

TA/TL/2007/0201

PERPUSTAKAAN FISIP UIN	
HARJAN/DELI	
TGL. TERIMA :	10 - 12 - 2007
NO. JUDEL :	2748
NO. INV. :	5120002748001
NO. INDUK :	002748

TUGAS AKHIR

**PENURUNAN KONSENTRASI BOD₅²⁰ (Biochemical Oxygen Demand)
DAN DETERJEN PADA LIMBAH CAIR PROSES PENCUCIAN
KENDARAAN BERMOTOR DENGAN MENGGUNAKAN
REAKTOR “AEROKARBONBIOFILTER”**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Lingkungan



Oleh :

Nama : MEI RANI NURINGTYAS

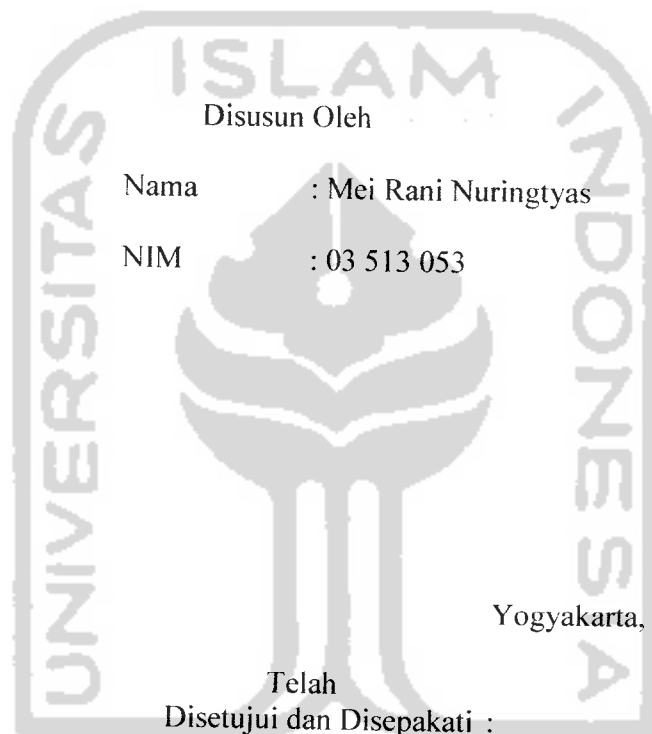
No. MHS : 03 513 053

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2007

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UIN YOGYAKARTA

LEMBAR PENGESAHAN
PENURUNAN KONSENTRASI BOD₅²⁰ (*Biochemical Oxygen Demand*)
DAN DETERJEN PADA LIMBAH CAIR PROSES PENCUCIAN
KENDARAAN BERMOTOR DENGAN MENGGUNAKAN
REAKTOR “AEROKARBONBIOFILTER”



Dosen Pembimbing I
Eko Siswoyo, ST

Tanggal : 2007

Dosen Pembimbing II
Any Juliani, ST, MSc

Tanggal : 2007

REMOVAL OF BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND (BOD_5^{20}) AND DETERGENT CONCENTRATIONS OF WASTEWATER VEHICLE WASHING SERVICE USING “AEROKARBONBIOFILTER” REACTOR

Abstract

The increase of the number of population and life style, especially in Yogyakarta city make increase requirement of service. Car and motor service washing is one of the kinds service. Increasing total car and motorcycle in Yogyakarta make increasing vehicle washing service. This effort can give the negative impact and also positive impact to human and environment. The positive impact include the decrease of unemployment and increasing the income society. While, negative impact include generate the wastewater from car and washing activity if waste water can't treatment before through. Wastewater of car and motorcycle washing has come from daily activity long at home pain don't pollute the environment. So we must made a vehicle washing wastewater treatment. However we needed a more technology which efficient utilize to reach the maximal result as an “Aerokarbonbiofilter Reactor” to degrade BOD_5^{20} (Biochemical Oxygen Demand) and detergent. Because BOD_5^{20} (Biochemical Oxygen Demand) and detergent represent the dangerous pollutant and cannot be raveled.

The purpose of the research are to know efficiency remove of BOD and detergent concentration from wastewater of car and motorcycle washing use “aerocarbonbiofilter” reactor and to know the optimum time remove BOD and detergent concentration from wastewater of car and motorcycle washing use “aerocarbonbiofilter” reactor. Aerocarbonbiofilter reactor consist of 4 level tray aerator, activated carbon and zeolit medium, microorganism seeding medium and sand filter with kuarsa sand medium. The first step in preparing microorganism seeding during 40 days. In this research takes a sample during 10 days and one every day in equalization basin and outlet reactor. From the result can to know the efficiency removal of BOD_5^{20} (Biochemical Oxygen Demand) and detergent concentration.

The result of this research : 1). Concentration of BOD and detergent in equalization basin every day is different, 2). Decrease BOD and detergent concentration from equalization basin to outlet reactor, 3). Aerocarbonbiofilter can degrade the concentration of BOD until 70 %, 67%, 80%, 67%, 50%, 80%, 60%, 50%, 50%, 50%, 4). Aerocarbonbiofilter can degrade the concentration of detergent until 48 %, 37%, 57%, 65%, 52%, 65%, 13%, 22%, 4%, 28%, 5). The high efficiency of removal BOD concentration until 80% in third day and in six day, 6). The high efficiency of removal detergent until 65% on fourth day and in six day.

Key word : *activated carbon, Aerocarbonbiofilter, BOD_5^{20} (Biochemical Oxygen Demand), detergent , microorganism seeding medium, zeolit*

PENURUNAN KONSENTRASI BOD_5^{20} (Biochemical Oxygen Demand) dan DETERJEN PADA AIR LIMBAH PENCUCIAN KENDARAAN BERMOTOR DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR AEROKARBONBIOFILTER

Intisari

Peningkatan jumlah penduduk dan gaya hidup khususnya di kota Yogyakarta mengakibatkan meningkatnya kebutuhan pelayanan. Jasa pencucian kendaraan bermotor merupakan salah satu jenis pelayanan. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Yogyakarta meningkatkan jasa pencucian kendaraan bermotor. Usaha ini memberikan berbagai dampak terhadap masyarakat maupun lingkungan baik dampak positif maupun negatif. Dampak positif yang ditimbulkannya adalah berkurangnya pengangguran dan meningkatnya pendapatan masyarakat. Sedangkan dampak negatif adalah timbulnya limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan tersebut yang apabila dibuang secara langsung ke badan air akan mengakibatkan pencemaran baik terhadap air maupun tanah. Tingginya konsentrasi BOD_5^{20} dan deterjen merupakan salah satu faktor yang mengakibatkan air limbah tersebut harus diolah terlebih dahulu. Salah satu alternatif pengolahan untuk kasus ini adalah "reaktor Aerokarbonbiofilter".

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar efisiensi reaktor untuk menurunkan konsentrasi BOD_5^{20} dan deterjen serta untuk mengetahui waktu optimal reaktor dalam menurunkan konsentrasi BOD_5^{20} dan deterjen dari limbah pencucian kendaraan bermotor. Mekanisme kerja reaktor yang digunakan antara lain proses aerasi dengan tipe spray aerator dan multiple aerator, proses adsorpsi dengan karbon aktif dan zeolit, proses aerob dengan pembibitan mikroorganisme dan filtrasi oleh pasir kuarsa. Pada penelitian ini dilakukan proses pembibitan mikroorganisme selama 40 hari setelah itu dilakukan pengolahan air secara kontinyu. Pengujian dilakukan sekali dalam sehari selama sepuluh kali pengujian untuk masing – masing parameter pada bak ekualisasi dan outlet reaktor. Dari data tersebut dapat dilihat besarnya penurunan konsentrasi untuk tiap – tiap parameter.

Dari hasil pengujian diperoleh : 1). Konsentrasi BOD_5^{20} dan deterjen pada bak ekualisasi terjadi perubahan setiap harinya, 2). Terjadinya penurunan konsentrasi parameter BOD_5^{20} dan deterjen dari bak ekualisasi ke outlet reaktor, 3). Reaktor Aerokarbonbiofilter mampu menurunkan konsentrasi BOD_5^{20} (Biochemical Oxygen Demand) sebesar 70 %, 67%, 80%, 67%, 50%, 80%, 60%, 50%, 50%, 50% walaupun terjadi penurunan dan kenaikan. 4). Reaktor Aerokarbonbiofilter mampu menurunkan konsentrasi deterjen sebesar 48 %, 37%, 57%, 65%, 52%, 65%, 13%, 22%, 4%, 28% walaupun terjadi penurunan dan kenaikan, 5) Efisiensi penurunan konsentrasi BOD_5^{20} tertinggi terjadi pada hari ke-3 dan ke-6 sebesar 80% sedang untuk deterjen pada hari ke-4 dan ke-6 sebesar 65%.

Kata kunci : BOD_5^{20} (Biochemical Oxygen Demand), deterjen, karbon aktif, reaktor aerokarbonbiofilter, zeolit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kahadirat ALLAH SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian skripsi yang berjudul **“PENURUNAN KONSENTRASI BOD₅²⁰ (BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND) DAN DETERJEN PADA LIMBAH CAIR PROSES PENCUCIAN KENDARAAN BERMOTOR DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR AEROKARBONBIOFILTER”**.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi tugas akhir sebagai syarat guna meraih gelar Sarjana Teknik Lingkungan di Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta. Peneliti menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, namun dengan segala kemampuan yang dimiliki peneliti mencoba dan berusaha menyusun skripsi ini sebaik mungkin dengan penuh harapan skripsi ini berguna bagi siapapun. Rasa terima kasih sedalam-dalamnya penulis sampaikan kepada :

1. Prof. Ir. Dr. Ruzardi . MT. Phd. Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Luqman Hakim, ST, MSi selaku kepala Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Eko Siswoyo, ST selaku dosen pembimbing I, terimakasih atas bimbingan dan nasehatnya.

5. Ibu Any Juliani, ST, MSc selaku dosen pembimbing II, terimakasih atas bimbingan, ide, dan sarannya.
6. Bapak beserta Ibu dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, yang telah memberikan pengarahannya, bimbingan selama duduk di bangku perkuliahan.
7. Perusahaan “Danone” yang telah memberikan biaya pendidikan demi kelancaran perkuliahan.
8. Bapak Agus Adi P, terimakasih atas pelayanan administrasi selama kuliah.
9. Pak Tasyono dan Mas Iwan, terima kasih atas bantuan dan bimbingannya selama saya berada di Laboratorium Kualitas Air.
10. Pak Didi selaku pimpinan “The Autobridal 10” yang telah mengizinkan penulis untuk mengambil dan meneliti limbah.
11. Bapak Waskito selaku staff BPKL, yang telah memberikan bantuan pelayanan pengujian sampel limbah.

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca serta besar harapan kritik dan saran yang mendukung kesempurnaan penulisan berikutnya.

Yogyakarta, 6 Juli 2007

Mei Rani Nuringtyas

KARYA KECIL INI KU PERSEMBAHKAN UNTUK

***Kedua Orangtua Ku Tercinta
(Bapak Samiran & Ibu Sogiyem)***

Yang telah membesarkanku hingga saat ini, mendukungku dalam setiap langkah, mendoakanku dalam setiap waktu

***Keluarga Samin (Pakdhe, Budhe, M' V3, M' Wulan, M Bowo &
M'Sulis, Amelia, Fachry)***

Yang telah memberikan doa, perhatian serta kasih sayang

Kakek dan nenek beserta saudara – saudaraku

Yang telah memberikan doa dan restu dalam menjalankan studi

Adikku Tersayang (Lilis Setya Ningsih)

Yang telah memberi do'a & motivasi serta perhatiannya

Indrawan Alloys Jambo

Terimakasih untuk kesetiaannya menemaniku,

perhatian n kasih sayangnya, nasehatnya

TERIMA KASIH KEPADA :

- ✚ Temen - temen seperjuanganku (Atur & Wita), thanks ya...
- ✚ Wita yang selalu memberikan nasihat, semangat friend.....
Aku akan terus mendukungmu.
- ✚ Atur yang selalu setia dan sabar menemaniku kemana - mana.
- ✚ Mbak Linda, Mbak Dina n Mbak Vita, makasih ya untuk kisi - kisinya dan pinjaman laporan dari semester awal.
- ✚ Temen - temen "solidifikasi", Ida lombok, Phita, Prasta, Ida cirebon, Ika, Acem, Ari, Abdul, Tuti, Reci, Andhes sukses buat TA_nya yach.....
- ✚ Buat mas Iban thanks ya atas transportasinya.
- ✚ Mbak - mbak perawat di RS Hidayatullah, makasih dah sabar merawat aku selama diopname.
- ✚ AB 4852 HT & AB 5033 YI yang telah mengantarkan aku kemana aja....
- ✚ Temen - teman TL 03, sukses buat TA_nya, semoga cepet lulus.....

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRACT	iii
INTISARI	iv
KATA PENGANTAR	v
MOTTO	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Air Limbah/Air Buangan	5
2.2 Karakteristik Air Limbah/Air Buangan	
2.2.1 Karakteristik Fisik	6

3.6	Reaktor Aerokarbonbiofilter	
3.6.1	Desain Reaktor Aerokarbonbiofilter	51
3.6.2	Dimensi Reaktor Aerokarbonbiofilter	52
3.6.3	Pembuatan Reaktor Aerokarbonbiofilter	53
3.7	Cara kerja	
3.7.1	Proses pembibitan mikroorganisme	56
3.7.2	Proses pengujian	57
3.7.3	Analisis Kualitas sampel	58
3.7.4	Analisis data	58
 BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		
4.1	Proses Seeding	60
4.2	Pengujian Konsentrasi BOD ₅ ²⁰	62
4.3	Pengujian Konsentrasi deterjen	69
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran	78
 DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Dimensi Reaktor Aerokarbonbiofilter	52
-----------	-------------------------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tetrahidra alumina dan silika pada struktur zeolit	33
Gambar 2.2	Kurva Pertumbuhan Mikroba Pada Sistem Tertutup	37
Gambar 3.2	Reaktor Aerokarbonbiofilter	54
Gambar 4.1	Penurunan Konsentrasi BOD	61
Gambar 4.2	Efisiensi Penurunan Konsentrasi BOD	65
Gambar 4.3	Penurunan Konsentrasi deterjen	68
Gambar 4.4	Efisiensi Penurunan Konsentrasi deterjen	74

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No 214/KPTS/1991
- Lampiran 2 Hasil Pengujian Konsentrasi BOD₅²⁰
- Lampiran 3 Hasil Pengujian Konsentrasi deterjen
- Lampiran 4 Hasil pengujian BOD dan deterjen pada seeding
- Lampiran 5 Hasil Uji coloni
- Lampiran 6 Dokumentasi Penelitian



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah penduduk di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Peningkatan jumlah penduduk akan mempengaruhi kebutuhan barang dan jasa. Kebutuhan barang dan jasa akan menjadi semakin meningkat. Zaman modern menjadikan masyarakat merubah gaya hidup. Masyarakat cenderung memilih barang dan jasa yang lebih mudah dan praktis.

Yogyakarta sebagai kota budaya, pendidikan dan pariwisata sangat menarik untuk dikunjungi, baik oleh masyarakat sekitar maupun luar daerah, untuk menetap maupun tinggal sementara. Sebagian besar masyarakat pendatang maupun asli lebih senang menggunakan kendaraan bermotor untuk mencapai tempat tempat, terutama dengan menggunakan kendaraan pribadi. Kondisi ini akan mengakibatkan kenaikan jumlah kendaraan bermotor.

Semakin banyak jumlah kendaraan bermotor membuat orang berpikiran untuk membuat suatu usaha pencucian dan perawatan kendaraan bermotor. Jasa pencucian kendaraan bermotor di Daerah Istimewa Yogyakarta terutama Kabupaten Sleman kini telah berkembang.

Jasa pencucian kendaraan bermotor ini memberikan manfaat yang cukup besar, baik dilihat dari segi perawatan maupun perekonomian. Jumlah pengangguran akan berkurang dan akan meningkatkan taraf hidup manusia. Akan tetapi, disisi lain akan berdampak negatif, yaitu adanya timbulan limbah cair dari

proses pencucian kendaraan bermotor. Dampak ini akan memberikan kontribusi terhadap pencemaran lingkungan, terutama pada badan penerima.

Limbah merupakan suatu produk sisa dari suatu aktifitas/kegiatan manusia yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitarnya apabila tidak dikelola secara tepat akan dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan baik udara, air, maupun tanah. Adapun dampak negatif yang dapat ditimbulkan dengan adanya limbah cair antara lain : 1). Dapat berbahaya bagi kesehatan manusia, 2). Dapat merusak kestabilan dan kehidupan ekosistem dalam perairan dan dapat mengganggu estetika lingkungan.

Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa perlu dipikirkan suatu teknologi atau alat yang dapat menurunkan tingkat bahaya yang ditimbulkan dari proses pencucian kendaraan bermotor. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dibahas masalah “Penurunan konsentrasi BOD_5^{20} (*Biochemical Oxygen Demand*) dan deterjen dengan menggunakan reaktor Aerokarbonbiofilter”.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka dapat diambil perumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa lama waktu optimal yang dibutuhkan reaktor “aerokarbonbiofilter” untuk menurunkan konsentrasi BOD_5^{20} dan deterjen pada limbah cair proses pencucian kendaraan bermotor selama 11 hari

2. Bagaimanakah efektifitas reaktor “aerokarbonbiofilter” dalam menurunkan konsentrasi BOD_5^{20} dan deterjen pada limbah cair proses pencucian kendaraan bermotor.

1.3 Batasan masalah

Dalam penelitian ini, penyusun membatasi permasalahan sebagai berikut :

1. Alat yang digunakan adalah reaktor “aerokarbonbiofilter” yang terdiri dari 4 tingkatan aerasi, karbon aktif, zeolit, proses aerobik, media filtrasi dan outlet/effluent.
2. Limbah cair yang digunakan adalah air limbah dari proses pencucian kendaraan bermotor (The Auto Bridal 10).
3. Parameter air limbah yang akan diteliti adalah BOD_5^{20} dan deterjen dengan skala laboratorium.
4. Waktu yang digunakan untuk pengambilan sampel adalah satu kali pengambilan dalam satu hari sebanyak 10 kali pengambilan.

1.4 Tujuan penelitian

Kegiatan penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui waktu optimal penurunan konsentrasi BOD_5^{20} dan deterjen dari limbah cair proses pencucian kendaraan bermotor dengan menggunakan reaktor “Aerokarbonbiofilter”.

2. Mengetahui efisiensi penurunan konsentrasi BOD_5^{20} dan deterjen dari limbah cair proses pencucian kendaraan bermotor dengan menggunakan reaktor “Aerokarbonbiofilter”.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang akan diperoleh dari kegiatan penelitian ini adalah :

1. Memberikan data dan informasi tentang kemampuan reaktor “Aerokarbonbiofilter” untuk menurunkan konsentrasi BOD_5^{20} dan deterjen dari limbah cair proses pencucian kendaraan bermotor.
2. Memberikan suatu alternatif pengolahan limbah cair pada kegiatan pencucian kendaraan bermotor sehingga limbah cair yang dihasilkan tidak menambah beban pencemar.
3. Memberikan informasi kepada pihak perusahaan yang bergerak di bidang pencucian kendaraan bermotor untuk ikut berperan dalam menjaga kualitas lingkungan dengan melakukan pengelolaan air limbahnya sebelum dibuang ke badan air penerima.
4. Dapat memberikan stimulus/pendorong untuk peneliti yang lain guna mempelajari alternatif – alternatif pengolahan limbah cair dari sisa proses pencucian kendaraan bermotor yang tepat guna.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air Limbah / Air Buangan

Air buangan diartikan sebagai kejadian masuknya atau dimasukkannya benda padat, cair, dan gas ke dalam air dengan sifatnya berupa endapan atau padat, padat tersuspensi, terlarut, sebagai koloid, emulsi yang menyebabkan air dimaksud harus dipisahkan atau dibuang dengan sebutan air buangan. Air buangan kemudian disebut dengan air buangan tercemar secara fisik, kimia, biologi bahkan mungkin radioaktif (Tjokrokusumo, 1995)

Secara umum, air limbah dapat berasal dari kegiatan rumah tangga, pemukiman, perkantoran, bangunan – bangunan, industri yang bersama – sama mengalir dengan air bawah tanah, air permukaan maupun air hujan. Air buangan yang berasal dari rumah tangga, perkantoran, sekolah, hotel, pasar, restoran dinamakan air buangan domestik. Air domestik pada umumnya bersifat organis, yang memungkinkan tumbuhnya bakteri yang bersifat patogenik. Air buangan berasal dari air sisa proses pabrik, air pembantu, tercampur ataupun tidak tercampur dengan keperluan dapur rumah tangga pabrik dinamakan air buangan non domestik (Tjokrokusumo, 1995)

Menurut Sugiharto (1985), air limbah merupakan bahan sisa yang merupakan kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari

industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya. Dengan demikian air buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum.

Air limbah yang di dalamnya terkandung polutan gas adalah merupakan bahan yang harus ditangani secara semestinya untuk tidak menimbulkan kerugian kesehatan atau secara luas tidak menimbulkan kerugian – kerugian ekonomi dan kesehatan (Tchnobanoglous, 1979).

2.2 Karakteristik Air Limbah / Air Buangan

Pengetahuan mengenai karakteristik air baik kuantitas maupun kualitasnya merupakan suatu hal yang perlu dipahami dalam merencanakan suatu unit pengolahan air buangan. Kualitas air buangan dapat dibedakan menjadi tiga karakteristik, yaitu :

1. Karakteristik fisik,
2. Karakteristik kimia,
3. Karakteristik biologi.

2.2.1 Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik air buangan pada umumnya dapat dilihat secara *visual* oleh mata. Parameter yang termasuk dalam karakteristik fisik ini antara lain : solid (zat padat), temperatur, warna, bau, kekeruhan, daya hantar listrik dan warna. Karakteristik fisik merupakan salah satu persyaratan kualitas dan estetika air.

Padatan terdiri dari bahan padat organik maupun anorganik yang larut, mengendap maupun suspensi. Bahan ini akan mengendap pada dasar air yang lama kelamaan menimbulkan pendangkalan pada dasar badan penerima. Akibat lain dari padatan ini menimbulkan tumbuhnya tanaman air tertentu dan dapat menjadi racun bagi makhluk lain. Banyak padatan menunjukkan banyaknya lumpur terkandung dalam air.

Air yang mempunyai standar kualitas harus bebas dari bau atau tidak bewarna. Adanya bau disebabkan oleh bahan-bahan organik yang dapat membusuk serta senyawa kimia lain seperti phenol. Jika air berbau maka akan mengganggu estetika (Sanropie, 1984). Selain itu bau juga disebabkan karena adanya kegiatan mikroorganik yang menguraikan zat organik menghasilkan gas tertentu, karena adanya reaksi kimia yang menimbulkan gas. Kuat tidaknya bau yang dihasilkan limbah tergantung pada jenis dan banyaknya gas yang ditimbulkan. Bau juga disebabkan karena adanya campuran dari nitrogen, fosfor, protein, sulfur, amoniak, hidrogen sulfida, karbon disulfida dan zat organik lain. Kecuali bau yang disebabkan bahan beracun, jarang merusak kesehatan manusia tetapi mengganggu ketenangan kerja (Gintings, 1992)

Kekeruhan menunjukkan sifat optis air yang menyebabkan pembiasan cahaya ke dalam air. Kekeruhan membatasi pencahayaan ke dalam air. Sekalipun ada pengaruh padatan terlarut atau partikel yang melayang dalam air namun penyerapan cahaya ini dipengaruhi juga bentuk dan ukurannya. Kekeruhan terjadi karena adanya bahan yang terapung dan terurainya zat tertentu seperti bahan organik, jasad renik, lumpur tanah liat dan benda lain yang melayang ataupun

terapung dan sangat halus sekali. Nilai kekeruhan air dikonversikan ke dalam ukuran SiO_2 dalam satuan mg/l. Semakin keruh air semakin tinggi daya hantar listrik dan semakin banyak pula padatan.

Temperatur air limbah mempengaruhi badan penerima bila terdapat perbedaan suhu yang cukup besar. Temperatur air limbah akan mempengaruhi kecepatan reaksi kimia serta tata kehidupan dalam air. Perubahan suhu memperlihatkan aktifitas kimiawi biologis pada benda padat dan gas dalam air. Pembusukan terjadi pada suhu tinggi dan tingkatan oksidasi zat organik jauh lebih besar pada suhu yang tinggi.

Daya hantar listrik merupakan kemampuan air untuk mengalirkan arus listrik dan kemampuan tercermin dari konsentrasi padatan total dalam air dan suhu pada saat pengukuran. Konduktivitas arus listrik mengalirkan arusnya tergantung pada mobilitas ion dan konsentrasi yang terlarut. Senyawa anorganik merupakan konduktor kuat dibandingkan senyawa organik. Pengukuran daya hantar listrik ini untuk melihat keseimbangan kimiawi dalam air dan pengaruhnya terhadap kehidupan biota.

Warna timbul akibat suatu bahan terlarut atau tersuspensi dalam air, disamping adanya bahan pewarna tertentu yang kemungkinan mengandung logam berat (Gintings, 1992)

2.2.2 Karakteristik Kimia

Karakteristik kimiawi cenderung lebih khusus sifatnya dibanding dengan karakteristik fisik dan oleh karena itu lebih cepat dan tepat untuk menilai sifat – sifat air dari suatu sampel. Karakteristik kimia terdiri dari kimia organik dan kimia anorganik, yang mana kedua sifat ini mempengaruhi sifat air. Parameter yang termasuk dalam kimia organik antara lain : karbohidrat, minyak dan lemak, pestisida, dan phenol. Sedangkan yang termasuk dalam kimia anorganik antara lain : *alkali*, *chlorida*, logam berat, nitrogen, pH, *phospor*, *sulfur* dan bahan beracun (Gintings, 1992)

2.2.3 Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi pada air buangan, biasanya ditandai dengan adanya mikroorganisme yang terdapat di dalamnya. Mikroorganisme yang terdapat dalam air buangan dapat berupa virus, bakteri, maupun protozoa. Mikroorganisme berkembang dengan baik pada pH 6 – 9.

2.3. Proses Pencucian Kendaraan bermotor

Pencucian kendaraan bermotor ada dua jenis, yaitu cuci biasa dan cuci autoglym. Pada cuci autoglym, setelah dicuci body mobil, interior dan kaca diberi lapisan pelindung dari produk *Autoglym*. Pada umumnya sebelum kendaraan akan dicuci atau dibersihkan maka terlebih dahulu dilakukan pembersihan di kolong-kolong kendaraan dengan menggunakan air bertekanan tinggi yang berfungsi untuk melepaskan kotoran-kotoran yang menempel, kemudian dilanjutkan dengan proses pencucian dan penyikatan dengan menggunakan bahan – bahan perawatan mobil internasional pruduk dari autoglym yang berpusat di Inggris. Setelah proses pencucian kolong kendaraan selesai kemudian pencucian *body* kendaraan dengan menyemprotkan air bertekanan, dilanjutkan pemberian shampo mobil yang mengandung *wax*/lapisan lilin untuk melapisi cat dan memberikan efek kilap pada kendaraan. Kemudian setelah seluruh *body* kendaraan diberikan shampo maka dilakukan pembersihan dengan menggunakan busa lembut pada seluruh body kendaraan. Setelah dibersihkan maka dilakukan pembilasan kembali dengan menggunakan air bertekanan kemudian kendaraan dibawa ke tempat proses pengeringan dan proses penyelesaian akhir seperti pembersihan interior mobil dengan menggunakan *vacuum cleaner*/penghisap debu dan pembersihan mesin dan roda-roda kendaraan. Air bekas pencucian kendaraan bermotor ini mengandung berbagai macam zat pencemar, diantaranya TSS, BOD, COD, deterjen, minyak lemak, dan phospat. Kontaminan atau zat pencemar dengan konsentrasi yang tinggi akan menyebabkan terjadinya pencemaran air apabila langsung dibuang ke badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu.

2.4. Parameter Penelitian

2.4.1 BOD₅²⁰ (*Biochemical Oxygen Demand*)

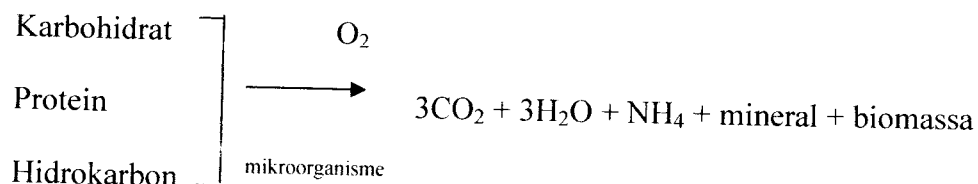
Biochemical Oxygen Demand (BOD₅²⁰) atau kebutuhan oksigen biologis, merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air lingkungan untuk memecah atau mendegradasikan bahan buangan organik yang ada di dalam air lingkungan tersebut (Wardhana, 1995).

BOD₅²⁰ (*Biochemical Oxygen Demand*) adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter (mg/l) yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali (Sugiharto, 1989). *Biochemical Oxygen Demand* merupakan parameter yang umum dipakai untuk menentukan besarnya pencemaran oleh bahan-bahan organik air limbah. Secara umum BOD₅²⁰ adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri – bakteri aerobik untuk menetralkan atau menstabilkan bahan - bahan organik didalam air melalui oksidasi biologis. Pengujian BOD₅²⁰ yang diterima adalah pengukuran jumlah oksigen yang akan dihabiskan dalam waktu lima hari oleh organisme pengurai aerobik dalam suatu limbah pada suhu 20°C. Pengukuran selama 5 hari pada suhu 20°C ini dikarenakan pada kondisi ini proses penguraian terjadi secara baik serta untuk meminimalkan efek nitrifikasi dengan asumsi benih (sumber organisme) yang digunakan mempunyai populasi pendinitifikasi sangat rendah.

Pemeriksaan BOD_5^{20} diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendisai sistem – sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut. Penguraian organis adalah peristiwa alamiah, jika suatu badan air dicemari oleh zat organis, bakteri dapat menghabiskan oksigen terlarut, dalam air selama proses oksidasi tersebut yang bisa mengakibatkan kematian ikan – ikan dalam air dan keadaan menjadi anaerobik dan dapat menimbulkan bau busuk pada air tersebut (Santika, S, 1984).

Pengujian dilakukan dengan mengencerkan suatu contoh dengan beroksigen banyak kemudian segera ditentukan oksigen terlarutnya. Sebagian larutan ditempatkan dalam ruang gelap pada suhu 20°C untuk lima hari dan kemudian ditentukan lagi oksigen terlarutnya. Permintaan oksigen biokimianya, BOD_5^{20} dihitung dari selisih antara kedua hitungan diatas (Gintings, 1992)

Pengukuran ini dapat dikatakan sebagai pengukuran langsung kebutuhan oksigen dan pengukuran tidak langsung polutan (materi – materi yang menyebabkan polusi) organik yang dapat didegradasi secara biologi (*biodegradable organic pollutant*). Didasarkan pada asumsi bahwa dengan oksigen sebagai aseptor elektron, semua bahan – bahan organik yang dikandung oleh sampel akan dioksidasi ke dalam bentuk H_2O dan CO_2 .



Banyak zat organik yang tidak mengalami penguraian biologi secara cepat berdasarkan pengujian BOD 5 hari. Tetapi senyawa – senyawa organik itu tetap menurunkan kualitas air. Oleh karenanya diperlukan uji COD. Bakteri dapat mengoksidasi zat organik menjadi CO_2 dan H_2O . Kalium dikromat dapat mengoksidasi lebih banyak lagi, sehingga menghasilkan COD lebih tinggi dari BOD_5^{20} air yang sama.

$$\text{COD} = \text{BOD} / 0.65 = 1.5 \text{BOD}_5^{20}$$

Persamaan diatas digunakan untuk limbah yang relatif *degradable*.

Limbah cair banyak mengandung segala macam bahan buangan yang akan mengalami pembusukan. Organisme yang mati akan menghasilkan persenyawaan nitrogen organik yang kompleks. Zat organik ini akan dirombak oleh bakteri anaerob membentuk senyawa amoniak, apabila limbah cair yang mengandung bakteri diberi oksigen secukupnya, maka akan terjadi proses dekomposisi aerob.

BOD_5^{20} dapat memberikan ukuran banyaknya oksigen yang dipakai oleh bakteri selama oksidasi bahan organik dalam sampel air limbah. Bahan organik yang terkandung akan dirombak menjadi karbondioksida beserta air (Benefield and Randall, 1980).

Nilai BOD_5^{20} merupakan petunjuk untuk mengetahui banyaknya zat organik yang terkandung dalam air limbah. Kehadiran oksigen akan digunakan bakteri untuk merombak senyawa organik dan anorganik. Proses perombakan ini dapat menyebabkan jumlah bahan organik dalam air kotor akan berkurang. Proses ini sering disebut sebagai proses biodegradasi (Soewito, 1985).

Sedang Sugiharto (1989), menyatakan bahwa pemeriksaan BOD_5^{20} perlu untuk menentukan bahan pencemaran akibat buangan dan untuk merencanakan sistem pengolahan biologi terhadap air yang tercemar.

Pemeriksaan BOD_5^{20} didasarkan atas reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen dalam air dan proses tersebut juga berlangsung dalam badan air sungai, air danau maupun instalasi pengolahan limbah cair yang menerima buangan yang mengandung zat organik.

Zat – zat organik dalam limbah cair terutama tersusun dari unsur-unsur: C, H, O, dan sedikit unsur N, S, yang berpotensi menyerap oksigen. Oksigen tersebut digunakan untuk menguraikan/membongkar senyawa organik. Dengan demikian konsentrasi oksigen dalam limbah cair lama kelamaan berkurang dan limbah cair bertambah keruh serta berbau.

2.4.2 Deterjen.

Deterjen merupakan sistem kompleks yang terdiri dari zat aktif permukaan (*surfaktan*), bahan pengisi (*filler*), *builders*, pemutih, *corrosion inhibitors*, dan bahan tambahan seperti enzim, *optical brightener* (bahan tambahan yang membuat pakaian lebih cemerlang), bahan penimbul busa, pewangi dan *protective colloids* (Lukaszewski, 2004).

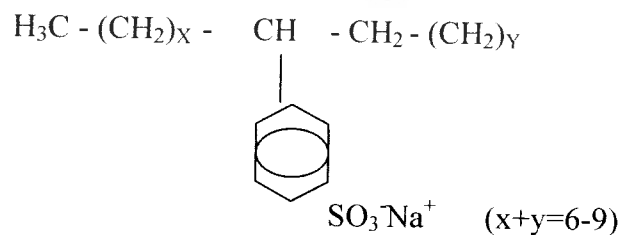
Deterjen diterapkan sebagai bahan pembersih yang digunakan untuk memindahkan tanah/kotoran dari pakaian, piringan, dan benda – benda lainnya. Bahan dasar deterjen merupakan antara lain material organik yang mempunyai sifat “*surface-active*” di dalam larutan air dan disebut *surface-active agent* atau *surfactants*. Semua *surfactants* mempunyai gugus polar yang besar. Satu molekul dapat larut di dalam air dan molekul lainnya larut di dalam minyak. Daya larut di dalam air berkaitan dengan golongan *carboxyl*, *sulfate*, *hidroksil*, atau *sulfonat*. *Surfactants* dengan golongan *carboxyl*, *sulfate*, dan *sulfonate* digunakan sebagai garam kalium atau sodium. Sifat alami molekul organik tergantung pada jenis *surfactant* (McCarty, 2003).

Surfaktan merupakan bahan utama deterjen. Pada deterjen ini, jenis muatan yang dibawa *surfaktan* adalah anionik. Kadang ditambahkan *surfaktan* kationik sebagai *bakterisida* (pembunuh bakteri). Fungsi *surfaktan* anionik adalah sebagai zat pembasah yang akan menyusup ke dalam ikatan antara kotoran dan serat kain. Hal ini akan membuat kotoran menggulung,

lama kelamaan menjadi besar, kemudian lepas ke dalam air cucian dalam bentuk butiran (Tersiawan,M, 2001).

Surfaktan, struktur *amphiphile* diterapkan sebagai *emulsier*, *wetting agents*, *softeners*, *antistatic agent* dan sebagainya. Secara umum penerapan surfaktan adalah sebagai deterjen. Bentuk deterjen adalah *liquid*, bubuk dan tablet. Rumusan deterjen terdiri dari surfaktan anion dan surfaktan kation. Surfaktan kation pada umumnya digunakan sebagai *softener* dan *antistatic agent*. Pada deterjen cair/liquid, konsentrasi sabun 4%-22%. Deterjen cair/liquid mengandung surfaktan 7-25% surfaktan anionik dan 6-30% surfaktan nonionik. LAS (*Linear Alkylbenzene Sulfonates*) merupakan komposisi utama surfaktan. LAS merupakan surfaktan anionik utama. Perhitungan total konsentrasi surfaktan anionik adalah metode *Methylene Blue Active Substances* (Lukaszewski, 2004). LAS bukan merupakan komponen tunggal, tetapi terdiri dari 26 isomer dan homogen dengan struktur $[R'C_6H_4SO_3]Na^+$ dimana R' adalah grup *linear secondary alkil* dengan 10 – 14 atom karbon. (APHA, AWWA, 1998)

Susunan kimia LAS adalah sebagai berikut :



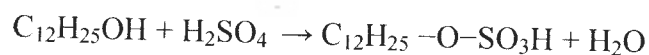
Methylene blue active substances (MBAS) merupakan perpindahan *methylene blue* (a cationic dye), dari cairan terlarut ke dalam cairan organik

immiscible pada sebuah persamaan. Ini terjadi pada pembentukan pasangan ion oleh anion MBAS dan kation *methylene blue* (APHA, AWWA, 1998)

Pada tahun 1945 deterjen sintetis telah diterima masyarakat sebagai pengganti sabun. Keuntungan utamanya adalah deterjen di dalam air akan mengalami ionisasi membentuk komponen bipolar aktif yang akan mengikat ion Ca dan/atau ion Mg pada air sadah (Wardhana, 1995).

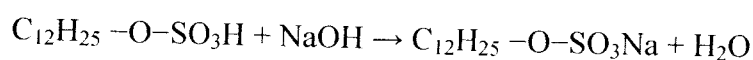
Produk dagang ini mengandung 20-30% *surfaktan* (ramuan aktif) dan 70-80% lainnya pembangun. Bahan pembangun ini pada umumnya adalah *sodium sulfat*, *sodium tripolyphosphat*, *sodium pyrophosphate*, *sodium silikat* dan material lain. Penggunaan fosfat sangat dibatasi karena dapat menyebabkan *eutrofikasi*. Jenis utama *surfaktan* sintetis antara lain : anionik, nonionik, dan kationik (McCarty, 2003).

Deterjen anionik adalah semua garam sodium dan ion yang menghasilkan Na^+ dan muatan negatif. Pada umumnya adalah sulfat dan sulfonat. Alkohol berantai panjang bereaksi dengan asam sulfur menghasilkan sulfat (*ester anorganik*) dengan *surface-aktif*. *Dedocyl* atau *laury alcohol* pada umumnya digunakan.



Lauryl alcohol

Alkohol sulfat dinetralisir dengan sodium hidroksida untuk menghasilkan surfaktant.



Sodium lauryl sulfat

Alkohol sulfat digunakan dalam kombinasi dengan deterjen sintetis untuk menghasilkan campuran sesuai yang diinginkan. (McCarty, 2003).

Prinsip *sulfonat* diperoleh dari *ester*, *amides* dan *alkil benzen*. *Ester* dan *amid* merupakan asam organik dengan 16 atau 18 atom karbon. Akhir *alkil benzene sulfat* (ABS) sebagian besar berasal dari *polymer propylene* dan golongan alkil, yang mempunyai 12 atom karbon bercabang (McCarty, 2003).

Deterjen nonionik tidak mengionisasi dan hanya tergantung pada kelompok molekul yang *soluble*. Semuanya tergantung pada polymer *ethylene oxide* (C_2H_4O) (*polyehoxylates*) sebagai persyaratannya (McCarty, 2003).

Deterjen kationik merupakan garam yang berantai empat ammonium *hidroksida*. Hidrogen dari ammonium ini digantikan dengan kelompok alkil. Deterjen kationik digunakan sebagai desinfektan (McCarty, 2003).

Deterjen sangat mempengaruhi perilaku biokimia, tergantung pada struktur kimia. Pada umumnya sabun dan alkohol sulfat digunakan sebagai bahan makanan bakteri. Deterjen sintetis dengan ester rantai amide siap dihidrolisis. Zat asam lemak yang dihasilkan digunakan sebagai makanan bakteri. Penggunaan deterjen secara berlebihan tidaklah baik untuk lingkungan biologi, karena deterjen bersifat persisten dan tidak dapat terbiodegradasi. Oleh karena itu industri telah merubah menjadi produksi LAS (McCarty, 2003).

Deterjen dapat menimbulkan dampak yang buruk terhadap lingkungan, yaitu dapat menyebabkan korosif dan apabila ujung rantai kimia deterjen bersifat terbuka sehingga ketika bertemu dengan zat kimia lain di dalam bahan air akan gampang sekali membentuk reaksi kimia sangat kompleks (Tersiawan, M, 2001)

Deterjen jenis ini mengandung ABS (*alkyl benzene sulphonate*) yang merupakan deterjen tergolong keras. Deterjen tersebut sukar dirusak oleh mikroorganisme (*nonbiodegradable*) sehingga dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Lingkungan perairan yang tercemar limbah deterjen kategori keras ini dalam konsentrasi tinggi akan mengancam dan membahayakan kehidupan biota air dan manusia yang mengkonsumsi biota tersebut.

Degradasi surfaktan oleh kegiatan mikroorganisme merupakan perubahan yang terjadi di lingkungan. Biodegradasi merupakan proses penting untuk mengolah surfaktan pada *raw sewage* dalam sistem perencanaan pengolahan sehingga dapat menurunkan dampak terhadap biota. Selama biodegradasi, mikroorganisme dapat menjadikan surfaktan sebagai substrat untuk energi dan nutrisi/kometabolisme oleh reaksi mikroba. Faktor banyaknya bahan kimia dan lingkungan akan mempengaruhi biodegradasi surfaktan pada lingkungan. Faktor pengaruh penting pada umumnya adalah kondisi struktur kimia dan *physiochemical* media lingkungan (Ying, 2004).

Biodegradasi surfaktan dalam air limbah diketahui lebih efisien dengan kondisi aerobik. Surfaktan ini misalnya LAS. Penguraiannya lebih cepat dan pada proses aerobik dapat mencapai kesempurnaan menjadi CO₂, H₂O dan garam mineral (Vashitz dan Gorelik, 2004).

Permasalahan utama dengan proses *aerobikbiotreatment* surfaktan adalah pembusaan, akan tetapi dapat diatasi dengan :

1. Penambahan *antifoam*.
2. Aerasi dengan penambahan oksigen dari udara.
3. *Low-foaming aeration equipment*.

Permasalahan lain pada aerobik treatment adalah *inhibition* dan *inactivation* kultur mikroba pada konsentrasi surfaktan yang tinggi. Berbagai surfaktan sulit untuk didegradasi, ini meliputi surfaktan anionik seperti LAS dan surfaktan nonionik seperti *alkylphenol ethoxylates* (APE). (Vashitz dan Gorelik, 2004).

2.5 Penanggulangan Masalah Air Limbah

2.5.1 Pengendalian Bahaya Limbah

Sebagian besar pertambahan populasi penduduk dunia terjadi di negara – negara berkembang seperti Indonesia, yang pada akhirnya akan mengakibatkan perubahan pola dan gaya hidup, standar kehidupan yang akan semakin tinggi seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan barang dan jasa. (*United Nation*, 2002). Indonesia sebagai negara berkembang mengalami ketiga hal tersebut. Sehingga secara otomatis pencemaran akan terus terjadi dan meningkat dari tahun ke tahun berikutnya baik itu secara kuantitas maupun secara kualitas.

Dengan demikian, perlu adanya usaha pengendalian limbah. Menurut Kasmidjo (1991), usaha untuk mengendalikan usaha limbah meliputi tiga kemungkinan tahapan, yaitu memodifikasi proses agar usaha produksi tersebut tidak atau sangat mengurangi timbulnya limbah. Jika modifikasi proses memang tidak dapat lagi diterapkan barulah diambil usaha berikutnya, ialah mengambil manfaat atas limbah yang timbul (*reuse*) sebagai bahan mentah baru, bahan bakar, makanan, atau pupuk. Usaha kedua ini dimaksudkan agar limbah masih memiliki nilai ekonomis dan mampu memberi nilai keuntungan tambahan terhadap perusahaan, atau setidaknya – tidaknya agar biaya untuk mengeliminasi bahaya pencemaran oleh limbah dapat didanai dari limbah itu sendiri. Sedangkan yang ketiga merupakan alternatif yang terakhir, pemberian perlakuan dibuang terhadap limbah agar limbah semata-mata dapat dibuang dalam keadaan bebas bahaya pencemaran, tanpa mengambil manfaat daripadanya (kecuali manfaat tidak langsung jangka panjang, berupa kelestarian lingkungan). Alternatif yang terakhir

ini dapat dilakukan bila bahaya pencemaran limbah memang harus diselenggarakan dengan dana tambahan yang memang sudah tidak dapat dihindarkan.

2.5.2 Penanggulangan Pencemaran Air

Limbah membutuhkan pengolahan bila ternyata mengandung senyawa pencemaran yang berakibat menciptakan kerusakan terhadap lingkungan atau paling tidak potensial menciptakan pencemaran. Suatu perkiraan harus dibuat terlebih dahulu dengan jalan mengidentifikasi : sumber pencemaran, kegunaan jenis bahan, sistem pengolahan, banyaknya buangan dan jenisnya, kegunaan bahan beracun dan berbahaya.

Pencemaran air oleh air limbah dapat dicegah ataupun ditanggulangi dengan adanya pengolahan air limbah terlebih dahulu. Tujuan dari pengolahan air limbah adalah mengubah zat tercemar yang terdapat dalam air limbah untuk meningkatkan kualitas air dan mengurangi kuantitas zat pencemar, misal kandungan BOD_5^{20} , COD, fosfat, minyak dan lemak, deterjen dan zat pencemar lainnya.

Mahida (1981), menyatakan bahwa pada prinsipnya pengolahan limbah adalah membuang zat pencemar yang terdapat dalam air limbah atau merubah bentuknya menjadi tidak berbahaya bagi kehidupan organisme.

Menurut sifat limbah, proses pengolahan dapat digolongkan menjadi 3 bagian yaitu :

1. Pengolahan Fisik

Pengolahan fisik merupakan proses pengolahan secara mekanik dengan atau tanpa penambahan bahan kimia. Proses ini meliputi penyaringan, penghancuran, perataan air, pencampuran, penggumpalan, pengendapan, pengapungan dan penapisan.

2. Pengolahan Kimia

Pengolahan kimia merupakan proses pengolahan air limbah dengan menggunakan bahan kimia untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar dalam limbah.

3. Pengolahan Biologi

Pengolahan biologi merupakan proses pengolahan air limbah dengan cara biologis yang memanfaatkan mikroorganisme (ganggang, bakteri, protozoa) untuk menguraikan senyawa organik dalam air limbah menjadi senyawa yang sederhana. (Gintings, 1992)

Limbah pencucian kendaraan bermotor merupakan salah satu jenis air limbah yang harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan sungai. Reaktor "aerokarbonbiofilter" merupakan salah satu alternatif alat yang bisa digunakan untuk mengolah air limbah tersebut.

2.5.3 Reaktor “Aerokarbonbiofilter”

Reaktor Aerokarbonbiofilter terdiri dari beberapa tahapan proses mekanisme, antara lain :

2.5.3.1. Tray Aerasi

Aerasi adalah suatu bentuk perpindahan molekul – molekul gas di udara dengan cairan pada *gas-liquid interface*. Karena pertukaran gas hanya terjadi pada permukaan (*interface*), maka proses tersebut harus dilakukan dengan kontak sebanyak – banyaknya antara kedua permukaan tersebut (Walker, 1978).

Adapun aerasi bertujuan:

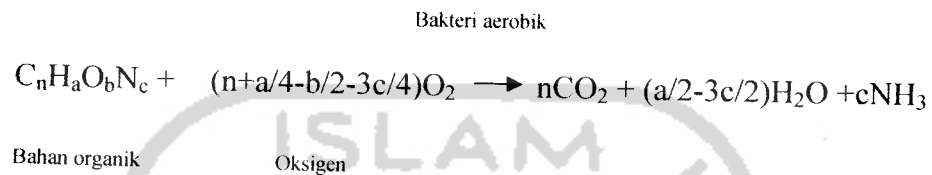
- 1) Tambahan oksigen untuk mengoksidasi besi dan mangan terlarut,
- 2) Pembuangan karbon dioksida,
- 3) Pembuangan *hydrogen sulfida* untuk menghilangkan bau dan rasa serta pembuangan minyak yang mudah menguap dan bahan-bahan penyebab bau dan rasa.

Salah satu kegunaan dari aerasi pada pengolahan air limbah adalah memberikan suplai oksigen pada proses pengolahan biologi secara aerobik. Pengaruh lamanya waktu pada proses oksidasi akan mempengaruhi kemampuan mikroorganisme untuk mendegradasikan bahan organik yang terdapat dalam air buangan. Semakin lamanya waktu yang diberikan pada proses oksidasi maka akan memberi kesempatan bagi mikroorganisme untuk tumbuh dan melakukan degradasi bahan organik (Droste, Ronald L, 1997).

Tahapan dari *aerasi* (pencampuran dengan O_2) memberikan tingkat pengikatan oksigen yang paling cepat dengan meningkatkan derajat aerasi pada

aliran oksigen di tangki (*Tapered Aeration*) yang dialirkan dalam interval selama aerasi disebut *step aeration* atau aerasi bertahap (Rehm and Reed, 1986).

Selain mengandalkan kerja mekanis juga mengandalkan bakteri pengurai minyak dengan reaksi dasar sebagai berikut : (Wardhana, 1995)



2.5.3.2. Adsorpsi

Adsorpsi (penyerapan) adalah suatu proses pemisahan dimana komponen dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (*adsorben*). Biasanya partikel – partikel kecil zat penyerap dilepaskan pada adsorpsi kimia yang merupakan ikatan kuat antara penyerap dan zat yang diserap sehingga tidak mungkin terjadi proses yang bolak balik (Tinsley, 1979).

Dalam adsorpsi digunakan istilah *adsorbat* dan *adsorban*, dimana *adsorbat* adalah substansi yang terserap atau substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan *adsorban* adalah merupakan suatu media penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon (Webar, 1972).

Mekanisme Adsorpsi

Proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika (Reynolds, 1982).

Adsorpsi fisik terjadi karena adanya ikatan *Van der waals*, dan bila ikatan tarik antar molekul zat terlarut dengan penyerapnya lebih besar dari ikatan antara molekul zat terlarut dengan pelarutnya maka zat terlarut dapat diadsorpsi (Reynold, 1982).

Sedangkan adsorpsi kimia merupakan hasil reaksi kimia antara molekul adsorbat dengan adsorban dimana terjadi pertukaran elektron (Benefield, 1982).

Proses adsorpsi tergantung pada sifat zat padat yang mengadsorpsi, sifat atom/molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan lain-lain. Pada proses adsorpsi terbagi menjadi 4 tahap yaitu :

1. Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi *adsorben*.
2. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film (*film diffusion process*).
3. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui kapiler/pori dalam *adsorben* (*pore diffusion process*).
4. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan *adsorben*.

Operasi dari proses adsorpsi dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

1. Proses adsorpsi dilakukan dalam suatu bak dengan sistem pengadukan, dimana penyerap yang biasanya berbentuk serbuk dibubuhkan, dicampur dan diaduk dengan air dalam suatu bangunan sehingga terjadi penolakan antara partikel penyerap dengan fluida.

2. Proses adsorpsi yang dijalankan dalam suatu bejana dengan sistem filtrasi, dimana bejana yang berisi media penyerap dialiri air dengan model pengaliran gravitasi. Jenis media penyerap sering digunakan dalam bentuk bongkahan atau butiran/granular dan proses adsorpsi biasanya terjadi selama air berada di dalam media penyerap (Reynold, 1982).

Menurut Dlouhy (1982) proses penyerapan dalam adsorpsi dipengaruhi :

1. Bahan penyerap
Bahan yang digunakan untuk menyerap mempunyai kemampuan berbeda-beda, tergantung dari bahan asal dan juga metode aktivasi yang digunakan.
2. Ukuran butir
Semakin kecil ukuran butir, maka semakin besar permukaan sehingga dapat menyerap kontaminan makin banyak. Secara umum kecepatan adsorpsi ditujukan oleh kecepatan difusi zat terlarut ke dalam pori-pori partikel adsorben. Ukuran partikel yang baik untuk proses penyerapan antara -100 / +200 mesh.
3. Derajat keasaman (pH larutan)
Pada pH rendah, ion H^+ akan berkompetisi dengan kontaminan yang akan diserap, sehingga efisiensi penyerapan turun. Proses penyerapan akan berjalan baik bila pH larutan tinggi. Derajat keasaman mempengaruhi adsorpsi karena pH menentukan tingkat ionisasi larutan, pH yang baik berkisar antara 8-9. Senyawa asam organik dapat diadsorpsi pada pH rendah dan sebaliknya basa organik dapat diadsorpsi pada pH tinggi.

4. Waktu serap

Waktu serap yang lama akan memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang terserap berlangsung dengan baik.

5. Konsentrasi

Pada konsentrasi larutan rendah, jumlah bahan diserap sedikit, sedang pada konsentrasi tinggi jumlah bahan yang diserap semakin banyak. Hal ini disebabkan karena kemungkinan frekuensi tumbukan antara partikel semakin besar.

2.5.3.3. Karbon aktif

Karbon aktif adalah karbon yang diproses pada temperatur dibawah 600°C , akan tetapi ada juga beberapa literatur yang menyatakan pada proses aktivasi arang dengan uap air sangat baik pada temperatur $900 - 1000^{\circ}\text{C}$ disertai penambahan garam KCNS dengan tujuan agar pori – pori pada karbon aktif terbuka sehingga akan mempertinggi kualitas daya adsorpsi karbon aktif yang diperoleh.

Karbon aktif merupakan karbon yang akan membentuk *amorf*, yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta memiliki permukaan dalam (*internal surface*) yang berongga, berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa, dan mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon yang belum menjalani proses aktivasi.

Bentuk yang paling umum dari karbon aktif adalah berbentuk bubuk (*powder*) yang sering kita kenal dengan nama PAC (*Powdered Activated Carbon*)

dan yang berbentuk butiran (*granular*) yang kita kenal dengan nama GAC (*Granular Activated Carbon*) (Droste, 1997).

Adapun ukuran diameter karbon aktif powder lebih kecil dari 200mesh dan granular mempunyai diameter lebih besar dari 0.1mm (Metcalf dan Eddy, 1991).

Penggunaan bubuk karbon aktif mempunyai kelebihan sebagai berikut :

1. Sangat ekonomis karena ukuran butir yang kecil dan luas permukaan kontak per satuan berat sangat besar.
2. Kontak menjadi sangat baik dengan mengadakan pengadukan cepat dan merata.
3. Tidak memerlukan tambahan alat lagi karena karbon akan mengendap bersama lumpur yang terbentuk.
4. Kemungkinan tumbuhnya mikroorganisme sangat kecil.

Adapun kerugiannya adalah :

1. Penanganan karbon aktif, karena berbentuk bubuk yang sangat halus. Kemungkinan mudah terbawa angin, sulit tercampur dengan air dan mudah terbakar.
2. Karena bercampur dengan lumpur, maka sulit diregenerasi dan biaya operasinya mahal.
3. Kemungkinan terjadi penyumbatan besar, karena karbon aktif bercampur dengan lumpur.

Kelebihan pemakaian karbon aktif granular :

1. Pengoperasian mudah karena air mengalir dalam media karbon.
2. Proses berjalan cepat karena ukuran butiran karbonnya lebih besar.
3. Karbon aktif tidak bercampur dengan lumpur sehingga dapat diregenerasi.

Kerugian pemakaian karbon aktif secara granular :

1. Perlu tambahan unit pengolah lagi, yaitu filter.
2. Luas permukaan kontak per satuan berat lebih kecil karena ukuran butiran karbon besar.

Karbon yang berbentuk bubuk digunakan untuk adsorpsi dalam larutan, misalnya untuk menghilangkan warna sedangkan karbon dengan bentuk granular digunakan untuk adsorpsi gas dan uap. Akan tetapi karbon bentuk granular juga sering digunakan pada media larutan khususnya untuk menghilangkan warna dalam suatu larutan serta pemisahan komponen – komponen dalam suatu sistem yang mengalir.

Daya Serap Karbon Aktif

Proses adsorpsi terjadi pada bagian permukaan antara padatan – padatan, padatan – cairan, cairan – cairan atau cairan – gas. Adsorpsi dengan bahan padat seperti karbon tergantung pada luasan permukaannya. Karbon aktif fapat menyerap senyawa organik maupun anorganik, tetapi mekanisme penyerapan senyawa tersebut belum semua diketahui dengan jelas. Mekanisme penyerapan yang telah diketahui antara lain penyerapan golongan fenol dan aldehid aromatis maupun derivatnya. Senyawa - senyawa fenol dan aldehid aromatis maupun

derivatnya diserap oleh karbon aktif karena adanya peristiwa donor – akseptor elektron. Gugus karbonil pada permukaan karbon bertindak sebagai donor elektron.

Pada proses adsorpsi ada dua yaitu proses adsorpsi secara fisika dan adsorpsi secara kimia. Adsorpsi secara fisika yaitu proses berlangsung cepat, dan dapat balik dengan panas adsorpsi kecil ($\pm 5 - 6$ kkal/mol), sehingga diduga gaya yang bekerja di dalamnya sama dengan seperti cairan (*gaya Van Deer Wals*). Unsur yang terserap tidak terikat secara kuat pada bagian permukaan penyerap. Adsorpsi fisika dapat balik (*reversibel*), tergantung pada kekuatan daya tarik antar molekul penyerap dan bahan terserap lemah maka terjadi proses adsorpsi, yaitu pembebasan molekul bahan penyerap (Tinsley, 1979).

Adsorpsi kimia adalah merupakan hasil interaksi kimia antara penyerap dengan zat-zat terserap, kekuatan ikatan kimia sangat bervariasi dan ikatan kimia sebenarnya tidak benar-benar terbentuk tetapi kekuatan adhesi yang terbentuk lebih kuat dibanding dengan daya ikat penyerap fisika. Panas adsorpsi kimia lebih besar dibanding dengan adsorpsi fisika ($\pm 10 - 100$ kkal/mol). Pada proses kimia tidak dapat balik (*inreversibel*) dikarenakan memerlukan energi untuk membentuk senyawa kimia baru pada permukaan adsorben sehingga proses balik juga diperlukan energi yang tinggi (Tinsley, 1979).

Kegunaan Karbon Aktif

Karbon aktif pertama kali digunakan pada proses pengolahan air dan air limbah untuk mengurangi material organik, bau, dan warna. (Culp, RT & Culp, GL, 1986). Karbon aktif juga digunakan untuk mengurangi kontaminan organik, partikel kimia organik sintesis (SOC_s), selain itu karbon aktif efektif untuk mengurangi kontaminan inorganik seperti radon-222, merkuri dan logam beracun lainnya (Reynold L, 1997).

Kontaminan organik yang mudah diadsorpsi oleh karbon aktif antara lain : dyes, xylene, resorcinol, chlorophenols, cresols, pestisida, aromatik nitrat, polyols, warna, BOD, COD dan TOC. (Carbon Adsorption Handbook),

Banyak penelitian yang mempelajari tentang manfaat/kegunaan dari kegunaan karbon aktif yang dapat menyerap senyawa organik maupun anorganik, penyerap gas, penyerap logam, menghilangkan polutan mikro misalnya detergen, bau, senyawa phenol dan lain sebagainya. Pada saringan arang aktif ini terjadi proses adsorpsi, yaitu proses penyerapan zat-zat yang akan dihilangkan oleh permukaan arang aktif. Apabila seluruh permukaan arang aktif sudah jenuh, atau sudah tidak mampu lagi menyerap maka kualitas air yang disaring sudah tidak baik lagi, sehingga arang aktif harus diganti dengan arang aktif yang baru.

2.5.3.4. Zeolit

Zeolit berasal dari kata “*zein*” (bahasa Yunani) yang berarti membuih dan “*lithos*” berarti batu. Nama ini sesuai dengan sifat zeolit yang apabila dipanaskan pada suhu 100°C akan membuih. Zeolit adalah senyawa aluminosilat yang terhidrasi dengan unsur utama yang terdiri dari kation alkali dan alkali tanah. Senyawa ini mempunyai struktur 3 dimensi dan memiliki pori – pori yang dapat diisi dengan air. Selain itu zeolit memiliki kemampuan untuk menyerap dan melepaskan komponen yang terkandung serta dapat berbagai jenis ion tanpa merubah struktur utama penyusunnya. Di dalam rongga – rongga zeolit terdapat ion – ion logam dan molekul – molekul air yang keduanya bergerak sehingga dapat dipakai sebagai penukar ion dan dihidrasi secara *reversible* tanpa terjadi perubahan struktur (Barrers, 1978).

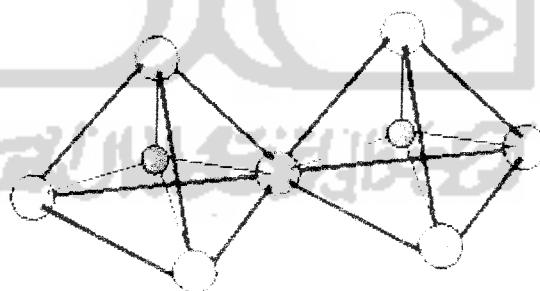
Mineral alam zeolit yang merupakan senyawa alumino-silikat dengan struktur sangkar terdapat di Indonesia seperti di Bayah, Banten, Cikalong, Tasikmalaya, Cikembar, Sukabumi, Nanggung, Bogor dan Lampung dalam jumlah besar dengan bentuk hampir murni dan harga murah. Mineral zeolit mempunyai struktur “*framework*” tiga dimensi dan menunjukkan sifat penukar ion, sorpsi, “*molecular sieving*” dan katalis sehingga memungkinkan digunakan dalam pengolahan limbah industri dan limbah nuklir (Las, T, 1996).

Zeolit juga ditemukan sebagai batuan endapan pada bagian tanah jenis basalt dan komposisi kimianya tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti suhu, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah lokasi kejadiannya. Hal itu menjadikan zeolit dengan warna dan tekstur yang sama

mungkin berbeda komposisi kimianya bila diambil dari lokasi yang berbeda, disebabkan karena kombinasi mineral yang berupa partikel halus dengan impuritis lainnya.

Pada tahun 1984 Professor Joseph V. Smith ahli kristalografi Amerika Serikat mendefinisikan zeolit sebagai :

"A zeolite is an aluminosilicate with a framework structure enclosing cavities occupied by large ions and water molecules, both of which have considerable freedom of movement, permitting ion-exchange and reversible dehydration". Dengan demikian, zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Ion-ion logam tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversibel. Zeolit biasanya ditulis dengan rumus kimia oksida atau berdasarkan satuan sel kristal $M_{c/n} \{ (AlO_2)_c (SiO_2)_d \} \cdot b H_2O$.



Gambar 2.1 Tetrahedra alumina dan silika (TO_4) pada struktur zeolit

Sebagai contoh adalah penurunan unit klinoptilolit yang merupakan jenis umum dijumpai yaitu : $(Na_4K_4)(Al_8Si_{40}O_{96}) \cdot 24H_2O$. Ion K^+ dan Na^+ merupakan struktur

kation dengan oksigen yang membentuk struktur tetrahedral. Molekul – molekul air yang terdapat dalam zeolit merupakan molekul yang mudah lepas. Komponen utama pembangun struktur zeolit adalah bangunan primer $(\text{SiO}_4)_4$ yang mampu membentuk struktur tiga dimensi. Muatan listrik yang dimiliki oleh kerangka zeolit baik yang ada di permukaan maupun di dalam pori – pori menyebabkan zeolit berperan sebagai penukar ion, adsorpsi dan katalis.

Sifat – sifat zeolit

Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang dapat dipertukarkan dan memiliki ukuran pori tertentu. Oleh sebab itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring molekuler, penukar ion, penyerap bahan dan katalisator. Sifat – sifat zeolit meliputi :

1. Dehidrasi.

Sifat dehidrasi zeolit berpengaruh terhadap sifat adsorpsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam permukaan rongga. Zeolit melepaskan molekul air dari dalam permukaan rongga yang menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan efektif berinteraktif dengan molekul yang diadsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan pori – pori atau volume ruang hampa yang terbentuk apabila sel kristal tersebut dipanaskan.

2. Adsorpsi.

Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada di sekitar kation. Apabila kristal zeolit

dipanaskan pada suhu 300°C - 400°C maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan, gas atau zat serta mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran kepolarannya.

3. Penukaran Ion

Ion – ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion – ion ini akan bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Penukaran kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, sifat adsorpsi dan aktivitas katalis.

4. Katalis.

Ciri khusus yang menentukan sifat mineral ini adalah adanya ruang kosong yang membentuk saluran di dalam struktur. Apabila zeolit digunakan pada proses penyerapan atau katalis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas diantara kristal. Zeolit merupakan katalisator baik karena mempunyai pori – pori besar dan permukaan maksimum.

5. Penyaring/Pemisah.

Zeolit mampu memisahkan molekul gas atau zat lain dari campuran tertentu karena mempunyai ruang hampa yang cukup besar dengan garis tengah yang bermacam – macam (berkisar 2A – 8A). Volume dan ukuran ruang hampa dalam kisi – kisi kristal menjadi dasar kemampuan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring.

Kegunaan Zeolit

Kegunaan zeolit di bidang industri dapat memisahkan ammonia/ammonium ion dari air limbah industri. Dengan menggunakan *Clinoptilolit* dapat memisahkan 99% amoniak/ammonium dari limbah industri.

Zeolit dapat juga digunakan dalam proses penyerapan gas seperti gas mulia antara lain Ar, Kr dan gas He, gas rumah kaca (NH_3 , CO_2 , SO_2 , SO_3 dan NO_x), gas organik CS_2 , CH_4 , CH_3CN , CH_3OH , termasuk pirogas dan fraksi etana/etilen, pemurnian udara bersih mengandung O_2 , penyerapan gas N_2 dari udara sehingga meningkatkan kemurnian O_2 di udara, campuran filter pada rokok, penyerapan gas dan penghilangan warna dari cairan gula pada pabrik gula. Dalam bidang katalis, sorben Al_2O_3 biasanya digunakan tetapi akhir-akhir ini juga digunakan zeolit A dalam industri petrokimia pada proses *isomerisasi*, *hidro sulfurisasi*, *hidrocracking*, *hidrogenasi*, *reforming*, *dehidrasi*, *dehidrogenasi* dan *de-alkilasi*, *cracking parafin*, *disportion toluen/benzen* dan *xylene*

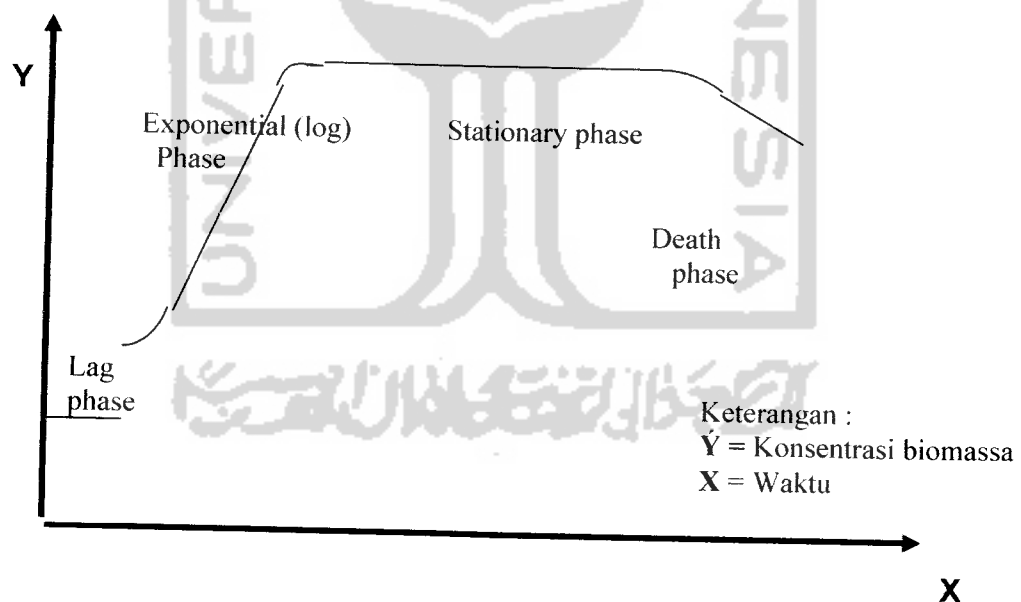
Kekhawatiran pencemaran lingkungan oleh polifosfat, yang biasa digunakan dalam deterjen sebagai "*builder*" untuk meningkatkan efisiensi deterjen, pada air yang mengandung Ca dan Mg tinggi. Saat sekarang, zeolit *clinoptilolit* juga digunakan sebagai pengganti polifosfat. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan zeolit A pada deterjen ternyata tidak menyebabkan akumulasi pada sistim air buangan (Las, T, 1996).

Pada bidang pertanian zeolit digunakan sebagai "*soil conditioning*" yang dapat mengontrol dan menaikkan pH tanah serta kelembaban tanah dan sebagai carrier pestisida/herbisida dan *fungisida* sedangkan dalam bidang peternakan

zeolit juga digunakan sebagai "*food supplement*" pada ternak ruminansia dan non-ruminansia masing-masing dengan dosis 2.5 - 5% dari rasio pakan perhari yang dapat meningkatkan produktivitas baik susu, daging dan telur, laju pertumbuhan serta memperbaiki kondisi lingkungan kandang dari bau yang tidak sedap.

2.5.3.5. Pertumbuhan Bakteri Sebagai Proses Aerobik

Populasi pertumbuhan mikroba dipelajari dengan menganalisis kurva pertumbuhan dari sebuah kultur media (Prescott, 1999). Teknik evaluasi suatu populasi mikroba baik secara kuantitatif maupun kualitatif dapat digunakan untuk memantau dan mengkaji fenomena pertumbuhan (Mangunwidjaja, 1994).



Gambar 2.2. Kurva Pertumbuhan Mikroba pada Sistem Tertutup

Sumber : Prescott, 1999

Menurut Prescott (1994) pertumbuhan mikroorganisme dapat diplotkan sebagai logaritma dari jumlah sel dengan waktu inkubasi. Dari hasil kurva terdiri dari empat fase (Gambar 2.1).

1. *Fase awal (Lag phase)*

Ketika mikroorganisme diperkenalkan kepada media kultur segar, biasanya tidak ada penambahan jumlah sel atau massa, periode ini disebut fase awal. Fase awal (lag) merupakan masa penyesuaian mikroba, sejak inokulasi sel mikroba diinokulasikan ke media biakan. Selama periode ini tidak terjadi penangkaran sel. (Mangunwidjaja, 1994).

Oleh karena itu :

$$X = X_0 = \text{tetap} \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan X_0 = Konsentrasi sel, pada $t = 0$

Laju pertumbuhan sama dengan nol.

2. *Fase Ekponensial (Exponential phase)*

Menurut fase *Ekspensial*, mikroorganisme tumbuh dan terbagi pada angka maksimal. Pada fase ini pertumbuhannya adalah konstan mengikuti fase eksponensial. Mikroorganisme terbagi dan terbelah di dalam jumlah pada interval regular.

3. *Fase Stasioner (Stationary phase)*

Fase ini yaitu ketika populasi pertumbuhan berhenti dan kurva pertumbuhan menjadi horizontal. Pada fase stasioner, konsentrasi biomassa mencapai maksimal, pertumbuhan berhenti dan menyebabkan terjadinya modifikasi struktur biokimiawi sel (Mangunwidjaja, 1994).

4. Fase kematian (*Death phase*)

Kondisi lingkungan yang merugikan mengubah seperti penurunan nutrient dan menimbulkan limbah racun, mengantarkan berkurangnya jumlah dari sel hidup sehingga menyebabkan kematian.

Populasi pertumbuhan mikroba dipelajari dengan menganalisis kurva pertumbuhan dari sebuah kultur media (Prescott, 1999). Teknik evaluasi suatu populasi mikroba baik secara kuantitatif maupun kualitatif dapat digunakan untuk memantau dan mengkaji fenomena pertumbuhan (Mangunwidjaja, 1994).

Lapisan *Biofilm*

Biofilm merupakan suatu lapisan unsur-unsur biologi yang terjadi karena proses aerasi. Konsentrasi tinggi dari senyawa organik dalam pengaruh air dapat memacu pematangan *biofilm*. Selama periode pemasakan, penyaringan tidak mampu merubah keefektifan bakteri karena hanya mekanisme kimia – fisika yang bekerja meremoval bakteri

Lapisan *biofilm* terdiri dari sel – sel mikroorganisme yang melekat erat ke suatu permukaan sehingga berada dalam keadaan diam, tidak mudah lepas atau berpindah tempat (*irreversible*). Pelekatan ini seperti pada bakteri disertai oleh penumpukan bahan – bahan organik yang diselubungi oleh matrik *polimer ekstraseluller* yang dihasilkan oleh bakteri tersebut.

Biofilm terbentuk karena adanya interaksi antara bakteri dan permukaan yang ditemeli. Interaksi ini terjadi dengan adanya faktor-faktor yang meliputi kelembaban permukaan, makanan yang tersedia, pembentukan matrik

ekstraseluler (exopolimer) yang terdiri dari *polisakarida*, faktor – faktor fisik kimia seperti interaksi muatan permukaan dan bakteri, ikatan ion, ikatan *Van Der Waals*, pH dan tegangan permukaan serta pengkondisian permukaan. Dengan kata lain terbentuknya *biofilm* adalah karena adanya daya tarik antara kedua permukaan (*psikokimia*) dan adanya alat yang menjembatani pelekatan (*matrik eksopolisakarida*) (Yung, 2003).

Biofilm melibatkan serangkaian mekanisme biologis dimana tidak mudah untuk menunjukan mekanisme yang tepat dan yang mendukung penghilangan *E.coli* tersebut, saat sistem beroperasi dalam berbagai mekanisme. Mekanisme biologis diantaranya:

1. Predasi/predator, dimana mikrobiologi dalam *biofilm* mengkonsumsi bakteri dan patogen-patogen lain yang ditemukan dalam air (misalnya penyapuan bakteri oleh protozoa).
2. Kematian alami/*inaktivasi*, sebagian besar organisme akan mati dalam lingkungan yang relatif berbahaya karena meningkatnya kompetisi. Sebagai contoh: ditemukan bahwa jumlah *E.coli* menurun segera saat di dalam air.
3. Pengolahan ini menuntut aliran yang terus-menerus untuk memberikan pemasukan oksigen yang konstan ke *biofilm* (Yung, 2003).

Dalam bahasa Jerman *biofilm* disebut *Schmutzdecke* yaitu berarti '*Lapisan kotor*'. Lapisan film yang lengket ini, yang mana berwarna merah kecoklatan, terdiri dari bahan organik yang terdekomposisi, besi, mangan dan

silika dan oleh karena itu bertindak sebagai suatu saringan yang baik yang berperan untuk meremoal partikel - partikel koloid dalam air baku. *Schmutzdecke* juga merupakan suatu zona dasar untuk aktivitas biologi, yang dapat mendegradasi beberapa bahan organik yang dapat larut pada air baku, yang mana bermanfaat untuk mengurangi rasa, bau dan warna (WEDC, 1999).

Biasanya istilah *schmutzdecke* digunakan untuk menandakan zone aktivitas biologi yang umumnya terjadi di dalam *bed* pasir. *Schmutzdecke* perlu didiamkan tanpa adanya gangguan. Hal ini dilakukan sehingga populasi biologi yang ada di puncak pasir tidaklah diganggu atau ditekan, yang mana tidak membiarkan lapisan *film* yang penuh untuk dihancurkan, yang akan mengurangi efek ketegangan pada *film* tersebut sedangkan partikel padatan akan terdorong lebih lanjut ke dalam pasir itu.

2.5.3.6. Pasir

Pasir adalah media filter yang paling umum dipakai dalam proses penjernihan air, karena pasir dinilai ekonomis, tetapi tidak semua pasir dapat dipakai sebagai media filter. Artinya diperlukan pemilihan jenis pasir, sehingga diperoleh pasir yang sesuai dengan syarat-syarat media pasir. Dalam memilih jenis pasir sebagai media filter hal – hal yang diperhatikan adalah :

- a. Senyawa kimia pada pasir.
- b. Karakteristik fisik pasir.
- c. Persyaratan kualitas pasir yang disyaratkan.
- d. Jenis pasir dan ketersediaannya.

a) Susunan Kimia Pasir

Pada umumnya pasir mempunyai senyawa kimia antara lain : SiO_2 , Na_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 , dan Al_2O_3 . Senyawa yang terpenting dalam pasir sebagai media filter adalah kandungan SiO_2 , yang tinggi, karena SiO_2 yang tinggi memberikan kekerasan pasir semakin tinggi pula. Proses yang terpenting dalam filter yang berhubungan dengan kekerasan pasir adalah pencucian pasir.

b) Karakteristik Fisik Pasir

Karakteristik fisik pasir yang perlu diperhatikan untuk media filter antara lain adalah :

a. Bentuk Pasir

Bentuk pasir sangat berpengaruh terhadap kelolosan/permeabilitas. Menurut bentuknya pasir dapat dibagi menjadi 3, yaitu : bundar, menyudut tanggung, dan bundar menyudut. Umumnya dalam satu jenis pasir ditemukan bentuk lebih dari satu bentuk butir. Pasir dengan bentuk bundar memberikan kelolosan lebih tinggi dari pada pasir bentuk lain.

b. Ukuran Butiran Pasir

Butiran pasir berukuran kasar dengan diameter $> 2 \text{ mm}$ memberikan kelolosan yang besar, sedangkan ukuran pasir berukuran halus dengan diameter $0,15\text{-}0,45 \text{ mm}$ memberikan kelolosan yang rendah. Faktor yang penting dalam memilih ukuran butiran pasir sebagai media saring adalah *effective size (ES)*.

c. Kemurnian pasir

Pasir yang digunakan sebagai media saringan semurni mungkin, artinya pasir benar-benar bebas dari kotoran, misalnya lempung. Pasir dengan kandungan lempung yang tinggi jika digunakan sebagai media filter akan berpengaruh pada kualitas filtrasi yang dihasilkan.

d. Kekerasan pasir

Kekerasan pasir dihubungkan dengan kehancuran pasir selama pemakaian sebagai media filter. Kekerasan berhubungan erat dengan kandungan SiO_2 yang tinggi, maka akan memberikan kekerasan yang tinggi pula.

c) Jenis Pasir dan Ketersediaannya

Mudah tidaknya jenis pasir yang dijadikan media filter untuk diambil sangat mempengaruhi harga dari pasir tersebut, sedangkan jumlah atau cadangan pasir hendaknya cukup untuk sejumlah kebutuhan bagi filter yang direncanakan.

Pasir yang diambil dari Sungai Progo ternyata cukup baik digunakan sebagai media filter karena mempunyai kekerasan yang tinggi juga mempunyai persediaan yang cukup banyak. Berdasarkan hasil pemeriksaan pasir yang berasal dari Sungai Progo dapat diketahui bahwa derajat kerja sebesar 0,398 mm, derajat keseragaman sebesar 2,03 serta kelarutan sebesar 3,5% dan berat jenis sebesar $2,857 \text{ gr/cm}^3$.

Saringan pasir bertujuan mengurangi kandungan lumpur dan bahan-bahan padat yang ada di air. Ukuran pasir untuk menyaring bermacam-macam, tergantung jenis bahan pencemar yang akan disaring. Pengamatan tentang bahan padat yang terapung, seperti potongan kayu, dedaunan, sampah, dan kekeruhan air perlu dilakukan untuk menentukan ukuran yang akan dipakai. Semakin besar bahan padat yang perlu disaring, semakin besar ukuran pasir.

Umumnya, air kotor yang akan disaring oleh pasir mengandung bahan padat dan endapan lumpur. Karena itu, ukuran pasir yang dipakai pun tidak terlalu besar. Pasir yang biasa dimanfaatkan adalah pasir berukuran 0,2 mm - 0,8 mm.

Berdasarkan ukuran pasir, maka dapat dibedakan dua tipe saringan pasir, yakni saringan cepat dan saringan lambat. Saringan cepat dapat menghasilkan air bersih sejumlah 1,3 - 2,7 liter/m³/detik. Diameter pasir yang dipakai 0,4 mm - 0,8 mm dengan ketebalan 0,4 m - 0,7 m. Saringan pasir lambat menghasilkan air bersih 0,034 - 0,10 liter/m³/detik. Diameter pasir yang dipakai sekitar 0,2 mm - 0,35 mm dengan ketebalan 0,6 mm - 1,2 mm. Saringan pasir hanya mampu menahan bahan padat terapung. Ia tidak dapat menyaring virus atau bakteri pembawa bibit penyakit. Itulah sebabnya air yang sudah melewati saringan pasir masih tetap harus disaring lagi oleh media lain. Saringan pasir ini harus dibersihkan secara teratur pada waktu – waktu tertentu.



d) Jenis Operasi Saringan Pasir

Operasi filtrasi pada alat filter media butiran bertujuan untuk menyisahkan padatan tersuspensi dari dalam air, di mana padatan tersuspensi tersebut paling besar memberikan sifat keruh yang dimiliki air. Pada umumnya operasi unit filter media butiran di bagi menjadi tiga jenis yaitu :

1. Filter Pasir Lambat (*Slow Sand Filter*)
2. Filter Pasir Cepat (*Rapid Sand Filter*)
3. Filter Bertekanan

Terdapat banyak perbedaan diantara ketiga unit operasi tersebut baik pada rancangannya ataupun pengoperasiannya. Untuk jenis filter pasir lambat maka ukuran diameter yang digunakan adalah 0.15 - 0.45 mm dengan ketinggian media antara 60-120 cm dan laju alir influen dalam besaran kecepatan linier pada rentang 1-2 m/jam, sedang pada filter pasir cepat ukuran media filter 0.40 - 0.70 mm.

Faktor yang mempengaruhi efisiensi penyaringan ada 4 faktor dan menentukan hasil penyaringan dalam bentuk kualitas effluen serta masa operasi saringan yaitu :

1. Kualitas air baku, semakin baik kualitas air baku yang diolah maka akan baik pula hasil penyaringan yang diperoleh.
2. Suhu, suhu yang baik yaitu antara 20 – 30°C, temperatur akan mempengaruhi kecepatan reaksi – reaksi kimia.

3. Kecepatan penyaringan, pemisahan bahan – bahan tersuspensi dengan penyaringan tidak dipengaruhi oleh kecepatan penyaringan. Berbagai hasil penelitian menyatakan bahwa kecepatan penyaringan tidak mempengaruhi terhadap kualitas effluen. Kecepatan penyaringan lebih banyak terhadap masa operasi saringan.
4. Diameter butiran, secara umum kualitas effluen yang dihasilkan akan lebih baik bila lapisan saringan pasir terdiri dari butiran-butiran halus. Jika diameter butiran yang digunakan kecil maka yang terbentuk juga kecil. Hal ini akan meningkatkan efisiensi penyaringan.

e) Mekanisme Filtrasi

Menurut Razif (1985), proses filtrasi adalah kombinasi dari beberapa fenomena yang berbeda, yang paling penting adalah :

1. *Mechanical Straining*, yaitu proses penyaringan partikel *suspended matter* yang terlalu besar untuk bisa lolos melalui lubang antara butiran pasir, yang berlangsung diseluruh permukaan saringan pasir dan sama sekali tidak bergantung pada kecepatan penyaringan.
2. Sedimentasi, akan mengendapkan partikel *suspended matter* yang lebih halus ukurannya dari lubang pori pada permukaan butiran. Proses pengendapan terjadi pada seluruh permukaan pasir.

3. *Adsorption* adalah proses yang paling penting dalam proses filtrasi. Proses adsorpsi dalam saringan pasir lambat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel tersuspensi dengan butiran pasir saringan dan dengan bahan pelapis seperti gelatin yang pekat yang terbentuk pada butiran pasir oleh endapan bakteri dan partikel koloid. Proses ini yang lebih penting terjadi sebagai hasil daya tarik menarik elektrostatis, yaitu antara partikel-partikel yang mempunyai muatan listrik yang berlawanan.
4. Aktivitas kimia, beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.
5. Aktivitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

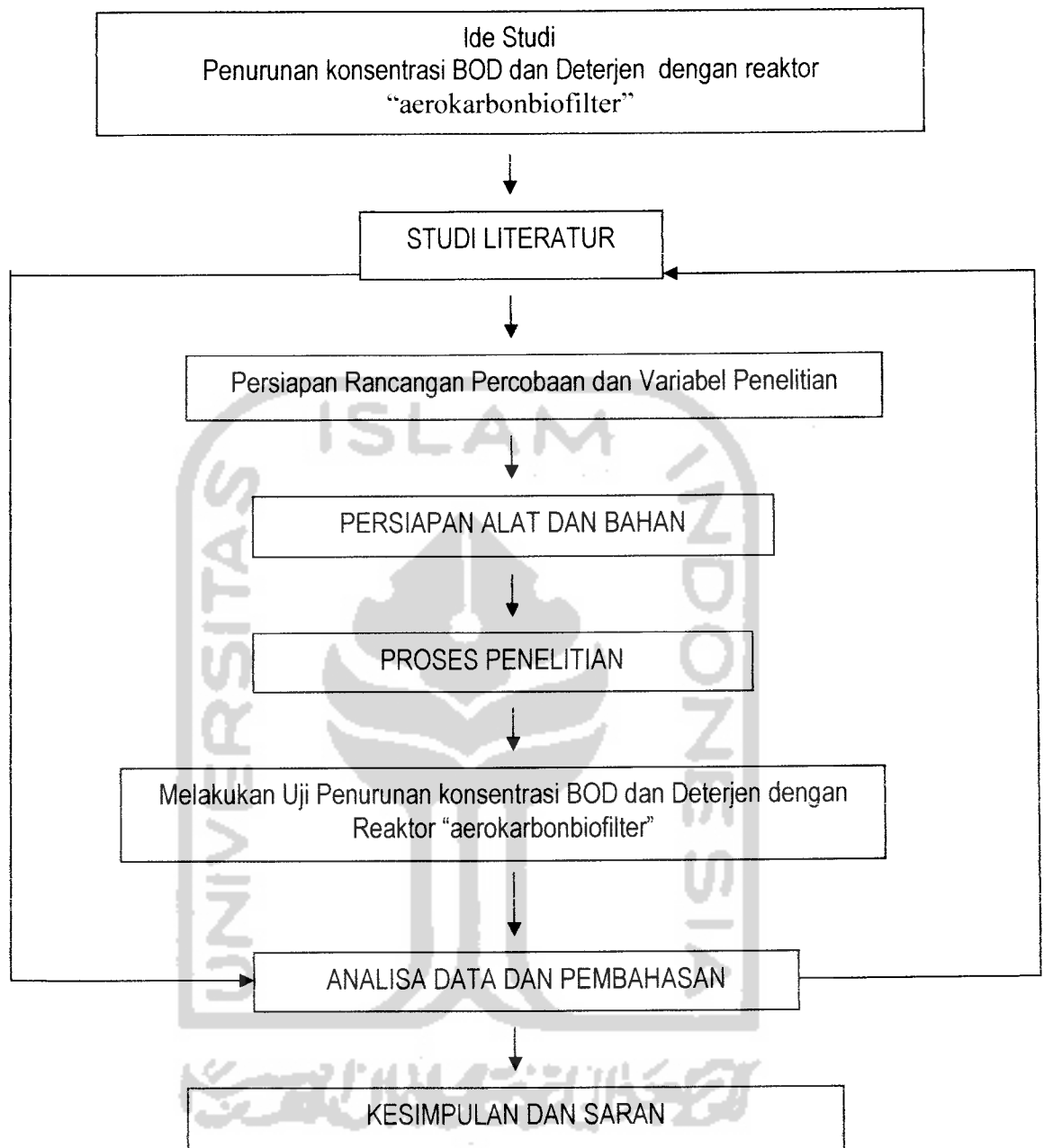
- a. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air dan Laboratorium Rancang Bangun, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII Yogyakarta.
- b. Balai Pengujian Konstruksi dan Lingkungan (BPKL), Dinas Pemukiman dan Prasarana Wilayah Yogyakarta

3.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam penelitian eksperimen yang dilaksanakan dalam skala laboratorium.

3.3 Kerangka Penelitian

Cara dan perlakuan akan penelitian air limbah akan di jelaskan secara garis besar dengan metode grafik yang tersaji sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Objek Penelitian

Obyek penelitian adalah air limbah yang berasal dari pencucian kendaraan bermotor (The Auto Bridal Jl. Kaliurang km 6,8 Yogyakarta).

3.5 Variabel Penelitian

Variabel penelitian dalam penelitian ini meliputi :

1. Variabel bebas (*Independent Variabel*)

Waktu yang diperlukan selama 10 hari dimana setiap harinya dilakukan pengambilan dan uji sampel pada dua titik yaitu pada inlet reaktor dan outlet reaktor.

2. Variabel terikat (*Dependent Variabel*)

Konsentrasi kandungan BOD dan deterjen.

3.6 Reaktor “Aerokarbonbiofilter”

3.6.1. Desain Reaktor

Dalam penelitian ini akan digunakan reaktor yang terdiri dari sebagai berikut :

a. Aerasi

Aerasi yang digunakan adalah tipe *multipletray* aerasi dengan tingkatan tray 4 buah dengan jarak tiap tray 0,1 m.

b. Karbon aktif

Ketebalan karbon aktif dalam reaktor 20 cm.

c. Zeolit

Ketebalan zeolit yang digunakan adalah 30 cm.

d. Media *seeding*

Media *seeding* menggunakan plastik sebagai tempat pertumbuhan melekat bagi mikroorganisme dengan ketebalan 20 cm.

e. Pasir

Media penyaring yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pasir kuarsa dengan ketebalan 20 cm.

f. Ruang outlet

Ruang outlet sebagai tempat penampung sementara air hasil olahan sebelum keluar melalui pipa effluent. Tinggi ruang effluent 10 cm.

3.6.2. Dimensi Reaktor Aerokarbonbiofilter

Reaktor yang direncanakan terbuat dari kaca. Reaktor yang digunakan adalah jenis reaktor bertingkat yang susunannya terdiri atas aerasi, karbon aktif, zeolit, media *seeding* dan filter pasir. Perhitungan dimensi reaktor dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1. Dimensi Reaktor Aerokarbonbiofilter

Dimensi	Simbol	Hasil perhitungan	Satuan	Pers.yang digunakan
Panjang	L	0.3	M	
Lebar	W	0.3	M	
Tinggi tray aerasi	Tt	4 x 0,1	M	
Tinggi karbon aktif	Tka	0.2	M	
Tinggi zeolit	Tz	0.3	M	
Tinggi media <i>seeding</i>	Tms	0.2	M	
Tinggi pasir	Tp	0.2	M	
Tinggi ruang outlet	Tro	0.1	M	
Luas area	A	0,09	M ²	L x W
Volum reaktor	Vr	0.13	M ³	Ax(Tt+Tka+Tz+Tms+Tp+Tro)
Debit	Q	0,02	L/detik	

3.6.3 Pembuatan Reaktor Aerokarbonbiofilter

a. Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan reaktor aerokarbonfilter, antara lain:

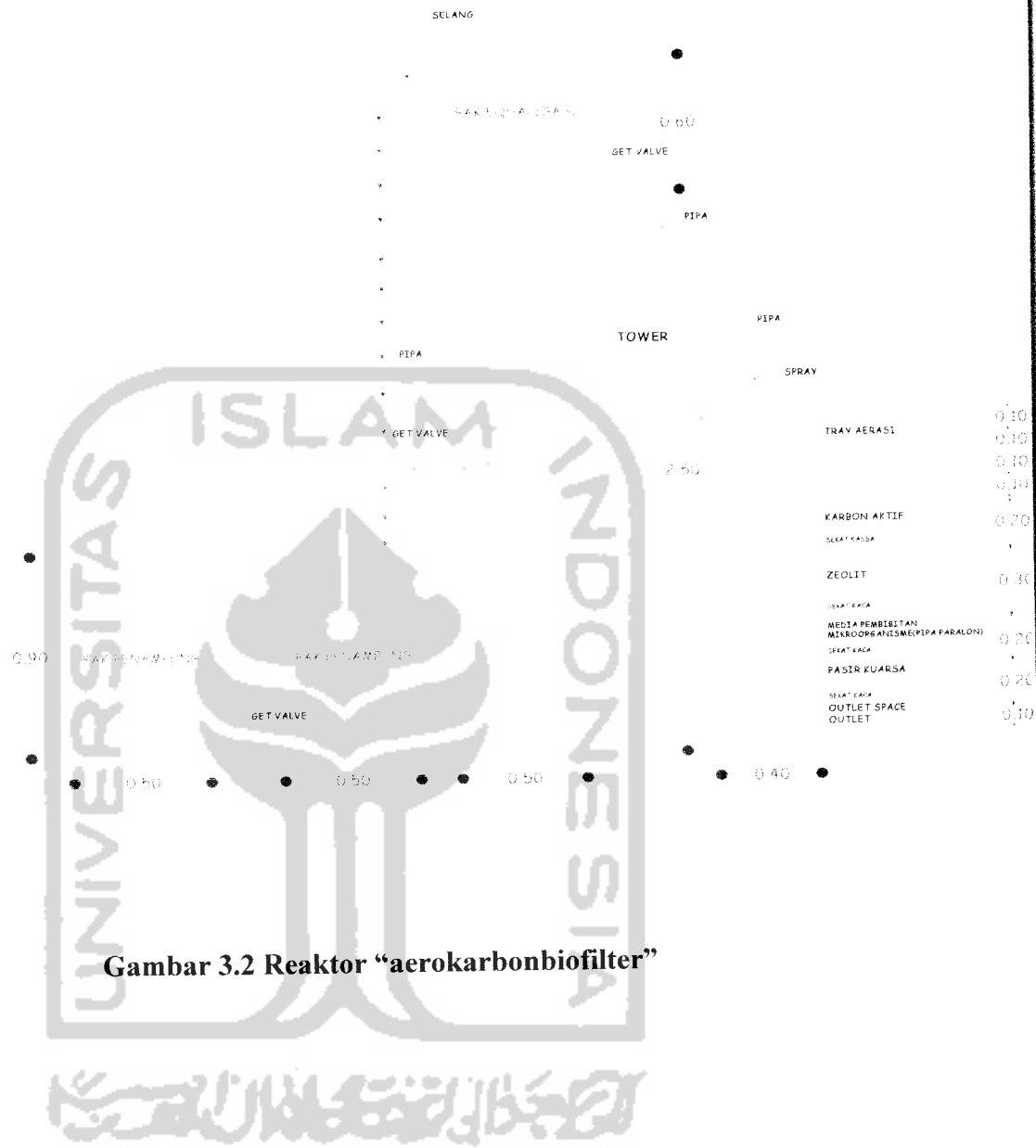
- | | |
|-----------------|-----------|
| a) Gergaji besi | d) Spidol |
| b) Cutter | e) Bor |

c) Penggaris

b. Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan reaktor aerokarbonbiofilter, antara lain:

- a) Kaca
- b) Akrilik
- c) Besi siku
- d) Pipa PVC
- e) Sekrup
- f) Selang plastik
- g) Media penyaring
 - a. Lubang aerasi
 - b. Karbon Aktif
 - c. Zeolit
 - d. Proses Seeding Mikroorganisme
 - e. Pasir Kuarsa
- h) Bak penampung
- i) Gate Valve
- j) Pompa
- k) Lem
- l) Ember



3.7 Cara Kerja :

3.7.1. Proses Pembibitan Mikroorganisme

Sebelum melakukan uji air limbah secara kontinue, maka dilakukan penumbuhan mikroorganisme, adapun langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Penyiapan media seeding, yaitu berupa potongan – potongan pipa paralon.
2. Oleh karena media seeding dan media filtrasi berada dalam satu tempat maka, pasir dimasukan terlebih dahulu pada dasar tempat seeding, kemudian diberi sekat yang berlubang.
3. Media seeding ditempatkan di atas pasir yang ditutupi sekat berlubang.
4. Air limbah dimasukan ke dalam tempat seeding sampai media tergenangi oleh air limbah.
5. Pemeriksaan limbah yang akan dipakai untuk seeding pada parameter BOD_5^{20} dan deterjen.
6. Buble aerator dinyalakan untuk menambah suplai oksigen.
7. Untuk mempercepat pertumbuhan dan memperbanyak bakteri ditambahkan degra simba.
8. Pemasangan media filter yaitu karbon aktif dan zeolit pada rak kedua.
9. Pada minggu kedua dilakukan pemeriksaan terhadap parameter penelitian, yaitu BOD_5^{20} dan deterjen.

10. Proses seeding dilakukan selama 40 hari.
11. Minggu keempat dilakukan uji koloni.
12. Running pengujian air limbah yang dialirkan secara kontinyu untuk parameter BOD_5^{20} dan deterjen.

3.7.2. Proses Pengujian

1. Pengukuran konsentrasi BOD_5^{20} dan deterjen dari proses sisa pencucian kendaraan bermotor.
2. Air limbah ditampung pada dua buah bak penampung yang dipasang secara seri, dimana fungsi bak ini adalah sebagai penampung air limbah yang akan diolah sebelum masuk ke inlet reaktor.
3. Air dipompakan ke atas menuju inlet reaktor, apabila bak ini penuh maka secara otomatis air akan kembali lagi ke bak penampung.
4. Air dari inlet reaktor dialirkan melalui pipa menuju *spray* yang kemudian jatuh ke tray aerator.
5. Air jatuh ke *tray* aerator kemudian akan merata pada permukaan *tray*.
6. Air jatuh di permukaan karbon aktif, zeolit sehingga terjadi penyaringan.
7. Air jatuh ke media *seeding* (plastik/pipa paralon) sebagai media pelekak mikroorganisme untuk mendegradasi parameter BOD_5^{20} dan deterjen.
8. Keluaran dari media plastik, selanjutnya air akan tersaring pada media pasir.

9. Air hasil pengolahan akan keluar melalui pipa outlet.
10. Pengukuran konsentrasi BOD_5^{20} dan deterjen dari hasil proses pengolahan dengan menggunakan reaktor "aerokarbonbiofilter".

3.7.3. Analisis Kualitas Sampel

Analisa kualitas air sampel yang dilakukan sesuai dengan SNI, yaitu

1. Cara uji konsentrasi BOD_5^{20} dalam air sampel sesuai dengan SK SNI M-69-1990-03.
2. Cara uji konsentrasi Deterjen dalam air sampel sesuai dengan SK SNI M-45-1990-03.

3.7.4. Analisis data

Analisa data untuk penentuan berdasar pada parameter yang telah diukur dengan membuat tabel atau grafik kualitas air buangan sebelum dan sesudah pengolahan pada masing - masing titik pengambilan sampel.

Tingkat efisiensi dinyatakan dengan cara membandingkan antara konsentrasi awal dan akhir dari parameter penelitian setelah menjalankan reaktor dengan menggunakan persamaan *overall efficiency* yaitu:

$$\eta = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana:

η = *Overall Efficiency (%)*

C_o = Konsentrasi Awal (mg/L)

C_e = Konsentrasi akhir (mg/L)



BAB IV

HASIL PENELITIAN dan PEMBAHASAN

4.1 Proses *Seeding*

Reaktor aerokarbonbiofilter merupakan salah satu serangkaian alat yang mampu mengolah air limbah. Reaktor aerokarbonbiofilter terdiri dari tray aerasi, media zeolit, media karbon aktif, proses aerobik dan media pasir.

Penelitian dengan menggunakan reaktor Aerokarbonbiofilter dimulai dengan proses pembibitan mikroorganisme selama kurang lebih 40 hari. Sebelum dilakukan *seeding* atau pembibitan mikroorganisme, terlebih dahulu dilakukan pengujian parameter penelitian yaitu parameter BOD_5^{20} (*Biochemical Oxygen Demand*) dan deterjen. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui konsentrasi awal limbah pencucian kendaraan bermotor sebagai tolok ukur bahwa limbah tersebut harus diolah. Hasil pengujian BOD_5^{20} awal adalah 184 mg/l dan untuk deterjen 23.867 mg/l. Konsentrasi ini masih berada diatas nilai baku mutu limbah cair. Nilai baku mutu limbah cair parameter BOD_5^{20} sebesar 150 mg/l dan senyawa aktif biru metilen sebagai deterjen sebesar 10mg/l pada golongan III. Karakteristik limbah secara fisik dapat diketahui dari adanya bau yang ditimbulkan, air limbah berwarna/keruh, banyak terdapat busa dan TSS yang banyak.

Media yang digunakan pada proses pembibitan mikroorganisme ini adalah pipa paralon yang dipotong – potong. Pipa paralon mempunyai luas

permukaan yang lebih banyak sehingga memungkinkan mikroorganisme yang tumbuh pada permukaan lapisan tersebut juga lebih banyak.

Pembibitan dilakukan dengan merendam pipa paralon dengan air limbah yang akan diolah. Penambahan oksigen dilakukan dengan memasang *bubble aerator* serta menambahkan nutrisi yang berupa cairan degra simba untuk mempercepat pertumbuhan mikroorganisme. Pada minggu kedua proses pembibitan mikroorganisme, dilakukan pengujian air limbah yang diproses dengan tujuan untuk mengetahui apakah telah terjadi peningkatan dan perkembangan pertumbuhan mikroorganisme atau belum. Hasil pengujian air limbah yang telah dari proses pembibitan mikroorganisme adalah untuk BOD_5^{20} 79 mg/l dan deterjen 0.9422 mg/l. Apabila dibandingkan dengan konsentrasi awal, sudah terjadi penurunan untuk kedua parameter tersebut. Efisiensi penurunan BOD_5^{20} sebesar 57% dan deterjen sebesar 96%. Air limbah yang dihasilkan menjadi bening, kuantitas busa menjadi berkurang serta bau yang dihasilkan berkurang. Selain dilakukan pengujian parameter, pada minggu keempat juga dilakukan uji koloni, dimana jumlah koloni telah mencapai kurang lebih 150juta. Secara *visual* karakteristik air limbah pun mengalami perubahan, yaitu menjadi bening, baunya berkurang serta jumlah busa menjadi sedikit.

Mikroorganisme mempunyai peranan penting dalam mendegradasikan bahan – bahan organik. Mikroorganisme merombak senyawa organik menjadi karbon dioksida dan air pada kondisi aerobik.

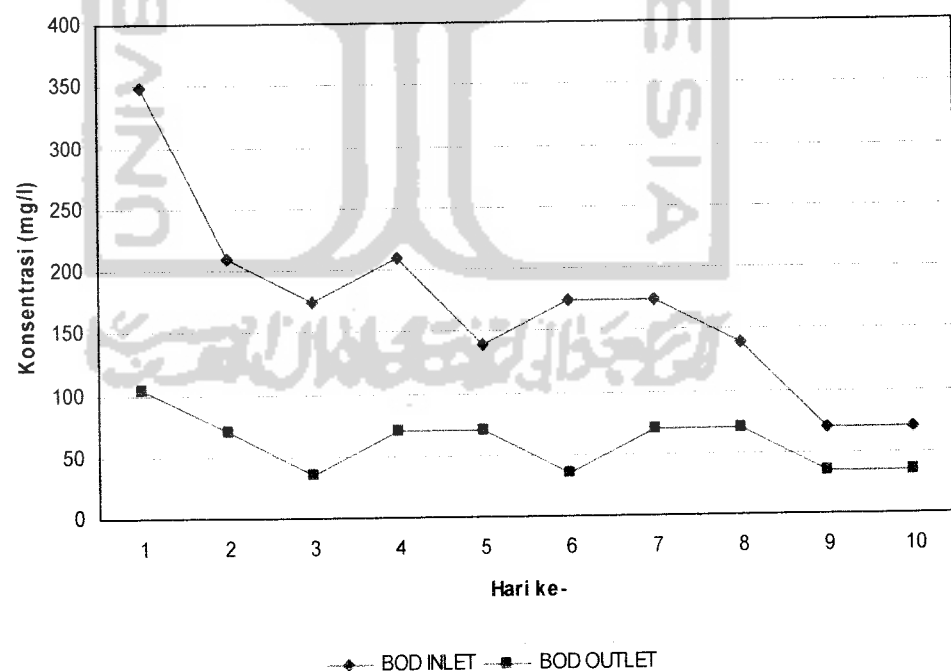
Pada hari ke 40 dilakukan pengolahan air limbah, dimana pada hari ke 40 ini air limbah sudah mulai dialirkan secara kontinyu. Pengujian dilakukan pada

inlet dan pada outlet reaktor. Nilai konsentrasi yang diperoleh pada kedua bagian ini kemudian dibandingkan untuk mengetahui besarnya efisiensi reaktor aerokarbonbiofilter terhadap penurunan konsentrasi BOD_5^{20} dan deterjen.

4.2 Pengujian Konsentrasi BOD_5^{20}

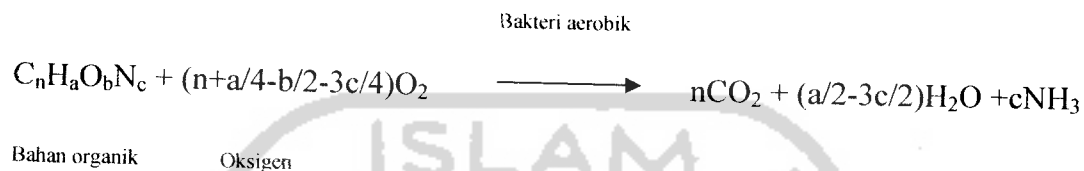
Pengujian BOD_5^{20} (*Biochemical Oxygen Demand*) dilakukan sebanyak 10 kali pengambilan sampel selama 11 hari setelah proses pembibitan mikroorganisme. Adapun hasil pengujian konsentrasi BOD_5^{20} dapat dilihat pada lampiran.

Berikut merupakan grafik penurunan konsentrasi BOD_5^{20} :



Gambar 4.1 : Penurunan Konsentrasi BOD_5^{20}

Pengujian konsentrasi BOD_5^{20} merupakan selisih antara kebutuhan oksigen pada hari kelima suhu 20°C dengan kebutuhan oksigen segera. Proses penguraian bahan buangan organik melalui proses oksidasi oleh mikroorganisme atau bakteri aerobik adalah sebagai berikut :



Berdasarkan gambar 4.1 memperlihatkan adanya perbedaan antara konsentrasi BOD_5^{20} pada bak ekualisasi dari hari pertama sampai dengan hari kesepuluh. Hal ini dipengaruhi adanya proses penambahan limbah, serta pengaruh pompa pada bak penampung limbah. Pompa submersibel yang terdapat di dalam bak penampung akan memompakan air ke bak equalisasi, apabila bak equalisasi telah penuh air akan kembali lagi ke bak penampung melalui pipa pelimpah. Air yang keluar dari pipa pelimpah akan memberikan tekanan ke dalam air yang berada pada bak penampung sehingga secara tidak langsung terjadi suplai oksigen. Suplai oksigen akan meningkatkan jumlah oksigen terlarut. Oksigen terlarut akan membantu mikroorganisme dalam mendegradasikan bahan – bahan organik.

Penurunan konsentrasi BOD_5^{20} pada inlet reaktor terjadi dari hari pertama sampai dengan hari ketiga, yaitu 349.18 mg/l menjadi 209.51 mg/l menjadi 174.59 mg/l. Ini dipengaruhi oleh adanya limbah yang sama dengan waktu pengolahan yang berbeda sehingga pada hari kedua dan ketiga proses aerasi dan penyimpanan berlangsung lebih lama menimbulkan oksigen yang berada dalam air limbah menjadi banyak dan dapat mendegradasikan bahan – bahan organik

menjadi lebih sederhana yang mengakibatkan konsentrasi BOD_5^{20} menurun. Sedangkan pada hari keempat dan keenam terjadi kenaikan konsentrasi BOD_5^{20} menjadi 209.51 mg/l dan 174.59 mg/l, hal ini dipengaruhi adanya penambahan limbah dengan karakteristik yang berbeda, dimana limbah ini masih banyak mengandung busa. Untuk hari ketujuh sampai dengan hari kesepuluh terjadi penurunan, ini juga dipengaruhi oleh adanya aerasi pada bak penampung. Bahan organik yang terdapat pada air limbah apabila bereaksi dengan oksigen akan menjadi bahan yang lebih sederhana yaitu H_2O dan CO_2 .

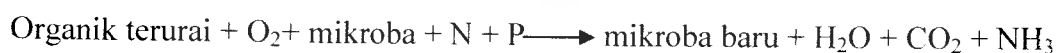
Nilai konsentrasi BOD_5^{20} pada outlet reaktor lebih kecil dibanding dengan nilai konsentrasi BOD_5^{20} pada inlet reaktor. Hal ini membuktikan bahwa reaktor aerokarbonbiofilter mampu menurunkan konsentrasi BOD_5^{20} . Proses penurunan ini dipengaruhi oleh adanya sistem tray aerasi, adsorpsi oleh zeolit dan arang aktif, proses aerobik serta adanya media filtrasi.

Pada penelitian ini, menggunakan teknik tray aerasi yang terdiri dari empat tray. Masing – masing tray mempunyai banyak lubang yang berfungsi untuk meratakan air dan memperluas kontak air dengan udara, sehingga oksigen dapat terlarut di dalam air limbah yang dapat membantu menguraikan senyawa – senyawa organik menjadi senyawa – senyawa yang lebih sederhana. Sebelum masuk tray aerasi, air limbah dialirkan melalui *spray aerator*. *Spray aerator* berfungsi untuk meratakan jatuhnya air limbah yang berasal dari bak ekualisasi. Selain itu, *spray aerasi* juga akan memperbanyak kontak air limbah dengan udara sehingga reaksi penguraian bahan organik dengan udara semakin besar.

Proses selanjutnya adalah adsorpsi karbon aktif. Karbon aktif mempunyai peranan menyerap bahan organik yang berada dalam air limbah. Bahan – bahan organik pada air limbah pencucian kendaraan bermotor akan diserap oleh permukaan karbon aktif sehingga jumlah bahan organik dalam air limbah akan berkurang.

Media zeolit merupakan proses adsorpsi yang kedua. Zeolit mempunyai rongga di dalamnya. Rongga ini akan diisi air dan kation yang dapat dipertukarkan pada air limbah. Zeolit mempunyai kemampuan untuk menyerap dan melepaskan komponen yang terkandung serta menukar jenis kation tanpa merubah struktur penyusun utamanya (Barrers, 1978). Semakin lama waktu kontak air limbah dengan zeolit, akan semakin optimal zeolit dalam mengadsorpsi senyawa organik sehingga penurunan konsentrasi BOD_5^{20} akan semakin besar, waktu kontak berkisar antara 10 – 15 menit (Reynold, 1982)

Proses aerobik merupakan suatu proses pengolahan air buangan setelah adsorpsi zeolit pada penelitian ini. Proses aerobik mampu mendegradasikan bahan – bahan organik yang larut pada air baku, bermanfaat untuk menghilangkan rasa, bau dan warna (WEDC, 1999). Reaksi penguraian pada proses aerobik adalah :

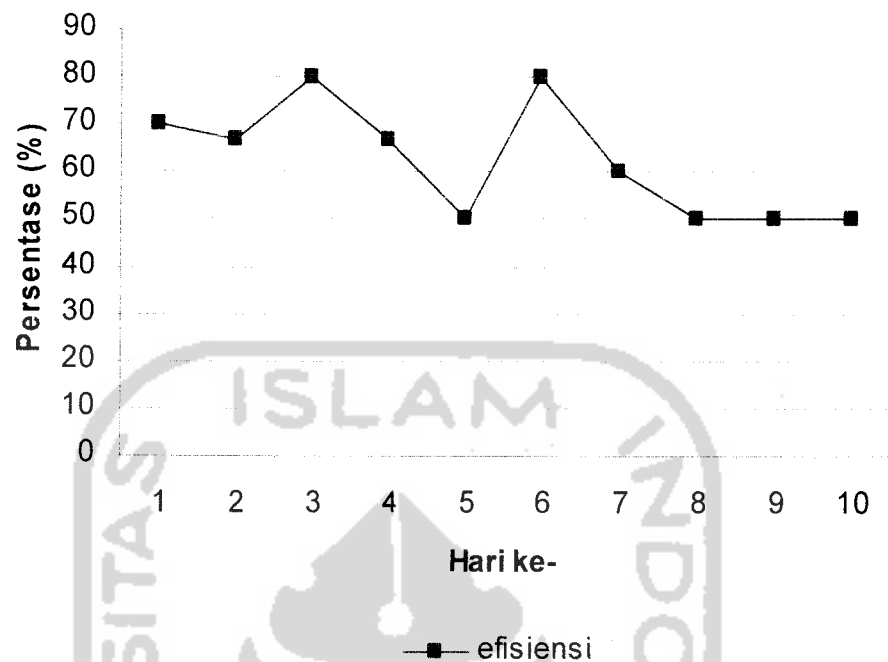


Pada penelitian ini, proses aerobik terjadi pada media pembibitan mikroorganisme dimana pada media ini telah dikembangkan mikroorganisme secara aerob. Mikroorganisme aerob ini akan mengubah bahan – bahan organik menjadi senyawa sederhana seperti H_2O , CO_2 maupun sel baru. Proses

perombakan ini menyebabkan jumlah bahan organik dalam air buangan akan berkurang, proses ini dinamakan sebagai proses biodegradasi. (Soewito, 1985).

Filtrasi merupakan proses akhir pada penelitian ini. Media filtrasi yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir kuarsa. Fungsi dari pasir ini adalah menyaring partikel – partikel tersuspensi dalam air limbah. Partikel – partikel tersuspensi pada limbah akan tersaring sehingga akan mengurangi bahan organik. Partikel – partikel yang tersaring pada pasir mengandung mikroorganisme sehingga memungkinkan terjadinya proses biodegradasi bahan – bahan organik. Pada pasir ini akan terjadi proses aerobik karena pada pasir ini dapat digunakan mikroorganisme untuk melekat.

Hasil pengujian menyatakan bahwa nilai konsentrasi BOD_5^{20} pada inlet ke outlet telah mengalami penurunan. Nilai kedua konsentrasi ini akan dibandingkan untuk mengetahui besarnya efisiensi reaktor aerokarbonbiofilter dalam menurunkan konsentrasi BOD_5^{20} selama 11 hari untuk 10 kali pengambilan sampel. Berikut merupakan grafik efisiensi reaktor aerokarbonbiofilter dalam menurunkan konsentrasi BOD_5^{20} :



Gambar 4.2 : Efisiensi Penurunan Konsentrasi BOD_5^{20}

Gambar 4.2 menggambarkan efisiensi penurunan konsentrasi BOD_5^{20} pada reaktor aerokarbonbiofilter. Efisiensi hari pertama sampai dengan hari kesepuluh mengalami perbedaan. Hari pertama efisiensi aerokarbonbiofilter sebesar 70%, hari kedua turun menjadi 67%. Penurunan ini dipengaruhi karena adanya konsentrasi inlet yang mengalami penurunan serta mekanisme aerasi, adsorpsi, proses biologi dan filtrasi yang berbeda – beda. Proses pada tray aerasi yang tidak merata akan menyebabkan air yang jatuh pada media karbon aktif tidak merata sehingga air yang jatuh pada media zeolit juga tidak merata. Air yang jatuh hanya pada lokasi tertentu akan mengakibatkan media menjadi lebih cepat jenuh karena partikel – partikel yang terkandung pada air limbah terserap dan tersaring pada permukaan media. Pada hari ketiga, efisiensinya naik sebesar 80%,

hal ini dipengaruhi air limbah yang jatuh pada media karbon aktif dan zeolit telah merata, serta adanya penurunan nilai konsentrasi pada inlet. Efisiensi penurunan konsentrasi BOD_5^{20} pada hari keempat dan kelima mengalami penurunan. Penurunan konsentrasi ini dipengaruhi adanya peningkatan konsentrasi BOD_5^{20} pada inlet, tidak meratanya proses adsorpsi sehingga pada daerah yang sering mengadsorpsi mengalami kejenuhan. Hari keenam efisiensi penurunan konsentrasi BOD_5^{20} mengalami kenaikan menjadi 80% karena pada hari keenam konsentrasi BOD_5^{20} pada bak ekualisasi mengalami kenaikan. Mulai hari ketujuh telah mengalami penurunan efisiensi kerja reaktor aerokarbonbiofilter terhadap penurunan konsentrasi BOD_5^{20} . Pada hari kedelapan sampai dengan hari kesepuluh efisiensinya mengalami kestabilan yaitu 50%. Pada hari kedelapan sampai dengan kesepuluh kerja reaktor aerokarbonbiofilter telah mengalami kestabilan, yang dipengaruhi adanya penurunan konsentrasi pada inlet maupun outlet serta kerja reaktor yang mulai menurun. Media adsorpsi dan zeolit akan mengalami kejenuhan apabila pori – pori permukaan telah tertutupi oleh adanya partikel – partikel tersuspensi. Semakin lama proses pengaliran air pada reaktor, partikel yang akan menempel semakin banyak/menumpuk. Mikroorganisme akan bekerja dengan baik apabila diberikan tambahan suplai oksigen. Efisiensi penurunan konsentrasi BOD_5^{20} secara optimal terjadi pada hari keempat dan keenam dari sepuluh kali pengambilan sampel.

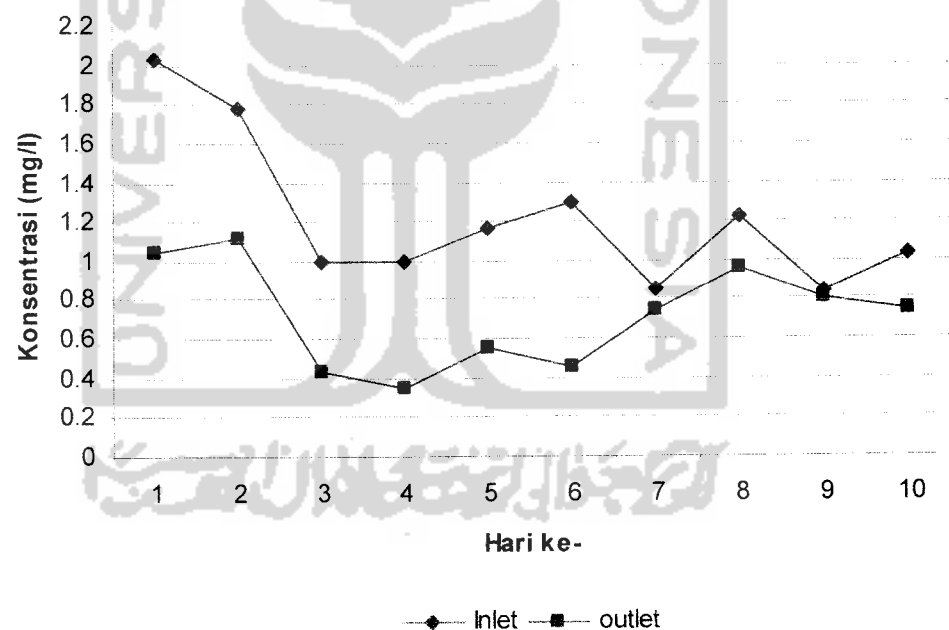
Apabila dibandingkan dengan baku mutu limbah cair golongan ketiga Kep.Gub DIY No : 214/KPTS/1991 tentang baku mutu lingkungan daerah untuk wilayah DIY bagi baku mutu limbah cair maka nilai konsentrasi BOD_5^{20} pada

outlet reaktor berada di bawah baku mutu, sehingga aman untuk dibuang ke badan air.

4.2 Pengujian Konsentrasi Deterjen

Pengujian konsentrasi deterjen dilakukan selama 10 hari setelah proses pembibitan mikroorganisme. Adapun hasil pengujian konsentrasi deterjen dapat dilihat pada lampiran.

Berikut merupakan grafik penurunan konsentrasi deterjen:



Gambar 4.3 : Penurunan Konsentrasi Deterjen

Pengujian deterjen yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode MBAS (*Metyl Blue Alkil Sulfonate*) yang merupakan bahan *surfactan*

berbahaya bagi perairan. Pengujian parameter deterjen ini dilakukan pada bak ekualisasi dan outlet reaktor selama 10 kali. Berdasarkan Gambar 4.3 terlihat adanya ketidakseragaman nilai konsentrasi deterjen baik pada bak ekualisasi maupun pada outlet reaktor.

Gambar 4.3 memperlihatkan bahwa adanya perbedaan nilai konsentrasi deterjen, hal ini dipengaruhi adanya penambahan limbah pada inlet. kondisi limbah yang dihasilkan dari Autobridal (tergantung pada jenis shampo yang digunakan berbeda – beda, jumlah pencucian mobil yang berbeda – beda), serta pengambilan limbah yang tidak serentak, pengambilan limbah dilakukan dua hari sekali bahkan terkadang tiga hari sekali, sehingga limbah yang digunakan dari hari pertama sampai dengan hari terakhir tidak homogen. Karakteristi fisik dapat dilihat dari segi *visual* dengan adanya perbedaan kuantitas busa yang terdapat pada air limbah. Perlakuan terhadap air limbah pun juga akan mempengaruhi adanya perbedaan konsentrasi deterjen pada bak ekualisasi. Perlakuan ini misalnya, pengaruh pompa dan pipa pelimpah terhadap air limbah yang secara tidak langsung mensuplai oksigen sehingga menambah jumlah oksigen terlarut dalam air yang mampu menguraikan bahan organik di dalamnya. Aerasi pada bak penampung tersebut akan mengurangi jumlah busa yang terdapat pada air limbah sehingga konsentrasi deterjen pun akan menjadi berkurang. Deterjen mengandung surfaktan yang merupakan bahan aktif permukaan dimana didalamnya terkandung bahan penimbul busa (Lukaszewski, 2004). Pembusaan (*foaming*) dapat dikurangi dengan adanya proses aerasi (Vashitz and Gorelik, 2004).

Konsentrasi deterjen pada inlet reaktor ini sangat kecil apabila dibandingkan dengan pengukuran pada air limbah yang digunakan untuk *seeding*. Hal ini disebabkan karena adanya berbagai perlakuan pada air limbah, misalnya aerasi yang menyebabkan meningkatnya jumlah oksigen terlarut. Oksigen terlarut ini digunakan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi bahan – bahan organik menjadi lebih sederhana. Faktor – faktor proses pencucian kendaraan bermotor pun juga akan mempengaruhi, misalnya jenis pencucian (cuci biasa atau autoglym), jumlah kendaraan bermotor yang dicuci. Penurunan konsentrasi deterjen pada inlet reaktor terjadi dari hari pertama sampai dengan hari keempat, yaitu 2.0348 mg/l menjadi 1.7756 mg/l menjadi 0.9997 mg/l menjadi 0.9949 mg/l. Ini dipengaruhi oleh adanya proses aerasi dan waktu penyimpanan yang berbeda sehingga konsentrasi deterjen semakin hari semakin menurun. Sedangkan pada hari kelima terjadi kenaikan konsentrasi deterjen menjadi 1.1612 mg/l, hal ini disebabkan karena adanya penambahan limbah dengan karakteristik yang berbeda. Untuk hari keenam dan ketujuh terjadi penurunan menjadi 1.3016 mg/l dan 0.8531 mg/l, ini juga dipengaruhi oleh adanya aerasi pada bak penampung serta waktu penyimpanan air limbah yang lama. Pada hari kedelapan mengalami kenaikan menjadi 1.2278 mg/l, ini disebabkan karena adanya penambahan limbah. Hari kesembilan mengalami penurunan menjadi 0.836 mg/l dan hari kesepuluh mengalami peningkatan menjadi 1.0325 mg/l.

Gambar 4.4 juga memperlihatkan adanya nilai konsentrasi deterjen outlet lebih kecil dibanding dengan nilai konsentrasi deterjen pada inlet reaktor. Hal ini membuktikan bahwa reaktor aerokarbonbiofilter mampu menurunkan konsentrasi

deterjen. Proses penurunan ini dipengaruhi oleh adanya sistem tray aerator, adsorpsi oleh zeolit dan arang aktif, proses aerobik serta adanya media filtrasi.

Pada penelitian ini, menggunakan teknik tray aerasi yang terdiri dari empat tray. Masing – masing tray mempunyai banyak lubang yang berfungsi untuk meratakan air dan memperluas kontak air dengan udara, sehingga oksigen dapat terlarut di dalam air limbah yang dapat membantu menguraikan senyawa – senyawa organik menjadi senyawa – senyawa yang lebih sederhana. Pada proses aerasi perombakan bahan organik tergantung dari nisbah C : N limbah, jumlah dan tipe mikroba serta faktor lingkungan seperti pH, suhu dan tersedianya O₂.

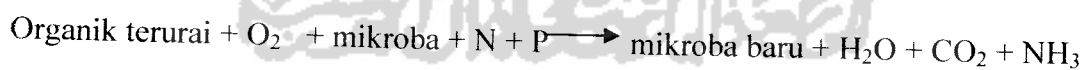
Proses selanjutnya adalah adsorpsi oleh karbon aktif. Air limbah dari tray aerasi akan jatuh dan meresap ke karbon aktif secara perlahan – lahan. Pada peristiwa ini akan terjadi penyerapan bahan organik seperti deterjen oleh permukaan karbon. Karbon aktif mempunyai kegunaan sebagai bahan pemucat, penyerap logam, menghilangkan polutan mikro misal zat organik, detergen, bau, senyawa phenol dan sebagainya. Pada karbon aktif akan terjadi adsorpsi yaitu penyerapan zat – zat yang akan dihilangkan oleh permukaan arang aktif. Deterjen merupakan bahan organik yang dapat diadsorpsi oleh karbon aktif. Adsorpsi zat warna *Methylene Blue* dan *Safranine* dengan karbon aktif mengikuti model Freundlich (Indraswati, N, 2002).

Adsorpsi yang kedua adalah zeolit, air limbah yang telah melewati karbon aktif akan teradsorpsi lagi pada zeolit. Pada zeolit, bahan organik akan terserap ke permukaan zeolit. Anion yang terdapat pada deterjen akan diubah oleh zeolit melalui proses ion exchange menjadi H₂O.

Mineral zeolit mempunyai struktur "*framework*" tiga dimensi dan menunjukkan sifat penukar ion, sorpsi, "*molecular sieving*" dan katalis sehingga memungkinkan digunakan dalam pengolahan limbah industri dan limbah nuklir (Las, T, 1996).

Zeolit merupakan media adsorpsi. Zeolit mempunyai kemampuan untuk menyerap dan melepaskan komponen yang terkandung serta menukar jenis kation tanpa merubah struktur penyusun utamanya (Barrers, 1978).

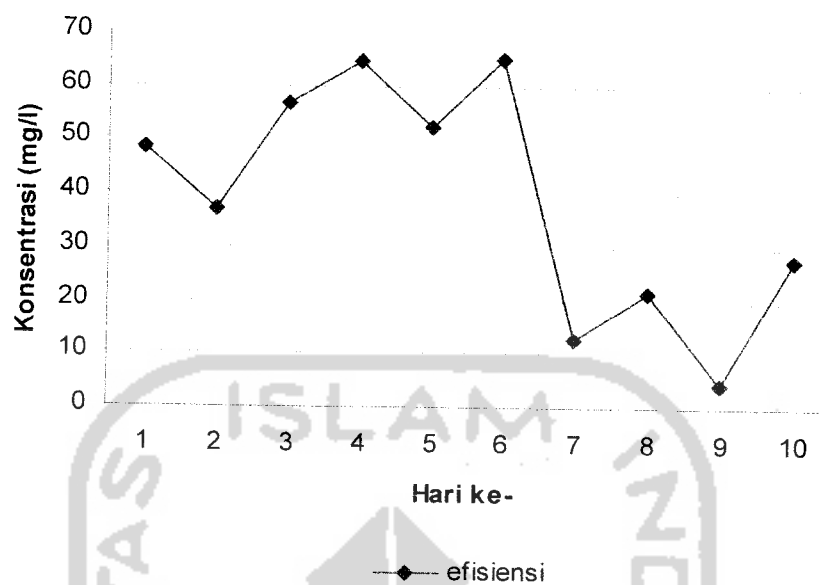
Mekanisme ketiga adalah proses aerobik yang merupakan suatu proses pengolahan air buangan dengan menggunakan oksigen untuk menguraikannya oleh bakteri aerobik. Mikroorganisme aerobik menggunakan bahan – bahan organik sebagai substrat dan nutrisi dalam pertumbuhannya yang akan menghasilkan garam mineral, H₂O dan CO₂. Unsur yang terkandung dalam deterjen adalah karbon, hidrogen dan sodium. Proses aerobik mampu mendegradasikan bahan – bahan organik yang larut pada air baku, bermanfaat untuk menghilangkan rasa, bau dan warna (WEDC, 1999). Reaksi penguraian pada proses aerobik adalah :



Senyawa – senyawa organik diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana. Proses perombakan ini menyebabkan jumlah bahan organik dalam air buangan akan berkurang, proses ini dinamakan sebagai proses biodegradasi. (Soewito, 1985). Penyisihan LAS (*Linear Alkil Sulfonat*) dapat dilakukan dengan proses aerob, efisiensinya 99% (Silalahi, M, 2006)

Proses terakhir adalah filtrasi. Media filtrasi yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir kuarsa. Fungsi dari pasir ini adalah menyaring partikel – partikel tersuspensi dalam air limbah. Partikel – partikel tersuspensi yang tersaring akan memungkinkan ditumbuhinya bakteri sehingga akan terjadi penguraian bahan organik oleh mikroorganisme. Fenomena pada proses filtrasi ini meliputi proses *straining mechanical* yakni penyaringan partikel tersuspensi yang terlalu besar untuk bisa lolos melalui lubang antara butiran pasir yang berlangsung di seluruh permukaan pasir, tidak tergantung pada kecepatan penyaringan. Proses yang kedua adalah adsorpsi sebagai akibat adanya tumbukan antara partikel – partikel tersuspensi dengan butiran pasir. Pasir kuarsa juga mampu menarik partikel – partikel yang lewat sebagai hasil dari daya tarik menarik elektrostatis, yaitu antara partikel yang mempunyai muatan listrik berlawanan (Rafiz, 1985).

Nilai konsentrasi pada inlet dan outlet akan dibandingkan untuk mengetahui nilai efisiensi kerja reaktor. Berikut merupakan grafik efisiensi penurunan konsentrasi deterjen pada reaktor aerokarbonbiofilter.



Gambar 4.4 : Efisiensi Penurunan konsentrasi deterjen

Dari Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa efisiensi penurunan konsentrasi deterjen pada reaktor aerokarbonbiofilter pada hari pertama sampai dengan hari kesepuluh mengalami perbedaan. Hari pertama, efisiensi aerokarbonbiofilter sebesar 48%, hari kedua turun menjadi 37%. Penurunan ini disebabkan karena adanya kondisi bak ekualisasi yang fluktuatif sehingga konsentrasinya berbeda – beda dan mengalami penurunan. Efisiensi pada hari ketiga naik sebesar 57%, hal ini menandakan adanya peningkatan kerja reaktor aerokarbonbiofilter. Meratanya air yang jatuh pada media karbon aktif dan zeolit akan memperbesar luas penyerapan sehingga bahan – bahan organik yang akan diserap lebih banyak. Efisiensi hari keempat mengalami kenaikan menjadi 65% dan kelima mengalami penurunan menjadi 52%. Hari keenam efisiensi penurunan konsentrasi deterjen mengalami kenaikan menjadi 65% karena dipengaruhi oleh adanya konsentrasi

deterjen pada inlet mengalami kenaikan. Hari ketujuh telah mengalami penurunan efisiensi kerja reaktor aerokarbonbiofilter terhadap penurunan konsentrasi deterjen menjadi 13%, ini dipengaruhi semakin hari kerja adsorpsi zeolit dan karbon aktif sudah berkurang. Karbon aktif akan mengalami titik kejenuhan apabila pori – pori permukaan telah tersumbat oleh partikel – partikel yang lebih besar sehingga akan mempengaruhi penyerapan pada partikel yang lebih kecil. Penyerapan zeolit akan dipengaruhi oleh adanya konsentrasi, semakin kecil konsentrasi suatu parameter akan semakin kecil juga konsentrasi yang akan diserap. (Droste, 1997). Pada hari kedelapan efisiensinya reaktor mengalami kenaikan yaitu 22%, hal ini dipengaruhi karena konsentrasi deterjen pada inlet juga mengalami peningkatan. Hari kesembilan, efisiensi reaktor sangat kecil, ini dipengaruhi oleh adanya zeolit dan karbon aktif yang semakin hari mengalami kejenuhan serta kemungkinan bakteri mendegradasikannya kecil. Semakin hari partikel yang teradsorpsi akan semakin menumpuk pada permukaan karbon aktif dan zeolit sehingga daya adsorpsi telah berkurang. Pada hari kesepuluh efisiensi mengalami kenaikan, ini dipengaruhi oleh adanya kenaikan konsentrasi pada bak ekualisasi yang juga meningkat.

Air limbah hasil pengolahan ini sudah aman untuk dibuang pada badan air golongan III karena konsentrasinya sudah berada dibawah 10mg/l. (Kep.Gub DIY No : 214/KPTS/1991 tentang baku mutu lingkungan daerah wilayah propinsi DIY bagi baku mutu limbah cair).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dengan menggunakan reaktor “Aerokarbonbiofilter” untuk menurunkan konsentrasi BOD_5^{20} (*Biochemical Oxygen Demand*) dan deterjen pada air limbah pencucian kendaraan bermotor dengan waktu pengambilan sampel sebanyak 10 kali selama 11 hari, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Waktu optimal reaktor dalam menurunkan konsentrasi BOD_5^{20} adalah pada hari ketiga dan keenam sedangkan untuk penurunan deterjen pada hari keempat dan keenam.
2. Reaktor aerokarbonbiofilter efektif untuk menurunkan konsentrasi BOD_5^{20} dan deterjen walupun efisiensinya berbeda – beda.
3. Efektifitas reaktor aerokarbonbiofilter dalam menurunkan konsentrasi BOD_5^{20} dan deterjen dipengaruhi oleh adanya proses aerasi, adsorpsi oleh media karbon aktif dan zeolit, proses biologis serta proses filtrasi.
4. Reaktor aerokarbonbiofilter lebih efektif untuk menurunkan konsentrasi BOD_5^{20} dibandingkan konsentrasi deterjen.
5. Efisiensi penurunan konsentrasi BOD_5^{20} (*Biochemical Oxygen Demand*) pada reaktor Aerokarbonbiofilter sebesar 70 %, 67%, 80%, 67%, 50%, 80%, 60%, 50%, 50%, 50% pada proses pengolahan selama 11 hari dengan pengambilan sampel 10 kali.

6. Efisiensi penurunan konsentrasi BOD_5^{20} (*Biochemical Oxygen Demand*) tertinggi terjadi pada hari ke-3 dan ke-6 sebesar 80%.
7. Efisiensi penurunan konsentrasi BOD_5^{20} stabil pada hari ke delapan sampai kesepuluh sebesar 50%.
8. Efisiensi penurunan konsentrasi deterjen dengan menggunakan reaktor Aerokarbonbiofilter sebesar 48%, 37%, 57%, 65%, 52%, 65%, 13%, 22%, 4%, 28% pada proses pengolahan 11 hari dengan pengambilan sampel sebanyak 10 kali.
9. Efisiensi penurunan deterjen oleh reaktor aerokarbonbiofilter tertinggi pada hari ke-4 dan ke-6 sebesar 65%.
10. Penurunan konsentrasi deterjen didukung oleh adanya proses aerasi, adsorpsi karbon aktif dan zeolit, proses aerobik serta sistem filtrasi.

5.2. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan pengukuran terhadap temperatur dan pH untuk mengetahui kondisi mikroorganisme karena mikroorganisme dapat bertahan hidup pada suhu 24°C (75°F) dan kelembaban rata-rata sekitar 65% untuk pertumbuhan yang optimum. Mikroorganisme dapat bertahan hidup pada kedua kondisi asam dan basa pada pH antara 4-9.
2. Pertumbuhan mikroorganisme pada saat seeding perlu diuji untuk mengetahui apakah mikroba tersebut sudah siap digunakan untuk pengolahan atau belum.

3. Perlunya dilakukan pengujian pada tiap – tiap proses agar dapat dipantau efisiensi penurunan konsentrasi parameter.



DAFTAR PUSTAKA

1. Alaerts G., dan S.S Santika., 1984, "*Metode Penelitian Air*", Usaha Nasional, Surabaya, Indonesia.
2. Benefield D.L and Judkins, Jr "*Process chemistry for water and wastewater treatment*", Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, New jersey.
3. Djajadiningrat. A.H,1992 "Pengendalian pencemaran limbah industry; Jurusan TL, FTSP,ITB.
4. Droste, Ronald L, 1997 "*Theory and practice of water and wastewater treatment*", John Wiley & Sons, Inc, United State of Amerika.
5. Gintings, P, 1992, "Mencegah dan mengendalikan pencemaran industri", Sinar Harapan, Jakarta.
6. Gorelik, E and Vashitz, O, (2004), "*Biotreatment of Wastewater with a high Concentration of Surfactant*", Zohar Dalia, Kibbutz Dalia, Israel, jurnal Handbook of Detergents Part B Environmental Impact.
7. Indraswati, N, et all, 2002, "*Adsorpsi Methylene Blue dan Safranin*", Fakultas Teknik Jurusan Elektro, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Jurnal Ilmiah vol 1 No 1.
8. Yung, K, 2003, Biosand Filtration Application in the Developing World, University of Water Loo.
9. Lukaszewski, Z, (2004), "*Biodegradation of Surfactant-Active Detergent Component in Sewage Treatment Plants*", University of Technology, Poznan, Poland, jurnal Handbook of Detergents Part B Environmental Impact.
10. Las. T, 1991, "Zeolit Untuk Industri", Proceed Seminar/Kolokium Lembaga Ilmu Dasar ITI, Institut Teknologi Indonesia , Serpong.
11. Las. T, 1991, *Zeolite for Radioactive Waste Treatment, Techical Report*, IAEA-RC No 7215/R2/RB, Beijing, China.
12. Mahida. U.N, 1984. Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah industri, Rajawali, Jakarta.

13. Magyartoto, T, (2001), "Gunakan deterjen seminimal mungkin" dalam berita lingkungan, terbit 28 Mei 2001.
14. Mangunwidjaja, D. dan Suryani, A, 1994. Teknologi Bioproses, Swadaya, Jakarta.
15. Masden, T, (2004), "*Biodegradability and Toxicity of Surfactants*", DHI Water and Environment Horsholm, Denmark, jurnal Handbook of Detergents Part B Environmental Impact.
16. Metcalf & Eddy, 1991 "*Wastewater Engineering Treatment and Reuse*", McGraw-Hill, New York, Amerik
17. Prescott, L. M., Harley, J. P., and Klein, D. A, 1999. *Microbiology*, McGraw-Hill Companies, USA.
18. Silalahi, M, Chaerunisah, A, 2006, "*Penyisihan Linier Alkilbensen Sulfonates (LAS) dalam limbah deterjen secara anaerob dan aerob dengan menggunakan reaktor lekat diam bermedia sarang tawon*", Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Trisakti, Jurnal Teknik Lingkungan edisi khusus Agustus 2006.
19. Sugiharto, 1987 "Dasar-dasar pengolahan air limbah", cetakan pertama, UI Press, Jakarta
20. Tinsley, "*Chemical Concepts in Pollutant Behavior*", Oregon State University, Carvallis.
21. Tjokrokusumo, KRT, 1995, "Pengantar Konsep Teknologi Bersih", STTL YLH, Yogyakarta.
22. Wardhana, A, 2001, Dampak Pencemaran Lingkungan (edisi Revisi), Yogyakarta.
23. Webar, Wbend. M, (1972), "*Adsorption in heterogenes Aqua in Sistem*", Jaour AWWA.

Lampiran 7

KEPUTUSAN GUBERNUR KEPALA DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
NOMOR : 214/KPTS/1971

T E N T A N G

BAKU MUTU LINGKUNGAN DAERAH UNTUK WILAYAH
PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
BAGI BAKU MUTU LIMBAH CAIR

NO.	Parameter	satuan	GOLONGAN BAKU MUTU AIR LIMBAH			
			I	II	III	IV
F I S I K A						
1.	Temperatur	°C	35	40	45	45
2.	Zat padat terlarut	mg/l	1500	2000	4000	5000
3.	Zat padat tersuspensi	mg/l	100	200	300	400
K I M I A						
1.	pH		6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9
2.	Besi terlarut (Fe)	mg/l	1	5	10	20
3.	Mangan (Mn)	mg/l	0,5	2	5	10
4.	Barium (Ba)	mg/l	1	2	3	5
5.	Tembaga (Cu)	mg/l	1	2	3	5
6.	Seng (Zn)	mg/l	2	5	10	15
7.	Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/l	0,05	0,1	0,25	0,6
8.	Krom Total (Cr)	mg/l	0,1	0,5	1	2
9.	Cadmium (Cd)	mg/l	0,01	0,05	0,1	0,5
10.	Raksa (Hg)	mg/l	0,001	0,002	0,005	0,01
11.	Timbal (Pb)	mg/l	0,03	0,1	1	2
12.	Stannum (Sn)	mg/l	1	2	3	5
13.	Arsen (As)	mg/l	0,05	0,1	0,5	1
14.	Selenium (Se)	mg/l	0,01	0,05	0,5	1
15.	Nikel (Ni)	mg/l	0,1	0,2	0,5	1
16.	Cobalt (Co)	mg/l	0,2	0,4	0,6	1
17.	Sianida (CN)	mg/l	0,02	0,05	0,1	0,5
18.	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,01	0,05	0,1	1
19.	Fluorida (F)	mg/l	1,5	2	3	5
20.	Klorin bebas (Cl ₂)	mg/l	0,5	1	2	5
21.	Amoniak bebas (NH ₃ -N)	mg/l	0,02	1	5	20
22.	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	10	20	30	50
23.	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/l	0,006	1	3	5
24.	BOD ₅	mg/l	30	50	150	300
25.	COD	mg/l	60	100	300	600
26.	Senyawa aktif biru metilen	mg/l	0,5	5	10	15



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang km 14,4 Yogyakarta 55584, Phone 0274-895042, 895707, Fax 0274-895330

No : 03/ L.K.L TSP UII

Hal : 1 dari 1

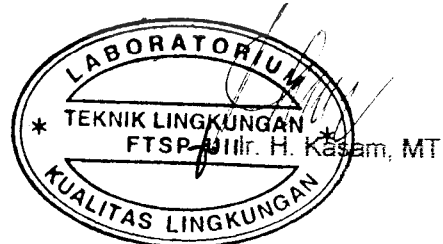
SERTIFIKAT HASIL UJI KUALITAS AIR LIMBAH

Jenis Contoh Uji : Sampel Air Limbah Pencucian Kendaraan Bermotor
Pengambil Contoh Uji : Mei Rani Nuringtyas
Tanggal Pengujian :
Contoh : 09 April 2007
Parameter yang diuji : COLONI DARI PROSES SEEDING
Kode Lab. : 03 LKL FTSP
Analisis : Mei Rani Nuringtyas

No	Parameter	Satuan	Hasil pengujian	Metode Uji
1	Jumlah Coloni	coloni	150000000	Heterotrophic Plate Count

- Catatan : 1. Hasil uji ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji
2. Sertifikat Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin dari Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII.

Yogyakarta, 28 Mei 2007
Kepala Laboratorium



No : 03/ L.K.L TSP UII

Hal : 1 dari 1

SERTIFIKAT HASIL UJI KUALITAS AIR LIMBAH

Jenis Contoh Uji : Sampel Air Limbah Pencucian Kendaraan Bermotor
 Pengambil Contoh Uji : Mei Rani Nuringtyas
 Tanggal Pengujian : 23 April 2007
 Contoh :
 Parameter yang diuji : *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*
 Kode Lab. : 03 LKL FTSP
 Analis : Mei Rani Nuringtyas

No	Parameter	Satuan	Hasil pengujian	Metode Uji
KODE : A Hari ke				
1	1	mg/L	349.18	SNI M-69-1990-03
2	2	mg/L	209.51	SNI M-69-1990-03
3	3	mg/L	174.59	SNI M-69-1990-03
4	4	mg/L	209.51	SNI M-69-1990-03
5	5	mg/L	139.67	SNI M-69-1990-03
6	6	mg/L	174.59	SNI M-69-1990-03
7	7	mg/L	174.59	SNI M-69-1990-03
8	8	mg/L	139.67	SNI M-69-1990-03
9	9	mg/L	69.84	SNI M-69-1990-03
10	10	mg/L	69.84	SNI M-69-1990-03

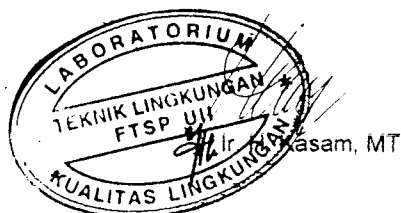
No	Parameter	Satuan	Hasil pengujian	Metode Uji
KODE : B Hari Ke				
1	1	mg/L	104.76	SNI M-69-1990-03
2	2	mg/L	69.84	SNI M-69-1990-03
3	3	mg/L	34.92	SNI M-69-1990-03
4	4	mg/L	69.84	SNI M-69-1990-03
5	5	mg/L	69.84	SNI M-69-1990-03
6	6	mg/L	34.92	SNI M-69-1990-03
7	7	mg/L	69.84	SNI M-69-1990-03
8	8	mg/L	69.84	SNI M-69-1990-03
9	9	mg/L	34.92	SNI M-69-1990-03
10	10	mg/L	34.92	SNI M-69-1990-03

Ket : A Bak Equalisasi

Ket : B Outlet Reaktor

Catatan : 1. Hasil uji ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji
 2. Sertifikat Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin dari Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII.

Yogyakarta, 28 Mei 2007
 Kepala Laboratorium





PEMERINTAH PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN (BPKL)
JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA. Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISA AIR LIMBAH
PENCUCIAN KENDARAAN BERMOTOR

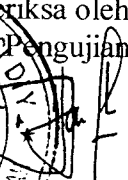
Jenis Air : Air Limbah
Pengirim Sampel : Mei Rani Nuringtyas (Mhs UII Yk)
NIM : 03 513 053

Tanggal	Konsentrasi Deterjen (mg/L)	
	Lokasi A	Lokasi B
23 - 4 - 07	2,0348	1,0518
24 - 4 - 07	1,7756	1,1217
25 - 4 - 07	0,9997	0,4337
26 - 4 - 07	0,9949	0,3499
27 - 4 - 07	1,1612	0,5533
28 - 4 - 07	1,3016	0,4548
30 - 4 - 07	0,8531	0,7414
1 - 5 - 07	1,2278	0,9634
2 - 5 - 07	0,8360	0,8002
3 - 5 - 07	1,0325	0,7445

Keterangan :

Lokasi A : Bak Equalisasi

Lokasi B : Outlet Reaktor

Diperiksa oleh :
Kepala Seksi Pengujian Mutu Air

Dra. Resti Isdaryanti
NIP. 010 231 341





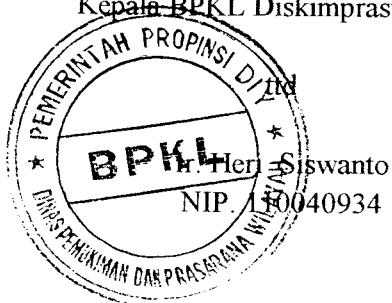
PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN
JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISA LIMBAH PENCUCIAN KENDARAAN

girim : 1. Atur Ekharisma
2. Ria Prawita
3. Mei Rani Nuringtyas

No	Parameter	Satuan	Sample	
			A	B
1	BOD	mg/l	79	184
2	COD	mg/l	283	425
3	TSS	mg/l	43	51
4	Minyak Lemak	mg/l	43	51
5	Detergen	mg/l	0,9422	23,867
6	Phospat	mg/l	0,2541	0,0863

Mengetahui,
Kepala BPKL Diskimpraswil DIY



Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian Mutu Air


Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897

KARTU RESEPTA TUGAS AKHIR

1	NAMA
2	Me Rani Nurhidayah

JUDUL TUGAS AKHIR : Penurunan Kadar BOD dan Bepertan pada limbah dari industri Kendaran Bermotor dengan reaktor Aerokarbon Biologi

PERIODE : Genap
TAHUN AKADEMIK : 2006/2007

No	kegiatan	Bulan			
		Mar	Apr	Mei	Juni
1	Pendaftaran				
2	Penentuan Dosen pembimbing				
3	Pembuatan Proposal				
4	Seminar proposal				
5	Konsultasi Penyusunan TA				
6	Sidang - sidang				
7	Pendadaran				

DOSEN PEMBIMBIG I : Eko Siswoyo, ST
DOSEN PEMBIMBIG II : Any Juliani, ST, MSc
DOSEN PEMBIMBIG III :

Yogyakarta, 25 Maret 2007
Koordinator TA

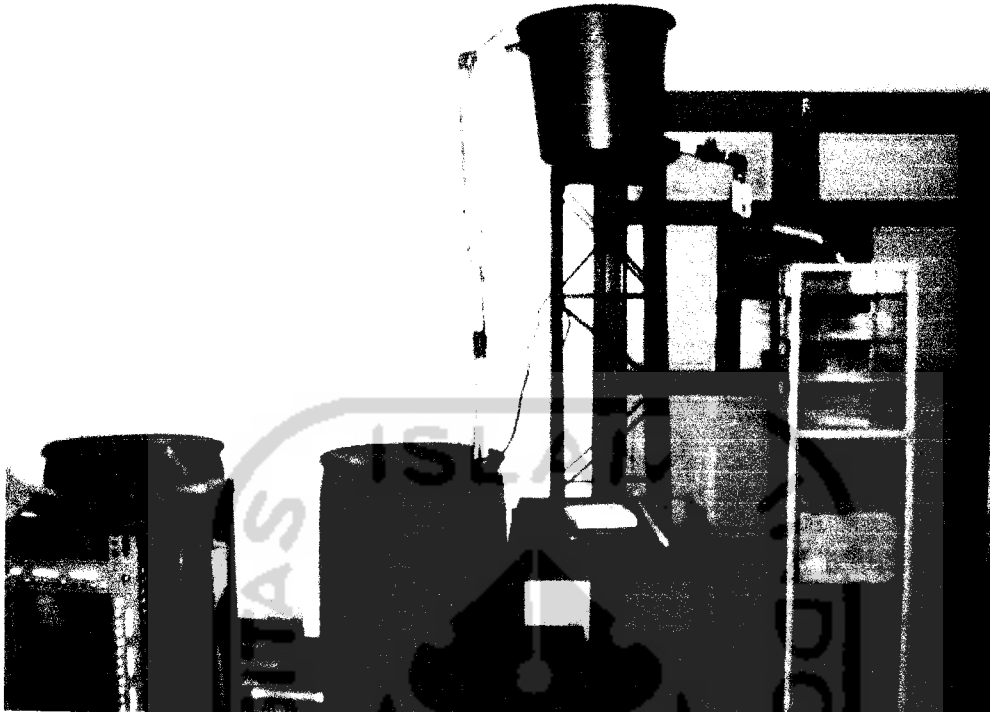
Eko Siswoyo, ST

Catatan

Seminar
Sidang
Pendadaran



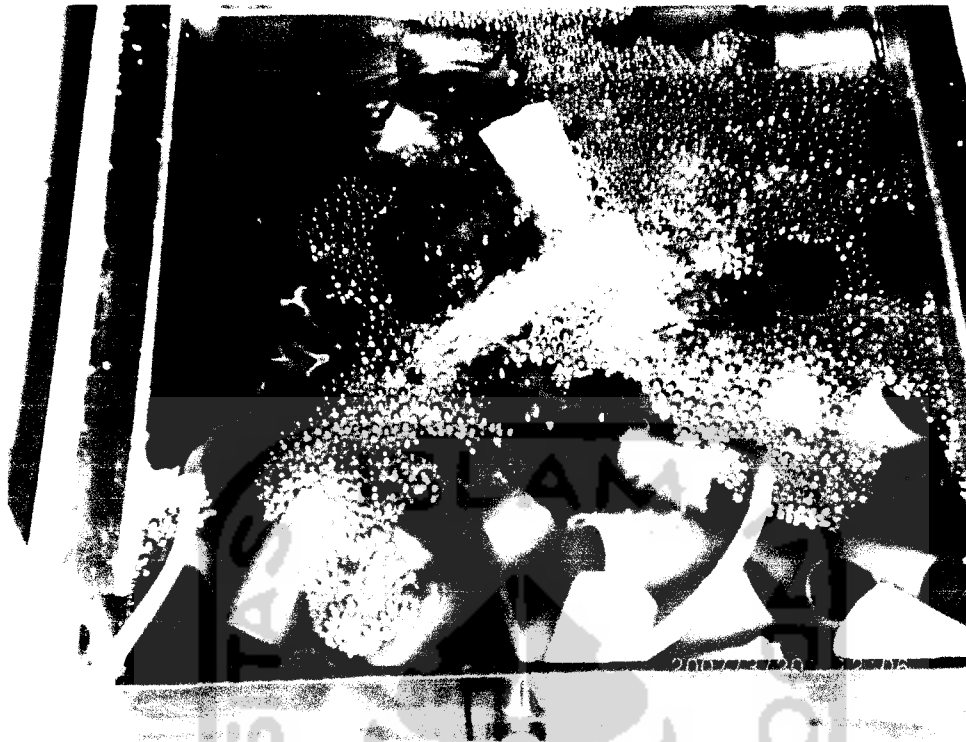
Gambar 4 : Reaktor Aerokarbonbiofilter



Gambar 3 : Reaktor Aerokarbonbiofilter secara keseluruhan



Gambar 2 : Kondisi media seeding dan air limbah saat proses *seeding*



Gambar 1 : Kondisi limbah saat *seeding process*

Daftar Isi

Tanda Tanya

Pemb I

Pemb II

Daftar Isi
Tanda Tanya
Pemb I
Pemb II

8

8

8

8

