.66	0.083
debit	-0.04535	0.01204	-3.77	0.165



S = 1.70240 R-Sq = 93.4% R-Sq(adj) = 86.8%

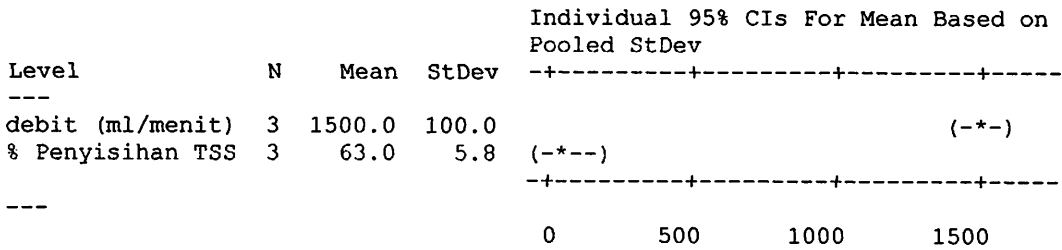
Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	41.132	41.132	14.19	0.165
Residual Error	1	2.898	2.898		
Total	2	44.031			

One-way ANOVA: debit (ml/menit), % Penyisihan TSS

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	3125986	3125986	619.86	0.000
Error	4	20172	5043		
Total	5	3146158			

S = 71.01 R-Sq = 99.36% R-Sq(adj) = 99.20%



Pooled StDev = 70.8

C. Persentase Penyisihan Minyak Lemak

debit (ml/menit)	% Penyisihan Minyak lemak
1400	71.59
1500	67.05
1600	57.95

8/7/2012 2:09:22 AM

Results for: Worksheet 3

Correlations: debit (ml/menit), % Penyisihan Minyak lemak

Pearson correlation of debit (ml/menit) and % Penyisihan Minyak lemak = -0.982
P-Value = 0.121

Regression Analysis: % Penyisihan Minyak lemak versus debit (ml/menit)

The regression equation is
% Penyisihan Minyak lemak = 168 - 0.0682 debit (ml/menit)

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	167.83	19.77	8.49	0.075
debit (ml/menit)	-0.06820	0.01316	-5.18	0.121

S = 1.86161 R-Sq = 96.4% R-Sq(adj) = 92.8%

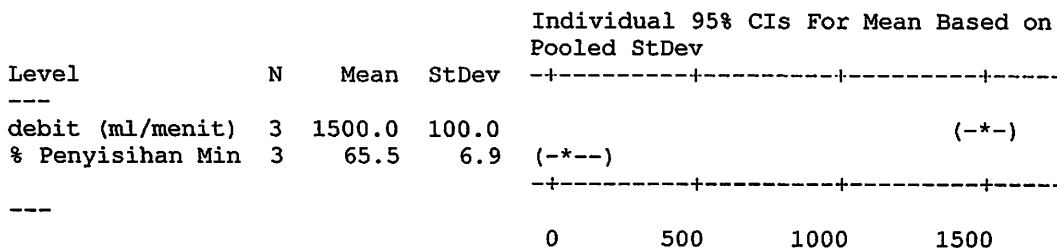
Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	93.025	93.025	26.84	0.121
Residual Error	1	3.466	3.466		
Total	2	96.490			

One-way ANOVA: debit (ml/menit), % Penyisihan Minyak lemak

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	3086556	3086556	614.35	0.000
Error	4	20096	5024		
Total	5	3106653			

S = 70.88 R-Sq = 99.35% R-Sq(adj) = 99.19%



Pooled StDev = 70.9

LAMPIRAN F

**Keputusan Gubernur Jawa Timur
Nomor 45 Tahun 2002 tentang Baku
Mutu Limbah Cair Bagi Industri dan
Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa
Timur**



GUBERNUR JAWA TIMUR

KEPUTUSAN

GUBERNUR JAWA TIMUR
NOMOR 45 TAHUN 2002
TENTANG

BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI INDUSTRI ATAU KEGIATAN
USAHA LAINNYA DI JAWA TIMUR

GUBERNUR JAWA TIMUR

- imbang: a. Bahwa air sebagai sumber daya alam harus dapat dimanfaatkan untuk memenuhi hajat hidup orang banyak, oleh karena itu perlu dipelihara kualitas, kuantitas dan kontinuitasnya agar tetap bermanfaat bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya.
- b. Bahwa sehubungan dengan maksud tersebut pada huruf a, maka perlu ditetapkan Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur, dengan Keputusan Gubernur Jawa Timur.
- ngingat : 1. Undang-Undang Nomor 11 Tahun 1974 tentang Pengairan;
2. Undang - Undang Nomor 5 Tahun 1984 tentang Perindustrian
3. Undang - Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup ;
4. Undang - Undang Nomor 22 Tahun 1999 tentang Pemerintah Daerah ;
5. Peraturan Pemerintah Nomor 25 tahun 2000 tentang Kewenangan Pemerintah dan Pemerintah Propinsi sebagai Daerah Otonom;

6. Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air;
7. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-61/MENLH/10 / 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri;
8. Peraturan Daerah Propinsi Jawa Timur Nomor 5 Tahun 2000 tentang Pengendalian Pencemaran Air di Propinsi Jawa Timur
9. Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 14 Tahun 2000 tentang Pengambilan Sample Air di Propinsi Jawa Timur
10. Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 28 Tahun 2000 tentang Petunjuk Pelaksanaan Peraturan Daerah Propinsi Jawa Timur Nomor 5 Tahun 2000 tentang Pengendalian Pencemaran Air di Propinsi Jawa Timur
11. Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 29 Tahun 2000 tentang Tata Cara Perijinan Pembuangan Limbah Cair ke Sumber-sumber Air di Propinsi Jawa Timur

menetapkan : **KEPUTUSAN GUBERNUR JAWA TIMUR TENTANG BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI INDUSTRI ATAU KEGIATAN USAHA LAINNYA DI PROPINSI JAWA TIMUR.**

Pasal 1

Isi keputusan ini yang dimaksud dengan :

- Gubernur adalah Gubernur Propinsi Jawa Timur
- Pejabat Berwenang adalah Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Propinsi Jawa Timur dan Bupati / Walikota di Jawa Timur
- Dinas Perindustrian dan Perdagangan adalah Dinas Perindustrian dan Perdagangan Propinsi Jawa Timur
- Bupati / Walikota adalah Bupati / Walikota di Jawa Timur
- Penanggung Jawab Kegiatan adalah pengusaha atau pemilik perusahaan industri atau kegiatan usaha lainnya yang bersangkutan
- Laboratorium yang ditunjuk adalah laboratorium lingkungan rujukan yang ditunjuk oleh Gubernur Jawa Timur
- Industri adalah kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi, dan/atau barang jadi menjadi barang

**BAKU MUTU LIMBAH CAIR
UNTUK PENCUCIAN KENDARAAN BERMOTOR**

Volume Limbah Cair Maximum per satuan produk
 15 m³ / Kendaraan Besar
 0,5 m³ / Kendaraan Kecil
 0,1 m³ / Sepeda Motor

Parameter	Kadar maximum (mg/l)
BOD ₅	100
COD	250
TSS	100
Minyak dan Lemak	10
MBAS (Detergent)	10
Fosfat (sebagai P ₂ O ₄)	10
pH	6 – 9

eterangan : Kendaraan Besar adalah : Jenis Truk, Bus, Trailer d

Kendaraan Kecil adalah : Jenis Sedan, Mini Bus,
Pickup, Jeep, Station Wag
dsb.

Sepeda Motor adalah : Jenis Sepeda Motor dan Sku



LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Kampus I Jl. Bendungan Sigura-gura No.2

Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax (0341) 553015 Extention 187

Malang 65145



K NIAGA MALANG

HASIL ANALISIS SAMPEL

a.n. : Agusfian Trima Putra (NIM : 03.26.037)
Alamat : Mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang
Lokasi : Limbah Pencucian mobil "The Auto Bridal" Malang
Sampling : Oleh konsumen
Analisis : Oleh konsumen
Tanggal Analisis Sampel : 07Juli – 21 Juli 2012

HASIL ANALISA AWAL

No	Parameter	Konsentrasi Awal			
		1	2	3	Rata-rata
1	COD	570	570	508.24	549.41
2	TSS	286	256	274	272.00
3	Minyak Lemak	16	32	40	29.33
4	pH	7	7	7	7
5	Suhu	25.4	25.4	25.4	25.4

HASIL ANALISA PV

Hari ke-	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	titrasi KMnO ₄ (ml)	Bahan Organik (mg/l)
1	7 Juli 2012	25,4	7	7.3	23,068
2	8 Juli 2012	25,4	7	6	18,96
3	9 Juli 2012	25,4	7	5	15,8
4	10 Juli 2012	25,4	7	6	18,96
5	11 Juli 2012	25,4	7	6.2	19,592
6	12 Juli 2012	25,4	7	5.3	16,748
7	13 Juli 2012	25,4	7	5.8	18,328
8	14 Juli 2012	25,4	7	5.9	18,644
9	15 Juli 2012	25,4	7	5.2	16,432
10	16 Juli 2012	25,4	7	4.8	15,168
11	17 Juli 2012	25,4	7	4.5	14,22
12	18 Juli 2012	25,4	7	4.3	13,588
13	19 Juli 2012	25,4	7	4.2	13,272



HASIL ANALISIS SAMPEL

a.n. :
 Alamat :
 Lokasi :
 Sampling :
 Analisis :
 Tanggal Analisis Sampel :

: Agustinus Timsa Putra (NIM : 03.26.037)
 : Mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang
 : Limbah Pencucian mobil "The Auto Bhdal" Malang
 : Oliki konsumen
 : Oliki konsumen
 : 07 Juli - 21 Juli 2012

HASIL ANALISA AWAL

No	Parameter	Konsentrasi Awal		
		1	2	3
1	COD	270	270	208,24
2	TSS	280	270	270,00
3	Zincok Total	10	25	20,34
4	pH	7	7	7
5	Suhu	22,4	22,4	22,4

HASIL ANALISA PA

Titik No-	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	Titik Keras (mg)	Dalam Organik (mg)
1	7 Juli 2012	22,4	7	2,8	27,002
2	8 Juli 2012	22,4	7	0	10,748
3	9 Juli 2012	22,4	7	2	12,8
4	10 Juli 2012	22,4	7	0	10,900
5	11 Juli 2012	22,4	7	2,2	10,202
6	12 Juli 2012	22,4	7	2,2	10,748
7	13 Juli 2012	22,4	7	2,2	18,338
8	14 Juli 2012	22,4	7	2,0	12,644
9	15 Juli 2012	22,4	7	2,2	10,132
10	16 Juli 2012	22,4	7	4,8	12,108
11	17 Juli 2012	22,4	7	4,2	14,22
12	18 Juli 2012	22,4	7	4,3	12,282
13	19 Juli 2012	22,4	7	4,1	12,232



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 Extension 187

Malang 65145

SIK NIAGA MALANG

HASIL ANALISA COD

No.	Konsentrasi Awal (mg/l)	Debit (ml/menit)	Konsentrasi Akhir COD (mg/l)			
			1	2	3	Rata-rata
1	549.412	1400	237.04	165.52	165.52	189.36
2		1500	237.04	276.92	200.00	237.99
3		1600	276.92	320.00	276.92	291.28

HASIL ANALISA TSS

No.	Konsentrasi Awal TSS (mg/l)	Debit Effluent (ml/menit)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)			
			1	2	3	Rata-rata
1	272	1400	70	68	72	70
2	272	1500	77	75	78	76,67
3	272	1600	92	95	97	94,67

HASIL ANALISA MINYAK LEMAK

No.	Konsentrasi Awal Minyak lemak (mg/l)	Debit Effluent (ml/menit)	Konsentrasi Akhir Minyak lemak (mg/l)			
			1	2	3	Rata-rata
1	29,33	1400	11	8	6	8,33
2	29,33	1500	8	11	10	9,67
3	29,33	1600	10	14	13	12,33

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

Asisten Laboratorium Pendamping

IMELDA WATI FUNAN

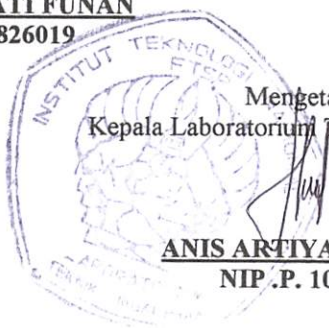
NIM : 0826019

Malang, 09 Agustus 2012

Mahasiswa

AGUSFIAN TRIMA PUTRA

NIM: 0326037



Mengetahui,
Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan

ANIS ARTIYANI, ST.MT

NIP .P. 1030300383