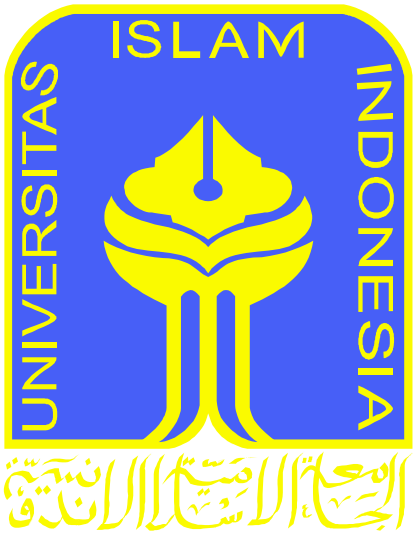
TA/TL/2008/0276

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KADAR DETERJEN PADA LIMBAH CAIR *LAUNDRY* DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR *BIOSAND FILTER* YANG DIIKUTI REAKTOR *ACTIVATED CARBON*

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



Disusun Oleh :

MUHAMMAD ARIF PRATAMA

03 513 029

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2008

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KADAR DETERJEN PADA LIMBAH CAIR *LAUNDRY* DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR *BIOSAND FILTER* YANG DIIKUTI REAKTOR *ACTIVATED CARBON*

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

Disusun Oleh :

MUHAMMAD ARIF PRATAMA
03 513 029

Dosen Pembimbing I :

EKO SISWOYO, ST

Dosen Pembimbing II :

ANY JULIANI, ST, M.Sc (Res. Eng)

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

2008

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KADAR DETERJEN PADA LIMBAH CAIR *LAUNDRY* DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR *BIOSAND FILTER* YANG DIIKUTI REAKTOR *ACTIVATED CARBON*

Nama : **Muhammad Arif Pratama**

No. Mahasiswa : **03 513 029**

Program Studi : **Teknik Lingkungan**

Telah diperiksa & disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I	**Dosen Pembimbing II**
Eko Siswoyo, ST	**Any Juliani, ST, M.Sc (Res. Eng)**
Tanggal : 7-7-08	**Tanggal :**

Mengetahui,
Ketua Program Studi

Luqman Hakim, ST, M.Si

Motto

Bila A merupakan sebuah kesuksesan, maka A = X + Y + Z. Bekerja adalah X, Y adalah bermain, dan Z ialah menutup mulut

(Albert Einstein**)**

Jadikanlah perbedaan sebagai sesuatu yang manusiawi, bukan sebagai pembatas

(*Muhammad Arif Pratama*)

Hidup adalah perjuangan tanpa henti, dan tak usah menangisi hari kemarin karena kemenangan atau kegagalan saat ini bukanlah suatu jaminan untuk esok hari

(Ahmad Dhani)

Persembahanku Untuk.....

PAPA & MAMA

(Amir Gopar B.sc, SH & Faridah)

Yang telah ikhlas berjuang, mendidik , berkorban dan mendoakan dengan cinta agar ananda menjadi orang yang berguna dimasa yang akan datang.

ADIK-KU TERSAYANG

(Amelia)

Yang telah mendoakan, memotivasi serta mendukungku untuk terus menjadi yang terbaik dalam mencapai harapan dan cita-cita.

SAHABAT-SAHABAT TERHEBAT

Yang telah memberikan dan menambah warna–warni kehidupanku sampai saat ini, Baik dalam suka maupun duka.

PENURUNAN KADAR DETERJEN PADA LIMBAH CAIR LAUNDRY DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR BIOSAND FILTER YANG DIIKUTI REAKTOR ACTIVATED CARBON

ABSTRAK

Deterjen merupakan suatu media yang paling utama digunakan dalam kegiatan laundry. Deterjen dapat mengkontaminasi lingkungan jika terdapat dalam konsentrasi yang berlebih. Salah satu reaktor yang dapat digunakan untuk mereduksi konsentrasi deterjen agar aman bagi lingkungan ialah reaktor biosand filter dan reaktor activated carbon. Pada penelitian ini dimensi reaktor yang digunakan adalah 30x30x100 cm^3 untuk unit biosand filter, sedangkan untuk unit activated carbon dimensi reaktor yang digunakan adalah 15x15x70 cm^3. Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir halus 0,25 mm, pasir kasar 0,85 mm, kerikil 6,3 mm dan karbon aktif berbentuk granular. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efesiensi penurunan konsentrasi deterjen pada limbah cair laundry dan mengetahui variasi media yang paling efektif dengan menggunakan reaktor biosand filter dan activated carbon. Pengambilan sampel dilakukan pada 1 titik inlet, 2 titik outlet dari reaktor biosand filter dan 4 titik dari outlet karbon aktif setiap 2 hari sekali dan deterjen diuji menggunakan metode SK SNI M-45-1990-03. Langkah utama dalam penelitian ini ialah penumbuhan mikroba pada media pasir halus yang terdapat pada reaktor biosand filter. Penumbuhan mikroba ini berlangsung selama ± 6 minggu, selama proses seeding setiap 2 hari sekali diberikan nutrien urea N 46% dan supply oksigen dari bubble aerator. Berdasarkan hasil analisa penelitian, efisiensi removal tertinggi yang dicapai oleh reaktor biosand filter dan activated carbon untuk menurunkan konsentrasi deterjen pada limbah cair laundry yaitu 98,05% dari konsentrasi 2,67 mg/L menjadi 0,05 mg/L pada pengambilan sampel ke-2 dengan rata-rata efisiensi dari 12 kali pengambilan sampel selama 30 hari sebesar 40,09%. Variasi media yang memiliki penurunan konsentrasi deterjen pada limbah laundry paling efektif ialah variasi media biosand filter (40:15:15 cm) dan activated carbon (60 cm).

Kata kunci : *Biosand filter, Deterjen, Karbon aktif, Limbah cair laundry*

REMOVAL OF DETERGENT CONCENTRATION FROM WASTEWATER LAUNDRY USING BIOSAND FILTER REACTOR THAT FOLLOW ACTIVATED CARBON REACTOR

ABSTRACT

Detergent is a most important media applied in laundry activity. Detergent can contaminate environment if in excess concentration. One of reactor that can be used to reduce detergent concentrate so safe to environment is biosand filter and activated carbon reactor. In this research, the reactor dimension that be used is 30x30x100 cm^3 to biosand filter unit, and for activated carbon unit, reactor dimension that be used is 15x15x70 cm^3. The research use fine sand 0,25 mm, coarse sand 0,85 mm, gravel 6,3 mm and granular active carbon as media. The purpose of this research are to know efficiency of detergent from laundry wastewater removal and to know the effective media variation using biosand filter reactor and activated carbon reactor. Sampling was taken at 1 inlet point and 2 point from biosand filter outlet then 4 activated carbon outlet point once in 2 days and detergent testing using SK SNI M-45-1990-03 methode . First step to do in this research is microbe seeding in surface media (fine sand) in biosand filter. Seeding will be done during 6 weeks. While seeding process, given urea N 46% nutrient every 2 day and additional oxygen supply from bubble aerator. Based on the research result, the higher removal efficiency by biosand filter and activated carbon reactor to reduce detergent concentration from laundry wastewater is 98,05% from concentration 2,67 mg/L to 0,05 mg/L on second day taken sample with rate efficiency from 12 taken samples during 30 day is 40,09%. Reactor variation that have higher efficiency to remove detergent concentration from laundry wastewater is biosand filter (40:15:15 cm) and activated carbon (60 cm) reactor media variation.

***Key words** : Activated carbon, Biosand filter, Detergent, Laundry Wastewater*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas ke hadirat Allah SWT, Tuhan yang Maha Esa, Pencipta Alam semesta berserta isinya dan tempat berlindung bagi umat-Nya. Shalawat serta salam dilimpahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW.

Alhamdulillahirobbil'alamin atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan judul **"PENURUNAN KONSENTRASI DETERJEN PADA LIMBAH CAIR *LAUNDRY* DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR *BIOSAND FILTER* YANG DIIKUTI REAKTOR *ACTIVATED CARBON"***, sebagai syarat guna meraih gelar Sarjana Teknik Lingkungan pada Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat dorongan dan motivasi, bantuan, bimbingan dan arahan, serta adanya kerja sama dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Luqman Hakim, ST, M.Si selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Eko Siswoyo, ST selaku dosen pembimbing I atas arahan, ide dan bimbingannya selama pengerjaan tugas akhir ini.
3. Ibu Any Juliani, ST, M.Sc (Res.Eng) selaku dosen pembimbing II atas koreksi, saran serta arahannya sampai pada penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Drs. Felix Waskito atas bimbingannya selama melakukan pengujian deterjen di Balai Pengujian Konstruksi dan Lingkungan Yogyakarta.
5. Bapak Andik Yulianto, MT atas koreksi dan informasinya dalam penelitian ini.
6. Bapak Agus Adi Prananto, SP yang banyak membantu dalam pengurusan administrasi akademik.
7. Teman-teman dalam penelitian *Biosand Filter-Activated Carbon* : Tri Ana Sukawati, Astri Wijayanti, Diana Puspita, Reni Gris Widya dan Yudistira Nugroho.
8. Keluarga dan kerabat di Yogya : Rendy Juliansyah, Achmad Faisal Faputri, ST., M. Bangun Wicaksono, S.Pi., Tugiman Susanto, Feby Ardianto, ST., Mariani Dewi Sartika, M.Sn., Siti Balqis, Muhammad Sadlie dan Pringgo Pratama yang banyak memberikan inspirasi dan motivasi dalam menyelesaikan penelitian ini.
9. Semua teman-teman di Jurusan Teknik Lingkungan, khususnya angkatan 2003.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Namun dengan segala kemampuan yang dimiliki, penulis berusaha menyusun tugas akhir ini sebaik mungkin dengan penuh harapan penelitian ini berguna bagi siapapun.

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca yang berkaitan dengan keilmuan maupun dapat menjadi studi literatur bagi penelitian yang berhubungan.

Yogyakarta, Mei 2008

Muhammad Arif Pratama

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL…...……..…… i

LEMBAR PENGESAHAN……..…… ii

MOTTO……..……...… iii

LEMBAR PERSEMBAHAN……...…… iv

ABSTRAK…… v

ABSTRACT……...……. vi

KATA PENGANTAR…….……. vii

DAFTAR ISI…… ix

DAFTAR GAMBAR…….……..…… xii

DAFTAR TABEL……..…… xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah……..…… 1

1.2 Rumusan Masalah……..……..……..…… 3

1.3 Batasan Masalah……..……..…… 3

1.4 Tujuan Penelitian……..……..……... 4

1.4 Manfaat Penelitian……..……..……. 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah……..……..…… 5

2.2 Sumber Asal Air Limbah……..…… 5

2.2.1 Sumber Air Limbah Rumah Tangga……. 6

2.2.2 Karakteristik Air Buangan Domestik…… 6

2.3 *Biosand Filter* (BSF)……..……..…… 8

2.3.1 Mekanisme Penyisihan Kontaminan Dalam BSF……. 10

2.3.2 Lapisan *Biofilm* atau *Schmutzdecke*……... 11

2.3.3 Pematangan Lapisan *Biofilm*……..……... 12

2.3.4 Pembersihan *Biosand filter*……..……... 12
2.4 Karbon Aktif (*Activated Carbon*)……. 14
2.5 Deterjen……. 26
2.5.1 Dampak Penggunaan Deterjen Terhadap Lingkungan... 30
2.6 Proses *Laundry*……. 32
BAB III METODE PENELITIAN
3.1 Umum…...……..……..…… 33
3.2 Jenis Penelitian……..……..……. 33
3.3 Objek Penelitian……..……..…… 33
3.4 Lokasi Penelitian……..……..…….. 34
3.5 Variabel Penelitian……..……..…… 34
3.5.1 Variabel Bebas (*Independent Variable*)..... 34
3.5.2 Variabel Terikat (*Dependent Variable*)..... 35
3.6 Bahan dan Alat Penelitian……..……..…… 35
3.6.1 Persiapan Media Pasir Halus, Pasir Kasar,
Kerikil dan Karbon Aktif 35
3.6.2 Alat Penelitian..... 37
3.6.2.1 *Biosand filter*..... 37
3.6.2.2 Reaktor Karbon Aktif..... 38
3.6.2.3 Sketsa Susunan Reaktor *Biosand Filter*
dan Karbon aktif..... 39
3.6.2.4 Reservoar dan Perlengkapan Penunjang…… 41
3.6.3 Pelaksanaan Penelitian..... 41
3.6.3.1 Persiapan Media..... 42
3.6.3.2 Persiapan Alat..... 42
3.7 Pengambilan Sampel Awal……..……..…….. 43
3.7.1 Proses Sampling..... 43

3.7.2 Pengukuran Kandungan Deterjen..... 44
3.8 Analisis Data…… 44
3.9 Kerangka Penelitian Tugas Akhir……..…….. 45
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN
4.1 Penumbuhan Mikroorganisme (*Seeding*)…...……..……. 46
4.2 Hasil Pengujian Deterjen…...……..……. 48
4.2.1 Hasil Pengujian Deterjen Pada Reaktor *Biosand filter* Dan *Activated Carbon*..... 48
4.2.2 Data Pengujian Deterjen Dari Reaktor *Biosand filter* (40:15:15)-*Activated Carbon* (30 cm) dan *Biosand filter* (30:25:15 cm)-*Activated Carbon* (30 cm)..... 52
4.2.3 Data Pengujian Deterjen Dari Reaktor *Biosand filter* (40:15:15)-*Activated Carbon* (60 cm) dan *Biosand filter* (30:25:15 cm)-*Activated Carbon* (60 cm)..... 54
4.3 Pembahasan…….…...……..……. 56
4.4 Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya…….…. 66
4.5 Uji Statistik…….…...……..……. 67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN
5.1 Kesimpulan…...……..…….. 75
5.2 Saran……..…...……..…….. 75
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Unit *Biosand Filter*.....	8
Gambar 2.2	Karbon Aktif Serbuk.....	22
Gambar 2.3	Karbon Aktif dalam bentuk butiran *(Granular)*.....	27
Gambar 2.4	Struktur Alkyl Benzene Sulfonate.....	28
Gambar 2.5	Struktur Linear Alkyl Sulfonate…….....	30
Gambar 3.1	Media Filtrasi dan Karbon Aktif. (A) Kerikil ∅ 6,3 mm; (B) Pasir Kasar ∅ 0,85 mm; (C) Pasir Halus ∅ 0,25 mm; (D) Karbon Aktif.....	36
Gambar 3.2	Reaktor *Biosand Filter*.....	37
Gambar 3.3	Reaktor Karbon Aktif.....	38
Gambar 3.4	Sketsa susunan Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif A1 (30cm) dan A2, (60cm).....	39
Gambar 3.5	Sketsa susunan Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif B1 (30cm) dan B2, (60cm).....	40
Gambar 3.6	Reservoar utama dan sementara.....	41
Gambar 3.7	*Bubble aerator*.....	41
Gambar 3.8	*Diffuser Plate*.....	42
Gambar 3.9	Diagram Alir Penelitian.....	45
Gambar 4.1	Grafik konsentrasi Deterjen pada *inlet* & *outlet* dari *Biosand filter* (40:15:15 cm).....	49
Gambar 4.2	Grafik konsentrasi Deterjen pada *inlet* & *outlet* dari *Biosand filter* (30:25:15 cm)…….....	50
Gambar 4.3	Grafik efisiensi *removal* pada *Biosand filter* (40:15:15 cm).....	50
Gambar 4.4	Grafik efisiensi *removal* pada *Biosand filter* (30:25:15 cm).....	50
Gambar 4.5	Grafik konsentrasi Deterjen pada *inlet* & *outlet* dari *Biosand filter* (40:15:15) - *Activated Carbon* (30 cm).....	53
Gambar 4.6	Grafik konsentrasi Deterjen pada *inlet* & *outlet* dari *Biosand filter* (30:25:15 cm) - *Activated Carbon* (30 cm)....	54
Gambar 4.7	Grafik konsentrasi Deterjen pada *inlet* & *outlet* dari *Biosand filter* (40:15:15 cm) - *Activated Carbon* (60 cm).....	56

Gambar 4.8 Grafik konsentrasi Deterjen pada *inlet* & *outlet* dari *Biosand filter* (30:25:15 cm) - *Activated Carbon* (60 cm)..... 56
Gambar 4.9 Grafik Efisiensi *removal* Deterjen Pada *Biosand filter* (40:15:15 cm)-*Activated Carbon* (30 cm) Dan *Biosand filter* (30:25:15 cm)- *Activated Carbon* (30 cm).....58
Gambar 4.10 Grafik Efisiensi *removal* Deterjen Pada *Biosand filter* (40:15:15 cm)-*Activated Carbon* (60 cm) Dan *Biosand filter* (30:25:15 cm)- *Activated Carbon* (60 cm)..... 59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karateristik Fisik Limbah Domestik……..... 7

Tabel 2.2 Syarat-syarat Kualitas Air pada *Slow Sand Filter*..... 9

Tabel 2.3 Effisiensi Pengolahan dengan Menggunakan SSF *(Slow Sand Filter)* 9

Tabel 2.4 Syarat mutu arang aktif..... 16

Tabel 2.5 Penggunaan karbon aktif…….....20

Tabel 4.1 Data pengujian kandungan Kandungan Deterjen pada *inlet* dan *outlet* dari *Biosand filter* (40:15:15 cm)..... 48

Tabel 4.2 Data pengujian kandungan Kandungan Deterjen pada *inlet* dan *outlet* dari Biosand filter (30:25:15 cm).....49

Tabel 4.3 Hasil Pengujian kadar deterjen Pada Reaktor *Biosand filter* (40:15:15 cm)-*Activated Carbon* (30 cm)..... 52

Tabel 4.4 Hasil Pengujian kadar deterjen Pada Reaktor *Biosand filter* (30:25:15 cm)-*Activated Carbon* (30 cm)..... 53

Tabel 4.5 Hasil Pengujian kadar deterjen Pada Reaktor *Biosand filter* (40:15:15 cm)-*Activated Carbon* (60 cm).....55

Tabel 4.6 Hasil Pengujian kadar deterjen Pada Reaktor *Biosand filter* (30:25:15 cm)-*Activated Carbon* (60 cm)..... 55

Tabel 4.7 Efisiensi *Removal* Deterjen Pada *Biosand filter* (40:15:15 cm)-*Activated Carbon* (30 cm) Dan *Biosand filter* (30:25:15 cm)-*Activated Carbon* (30 cm)……..... 57

Tabel 4.8 Efisiensi *removal* Deterjen Pada *Biosand filter* (40:15:15 cm)-*Activated Carbon* (60 cm) Dan *Biosand filter* (30:25:15 cm)-*Activated Carbon* (60 cm)..... 58

Tabel 4.9 *Descriptives*..... 67

Tabel 4.10 *Test of Homogeneity of Variances*..... 67

Tabel 4.11 ANOVA..... 68

Tabel 4.12 *Post Hoc Test*..... 69

Tabel 4.13 *Homogeneous Subset*..... 73

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dalam era globalisasi dewasa ini dibeberapa negara yang sedang berkembang termasuk Indonesia, isu kualitas lingkungan menjadi permasalahan yang perlu dicari pemecahannya. Penurunan kualitas lingkungan disuatu negara akan sangat berpengaruh terhadap kualitas penduduk dan berdampak menurunnya tingkat kesehatan penduduk dikarenakan tempat tinggal mereka telah tercemar.

Salah satu penyebab penurunan kualitas lingkungan adalah pencemaran air, dimana air yang kita pergunakan setiap harinya tidak lepas dari pengaruh pencemaran yang diakibatkan oleh aktivitas manusia juga. Beberapa bahan pencemar seperti bahan mikrobiologik (bakteri, virus, parasit), bahan organik sepeti pestisida, deterjen serta bahan kimia berbahaya lainnya banyak ditemukan dalam air yang kita pergunakan sehari-hari.

Seiring terjadinya peningkatan jumlah penduduk yang sangat signifikan dimana dengan bertambahnya jumlah penduduk maka akan terjadi peningkatan kebutuhan akan barang dan jasa. Pencucian pakaian dan alat rumah tangga lainnya (*laundry*) merupakan salah satu usaha yang bergerak dibidang jasa yang sedang menjamur khususnya di Daerah Istimewa Yogyakarta terutama Kabupaten Sleman. Hal ini dikarenakan banyaknya mahasiswa dan pendatang yang berdomisili di kota pelajar ini.

Di sisi lain dengan adanya kehadiran *laundry* ini dapat membawa manfaat yang cukup besar bagi perekonomian dengan mengurangi jumlah pengangguran serta dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat sekitar, akan tetapi disisi lain dengan menjamurnya usaha *laundry* akan memiliki dampak negatif yaitu adanya timbulan limbah yang dihasilkan oleh sisa proses *laundry* itu sendiri sehingga berpotensi untuk menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan terutama pada badan air.

Air limbah rumah tangga merupakan sumber yang banyak ditemukan di lingkungan. Salah satu komponennya yang dapat berdampak

buruk bagi lingkungan berasal dari deterjen, karena manusia pasti menggunakan deterjen setiap harinya sebagai bahan pembersih dalam rumah tangga. Jenis deterjen yang banyak digunakan oleh rumah tangga atau industri rumah tangga sebagai bahan pencuci pakaian dan peralatan rumah tangga lainnya adalah deterjen yang mengandung ABS (Alkyl Benzene Sulphonate) yang merupakan deterjen tergolong keras dan LAS (Linear Alkil Sulfonate). Deterjen tersebut sukar terdegradasi oleh mikroorganisme (*nonbiodegradable*) sehingga dapat menimbulkan pencemaran lingkungan, terutama lingkungan perairan. Lingkungan perairan yang tercemar limbah deterjen kategori keras ini dalam konsentrasi tinggi akan membahayakan kehidupan biota air dan manusia yang mengkonsumsi dan memanfaatkan biota tersebut (Halang, 2004).

Dengan memperhatikan permasalahan diatas, maka diperlukan suatu teknologi alternatif yang dapat mereduksi tingkat bahaya yang ditimbulkan oleh limbah pencucian pakaian dan alat rumah tangga (*laundry*). Salah satu teknologi alternatif yang dapat digunakan ialah *biosand filter* dan karbon aktif.

Biosand filter merupakan suatu proses penyaringan atau penjernihan air limbah domestik dimana limbah yang akan diolah dilewatkan pada suatu media proses dengan kecepatan rendah yang dipengaruhi oleh diameter media dan keberadaan lapisan *biofilm* yang tertanam diatasnya. *biosand filter* adalah sebuah reaktor yang terbukti dapat diadaptasikan dan dapat bertahan di negara-negara berkembang, serta dapat mereduksi bakteri, virus, bahan pencemar organik dan anorganik sekitar 50-90%. Keuntungan teknologi ini selain murah, membutuhkan sedikit pemeliharaan dan beroperasi secara gravitasi (Yung & Kathleen, 2003).

Karbon aktif (*activated carbon*), baik dalam bentuk butiran maupun serbuk banyak digunakan dalam proses pengolahan air, ekstraksi logam, pengolahan limbah dan lainnya. Dalam proses pengaplikasian karbon aktif, proses yang terjadi ialah adsorbsi dan absorbsi, dimana polutan akan terserap oleh permukaan atau pori karbon aktif.

Karbon aktif sangat efektif dalam mereduksi bahan-bahan organik seperti, polycyclic aromatic hydrocarbons, surfactants, cationic polymers, aromatic hydrocarbons, aldehydes dan lainnya (Tamamushi, 1983).

Dari segi teoritis, kombinasi antara reaktor *biosand filter* dan karbon aktif dapat mereduksi konsentrasi deterjen yang terdapat didalam limbah cair *laundry*, dimana komposisi deterjen itu sendiri terdiri dari bahan-bahan organik terutama surfactant.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Seberapa besar efisiensi yang diperoleh dengan menggunakan reaktor *biosand filter* dan reaktor *activated carbon* dalam menurunkan kadar deterjen pada limbah cair dari proses *laundry*
2. Pada variasi berapakah reaktor *biosand filter* dan reaktor *activated carbon* dapat menurunkan kadar deterjen yang paling efektif.

   Variasi dari unit tersebut yaitu :

   - *Biosand Filter* (45:15:15 cm) - *Activated Carbon* (60 cm)
   - *Biosand Filter* (45:15:15 cm) - *Activated Carbon* (30 cm)
   - *Biosand Filter* (30:25:15 cm) - *Activated Carbon* (60 cm)
   - *Biosand Filter* (30:25:15 cm) - *Activated Carbon* (30 cm)

1.3 BATASAN MASALAH

Berdasarkan rumusan masalah yang ditentukan dan agar penelitian dapat berjalan secara sistematis, maka perlu adanya batasan-batasan pada penelitian ini, yaitu :

1. Metode filtrasi digunakan dengan menggunakan reaktor *biosand filter* dengan komposisi dari reaktor adalah pasir kasar, pasir halus, dan kerikil kemudian dilanjutkan dengan tambahan reaktor *active carbon*.
2. Sumber limbah yang digunakan berasal dari limbah cair Oemah *laundry*
3. Reaktor *biosand filter* dan reaktor *activated carbon* menggunakan variasi ketebalan media dengan kecepatan aliran tertentu.
4. Parameter yang diukur adalah Deterjen.

5. Variasi dari reaktor *biosand filter* dan reaktor *activated carbon* adalah :
   a. Biosand filter
      - Tinggi /ketebalan media yang digunakan yaitu :

        Pasir halus dengan ketinggian : 40 cm, 30 cm

        Pasir kasar dengan ketinggian : 15 cm, 25 cm

        Kerikil dengan ketinggian : 15 cm, 15 cm

   b. Karbon Aktif (*Activated carbon)* :

      Dimensi reaktor 1 : p x l x t = 15 x 15 x 30 cm

      = 15 x 15 x 60 cm

      Dimensi reaktor 2 : p x l x t = 15 x 15 x 30 cm

      = 15 x 15 x 60 cm

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui besarnya efesiensi kemampuan reaktor *biosand filter* dan reaktor *activated carbon* dalam menurunkan kadar deterjen di limbah cair sisa proses *laundry*.
2. Untuk mencari variasi media yang paling efektif, sehingga mendapatkan penurunan kadar deterjen yang paling optimal.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Penggunaan reaktor *biosand filter* dan reaktor *activated carbon* dalam pengolahan Limbah cair dari kegiatan *laundry* diharapkan akan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan salah satu alternatif pengolahan dalam menurunkan kandungan deterjen dari limbah *laundry*.
2. Memberikan data informasi tentang kemampuan reaktor *biosand filter* dan reaktor *activated carbon* dalam menurunkan kadar deterjen yang terkandung dari sisa proses *laundry*.
3. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya untuk mendapatkan data yang lebih lengkap tentang kemampuan reaktor *biosand filter* dan reaktor *activated carbon* dalam menurunkan kadar deterjen yang terkandung dari sisa proses *laundry*.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

Setiap masyarakat tentunya akan mengasilkan suatu buangan, baik yang berbentuk cair, padat maupun gas. Buangan cair yang berasal dari masyarakat perkotaan ataupun pedesaan, umumnya berupa air bekas penggunaan dari berbagai aktivitas sehari-hari. Secara Terminologi, air bekas tersebut disebut sebagai air limbah atau air buangan. Limbah dapat mengandung bahan pencemar yang bersifat racun dan berbahaya karena alasan warna, kandungan bahan kimia organik dan anorganik, keasaman, alkalinitas dan sifat-sifat lainnya. Kualitas air limbah menunjukkan spesifikasi limbah yang diukur dari kandungan pencemar dalam limbah.

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

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

2.2 Sumber Asal Air Limbah

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

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

Limbah domestik mengandung bahan-bahan pencemar organik, non-organik dan bakteri yang sangat potensial untuk mencemari sumber-sumber air. Sumber utama air limbah domestik (rumah tangga) dari masyarakat adalah berasal dari perdagangan dan daerah pemukiman. Adapun sumber lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah daerah perkantoran atau lembaga, serta tempat rekreasi (Sugiharto, 1987). Limbah domestik seperti sampah-sampah organik dapat terurai menjadi nitrat, fosfat, dan karbonat, sedangkan deterjen dapat terurai menjadi menjadi fosfat.

2.2.2 Karateristik Air Buangan Domestik

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

a) Karateristik Kimiawi

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

b) Karateristik Biologis

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

c) Karateristik Fisik

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

dan mudah menjadi busuk. Keadaan ini menyebabkan air buangan domestik menjadi berbau. Tabel 2.1 menunjukkan pengaruh dan penyebab air buangan domestik dari karateristik fisik.

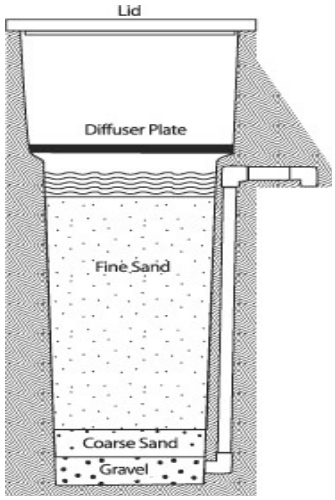
Tabel 2.1 Karateristik Fisik Limbah Domestik

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

Sumber : Sugiharto, 1987

2.3 *Biosand Filter* (BSF)

Biosand filter merupakan suatu proses penyaringan atau penjernihan air dimana air yang akan diolah dilewatkan pada suatu media proses dengan kecepatan rendah yang dipengaruhi oleh diameter butiran pasir dan pada media tersebut telah dilakukan penanaman bakteri *(seeding)* sehingga terjadi proses biologis didalamnya. BSF sangat mirip dengan *Slow Sand Filter* (SSF) dalam arti bahwa mayoritas dari filtrasi dan kepindahan kekeruhan terjadi ada di puncak lapisan pasir dalam kaitan dengan ukuran pori-pori yang menurun, disebabkan oleh deposisi partikel butir. Keuntungan teknologi ini selain murah, membutuhkan sedikit pemiliharaan dan beroperasi secara gravitasi. Faktor yang berperan penting dalam *Biosand filter* adalah ukuran butiran pasir dan kedalaman pasir. Keduanya memiliki efek penting dalam ilmu bakteri dan kualitas air secara fisik. Kebanyakan literatur merekomendasikan bahwa ukuran pasir yang efektif yang digunakan untuk saringan pasir lambat yang dioperasikan sekitar 0,15-0,35 mm dan keseragaman koefisien sekitar 1,5-3 mm (Anonim, 2004).



Gambar 2.1 Unit *Biosand Filter*

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

Tabel 2.2 Syarat-syarat Kualitas Air pada *Slow Sand Filter*

Parameter Kualitas Air	Kualitas Air Mengacu pada Refrensi		
	Spencer, et al.	Cleasby	Di Bernardo
Kekeruhan (NTU)(1)	5-10	5	10
Alga (units/ml)	200(2)	5 µg/l(3)	250
True colour (PCU)	15-25		5
Dissolved okygen (mg/l)	> 6		
Phospat (PO_4) (mg/l)	30		
Ammonia (mg/l)	3		
Total iron (mg/l)	1	0,3	20
Mangan (mg/l)		0,05	0,2
Fecal coliform (CFU/100 ml)			200

Sumber : Jo Smet dan Christine van Wijk, 2002

(1) Jenis kekeruhan dan distribusi partikel dapat menyebabkan perubahan kualitas air dari *effeluent* SSF.

(2) Jumlah dan jenis alga yang ada sangat penting. Disarankan untuk membuat pelindung untuk filter.

(3) Batasan ini berhubungan dengan klorofil A di air, yang secara tidak langsung digunakan untuk mengukur kandungan alga.

Tabel 2.3 Effisiensi Pengolahan dengan Menggunakan SSF *(Slow Sand Filter)*

Parameter Kualitas Air	Removal	Keterangan
Bakteri	90-99,9 %	
Virus	99-99,9 %	20 ºC : 5 log pada 0,2 m/j dan 3 log pada 0,4 m/j 6 ºC : 3 log pada 0,2 m/j dan 1 log pada 0,4 m/j
Giardia cycts	99-99,99 %	Effisiensi sangat tiggi, bahkan sesaat setelah filter dibersihkan
Cryptosporidium	> 99,9 %	
Cercaria	100 %	
Kekeruhan	< 1 NTU	Tingkat kekeruhan dan distribusi partikel mempengaruhi kapasitas pengolahan
Pestisida	0-100 %	
DOC[1]	5-40 %	
UV-*absorbance* (254 nm)	5-35 %	
Warna *(true colour)*	25-40 %	
UV-*absorbance* (400 nm)	15-80 %	
TOC[2], COD[3]	< 15-25 %	
AOC	14-40 %	
BDOC	46-75 %	
Besi dan Mangan	30-90 %	

[1] DOC=*dissolved organic carbon*, [2] TOC=*total organic carbon* [3] COD= *chemical organic demand*

Biosand filter dapat menghilangkan bakteri patogen melalui proses yang sama dengan saringan pasir lambat, yang mana pada saat zat-zat padat melewati pasir dalam fiter, zat-zat ini akan bertubrukan dan menyerap ke dalam partikel-partikel pasir. Bakteri dan zat padat yang terapung mulai meningkat dalam kepadatan yang tinggi di lapisan pasir paling atas menuju *biofilm*. BSF didesain 5 cm di bagian atas air yang dilapisi pasir halus. Ketinggian 5 cm menjadi ketinggian optimum dari perpindahan patogen. Jika tingkatan air terlalu dangkal, lapisan *biofilm* dapat lebih mudah terganggu karena rusak oleh kecepatan datangnya air. Disisi lain, jika tingkatan air terlalu dalam, jumlahnya tidak cukup pada difusi oksigen pada *biofilm*, mengakibatkan kematian dari mikroorganisme pada lapisan *biofilm.* Ketika air yang terkontaminasi mikroorganisme dimurnikan dengan *biosand filter,* organisme pemangsa (*predator*) yang berada di lapisan *biofilm* akan memakan patogen-patogen yang ada (Tommy Ngai & Sophie, 2003).

2.3.1 Mekanisme Penyisihan Kontaminan Dalam *Biosand Filter*

Pada *biosand filter* terdapat beberapa mekanisme dalam penyisihan kontaminan-kontaminan di dalam air limbah. Mekanisme tersebut antara lain:

1. *Mechanical straining*

   Dengan ukuran media 0,15 mm, maka partikel berukuran > 20 μm akan tertahan pada media. Sedangkan partikel berukuran 5-10 μm akan tertahan seiring dengan pertambahan deposit partikel di permukaan media pada saat operasional filter. Koloid (0,001-1 μm) dan bakteri (1 μm) tidak dapat disisihkan dengan mekanisme ini. *Mechanical straining* terutama terjadi pada permukaan filter sampai kedalaman 5 cm.

2. Sedimentasi

   Partikel mengendap pada permukaan media filter. Pengendapan ini terjadi akibat aliran air di dekat media, dimana efisiensi sedimentasi sangat dipengaruhi oleh beban permukaan dan kecepatan pengendapan pada pori media. Untuk partikel yang mempunyai kecepatan mengendap lebih besar dari beban permukaan akan mengendap seluruhnya, sedangkan dengan diameter yang lebih kecil akan mengendap sebagian.

3. Adsorbsi

   Adsorbsi dapat terjadi secara aktif ataupun pasif. Secara aktif, adsorbsi dipengaruhi oleh gaya tarik antar dua partikel (gaya *Van der Waals*) dan gaya tarik elektrostatis antara muatan yang berbeda (gaya *Coulomb*). Sedangkan adsorbsi secara pasif dipengaruhi oleh interaksi dan ikatan kimia.

4. Biokimia

   Beberapa partikel yang terakumulasi di permukaan media akan mengalami proses biokimia. Seperti misalnya oksidasi Fe^{2+} dan Mn^{2+} dari bentuk terlarut menjadi bentuk yang tidak larut. Hal yang sama terjadi pula pada bahan-bahan organik terlarut, yang dimanfaatkan sebagai elektron donor untuk pembangkitan energi mikroorganisme. Tetapi oksidasi biokimia ini hanya dapat berjalan secara optimal pada kondisi dimana terdapat cukup waktu kontak dan temperatur tidak terlalu rendah.

5. Aktivitas bakteri

   Aktivitas bakteri melibatkan akumulasi mikroorganisme di permukaan filter, kematian bakteri akibat adanya predator dan juga pengurangan mikroorganisme akibat berkurangnya *supply* elektron donor. Aktivitas mikroorganisme pada permukaan filter dikenal sebagai lapisan *Schmutzdecke*, dimana lapisan ini tersusun dari matriks gelatin bakteri, jamur, protozoa, rotifera dan larva serangga air. Seiiring dengan makin bertambahnya usia *Schmutzdecke* maka alga cenderung untuk tumbuh dan kemungkinan organisme akuatik yang lebih besar akan muncul seperti brizoa, siput dan cacing.

2.3.2 Lapisan *Biofilm* atau *Schmutzdecke*

Kata *Schmutzdecke* berasal dari bahasa Jerman yaitu berarti ”Lapisan kotor”. Lapisan *film* yang lengket ini, yang mana berwarna merah kecoklatan, terdiri dari bahan organik yang terdekomposisi, besi, mangan dan silika dan oleh karena itu bertindak sebagai suatu saringan yang baik yang berperan untuk meremoal partikel-partikel koloid dalam air baku. *Schmutzdecke* juga merupakan suatu *zone* dasar untuk aktivitas biologi, yang dapat mendegradasi beberapa bahan organik yang dapat larut pada air baku, yang mana bermanfaat untuk mengurangi rasa, bau dan warna. Biasanya istilah *Schmutzdecke* digunakan untuk menandakan

zona aktivitas biologi yang umumnya terjadi di dalam *bed* pasir. Dalam kaitannya dengan fungsi ganda yang meliputi penyaringan mekanis, kedalaman *Schmutzdecke* bisa dikatakan dapat menghubungkan kepada zona penetrasi dari partikel-partikel padatan dimana ukurannya antara 0,5-2 cm dari *bed* suatu BSF. Pada cakupan kedalaman ini, *Schmutzdecke* menggabungkannya dengan lapisan biologi yang lebih dalam dan partikel-partikel bebas yang mengalir ke dalam zona ini setelah melintasi lapisan *Schmutzdecke* tersebut. Zona yang lebih dalam ini bukan merupakan sebuah zona penyaringan mekanis tetapi lebih merupakan suatu lanjutan area perlakuan secara biologis.

Schmutzdecke perlu didiamkan tanpa adanya gangguan. Hal ini dilakukan sehingga populasi biologi yang ada di puncak pasir tidaklah diganggu atau ditekan, yang mana tidak membiarkan lapisan *film* yang penuh untuk dihancurkan, yang akan mengurangi efek ketegangan pada *film* tersebut sedangkan partikel padatan akan terdorong lebih lanjut kedalam pasir itu. (Yung & Kathleen, 2003).

2.3.3 Pematangan Lapisan *Biofilm*

Biosand filter membutuhkan periode satu hingga tiga minggu untuk membentuk lapisan *biofilm*. Periode ini memungkinkan pertumbuhan yang cukup dari lapisan biologis dalam lapisan pasir. Periode pematangan dapat diperpendek beberapa hari dan bisa juga lama sampai beberapa minggu, tergantung dari temperatur air dan mekanisme kimia. Sebagai contoh konsentrasi tinggi dari senyawa organik dalam air dapat memacu pematangan *biofilm* (Tommy Ngai & Sophie, 2003).

2.3.4 Pembersihan *Biosand Filter*

Pasir di dalam *biosand filter* membutuhkan pembersihan periodik. Umumnya karena lapisan *biofilm* dalam *biosand filter* terus terakumulasi dan tumbuh hinggga tekanan akan aliran hilang karena lapisan *biofilm* menjadi berlebihan. Lapisan *biofilm* dalam *biosand filter* dan saringan pasir lambat biasanya di bersihkan setiap 1 hingga 3 bulan tergantung pada level kekeruhan. Tetapi, selama kekeruhan begitu tinggi dimana pasir membutuhkan pemberihan setiap 2 minggu atau bahkan sesering mungkin. Selain kekeruhan, jumlah

pembersihan tergantung pada distribusi partikel, kualitas air yang masuk dan temperatur air.

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

- Keuntungan *biosand filter* :
  a. Efektif

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

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

     Karena operasi dan pemiliharaanya murah, tidak memerlukan tenaga khusus yang terdidik dan terampil, sehingga cara ini cocok untuk digunakan di daerah pedesaan, khususnya di negara- negara yang sedang berkembang.
- Kerugiaan *biosand filter* :
  a. Sangat sensitif dengan variasi pH air baku.
  b. Waktu pengendapan air baku cukup lama sehingga proses filtrasi juga berlangsung lama apabila kapasitas besar.

c. Karena pencucian umumnya dilakukan secara manual sehingga akan membutuhkan tenaga manusia yang banyak, tetapi dalam skala kecil tidak terlalu berat.

Pada saat filter dioperasikan, proses penjernihan hanya berlangsung dengan penyaringan disertai pengendapan. Beberapa saat kemudian pada lapisan permukaan saringan akan terbentuk semacam lapisan yang disebut sebagai lapisan kulit saringan sebagaimana bahan-bahan pengotor yang membentuk kulit filter akan hilang dari permukaan butiran pasir akibat pengerusan oleh aliran air yang melewatinya, tetapi tidak terdapat tanda adanya pengotoran secara tetap pada bagian lapisan pasir dibawahnya. Hal ini akan menghancurkan kulit filter kemudian akan menjadi tetap hidup sebagai jenis mikroorganisme yang sangat aktif menguraikan bahan-bahan organik termasuk bakteri yang tertahan selama proses penyaringan. Bakteri akan memperbanyak diri dengan memanfaatkan bahan organik yang tertahan sebagai sumber makanannya.

2.4 Karbon Aktif (*Activated Carbon*)

Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan sedang berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Daya serap karbon aktif ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika karbon aktif tersebut telah dilakukan aktifasi dengan faktor bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia.

Pada abad XV, diketahui bahwa karbon aktif dapat dihasilkan melalui komposisi kayu dan dapat digunakan sebagai adsorben warna dari larutan. Aplikasi komersial, baru dikembangkan pada tahun 1974 yaitu pada industri gula sebagai pembersih, dan menjadi sangat terkenal karena kemampuannya menyerap uap gas beracun yang digunakan pada Perang Dunia I.

Karbon aktif merupakan senyawa karbon, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m^2/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan.

Karbon aktif berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa, dan mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingakan dengan karbon yang belum menjalani proses aktivasi, serta mempunyai permukaan yang luas, yaitu antara 300-2000 m/gram. Luas permukaan yang luas disebabkan karbon mempunyai permukaan dalam (*internal surface*) yang berongga, sehingga mempunyai kemampuan menyerap gas dan uap atau zat yang berada didalam suatu larutan. Sifat dari karbon aktif yang dihasilkan tergantung dari bahan yang digunakan, misalnya, tempurung kelapa menghasilkan arang yang lunak dan cocok untuk menjernihkan air.

Karbon aktif dibagi atas 2 tipe, yaitu karbon aktif sebagai pemucat dan sebagai penyerap uap. karbon aktif sebagai pemucat, biasanya berbentuk powder yang sangat halus, diameter pori mencapai $1000A^0$, digunakan dalam fase cair, berfungsi untuk memindahkan zat-zat penganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan, membebaskan pelarut dari zat-zat penganggu dan kegunaan lain yaitu pada industri kimia dan industri baru. Diperoleh dari serbuk-serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan mempunyai struktur yang lemah. Karbon aktif sebagai penyerap uap, biasanya berbentuk granular atau pellet yang sangat keras diameter pori berkisar antara 10-200 A^0, tipe pori lebih halus, digunakan dalam rase gas, berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut, katalis, pemisahan dan pemurnian gas. Diperoleh dari tempurung kelapa, tulang, batu bata atau bahan baku yang mempunyai bahan baku yang mempunyai struktur keras.

Menurut Standard Industri Indonesia (SII No. 0258-79) persyaratan arang aktif adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 Syarat mutu arang aktif

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1. Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C	%	Maksimum 15
2. Air	%	Maksimum 10
3. Abu	%	Maksimum 2,5
4. Bagian yang tidak mengarang	%	Tidak ternyata
5. Daya serap terhadap larutan I_2	%	Maksimum 20

Sumber : Anonim (2006)

Karbon aktif menurut bentuknya dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bubuk dan granular. Karbon bentuk bubuk digunakan untuk adsorbsi dalam larutan. Misalnya untuk menghilangkan warna (declorisasi), sedangkan karbon bentuk granular digunakan untuk absorbsi gas dan uap, dikenal pula sebagai karbon pengadsorbsi gas. Karbon bentuk granular kadang-kadang juga digunakan didalam media larutan khususnya untuk deklrorinasi air dan untuk penghilang warna dalam larutan serta pemisahan komponen komponen dalam suatu sistem yang mengalir.

Sifat karbon aktif yang paling penting adalah daya serap. Dalam hal ini, ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu :

- Sifat Adsorben

  Karbon aktif yang merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing-masing berikatan secara kovalen. Dengan demikian, permukaan arang aktif bersifat non polar. Selain kompisisi dan polaritas, struktur pori juga merupakan faktor yang penting diperhatikan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, semakin kecil pori-pori karbon aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi, dianjurkan agar menggunakan karbon aktif yang telah dihaluskan. Jumlah atau dosisi karbon aktif yang digunakan, juga diperhatikan.

- Sifat Serapan

  Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh karbon aktif, tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing- masing

senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari sturktur yang sama, seperti dalam deret homolog. Adsorsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa serapan.

- Temperatur

  Dalam pemakaian karbon aktif dianjurkan untuk menyelidiki. temperatur pada saat berlangsungnya proses. Karena tidak ada peraturan umum yang biasanya diberikan mengenai temperatur yang digunakan dalam adsorpsi. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsoprsi adalah viskositas dan stabilitas thermal senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna mau dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatil, adsorpsi dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperature yang lebih kecil.

- pH (Derajat Keasaman)

  Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam minereal. Hal ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

- Waktu Kontak

  Bila karbon aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah yang digunakan. Waktu yang dibutuhkan ditentukan oleh dosis karbon aktif, pengadukan juga mempengaruhi waktu kontak. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel karbon aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu singgung yang lebih lama.

Struktur pori adalah faktor utama dalam proses adsorpsi. Distribusi ukuran pori menentukan distribusi molekul yang masuk dalam partikel karbon

untuk diadsorp. Molekul yang berukuran besar dapat menutup jalan masuk ke dalam micropore sehingga membuat area permukaan yang tersedia untuk mengadsorp menjadi sia-sia. Karena bentuk molekul yang tidak beraturan dan pergerakan molekul yang konstan, pada umumnya molekul yang lebih dapat menembus kapiler yang ukurannya lebih kecil juga. Penggunaan bubuk karbon aktif mempunyai kelebihan sebagai berikut :

1. Sangat ekonomis karena ukuran butir yang kecil dan luas permukaan kontak persatuan 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.

Sifat adsorbsi karbon aktif tidak hanya ditentukan oleh struktur porinya, tetapi ditentukan juga oleh komposisi kimianya. Misalnya ketidakteraturan struktur mikrokristal elementer, karena adanya lapisan karbon yang terbakar tidak sempurna (terbakar sebagian), akan mengubah susunan awal elektron dalam rangka karbon. Akibatnya akan terjadi elektron tak berpasangan, keadaan ini akan mempengaruhi sifat adsorbsi karbon aktif, terutama senyawa polar atau yang dapat terpolarisasi. Jenis ketidakteraturan yang lain adalah adanya hetero atom didalam struktur karbon.

Sifat daya serap karbon aktif terbagi atas dua jenis, yaitu daya serap fisika dan daya serap kimia. Keduanya dapat terjadi atau tidaknya perubahan kimia yang terjadi antara zat yang mengadsorbsi (adsorben). Beberapa teori yang menerangkan tentang gejala daya serap yang sebenarnya, belum cukup untuk mengemukakan tentang terjadinya daya serap pada karbon aktif.

Pembuatan karbon aktif telah banyak diteliti, dan dalam pustaka telah didapat data yang cukup banyak. Diantaranya dituliskan bahwa karbonisasi untuk memperoleh karbon yang baik untuk diaktivasi harus dilakukan pada temperatur dibawah 600^0 C. Disamping itu ditemukan pula bahwa aktivasi arang dengan uap air sangat baik pada temperatur 900-1000^0C, dan penambahan garam KCNS akan mempertinggi daya adsorbsi karbon aktif yang diperoleh. Secara umum dalam pembuatan karbon aktif terdapat dua tingkatan proses yaitu :

1. Proses pengarangan (karbonisasi)

   Proses ini merupakan proses pembentukan arang dari bahan baku. Secara umum, karbonisasi sempurna adalah pemanasan bahan baku tanpa adanya udara, sampai temperatur yang cukup tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa dalam karbon. Hasil yang diperoleh biasanya kurang aktif dan hanya mempunyai luas permukaan beberapa meter persegi pergram. Selama proses karbonisasi dengan adanya dekomposisi pirolitik bahan baku, sebagian elemen-elemen bukan karbon, yaitu hidrogen dan oksigen dikeluarkan dalam bentuk gas dan atom-atom yang terbebaskan dari karbon elementer membentuk kristal yang tidak teratur, yang disebut sebagai kristal grafit elementer. Struktur kristalnya tidak teratur dan celah-celah kristal ditempati oleh zat dekomposisi tar. Senyawa ini menutupi pori-pori karbon, sehingga hasil proses karbonisasi hanya mempunyai kemampuan adsorbsi yang kecil. Oleh karena itu karbon aktif dapat juga dibuat dengan cara lain, yaitu dengan mengkarbonisasi bahan baku yang telah dicampur dengan garam dehidrasi atau zat yang dapat mencegah terbentuknya tar, misalnya ZnCl, MgCl, dan CaCl. Perbandingan garam dengan bahan baku adalah penting untuk menaikan sifat-sifat tertentu dari karbon.

2. Proses aktivasi

   Secara umum, aktivasi adalah mengubah karbon dengan daya serap rendah menjadi karbon yang mempunyai daya serap tinggi. Untuk menaikan luas permukaan dan memperoleh karbon yang berpori, karbon diaktivasi, misalnya dengan menggunakan uap panas, gas karbondioksida dengan temperatur antara 700-1100^{0}C, atau penambahan bahan-bahan mineral sebagai aktivator. Selain itu aktivasi juga berfungsi untuk mengusir tar yang melekat pada permukaan dan pori-pori karbon. Aktivasi menaikan luas permukaan dalam *(internal area),* menghasilkan volume yang besar, berasal dari kapiler-kepiler yang sangat kecil, dan mengubah permukaan dalam dari struktur pori.

Pembuatan karbon aktif akan melalui beberapa tahapan sebagai berikut: penghilangan air (dehidrasi), pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon. Karbon aktif dapat digunakan sebagai bahan pemucat, penyerap gas, penyerap logam, menghilangkan polutan mikro misalnya zat organik, 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.

Tabel 2.5 Penggunaan karbon aktif

Untuk Zat Cair	
1. Industri obat dan makanan	Menyaring dan menghilangkan warna, bau, rasa yang tidak enak pada makanan
2. Minuman ringan, minuman keras	Menghilangkan warna, bau pada arak/ minuman keras dan minuman ringan
3. Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah, zat perantara
4. Pembersih air	Menyaring/menghilangkan bau, warna, zat pencemar dalam air, sebagai pelindung dan penukaran resin dalam alat/penyulingan air
5. Pembersih air buangan	Mengatur dan membersihkan air buangan dan pencemar, warna, bau, logam berat.
6. Penambakan udang dan benur	Pemurnian, menghilangkan ban, dan warna
7. Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut, sisa metanol, etil acetat dan lain-lain

Sumber: Anonim (2006)

Karbon aktif digunakan pertama kali pada pengolahan air dan air limbah untuk mengurangi material organik, rasa, bau dan warna. Karbon aktif juga sering digunakan untuk mengurangi kontaminan organik, partikel kimia organik sintetis (SOCs), tapi karbon aktif juga efektif untuk mengurangi kontaminan inorganik seperti rodon-222, merkuri, dan logam beracun lainnya. Proses karbon aktif merupakan salah satu proses penyaringan air limbah terutama setelah mengalami proses biologi atau proses fisika kimia.

Karbon aktif adalah karbon yang diproses sedemikian rupa sehingga pori-porinya terbuka, dan dengan demikian akan mempunyai daya serap yang tinggi. Karbon aktif merupakan karbon yang akan membentuk amorf, yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta memiliki permukaan dalam (*internal surface*), sehingga mempunyai daya serap yang lebih baik. Keaktifan menyerap dari karbon aktif ini tergantung dari jumlah senyawa karbonnya yang berkisar antara 85% sampai 95% karbon bebas.

Karbon aktif berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa, dan mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingakan dengan karbon yang belum menjalani proses aktivasi, serta mempunyai permukaan yang luas, yaitu antara 300 sampai 2000 m/gram. Luas permukaan yang luas disebabkan karbon mempunyai permukaan dalam (*internal surface*) yang berongga, sehingga mempunyai kemampuan menyerap gas dan uap atau zat yang berada didalam suatu larutan.

Ada beberapa karakteristik yang penting di dalam pengolahan air limbah diantaranya luas permukaan, kerapatan partikel, densitas unggun (*bulk density*), ukuran efektif, volume pori, analisa ayakan, kadar abu, angka iodium, kadar air dan distribusi ukuran pori.

Ukuran partikel dan luas permukaan merupakan hal yang penting dalam karbon aktif. Ukuran partikel karbon aktif mempengaruhi kecepatan adsorpsi, tetapi tidak mempengaruhi kapasitas adsorpsi yang berhubungan dengan luas permukaan karbon. Jadi kecepatan adsorpsi yang menggunakan karbon aktif serbuk (*powder*) lebih besar daripada karbon aktif butiran (*granular*). Luas permukaan total mempengaruhi kapasitas adsorpsi total sehingga meningkatkan efektifitas karbon aktif dalam penyisihan senyawa organik dalam air buangan.

Struktur pori adalah faktor utama dalam proses adsorpsi. Distribusi ukuran pori menentukan molekul yang masuk dalam partikel karbon untuk di adsorb. Ada dua macam pori dalam partikel karbon aktif yaitu *mikropore* dengan diameter 10-1000 A dan *makropore* dengan diameter >1000 A

Setelah aktifasi karbon, karbon aktif bisa diklasifikasikan menjadi dua jenis yang mempunyai ukuran partikel yang berbeda dengan kapasitas adsorpsi yang berbeda pula, yakni *Powder* Jika ukuran karbon aktif lebih kecil dari 200

mesh dan *granular* jika diameter karbon aktif berukuran lebih besar dari 0,1 mm. (Metcalf dan Eddy, 2003).

a. Pengolahan dengan karbon aktif *powder* (serbuk).

Karbon aktif ini berbentuk serbuk. Luas permukaannya lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif butiran, sehingga kecepatan adsorpsinya juga menjadi lebih besar. Karbon aktif serbuk dapat digunakan secara langsung pada proses fisik dan kimia. Setelah beberapa lama terjadi kontak maka karbon akan mengendap pada dasar bak pengolahan.

Penggunaan karbon aktif disini dilakukan dengan cara menaburkan bubuk ini ke dalam saluran yang berasal dari pengolahan biologis. Pengontakkan ini biasanya diletakkan pada bak tertentu, setelah bubuk tercampur maka gaya beratnya akan mengendap dengan membawa partikel terlarut dan partikel tercampur. Agar menjadikan bahan ini lebih ekonomis, maka karbon aktif dapat dipergunakan kembali setelah dipakai dengan cara melakukan oksidasi dengan tekanan tinggi. Pada proses regenerasi ini biasanya karbon aktif akan hancur sebanyak 5-10%. Karbon aktif jenis ini yang paling sulit untuk regenerasi. Salah satu kerugian menggunakan karbon aktif berbentuk bubuk adalah kemungkinan terjadinya penyumbatan lebih besar karena karbon aktif bercampur dengan bubuk.



Gambar 2.2 Karbon Aktif Serbuk

b. Karbon aktif berbentuk butiran (*Granular*).

Karbon aktif berbentuk *granular* ditetapkan dalam ukuran mesh. Kecepatan adsorbsinya lebih kecil dibandingkan dengan karbon aktif

berbentuk serbuk karena luas permukaan totalnya lebih sedikit dibandingkan karbon aktif berbentuk serbuk, dimana luas permukaan total akan mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Karbon aktif berbentuk granular dipakai untuk memisahkan kontaminan dalam air buangan seperti fenol, insektisida, trinittrotolune (TNT), deterjen, warna dan logam berat lainnya.

Adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif butiran (*granular*) dapat menggunakan system *batch*, *column* atau *fluideizet bed*. System kontak yang umum digunakan adalah *fixed bed* atau *contercurrent moving bed*.

Adapun kelebihan dari 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.

Kerugiannya :

1. Perlu tambahan unit pengolahan lagi yaitu filter.
2. Luas permukaan kontak persatuan berat lebih kecil karena ukuran butiran karbon besar.



Gambar 2.3 Karbon Aktif dalam bentuk butiran *(Granular)*

Sifat adsorbsi karbon aktif tidak hanya ditentukan oleh struktur porinya, tetapi ditentukan juga oleh komposisi kimianya. Misalnya ketidak teraturan struktur mikrokristal elementer, karena adanya lapisan karbon yang terbakar tidak sempurna (terbakar sebagian), akan mengubah susunan awal elektron dalam rangka karbon. Akibatnya akan terjadi elektron tak berpasangan, keadaan ini akan mempengaruhi sifat adsorbsi karbon aktif, terutama senyawa polar atau yang dapat terpolarisasi. Jenis ketidakteraturan yang lain adalah adanya hetero atom didalam struktur karbon.

Karbon aktif mengandung elemen-elemen yang terikat secara kimia, seperti oksigen dan hidrogen. Elemen-elemen ini dapat berasal dari bahan baku yang tertinggal akibat tidak sempurnanya proses karbonosasi, atau pula dapat terikat secara kimia pada proses aktivasi. Demikian pula adanya kandungan abu yang bukan bagian organik dari produk. Untuk tiap-tiap jenis karbon aktif kandungan abu dan komposisinya ada bermacam-macam. Adsorbsi elektrolit dan non elektrolit dari larutan dari karbon aktif, juga dipengaruhi oleh adanya sejumlah kecil abu. Adanya oksigen dan hidrogen mempunyai pengaruh besar pada sifat-sifat karbon aktif. Elemen-elemen ini berkombinasi dengan atom-atom karbon membentuk gugus-gugus fungsional tertentu. Gugus yang biasanya terdapat pada permukaan atom adalah : (1) gugus karbosilat, (2) gugus hidroksi fenol, (3) gugus kuinon tipe karbonil (4) normal lakton, (5) lakton tipe fluoresein, (6) asam karbosilat anhidrit dan peroksida siklis.

Proses adsorbsi terjadi pada bagian permukaan antara padatan-padatan, padatan-cairan, cairan-cairan, atau cairan-gas. Adsorbsi dengan bahan padat seperti karbon, tergantung pada luasan permukaannya.

Sifat daya serap karbon aktif terbagi atas dua jenis, yaitu daya serap fisika dan daya serap kimia. Beberapa teori yang menerangkan tentang gejala daya serap yang sebenarnya, belum cukup untuk mengemukakan tentang terjadinya daya serap pada karbon aktif.

Karbon aktif dapat 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 aromatik. Senyawa fenol-aldehid terserap oleh karbon karena adanya peristiwa donor-akseptor elektron. Gugus karbonil pada permukaan

karbon bertindak sebagai donor elektron. Karena ada peristiwa tersebut, maka inti benzena akan berikatan dengan gugus karbonil pada permukaan berikut :

a. Dengan adanya pori-pori mikro antar partikuler yang sangat banyak jumlahnya pada karbon aktif, akan menimbulkan gejala kapiler yang menyebabkan adanya daya serap. Selain itu distribusi ukuran pori merupakan faktor penting dalam menentukan kemampuan adsorbsi karbon aktif. Misalnya, ukuran 20 A^0 dapat digunakan untuk menghilangkan campuran rasa dan bau, hanya lebih efektif untuk pembersihan gas, sedangkan untuk ukuran 20-100 A^0 efektif untuk menyerap warna.
b. Pada kondisi yang bervariasi ternyata hanya sebagian permukaan yang mempunyai daya serap. Hal ini dapat terjadi karena permukaan karbon dianggap heterogen, sehingga hanya beberapa jenis zat yang dapat diserap oleh bagian permukaan yang lebih aktif, yang disebut pusat aktif.

Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi adsorbsi adalah sebagai berikut :

a. Karakteristik fisika dan kimia adsorben, antara lain : luas permukaan ukuran pori, komposisi kimia
b. Karakteristik fisis dan kimia adsorbat, antara lain : ukuran molekul, polaritas molekul komposisi kimia.
c. Konsentrasi adsorbat dalam fase cair.
d. Sistem waktu adsorbsi.

2.5 Deterjen

Deterjen ialah media pembersih sintetik yang terdiri dari senyawa-senyawa yang mampu melepaskan kotoran, minyak dan membunuh bakteri yang berguna serta mendorong pertumbuhan alga jika terdapat dalam limbah yang masuk ke badan air (Pankratz, 2001).

Pada awalnya deterjen dikenal sebagai alat yang digunakan untuk membersihkan pakaian, namun dengan majunya perkembangan teknologi, penggunaan deterjen tidak hanya sebatas produk pembersih pakaian saja tetapi juga menjadi sebuah produk yang lebih luas lagi, diantaranya :

1. *Personal cleaning product*
   Sebagai produk pembersih bagain tubuh seperti sampo, sabun mandi, sabun cuci tangan, pasta gigi, dll.
2. *Laundry*
   Sebagai bahan pencuci pakaian, merupakan produk deterjen yang paling populer di masyarakat.
3. *Dishwashing product*
   Sebagai pencuci alat-alat rumah tangga baik untuk penggunaan manual maupun mesin pencuci piring.
4. *Household cleaner*
   Sebagai media pembersih rumah seperti pembersih lantai, pembersih bahan-bahan porselen, plastik, metal, gelas, dll.

Secara umum deterjen tersusun oleh bahan-bahan sebagai berikut :

- Surfaktan (*Surface active agent*)

  Merupakan bahan utama pembentuk deterjen, bahan aktif ini berfungsi menurunkan tegangan permukaan air sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan. Secara garis besar, terdapat empat kategori surfaktan yaitu :

  a. Anionik : Alkyl Benzene Sulfonate (ABS)
     Linier Alkyl Benzene Sulfonate (LAS)
     Alpha Olein Sulfonate (AOS)
  b. Kationik : Garam Ammonium
  c. Non ionik : Nonyl phenol polyethoxyle
  d. Amphoterik : Acyl Ethylenediamines

Kandungan surfaktan didalam suatu produk deterjen biasanya sebanyak 8-18%.

- Pembentuk (*Builder*)

  Berfungsi meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan cara menon-aktifkan mineral penyebab kesadahan air. Contoh bahan *builder* yang terdapat dalam deterjen antara ialah Sodium Tri Poly Phosphate (STPP), Sodium Phosphate, **Nitriloacetic Acid** (NTA), Ethylene Diamine Tetra Acetate (EDTA). Secara umum kadar bahan pembentuk sebanyak 20-45%.

- Pengisi (*Filler*)

  Adalah bahan tambahan deterjen yang tidak mempunyai kemampuan meningkatkan daya cuci, tetapi menambah kuantitas. Contoh bahan yang digunakan ialah Sodium sulfate (*Borax*) dan *Anti-Foaming Agents,* yang memberikan gerak bebas pada deterjen dalam bentuk padat bereaksi secara bebas di air serta *Anti-Foaming Agents* berfungsi sebagai pereduksi jumlah busa. Sodium Silicate juga digunakan sebagai bahan penghambat korosi pada mesin cuci. Umumnya bahan Pengisi terkandung didalam deterjen sebanyak 5-45%.

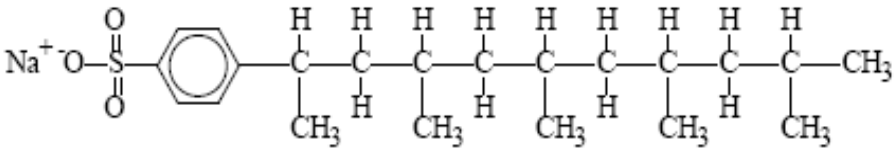
- Bahan Tambahan (*Additives*)

  Bahan tambahan ini biasanya ditambahkan sebagai pelengkap dan tidak berhubungan langsung dengan daya cuci deterjen, misalnya pewangi, pelarut, pemutih, pewarna dan lain-lain. Bahan *Additives* ditambahkan lebih dimaksudkan untuk komersialisasi. Contoh bahan yang sering ditambahkan yaitu Sodium Percarbonate dan Sodium Perborate, suatu bahan tambahan yang memiliki daya pemutih. Bahan lainnya yaitu *Enzyme*, yang berfungsi sebagai penghilang noda-noda yang besifat biologis seperti darah. Persentase banyak bahan tambahan yang ada di dalam suatu deterjen sebanyak 15-30%. (Zoller, 2004)

Surfaktan merupakan bahan utama deterjen, sejak tahun 1960 surfaktan Alkyl Benzene Sulfonate (ABS) digunakan sebagai formula didalam 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.

Konsentrasi surfaktan di air permukaan dengan gas (udara), padatan (kotoran), dan cair (minyak) dapat menyebabkan pembasahan dan menjadi media pembersih yang sangat baik. Ini dikarenakan surfaktan memiliki struktur *amphiphilic*, dimana salah satu bagian dari molekul tergolong ionik atau polar dengan kekuatan tarik menarik pada air, dan pada bagian lain termasuk golongan *hydrocarbon* dengan sifat menolak air. Jenis struktur yang ditunjukan dibawah ini ialah struktur surfaktant Alkyl Benzene Sulfonate (ABS).



Gambar 2.4. Struktur Alkyl Benzene Sulfonate

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

$$C_{12}H_{25}OH + H_2SO_4 \rightarrow C_{12}H_{25} - SO_3H + H_2O$$

Laury alcohol

Alkohol sulfate dinetralisir dengan sodium hidroksida untuk menghasilkan surfactant.

$$C_{12}H_{25} –O– SO_3H + NaOH \rightarrow C_{12}H_{25} –O– SO_3Na + H_2O$$

Sodium Laury sulfat

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

Prinsip sulfonat di peroleh dari ester, amides dan alkyl benzen. Ester dan amid merupakan asam organik dengan 16 atau 18 atom karbon. Alkyl benzen sulfonat sebagian besar berasal dari polymer propylene dan golongan alkil, yang mempunyai 12 atom karbon bercabang.

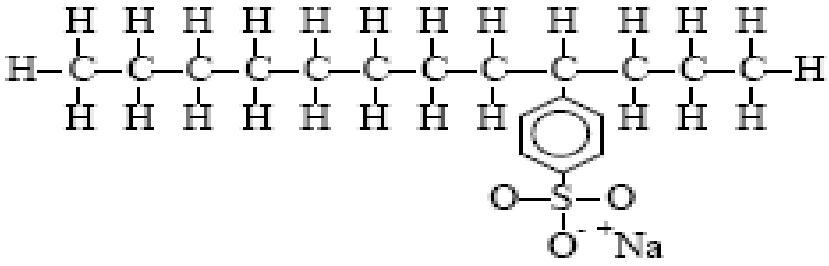
Deterjen non-ionik tidak mengionisasi dan hanya bergantung pada kelompok molekul *soluble* (dapat larut). Semuanya tergantung pada polymer ethylene oxide (C_2H_4O) (polyehoxylates) sebagai persyaratannya.

Deterjen kationik merupakan garam yang berantai empat ammonium, surfaktan jenis ini bisa bersifat toksik jika terjadi kontak dengan bahan-bahan lain, sebagai contoh apabila ia bereaksi pada saat proses klorinasi, maka akan terbentuk senyawa Chlorobenzene yang merupakan senyawa kimia yang bersifat beracun dan berbahaya bagi kesehatan. (Zoller, 2004)

Pada awalnya surfaktan jenis Alkyl Benzen Sulfonat (ABS) banyak digunakan oleh industri deterjen sebagai bahan baku pembuat produk deterjen. Karena ditemukannya bukti-bukti dan dari laporan hasil penelitian yang menerangkan bahwa ABS mempunyai risiko tinggi terhadap lingkungan, maka bahan ini sekarang digantikan dengan Linear Alkyl Sulfonate (LAS) yang memiliki karakteristik lebih baik dari ABS meskipun belum dapat dikatakan ramah lingkungan.

Bila ditinjau dari daya urai *(biodegradable),* ABS didalam lingkungan mempunyai tingkat *biodegradable* sangat rendah, sehingga deterjen ini tergolong *non-biodegradable,* dalam pengolahan limbah secara konvensional sekitar 50% dari ABS lolos dari system pengolahan.

Berbeda dengan LAS yang mempunyai struktur gugus alkil lurus/tidak bercabang yang relative dengan mudah dapat diurai oleh mikroorganisme. Gambar dibawah ini ialah struktur dari Linear Alkyl Sulfonate (LAS). (Manahan, 2000)



Gambar 2.5. Struktur Linear Alkyl Sulfonate

2.5.1 Dampak penggunaan deterjen terhadap kesehatan dan lingkungan

Peranan dan manfaat deterjen sebagai media pembersih sudah menjadi bagian dari kehidupan masyarakat dalam menjalankan kehidupan sehari-hari. Namun tanpa mengurangi makna manfaat deterjen, Harus diakui bahwa bahan kimia yang digunakan pada deterjen dapat menimbulkan dampak negative baik terhadap kesehatan maupun lingkungan.

Dua bahan terpenting dari pembentuk deterjen yakni surfaktan dan *builder*, diidentifikasi mempunyai pengaruh langsung dan tidak langsung terhadap manusia dan lingkungannya.

- Surfaktan

  Surfaktan dapat menyebabkan permukaan kulit kasar, hilangnya kelembaban alami yang ada pada permukan kulit dan meningkatkan permeabilitas permukaan luar. Dari beberap hasil penelitian yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa kulit manusia hanya mampu memiliki toleransi kontak dengan bahan kimia dengan kandungan 1 % LAS dan AOS, dengan akibat iritasi ‘sedang’ pada kulit. Surfaktan kationik bersifat toksik jika tertelan dibandingkan dengan surfaktan anionik dan non-ionik.

- *Builder*

  Builders, salah satu yang paling banyak dimanfaatkan di dalam deterjen adalah phosphate. Phosphate memegang peranan penting dalam suatu produk deterjen, sebagai *softener* air. Bahan ini mampu menurunkan kesadahan air dengan cara mengikat ion

kalsium dan magnesium. Dari proses itu, efektivitas dari daya cuci deterjen meningkat. Phosphate yang biasa dijumpai pada umumnya berbentuk Sodium Tri Poly Phosphate (STPP). Phosphate tidak memiliki daya racun, bahkan sebaliknya merupakan salah satu nutrisi penting yang dibutuhkan mahluk hidup. Tetapi dalam jumlah yang terlalu banyak, phosphate dapat menyebabkan pengkayaan unsur hara (eutrofikasi) yang berlebihan di badan air, sehingga badan air kekurangan oksigen akibat dari pertumbuhan algae (phytoplankton) yang berlebihan yang merupakan makanan bakteri. Populasi bakteri yang berlebihan akan menggunakan oksigen yang terdapat dalam air sampai suatu saat terjadi kekurangan oksigen di badan air dan pada akhirnya justru membahayakan kehidupan mahluk air dan sekitarnya.

Disamping itu, keberadaan deterjen berlebih di dalam badan air dapat merusak insang dan organ pernafasan ikan yang mengakibatkan toleransi ikan terhadap badan air yang kandungan oksigennya rendah menjadi menurun. Keberadaan busa-busa di permukaan air menjadi salah satu penyebab kontak udara dan air terbatas sehingga menurunkan oksigen terlarut (Manahan, 2000).

2.6 Proses *Laundry*

Pada umumnya sebelum pakaian dan alat rumah tangga dicuci dengan menggunakan mesin cuci, biasanya terlebih dahulu dilakukan pemisahan terhadap pakaian dan alat rumah tangga lainnya yang berpotensi dapat menggangu kinerja mesin dan merusak pakaian yang akan dicuci, sebagai contoh pakaian yang memiliki warna yang mudah luntur dicuci secara terpisah. Setelah dilakukan pemisahan semua pakaian dimasukan kedalam mesin cuci sesuai dengan kapasitas beban maksimal mesin itu sendiri, mesin-mesin cuci yang dipasarkan di Indonesia memiliki kapasitas beban rata-rata sebesar 5 kg.

Setelah semua pakaian dimasukan, biasanya dimasukan juga deterjen dan pelembut (*softener*) ketempat yang telah disediakan dengan jumlah sesuai banyaknya cucian. Secara umum masyarakat telah mengetahui bahwa fungsi dari deterjen ini untuk mengangkat kotoran serta noda dari pakaian dan pelembut (*softener*) berfungsi sebagai pelemas kain serta memberi kesan harum pada kain atau pakaian. Dari tempat tersebut mesin secara automatis akan mengatur pemakaian deterjen dan pelembut sesusai periodenya. Pada saat proses pencucian dilaksanakan maka air bersih akan mengalir ke dalam melalui saluran yang telah tersedia secara sendirinya.

Selama proses pencucian, air yang telah bereaksi dengan deterjen dan pelembut (*softener*) akan terus berputar sesuai dengan sistem kerja mesin dan pada periode tertentu air campuran deterjen, pelembut (*softener*) dan kotoran dari pencucian akan di keluar melalui saluran pembuangan. Kemudian dilakukan proses pengeringan dengan cara memutar kembali pakaian tersebut hingga semua air yang ada pada pakaian terpisah. Pada usaha *laundry*, proses pengeringan ini dilakukan secara terpisah atau memiliki mesin tersendiri.

Hal ini juga berlaku untuk pencucian alat rumah tangga lainnya seperti selimut, sprei, korden dan karpet. Pembedaan terjadi disebabkan oleh cara kerja mesin dalam melakukan pencucian tergantung apa yang akan di cuci.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Sebelum penelitian ini dilakukan, media pasir halus, pasir kasar, kerikil, karbon aktif dan reaktor *biosand filter* serta reaktor karbon aktif sebagai alat yang akan digunakan harus dalam keadaan siap. Penelitian selanjutnya ialah penumbuhan lapisan *biofilm* didalam reaktor *biosand filter* yang terletak diatas media pasir halus setelah dibiakan *(seeding)* pada waktu tertentu, pada proses *seeding* berlangsung, secara berkala diberikan nutrien yaitu urea dengan konsentrasi nitrogen sebesar 46% kedalam reaktor *biosand filter* yang telah berisi limbah cair *laundry.* kemudian menguji sampel awal yang bertujuan untuk mengetahui efisiensi kinerja reaktor dalam menurunkan konsentrasi deterjen setelah melalui reaktor *biosand filter.*

Penelitian ini berlangsung cukup lama, dikarenakan proses perbaikan kerusakan reaktor *biosand filter* dan penumbuhan lapisan *biofilm*. Tahap selanjutnya setelah lapisan *biofilm* tumbuh dan telah dilakukan pengujian awal, maka dilanjutkan dengan pengujian sampel limbah, parameter yang diuji adalah kandungan deterjen. Hasil dari penelitian ini akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian laboratorium *(laboratory experiment),* dengan percobaan tujuan untuk mengetahui penurunan konsentrasi Deterjen dari limbah cair *laundry* dengan menggunakan reaktor *biosand filter* dan reaktor *activated carbon.*

3.3 Objek Penelitian

Sebagai objek penelitian ini ialah kandungan deterjen dalam limbah cair *laundry*.

3.4 Lokasi Penelitian

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

1. Oemah *laundry*, Yogyakarta

   Adalah tempat pengambilan sampel limbah. Yang berada di Jalan Kaliurang Km 13, Sleman, Yogyakarta.
2. Laboratorium Jalan Raya, Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.

   Tempat pengayakan media filter, yaitu pasir halus, pasir kasar dan kerikil. Selain pengayakan media tersebut, dilakukan juga pengeringan (menggunakan oven) untuk media pasir halus dan pasir kasar.
3. Laboratorium Rancang Bangun, Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Merupakan tempat diletakkannya peralatan untuk penelitian, yaitu reaktor *biosand filter* dan reaktor *activated carbon*.
4. Balai Pengujian Konstruksi dan Lingkungan (BPKL) , Sleman, Yogyakarta.

   Merupakan tempat analisis sampel limbah untuk mengetahui konsentrasi Deterjen yang terkandung didalam limbah cair *laundry*.

3.5 Variabel Penelitian

3.5.1 Variabel Bebas *(Independent Variable)*

a. *Biosand filter*

- Tinggi /ketebalan media filter yang digunakan yaitu :

  Pasir halus dengan ketinggian : 40 cm & 30 cm

  Pasir kasar dengan ketinggian : 15 cm & 25 cm

  Kerikil dengan ketinggian : 15 cm & 15 cm
- Diameter media:

  Pasir halus : 0,25 mm

  Pasir kasar : 0,85 mm

  Kerikil : 6,3 mm

b. Karbon aktif (*Activated carbon*)

Dimensi reaktor 1 : p x l x t = 15 x 15 x 30 cm

= 15 x 15 x 60 cm

Dimensi reaktor 2 : p x l x t = 15 x 15 x 30 cm

= 15 x 15 x 60 cm

c. Variasi unit *biosand filter* dan *activated carbon*

- *Biosand Filter* (45:15:15 cm) - *Activated Carbon* (60 cm)
- *Biosand Filter* (45:15:15 cm) - *Activated Carbon* (30 cm)
- *Biosand Filter* (30:25:15 cm) - *Activated Carbon* (60 cm)
- *Biosand Filter* (30:25:15 cm) - *Activated Carbon* (30 cm)

3.5.2 Variabel Terikat *(Dependent Variable)*

Parameter yang diteliti adalah kandungan Deterjen yang terdapat didalam limbah cair *laundry* yang berasal dari Oemah *laundry.*

3.6 Bahan dan Alat Penelitian

3.6.1 Persiapan Media Pasir Halus, Pasir Kasar, Kerikil dan Karbon Aktif

Sebelum penelitian dilakukan, persiapan dan perlakuan terhadap alat dan media yang akan digunakan haruslah menjadi suatu perhatian yang penting agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan perencanaan.

Media-media yang akan digunakan seperti pasir halus, pasir kasar, kerikil, dan karbon aktif harus diperhatikan dan diperlakukan sesuai dengan kriteria yang telah direncanakan. Media seperti pasir dan kerikil sebelum dimasukan ke dalam filter, terlebih dahulu dilakukan pengayakan media. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan diameter butiran media yang seragam. Pengayakan dilakukan secara manual dan alat yang digunakan adalah ayakan mesh ¼ inci dengan ukuran 6.3 mm (agar mendapatkan ukuran kerikil yang sama) kemudian mesh 20 dengan ukuran 0.85 mm (agar mendapatkan ukuran pasir kasar yang seragam) dan mesh 60 dengan ukuran 0.25 mm (untuk mendapatkan ukuran pasir halus yang sama). Setelah mendapatkan ukuran media sesuai yang direncanakan maka selanjutnya dilakukan pencucian media, hal tersebut bertujuan agar media yang digunakan dalam keadaan bersih dan steril dari bakteri dan kotoran lainnya.

Selanjutnya, pada tahap pengeringan media dilakukan dengan menggunakan oven, tujuan penggunaan oven ini dilakukan agar media yang masih basah dapat kering secara cepat dan homogen serta bersih dari bakteri-bakteri yang mungkin masih terbawa dari proses pencucian. Untuk media karbon aktif dilakukan perendaman dengan garam dapur, lalu di keringkan dan dimasukan kedalam oven dengan suhu 100°C yang berfungsi membuka pori pada permukaan karbon.



A B C D

Gambar 3.1

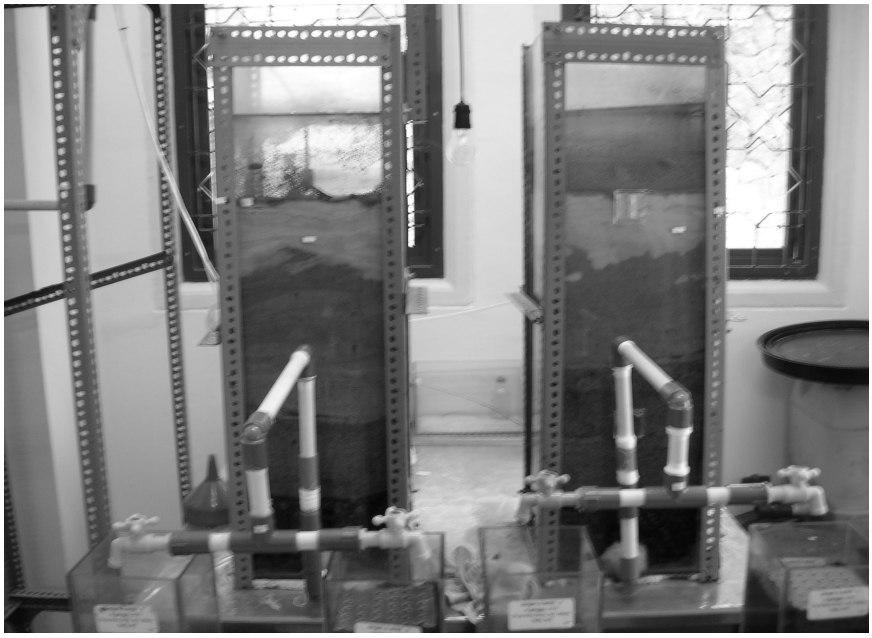
Media Filtrasi dan Karbon Aktif. (A) Kerikil ∅ 6,3; (B) Pasir Kasar ∅ 0,85 mm; (C) mm Pasir Halus ∅ 0,25 mm; (D) Karbon Aktif Granular

3.6.2 **Alat Penelitian**

3.6.2.1 ***Biosand Filter* (BSF)**

Di dalam penelitian ini, reaktor yang digunakan ialah reaktor *biosand filter* sebanyak 2 unit yang terbuat dari bahan kaca, berbentuk *rectangular* dengan ukuran yang sama. Yang membedakan dari kedua reaktor ini hanyalah variasi ketinggian media yang digunakan. Unit BSF yang direncanakan adalah

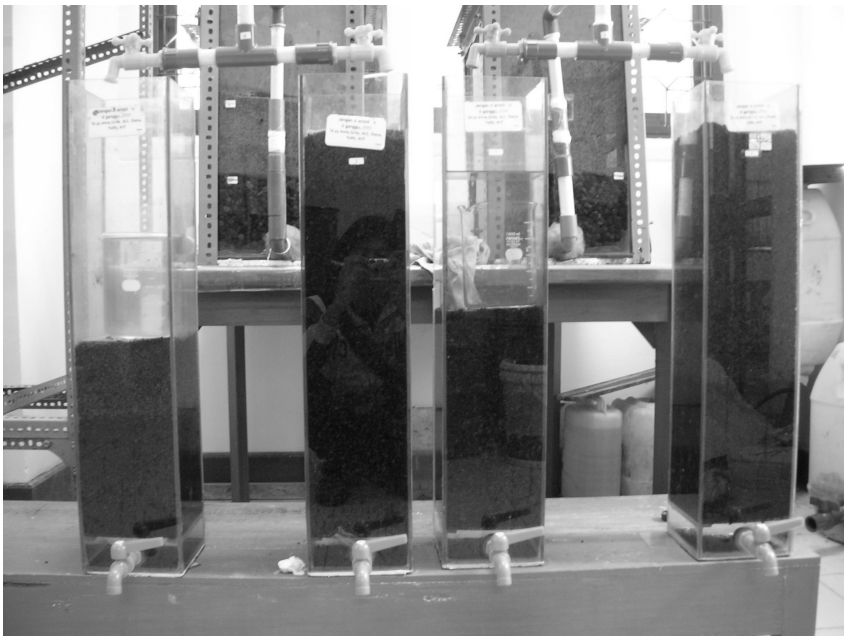
Panjang	: 30 cm
Lebar	: 30 cm
Tinggi	: 100 cm
Tinggi total media	: 70 cm
Tinggi air diatas media pasir halus	: 5 cm
Tinggi dari muka air ke *perforated baffle*	: 5 cm
Freeboard (fb)	: 20 cm
Lebar *perforated baffle*	: 30 cm
Panjang *perforated baffle*	: 30 cm



Gambar 3.2 Reaktor *Biosand Filter*

3.6.2.2 **Reaktor Karbon Aktif (*Activated Carbon*)**

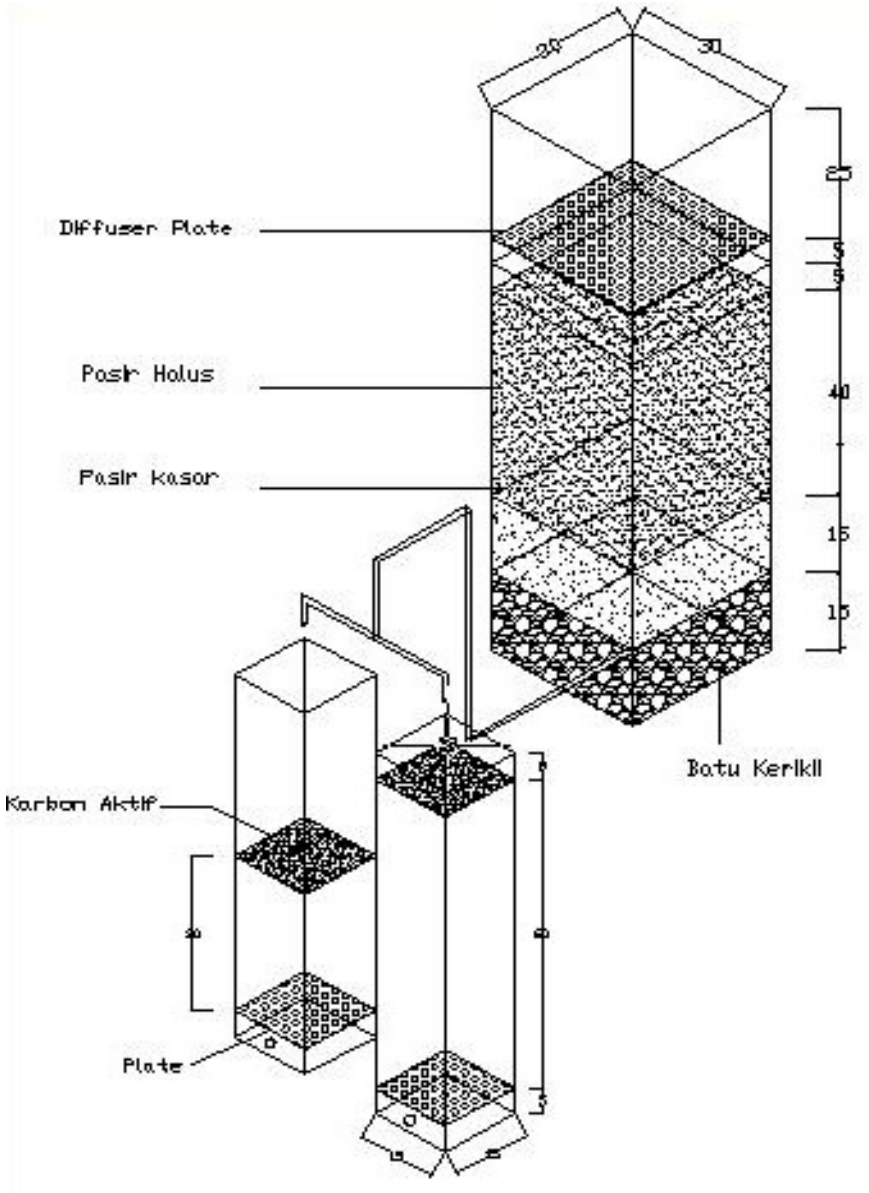
Reaktor pada unit karbon aktif terbuat dari bahan kaca dan berbentuk *rectangular* dengan dimensi lebar 15 cm, panjang 15 cm dan tinggi 70 cm. Jumlah reaktor yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 4 unit, dimana dengan variasi ketinggian media karbon aktif yang berbeda, 2 unit memiliki ketinggian media karbon aktif setinggi 30 cm dan 2 unit dengan ketinggian 60 cm. Unit ini merupakan unit pengolahan setelah melalui reaktor *biosand filter*.



Gambar 3.3 Reaktor Karbon Aktif

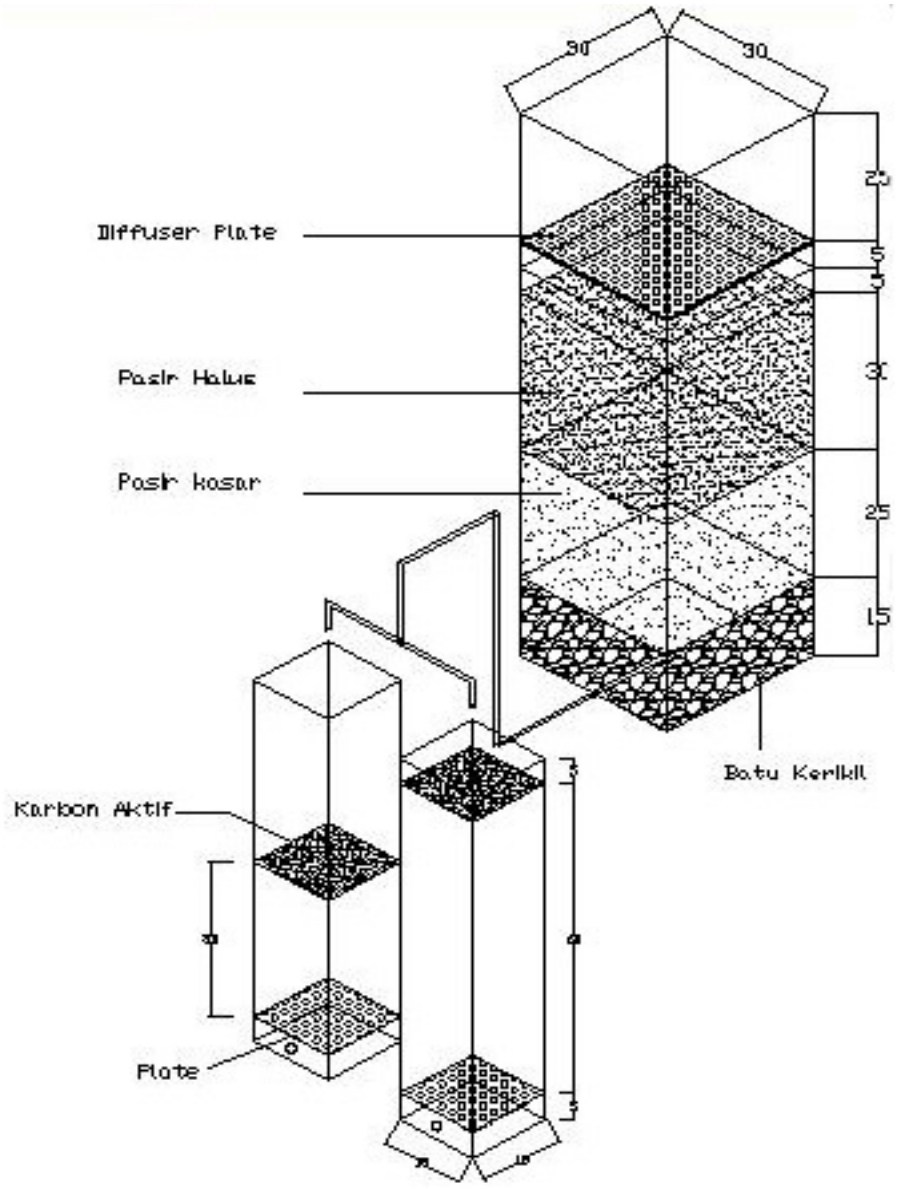
3.6.2.3 **Sketsa Susunan Reaktor *Biosand filter* dan Karbon aktif**

- Biosand Filter (40:15:15 cm) dan Karbon Aktif A1 (30cm) dan A2, (60cm)



Gambar 3.4 Sketsa susunan Biosand Filter (40:15:15 cm) dan Karbon Aktif A1 (30cm) dan A2, (60cm)

- Biosand Filter (30:25:15 cm) dan Karbon Aktif A1 (30cm) dan A2, (60cm)



Gambar 3.5 Sketsa susunan Biosand Filter (30:25:15 cm) dan Karbon Aktif B1 (30cm) dan B2, (60cm)

3.6.2.4 Reservoar dan Perlengkapan Penunjang

Reservoar ini difungsikan sebagai tempat penampungan air limbah *laundry*, yang memiliki kapasitas 250 liter sebanyak 2 buah, dan 1 buah berkapasitas 50 liter yang diletakan diatas menara sebagai reservoar utama, sedangkan 2 buah reservoar berkapasitas 250 liter difungsikan sebagai reservoar sementara sebelum dipompakan ke reservoar utama.

Peralatan penunjang lain yang digunakan dalam penelitan ini ialah pompa dan *bubble aerator,* dimana pompa berfungsi memompa limbah dari reservoar sementara ke reservoar utama. Sedangkan *bubble aerator* berfungsi sebagai *supply* oksigen pada saat proses penumbuhan lapisan *biofilm*.



Gambar 3.6 Reservoar utama dan sementara



Gambar 3.7 *Bubble aerator*

3.6.3 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini meliputi persiapan media, persiapan alat, pengambilan sampel awal, prosedur penelitian, proses sampling, dan tahap pengukuran parameter uji, yang diuraikan seperti dibawah ini Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari tiga tahapan. Adapun tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut :

3.6.3.1 **Persiapan Media**

Pada saat kebutuhan media yang akan digunakan telah siap, maka hal yang selanjutnya yang dilakukan ialah penyaringan dan pengayakan media, agar didapat media yang sesuai dengan kriteria yang direncanakan. Perlakuan selanjutnya ialah memasukan semua media (pasir halus, pasir kasar dan kerikil) ke dalam oven dengan suhu pemanasan 105º C, hal ini bertujuan untuk proses pengeringan dan sterillisasi media. Sedangkan untuk media karbon aktif setelah direndam dengan garam lalu dipanaskan didalm oven pada suhu 100º C .

3.6.3.2 Persiapan Alat

Setelah semua reaktor dalam keadan siap pakai**,** maka langkah selanjutnya ialah memasukan semua media ke dalam reaktor sesuai dengan urutan dan variasi yang direncanakan.

Pada reaktor *biosand filter* ketinggian total semua media didalam reaktor yaitu 70 cm, dengan ketinggian air diatas media pasir halus setinggi 5 cm, ini bertujuan agar pasir halus tidak mengalami kekeringan dan lapisan *biofilm* dapat tumbuh diatas permukaan pasir halus tersebut.

Agar *biofilm* tidak mengalami gangguan pada saat masuknya air sampel ke dalam reaktor, maka pada jarak 5 cm diatas permukaan air dipasang *Diffuser Plate* yang terbuat dari bahan fiber yang berfungsi menghambat laju masuknya air sampel dan gangguan lain dari luar yang dapat mengganggu lapisan *biofilm.*



Gambar 3.8 *Diffuser Plate*

Air sampel dimasukan ke dalam reaktor *biosand filter* sampai dengan ketinggian 75 cm, rendaman air setinggi 5 cm digunakan untuk proses penumbuhan lapisan *biofilm* pada permukaan pasir halus. Setiap 2 hari diberikan

nutrien urea dengan konsentrasi nitrogen 46% ke permukaan air yang ada di reaktor *biosand filter* yang bertujuan sebagai bahan makanan untuk bakteri yang ditumbuhkan.

Sedangkan reaktor karbon aktif sudah dapat digunakan secara langsung karena sudah dalam kondisi siap pakai. Pada reaktor karbon aktif ini proses yang terjadi ialah adsorpsi, diharapkan dari proses ini dapat meningkatkan efisiensi dari proses reduksi konsentrasi deterjen pada limbah *laundry*.

3.7 Pengambilan Sampel Awal

Limbah yang akan digunakan pada penelitian ini ialah limbah cair yang berasal dari proses *laundry*, sebelum penelitian dilakukan maka di ambil sampel awal untuk dijadikan bahan acuan pada penelitian selanjutnya.

Setelah dilakukan pengujian terhadap kandungan deterjen awal maka hasil yang didapat sebesar 2,35 mg/L atau 2350 µg/L. Dari data ini dapat diketahui bahwa kandungan deterjen yang terdapat dalam limbah cair *laundry* telah melebihi ambang batas bila ditinjau dari Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001, yang mengatur tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yang menetapkan kandungan maksimal kadar Deterjen sebagai MBAS *(Methyl Blue Active Subtance)* sebesar 200 µg/L atau 0,2 mg/l untuk sampel air golongan II dimana air yang dapat digunakan sebagai sarana rekreasi air, budi daya ikan, peternakan dan mengairi tanaman.

3.7.1 Proses Sampling

- Pengaliran dilakukan setiap hari selama penelitian dilakukan.
- Sebelum penelitian dilakukan, terlebih dahulu diadakan pengujian awal terhadap konsentrasi deterjen.
- Proses sampling dilakukan setiap 2 hari sekali lalu pemeriksaan terhadap parameter deterjen.
- Sampel untuk pengujian diambil dari 7 titik pengambilan, yaitu titik 1 pada Inlet (reservoar), titik 2 dan 3 pada *outlet* dari reaktor *biosand filter,* dan titik ke 3 sampai ke 7 berada pada *outlet* reaktor karbon aktif.

3.7.2 Pengukuran kandungan Deterjen

Effluent dari reaktor *biosand filter* dan reaktor karbon aktif dianalisa di Balai Pengujian Konstruksi dan Lingkungan (BPKL), Sleman, Yogyakarta. Analisa parameter ini menggunakan metode *spektrofotometri* yang mengacu pada SK SNI M-45-1990-03 tentang Metode Pengujian Kadar Deterjen Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Secara Biru Metilena.

3.8 Analisis Data

Untuk mengetahui efisiensi atau persen removal kandungan deterjen setelah melalui pengolahan, maka dihitung dengan membandingkan *influent* dan *effluent* yang akan dinyatakan dalam persen.

Perhitungan efisiensi :

$$E = \frac{C_0 - C_1}{C_1} \times 100\%$$

Dimana :

E = Efisiensi

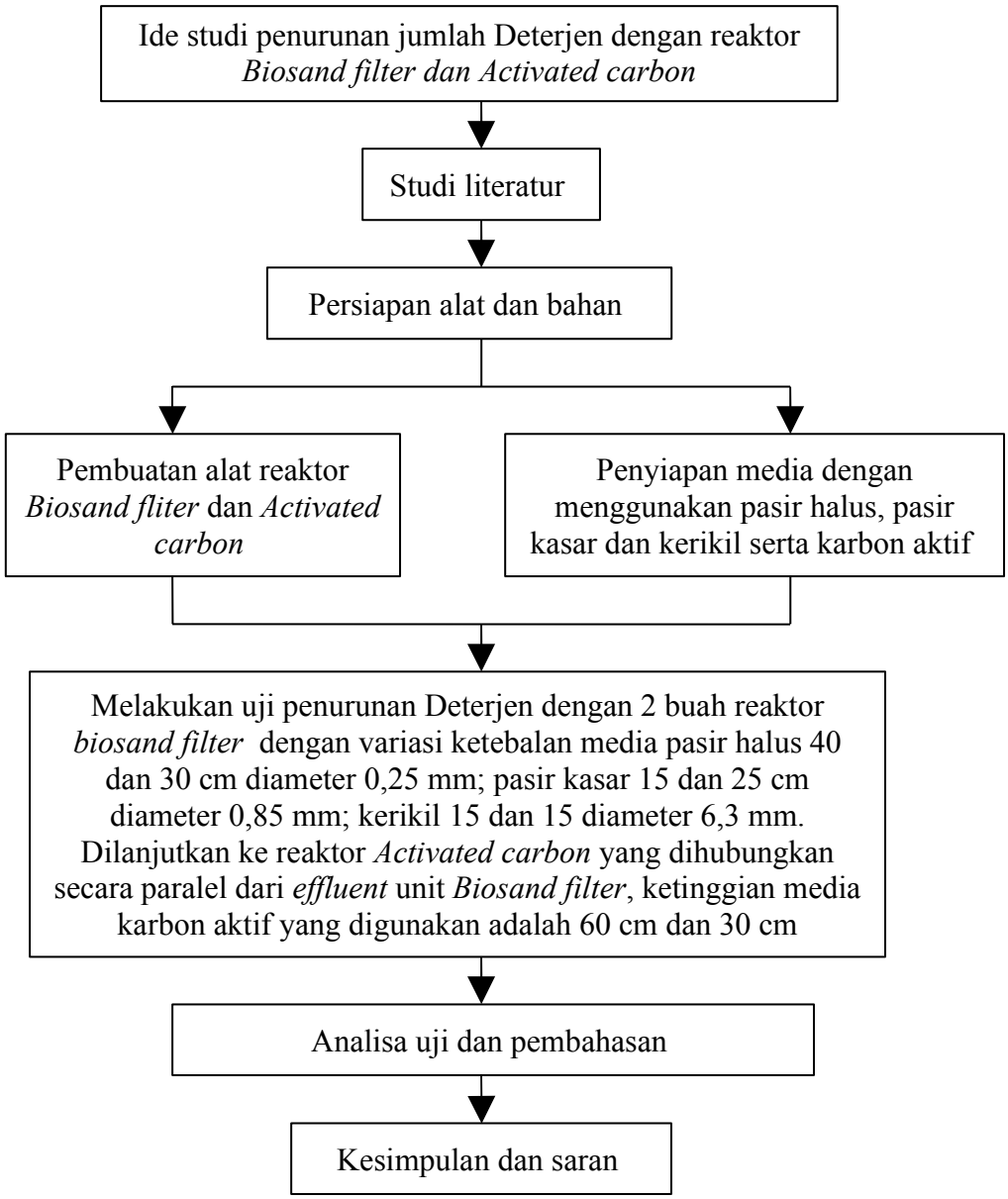
C_0 = Konsentrasi Deterjen awal (sebelum pengolahan)

C_1 = Konsentrasi Deterjen akhir (setelah pengolahan)

Data-data yang telah diperoleh selanjutnya akan diolah dengan uji statistik yaitu *One-Way ANOVA* pada program *SPSS* 15.0 *for Windows Evaluation Version.*untuk mengetahui pengaruh variasi media terhadap penurunan konsentrasi deterjen.

3.9 Kerangka Penelitian Tugas Akhir

Untuk mempermudah proses pengerjaan penelitian pada tugas akhir ini, maka dibuatlah diagram alir penelitian. Adapun Metodologi penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Penumbuhan Mikroorganisme *(Seeding)*

Perlakuan yang dilakukan pada tahap awal sebelum analisa kandungan deterjen didalam limbah cair *laundry* yaitu penumbuhan mikroorganisme *(Seeding)* pada ke dua reaktor *biosand filter*. Proses *seeding* ini bertujuan untuk membentuk lapisan *biofilm (biological layer),* lapisan *biofilm* merupakan akumulasi dari pertumbuhan bakteri (Pankratz, 2001), yang terletak diatas media pasir halus. Proses ini berlangsung selama ± 6 minggu, dimana semua media yang terdapat di dalam reaktor *biosand filter* direndam dengan limbah cair yang berasal dari proses *laundry* hingga ketinggian air rendaman 5 cm diatas media pasir halus. Apabila rendaman terlalu tinggi akan menyebabkan kekurangan *supply* oksigen yang akan berdampak matinya mikroorganisme pada lapisan *biofilm* karena proses metabolisme mikroorganisme terganggu, sedangkan bila terlalu rendah dapat menyebabkan kurangnya zona pertumbuhan lapisan *biofilm* (Tommy & Sophie, 2003). Penumbuhan bakteri ini dilakukan secara biakan tertutup (*batch culture*), dimana limbah tidak dialirkan secara kontinu.

Pertumbuhan lapisan *biofilm* banyak dipengaruhi berbagai faktor diantaranya interaksi antara bakteri, permukaan yang ditempeli, kelembaban permukaan, makanan (*nutrient*) yang tersedia, *supply* oksigen serta kondisi permukaan serta faktor lainnya. Untuk mendukung faktor-faktor diatas, pada penelitian ini diberikan *supply* oksigen yang berasal dari *bubble aerator.* Dalam pemenuhan nutrien yang dibutuhkan oleh mikroorganisme diberikan nutrien Urea yang memiliki konsentrasi nitrogen 46% dengan selang waktu 2 hari selama proses *seeding* berlangsung.

Untuk mengetahui lapisan *biofilm* telah terbentuk atau tidak, maka dilakukan pemantauan secara visual. Pemantauan secara visual dilakukan dengan melihat perubahan yang terjadi diatas media pasir halus, dimana diatas permukaan media tersebut terjadi perubahan warna dari kuning menjadi coklat dan timbulnya lapisan lendir pada permukaan media pasir halus serta disekitar dinding reaktor *Biosand filter*. Disamping itu dilakukan pengujian efisiensi *removal* reaktor

Biosand filter terhadap parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*), pengujian COD ini didasarkan pada indikasi keberadaan bahan organik yang dapat didegradasi secara biologis maupun sukar didegradasi menjadi CO_2, H_2O (Hefni, 2003). Apabila persen *removal* telah mencapai 50 % maka dapat dinyatakan bahwa telah terbentuk lapisan *biofilm* dan reaktor dalam kondisi *steady* serta dapat dilakukan *running* reaktor dengan pengaliran limbah secara kontinu.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektifitas reaktor *biosand filter* dan reaktor *Activated carbon* dalam mereduksi deterjen didalam limbah cair *laundry*. Pada saat melakukan pengujian awal, di ambil sampel dari 5 titik pengambilan yaitu, 1 sampel dari titik inlet dan 4 sampel dari titik outlet lalu diteliti dengan mengacu pada SK SNI M-45-1990-03.

Setelah melakukan pengujian awal, hasil yang diketahui dari kandungan deterjen dalam limbah cair *laundry* tersebut sebesar 2,35 mg/L atau sebesar 2350 µg/L. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001, tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yang menyebutkan kandungan maksimal kadar Deterjen sebesar 200 µg/L atau 0,2 mg/L untuk sampel air golongan II. Maka dari hasil diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa konsentrasi deterjen pada limbah cair *laundry* tersebut telah melalui nilai ambang batas yang telah ditetapkan, sehingga perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu karena akumulasi konsentrasi LAS sebagai bahan utama pembentuk deterjen yang melampaui 0,5 mg/L bersifat toksik bagi berbagai organisme akuatik dan dapat menggangu estetika lingkungan serta terganggunya pemanfaatan air sesuai peruntukannya (Zeni dan Caligiuri, 1992).

Untuk mengetahui efisiensi dan efektifitas dari reaktor *biosand filter* dan reaktor *activated carbon* dalam mereduksi konsentrasi deterjen pada limbah cair *laundry*, maka perlu dilakukan pengujian dan pemeriksaan konsentrasi sampel pada titik *inlet* kemudian membandingkannya dengan hasil dari keluaran (*outlet*) setelah sampel limbah melewati proses pengolahan dengan menggunakan reaktor *biosand filter* dan *activated carbon.*

4.2 Hasil Pengujian Deterjen

4.2.1 Hasil Pengujian Deterjen Pada Reaktor *Biosand filter* Dan *Activated Carbon*

Pada penelitian ini, pengujian kandungan deterjen dilakukan setiap 2 hari sekali. Titik sampling yang pertama atau hari ke-1 diambil sebanyak 5 titik pengambilan yaitu 1 titik dari *inlet* dan 4 titik dari *outlet* reaktor *biosand filter* dan *activated carbon,* namun untuk pengambilan ke-2 sampai terakhir, titik pengambilan ditambah 2 titik karena pada pengambilan pertama tidak menyertakan hasil keluaran dari reaktor *biosand filter* hanya menguji keluaran langsung dari reaktor *biosand filter* dan *activated carbon*. Pengujian ini hanya menguji sebanyak 84 sampel, dengan 12 kali pengambilan, karena persen *removal* dari pengolahan yang fluktuatif dan *relative* kecil.

Pada tabel-tabel dibawah ini menunjukan hasil dari pengujian dan efisiensi selama penelitian dilaksanakan.

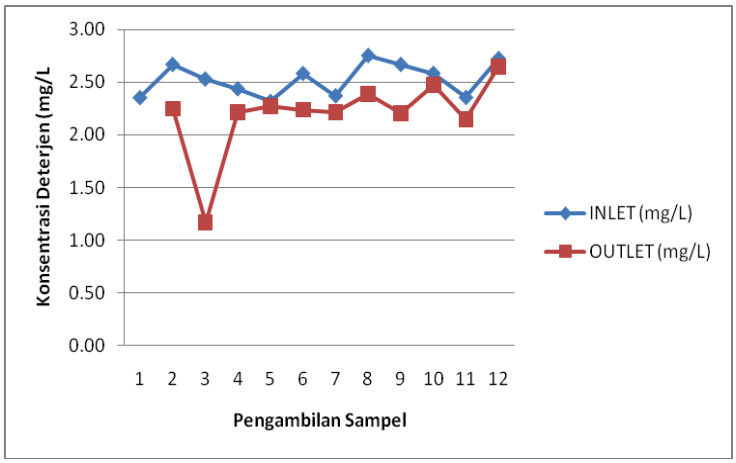
Tabel 4.1 Data pengujian kandungan Kandungan Deterjen pada *inlet* dan *outlet* dari *Biosand filter* (40:15:15 cm)

Pengambilan sampel	INLET (mg/L)	OUTLET (mg/L)	Efisiensi (%)
1	2.35		
2	2.67	2.25	15.71
3	2.53	1.17	53.77
4	2.44	2.22	8.93
5	2.32	2.27	1.91
6	2.58	2.24	13.27
7	2.37	2.22	6.47
8	2.75	2.39	13.20
9	2.67	2.21	17.28
10	2.58	2.47	4.17
11	2.35	2.15	8.73
12	2.72	2.65	2.72

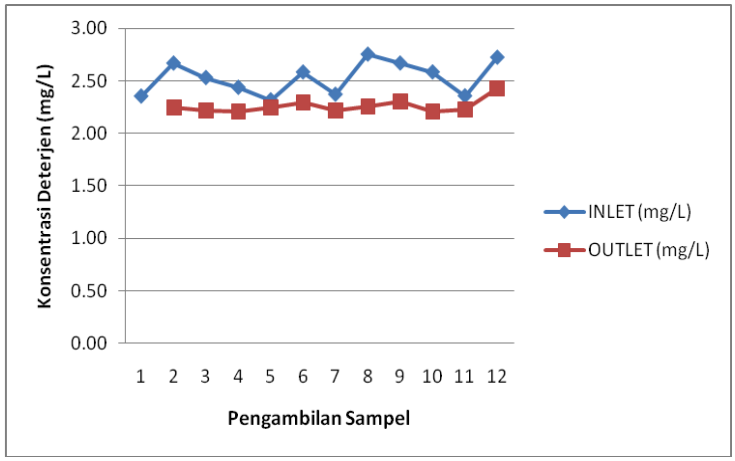
Tabel 4.2 Data pengujian kandungan Kandungan Deterjen pada *inlet* dan *outlet* dari Biosand filter (30:25:15 cm)

Pengambilan sampel	INLET (mg/L)	OUTLET (mg/L)	Efisiensi (%)
1	2.35		
2	2.67	2.25	15.71
3	2.53	2.22	12.15
4	2.44	2.21	9.18
5	2.32	2.25	2.80
6	2.58	2.29	11.11
7	2.37	2.22	6.17
8	2.75	2.26	17.88
9	2.67	2.30	13.77
10	2.58	2.21	14.41
11	2.35	2.23	5.22
12	2.72	2.43	10.92

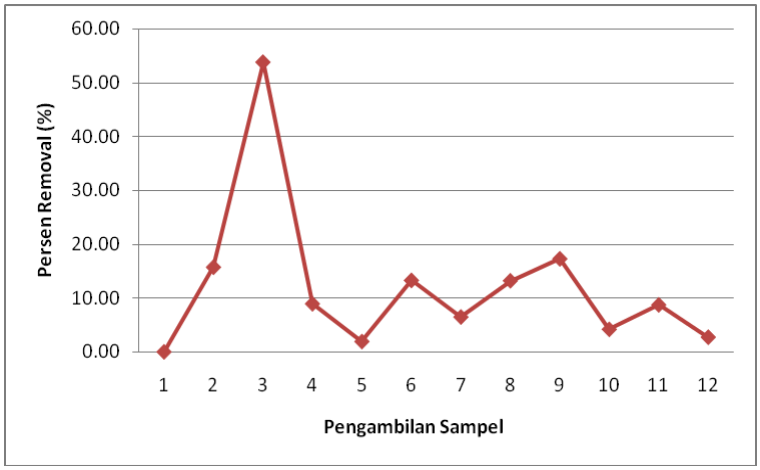
Hasil pengujian kandungan deterjen diatas dapat juga dilihat dalam bentuk grafik seperti yang terdapat dibawah ini.



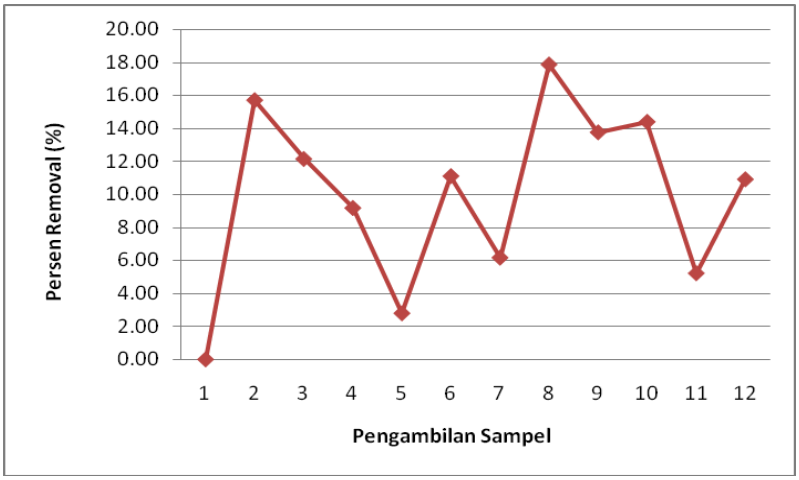
Gambar 4.1 Grafik konsentrasi Deterjen pada *inlet* & *outlet* dari *Biosand filter* (40:15:15 cm)



Gambar 4.2 Grafik konsentrasi Deterjen pada *inlet* & *outlet* dari *Biosand filter* (30:25:15 cm)



Gambar 4.3 Grafik efisiensi *removal* pada *Biosand filter* (40:15:15 cm)



Gambar 4.4 Grafik efisiensi *removal* pada *Biosand filter* (30:25:15 cm)

Dari tabel data dan grafik hasil penelitian, dapat dianalisa bahwa reaktor *biosand filter* dalam mereduksi konsentrasi deterjen mengalami fluktuasi, hal ini disebabkan karena terjadinya perbedaan konsentrasi limbah cair *laundry* yang masuk ke dalam bak penampung limbah (reservoar) mengingat keterbatasan volume tampung dari reservoar hingga limbah mengalami pencampuran pada saat penyediaan dan pengisian limbah pada bak penampung.

Faktor pemakaian jumlah deterjen terhadap perbandingan banyaknya cucian yang akan dicuci memiliki pengaruh yang besar terhadap fluktuasi dari konsentrasi limbah diatas, hal lain yang berpengaruh ialah adanya penambahan bahan pelembut kain dan pengharum pakaian (*softener*) yang dicampur pada proses pencucian. *Softener* tergolong surfaktan anionik yaitu surfaktan ammonium quaternary, bahan utama yang digunakan ialah Di-Hard Tallow Dimethyl Ammonium Chloride (DHTDMAC) yang mampu mengkombinasikan nitrogen dan massa bermolekul tinggi dengan rantai alkil yang panjang pada komposisi deterjen yaitu LAS (Kuo, 2006).

Berdasarkan data hasil penelitian, reaktor *Biosand filter* baik pada variasi ketebalan media (40:15:15 cm) dan (30:25:15 cm) bila dilihat dari persentase *removal* yang dicapai oleh kedua filter berkisar 10-20%, penurunan tertinggi sebesar 53 % pada pengambilan sampel ke-2 yang terdapat pada reaktor *biosand filter* pada variasi (40:15:15 cm) dan paling terendah terjadi pada pengambilan ke-5 yaitu 1,91%. Sedangkan penurunan tertinggi yang terjadi pada reaktor *biosand filter* dengan variasi (30:25:15 cm) sebesar 17,88 % dipengambilan ke-8 dan yang terendah terjadi pada pengambilan ke-5 sebesar 2,80%.

Efisiensi *biosand filter* dalam menurunkan bahan-bahan organik berkisar antara 50-90% (Anonim, 2004) tetapi bila ditinjau dari segi komposisi deterjen, sekitar 50% dari konsentrasi deterjen lolos dari pengolahan limbah secara konvensional karena bahan utama pembentuk deterjen yaitu ABS (Alkyl Benzen Sulfonat) dan LAS (Linear Alkyl Sulfonate) yang tergolong *non-biodegradable* dan dapat mematikan mikroorganisme yang terakumulasi didalam *lapisan biofilm* (Manahan, 2000).

Untuk data-data pengujian selanjutnya yang didapat selama proses penelitian, dibawah ini akan dijelaskan dalam bentuk grafik dan tabel.

4.2.2 Data Pengujian Deterjen Dari Reaktor *Biosand filter* (40:15:15)-*Activated carbon* (30 cm) dan *Biosand filter* (30:25:15 cm)-*Activated carbon* (30 cm)

Pada variasi unit reaktor pengolahan pertama yaitu kombinasi antara reaktor *biosand filter* (40:15:15 cm) dan *activated carbon* (30 cm) dengan *biosand filter* (30:25:15 cm) dan *activated carbon* (30 cm). Dimana dari hasil pengujian pada variasi unit ini diketahui bahwa kandungan deterjen pada limbah cair *laundry* mengalami penurunan setelah melewati media-media yang ada pada reaktor *biosand filter*, begitu juga pada saat melalui reaktor *activated carbon*, penurunan yang terjadi pada kedua reaktor tidak begitu signifikan dan cendrung fluktuatif, efisiensi penurunan paling tertinggi pada reaktor *biosand filter* (40:15:15 cm) dan *activated carbon* (30 cm) terjadi pada pengambilan ke-3 dan terendah pada saat pengambilan ke-12. Sedangkan untuk reaktor *biosand filter* (30:25:15 cm) dan *activated carbon* (30 cm) penurunan tertinggi pada pengambilan ke-4 dan terendah pada pengamblan ke-7. Data dari kedua variasi reaktor diatas dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

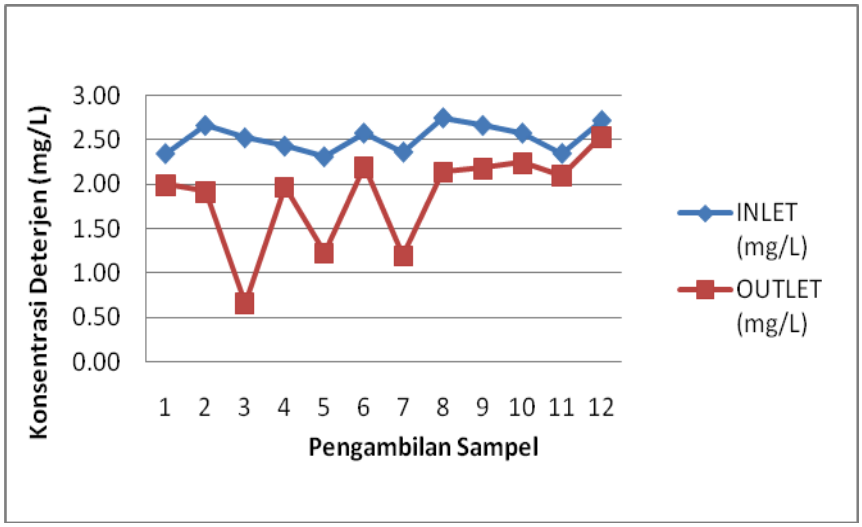
Tabel 4.3 Hasil Pengujian kadar deterjen Pada Reaktor *Biosand filter* (40:15:15 cm) dan *Activated Carbon* (30 cm)

Pengambilan sampel	INLET (mg/L)	OUTLET (mg/L)	Efisiensi (%)
1	2.35	1.99	15.23
2	2.67	1.92	28.19
3	2.53	0.66	73.85
4	2.44	1.97	19.02
5	2.32	1.23	46.99
6	2.58	2.20	14.88
7	2.37	1.20	49.31
8	2.75	2.14	22.31
9	2.67	2.18	18.32
10	2.58	2.24	13.21
11	2.35	2.10	10.85
12	2.72	2.54	6.78

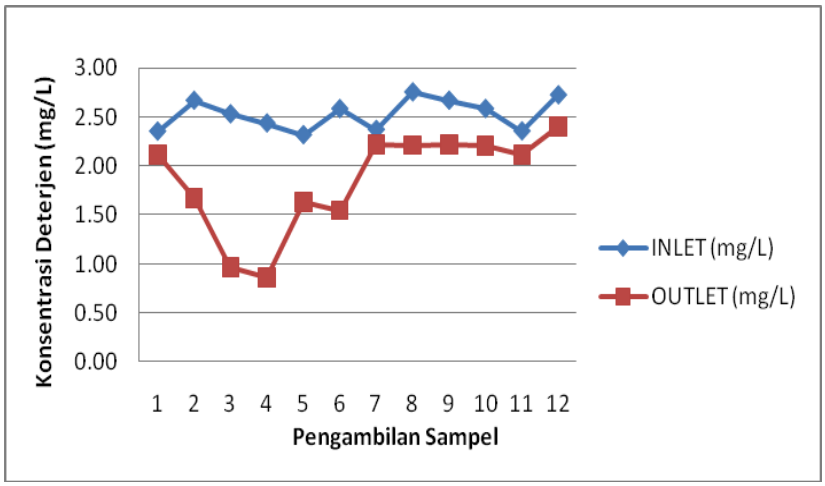
Tabel 4.4 Hasil Pengujian kadar deterjen Pada Reaktor *Biosand filter* (30:25:15 cm) dan *Activated Carbon* (30 cm)

Pengambilan sampel	INLET (mg/L)	OUTLET (mg/L)	Efisiensi (%)
1	2.35	2.11	10.18
2	2.67	1.67	37.21
3	2.53	0.97	61.62
4	2.44	0.86	64.54
5	2.32	1.63	29.64
6	2.58	1.55	40.03
7	2.37	2.22	6.43
8	2.75	2.21	19.65
9	2.67	2.22	16.92
10	2.58	2.20	14.74
11	2.35	2.11	10.25
12	2.72	2.40	11.74

Dari data pengujian diatas juga dapat dilihat dalam bentuk grafik, seperti yang digambarkan dibawah ini.



Gambar 4.5 Grafik konsentrasi Deterjen pada *inlet* & *outlet* dari *Biosand filter* (40:15:15) dan *Activated Carbon* (30 cm)



Gambar 4.6 Grafik konsentrasi Deterjen pada *inlet* & *outlet* dari *Biosand filter* (30:25:15 cm) dan *Activated Carbon* (30 cm)

4.2.3 Data Pengujian Deterjen Dari Reaktor *Biosand filter* (40:15:15)-*Activated Carbon* (60 cm) dan *Biosand filter* (30:25:15 cm)-*Activated Carbon* (60 cm)

Pada variasi unit reaktor pengolahan kedua yaitu kombinasi antara reaktor *biosand filter* (40:15:15 cm) dan *activated carbon* (60 cm) dengan *biosand filter* (30:25:15 cm) dan *activated carbon* (60 cm). Hasil dari pengujian pada variasi unit ini diketahui bahwa kandungan deterjen pada limbah cair *laundry* setelah diolah mengalami penurunan yang cukup baik dibandingkan dengan varisai reaktor sebelumnya, meskipun penurunan yang terjadi masih fluktuatif, pada reaktor *biosand filter* (40:15:15 cm) dan *activated carbon* (60 cm) penurunan tertinggi sebesar 73,85 % pada saat pengambilan sampel ke-3 dan penurunan terendah terjadi pada pengaliran ke-12 sebesar 6,78 %. Sedangkan untuk reaktor *biosand filter* (30:25:15 cm) dan *activated carbon* (60 cm) penurunan tertinggi tertinggi pada pengambilan ke-4 sebesar 85.95% dan terendah pada pengambilan ke-11 yaitu sebesar 6.77%. dari kedua reaktor diatas dapat dilihat terjadi efisiensi penurunan yang dipengaruhi oleh variasi media dan waktu pengaliran limbah.

Hasil dari pengujian kedua variasi reaktor diatas dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

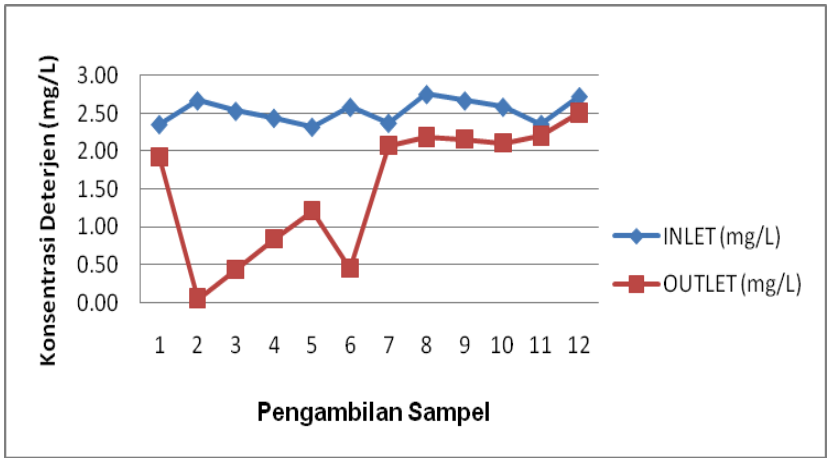
Tabel 4.5 Hasil Pengujian kadar deterjen Pada Reaktor *Biosand filter* (40:15:15 cm)-*Activated Carbon* (60 cm)

Pengambilan sampel	INLET (mg/L)	OUTLET (mg/L)	Efisiensi (%)
1	2.35	1.92	18.50
2	2.67	0.05	98.05
3	2.53	0.44	82.70
4	2.44	0.84	65.58
5	2.32	1.21	47.77
6	2.58	0.45	82.61
7	2.37	2.07	12.69
8	2.75	2.18	20.71
9	2.67	2.15	19.29
10	2.58	2.10	18.63
11	2.35	2.20	6.49
12	2.72	2.50	8.02

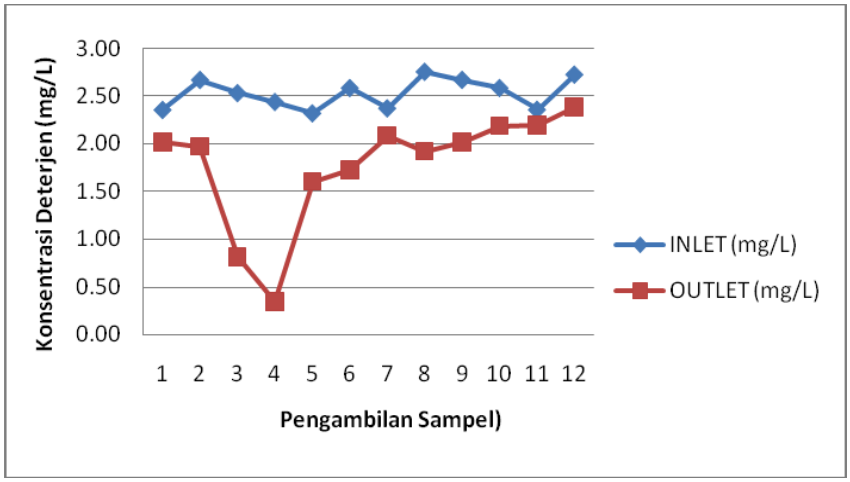
Tabel 4.6 Hasil Pengujian kadar deterjen Pada Reaktor *Biosand filter* (30:25:15 cm)-*Activated Carbon* (60 cm)

Pengambilan sampel	INLET (mg/L)	OUTLET (mg/L)	Efisiensi (%)
1	2.35	2.02	14.25
2	2.67	1.97	26.05
3	2.53	0.81	67.96
4	2.44	0.34	85.95
5	2.32	1.60	30.75
6	2.58	1.73	33.14
7	2.37	2.08	12.01
8	2.75	1.92	30.17
9	2.67	2.02	24.39
10	2.58	2.19	15.30
11	2.35	2.19	6.77
12	2.72	2.39	12.37

Dari data pengujian diatas juga dapat dilihat dalam bentuk grafik, seperti yang digambarkan dibawah ini.



Gambar 4.7 Grafik konsentrasi Deterjen pada *inlet* & *outlet* dari *Biosand filter* (40:15:15 cm) - *Activated Carbon* (60 cm)



Gambar 4.8 Grafik konsentrasi Deterjen pada *inlet* & *outlet* dari *Biosand filter* (30:25:15 cm) - *Activated Carbon* (60 cm)

4.3 Pembahasan

Peningkatan penggunaan deterjen oleh masyarakat telah secara nyata menghasilkan limbah cair domestik yang mengandung LAS dan mencemari ekosistem perairan (Jimenez *et al*, 1991)

Sumber deterjen didalam lingkungan perairan disebabkan oleh pembuangan dari rumah tangga atau industri rumahan yang membuang sisa hasil kegiatannya tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu, di kota Yogyakarta, industri jasa rumahan pencucian pakaian (*laundry*) banyak terdapat di Kabupaten

Sleman, dimana sebagian dari industri tersebut membuang langsung limbah cair dari proses *laundry* ke badan air yang berada disekitarnya tanpa melewati pengolahan apapun. Hal ini dapat membahayakan lingkungan perairan. Bila ditinjau dari komposisi deterjen itu sendiri, deterjen dapat dikategorikan sebagai polutan organik (Manahan, 2000).

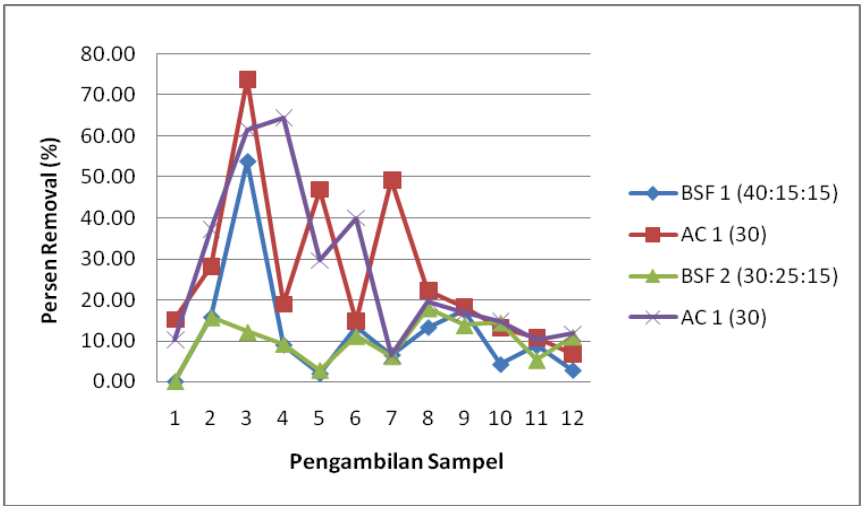
Metode pengujian yang digunakan dalam meneliti kandungan deterjen pada penelitian ini menggunakan metode *spektrofotometer* secara biru metilena yang mengikuti prosedur SK SNI M-45-1990-2003. Pengujian terhadap MBAS (*Methylene Blue Active Substances*) menunjukan keberadaan ABS (Alkil Benzene Sulfonat) dan LAS (Linear Alkil Sulfonat) sebagai bahan utama pembentuk deterjen. Metode analisa MBAS digunakan untuk mengidentifikasi dan menghitung konsentrasi surfaktan anionik sebagai LAS (Salvato, 2003).

Perlakuan terhadap pengujian konsentrasi deterjen tidak mengalami perlakuan berbeda dalam proses sampling walaupun kedua reaktor memiliki variasi media yang berbeda.

Pengambilan sampel dilakukan di 7 titik yang telah ditentukan selama 2 hari sekali. Sampel yang diteliti sebanyak 84 sampel yang berasal dari titik pengambilan sampel. Setelah dilakukan pengujian di laboratorium terhadap sampel maka data yang di butuhkan akan didapat. Di bawah ini akan dipaparkan nilai efisiensi *removal* konsentrasi deterjen yang berasal dari hasil uji laboratorium dari masing-masing unit variasi.

Tabel 4.7 **Efisiensi *Removal* Deterjen Pada *Biosand filter* (40:15:15 cm)-*Activated Carbon* (30 cm) Dan *Biosand filter* (30:25:15 cm)-*Activated Carbon* (30 cm)**

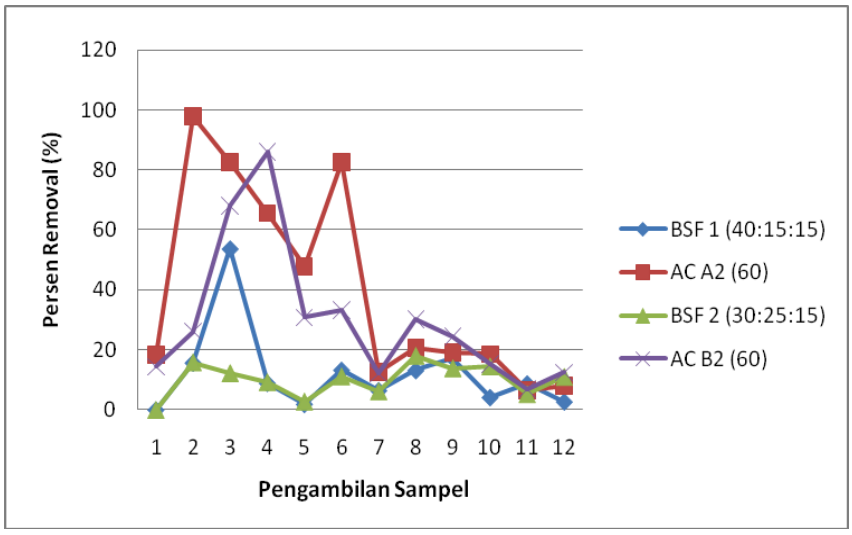
Pengambilan sampel	BSF 1 (40:15:15) (%)	AC A1 (30) (%)	BSF 2 (30:25:15) (%)	AC B1 (30) (%)
1	0.00	15.23	0.00	10.18
2	15.71	28.19	15.72	37.21
3	53.77	73.85	12.15	61.62
4	8.93	19.02	9.18	64.54
5	1.91	46.99	2.80	29.64
6	13.27	14.88	11.11	40.03
7	6.47	49.31	6.17	6.43
8	13.20	22.31	17.88	19.65
9	17.28	18.32	13.77	16.92
10	4.17	13.21	14.41	14.74
11	8.73	10.85	5.22	10.25
12	2.72	6.78	10.92	11.74
Rata-rata	12.18	26.58	9.94	26.91



Gambar 4.9 Grafik Efisiensi *removal* Deterjen Pada *Biosand filter* (40:15:15 cm)-*Activated Carbon* (30 cm) Dan *Biosand filter* (30:25:15 cm)- *Activated Carbon* (30 cm)

Tabel 4.8 **Efisiensi *removal* Deterjen Pada *Biosand filter* (40:15:15 cm)-*Activated Carbon* (60 cm) Dan *Biosand filter* (30:25:15 cm)-*Activated Carbon* (60 cm)**

Pengaliran (Hari)	BSF 1 (40:15:15) (%)	AC A2 (60) (%)	BSF 2 (30:25:15) (%)	AC B2 (60) (%)
1	0	18.50	0	14.25
2	15.71	98.05	15.72	26.05
3	53.77	82.70	12.15	67.96
4	8.93	65.58	9.18	85.95
5	1.91	47.77	2.8	30.75
6	13.27	82.61	11.11	33.14
7	6.47	12.69	6.17	12.01
8	13.2	20.71	17.88	30.17
9	17.28	19.29	13.77	24.39
10	4.17	18.63	14.41	15.30
11	8.73	6.49	5.22	6.77
12	2.72	8.02	10.92	12.37
Rata-rata	12.18	40.09	9.94	29.93



Gambar 4.10 Grafik Efisiensi *removal* Deterjen Pada *Biosand filter* (40:15:15 cm)-*Activated Carbon* (60 cm) Dan *Biosand filter* (30:25:15 cm)- *Activated Carbon* (60 cm)

Berdasarkan hasil uji laboratorium diatas, pada variasi unit pertama (BSF1–ACA1) menunjukan bahwa reaktor tersebut mampu menurunkan konsentrasi deterjen pada limbah cair *laundry* sebesar 1.91 % hingga 53.77 % dengan rata-rata penurunan keseluruhan sebesar 12.18 %, dan *activated carbon* A1 sebesar 6.78 % sampai 73.85 % dengan rata-rata penurunan sebesar 26.58 %, sedangkan pada variasi unit kedua (BSF2–ACB1) efisiensi yang dicapai *biosand filter* sebesar 2.80 % hingga 17.88 % dengan rata-rata penurunan sebesar 9,94 % dan untuk *activated carbon* B1 penurunan mencapai 6,43 % sampai 64,54 % dengan rata-rata sebesar 26,91 %.

Efisiensi variasi dari reaktor *biosand filter* 1 dan 2 sama seperti yang telah dijelaskan diatas, efisiensi selanjutnya hanya terjadi perbedaan pada efisiensi *Activated Carbon* A2 dan B2, pada *activated carbon* A2 penurunan konsentrasi deterjen sebesar 6,49 % hingga 98,05 % dengan rata-rata *removal* sebesar 40,09 %, sedangkan pada *activated carbon* B2 *removal* terjadi dari rentang 6,77 % hingga 85,95 % dengan rata-rata *removal* 29,93 %.

Berdasarkan dari data efisiensi *removal* diatas, maka dapat dilihat pada variasi yang dapat menurunkan konsentrasi deterjen secara efektif atau tidak. Bila dibandingkan nilai efisiensi rata-rata antara variasi reaktor (BSF1–ACA1) sebesar 26,58% dan (BSF2–ACB1) sebesar 26,91 % dapat dilihat bahwa efisiensi antara kedua variasi *relative* tidak terjadi perbedaan yang begitu besar dan dapat dinyatakan memiliki efisiensi yang sama. Meski memiliki efisiensi rata-rata yang sama, kedua variasi tersebut tidak dapat menurunkan konsentrasi deterjen dengan efisiensi yang cukup besar dan tergolong kurang efektif.

Sedangkan untuk variasi reaktor (BSF1–ACA2) yang memiliki rata-rata efisiensi sebesar 40.09% dan (BSF1–ACB2) sebesar 29,93% mengindikasikan bahwa variasi (BSF1–ACA2) lebih efektif dari variasi (BSF1–ACB2). Penurunan kedua variasi ini masih belum efektif, karena diharapkan terjadi penurunan rata-rata minimal 50% dari masing-masing variasi reaktor, namun dibandingkan dengan variasi lainnya, variasi (BSF1–ACA2) *relative* efektif.

Mekanisme yang terjadi pada reaktor *biosand filter* sama seperti mekanisme yang terjadi pada saringan pasir lambat (*slow sand filter*) yaitu 1) *Mechanical Straining,* 2) Sedimentasi, 3) Adsorpsi, 4) Proses Biokimia. Dimana pada proses *mechanical straining* terjadi penyaringan antara partikel-partikel

tersuspensi yang terdapat di dalam limbah dikarenakan ukuran partikel lebih besar dari pada ukuran media pasir sehingga partikel-partikel tersebut tersangkut pada rongga antar media. Proses sedimentasi terjadi disebabkan mengendapnya partikel-partikel tersuspensi pada lapisan media dari proses *mechanical straining* yang memenuhi rongga media, hal ini dapat menjadi faktor jenuhnya media saring (Huisman, 1974). Proses adsorpsi pada media dikarenakan adanya tumbukan antara partikel-partikel tersuspensi dengan butiran pasir. Menurut Meirani (2007) pada tahun 1985 Razif menyatakan bahwa Pasir juga mampu menarik partikel-partikel yang lewat sebagai hasil dari daya tarik menarik elektrostatik, yaitu antara partikel yang mempunyai muatan listrik berlawanan.

Sedangkan proses biokimia yang terjadi ialah pendegradasian polutan didalam limbah oleh organisme yang terakumulasi pada lapisan *Schmutzdecke* atau *biofilm* (Huisman, 1974). Proses biokimia terjadi akibat adanya penguraian mikroorganisme/bakteri aerob yang menggunakan oksigen untuk mengurai pencemar (Metcalf & Eddy, 2003) seperti ditunjukan pada reaksi dibawah ini.

$$\text{Senyawa organik} + O_2 + \text{mikroba} + N + P \longrightarrow \text{mikroba baru} + H_2O + CO_2 + NH_3$$

Menurut Suharjono *et al* (2007) pertumbuhan mikroorganisme dan berkurangnya konsentrasi LAS sebagai bahan formulasi deterjen, mengindikasikan bahwa mikroorganisme/mikroba mampu mendegradasi dan memanfaatkan LAS sebagai sumber karbon, energi atau belerang untuk pertumbuhannya.

Schöberl (1988) menjelaskan mekanisme sederhana degradasi LAS secara aerob, dimana terjadi beberapa tahap yaitu meliputi oksidasi 2 kelompok methyl yang ada pada rantai alkyl menjadi kelompok carboxyl (oksidasi-ω), lalu proses oksidasi pemendekan rantai alkyl yang meliputi pemendekan 2 atom karbon pada rantai alkyl yang memiliki atom karbon sepanjang 12-14 sampai atom karbon pada rantai alkyl tersisa menjadi 4-5 atom karbon (oksidasi-β). Setelah rantai alkil memiliki atom karbon sebanyak 4 atau < 4, maka proses yang terjadi diantaranya perombakan cicin benzen dimana terjadi proses pemecahan gugus molekul sulphonate didalam linear alkil sulphonate atau alkil benzene sulphonate (desulfonolisis) pada proses metabolisme oleh mikroba dengan hasil akhir diantaranya CO_2, H_2O serta materi lainnya.

Penurunan rata-rata konsentrasi deterjen dengan *biosand filter* pada penelitian ini *relative* kecil yaitu < 50 %. Hal ini dapat disebabkan oleh rusaknya lapisan *biofilm* yang mengakumulasi mikroorganisme didalam lapisan *biofilm*, ini disebabkan oleh bahan penyusun deterjen yang tergolong keras atau *nonbiodegradable* seperti ABS (Alkil Benzene Sulfonat), meski ABS telah lama dilarang untuk digunakan sebagai bahan dasar deterjen dan sekarang telah diganti LAS (Linear Alkil Sulfonat) yang relatif *degradable*, tetapi LAS juga memiliki sifat yang *nonbiodegradable* meskipun tergolong lebih aman dari ABS (Zoller, 2004).

Menurut Zhang *et al* (2005) pada tahun 1986 Falbe melaporkan bahwa konsentrasi deterjen pada 1-5 mg/L dapat membunuh mikroorganisme dan pada konsentrasi rendah 0,5 mg/L dapat menimbulkan busa serta menimbulkan masalah pada sistem pengolahan limbah.

Fluktuasi konsentrasi deterjen yang masuk pada reaktor *biosand filter* menjadi salah satu faktor kerusakan lapisan *biofilm.* Peningkatan konsentrasi LAS yang melampaui kapasitas kemampuan sel akan menyebabkan terganggunya metabolisme sel. Hal tersebut akan menyebabkan menurunnya degradasi LAS dan bahkan dapat menyebabkan kematian sel (Sudiana, 2004).

Disamping itu, meski pemberian oksigen dengan *bubble aerator* telah diberikan pada reaktor *biosand filter* untuk *supply* oksigen, kepekatan deterjen yang tinggi dapat menghalangi masuknya oksigen ke larutan uji (limbah deterjen) yang berdampak kematian pada mikroorganisme karena porsi oksigen untuk kebutuhan metabolisme berkurang (Halang, 2004).

Hasil penelitian Suharjono *et al* (2007) menyatakan bahwa beberapa strain mikroba seperti *Pseudomonas* memiliki kemampuan pertumbuhan dan potensi biodegradasinya terhadap LAS berkurang setelah terjadi inkubasi selama kurang lebih 72 jam, meskipun redisu LAS masih ada.

Zoller (2004) menerangkan bahwa pada tahun 1999 Gorelik *et al* menyatakan pengolahan secara biologis surfaktan anionik dapat lebih cepat dan efisien jika dilakukan secara *batch* dibandingkan dengan pengolahan dengan aliran kontinu. Penelitian menggunakan reaktor *biosand filter* dan karbon aktif ini menggunakan sistem aliran kontinu (*continuous flow)* pada saat pengujian dan sistem *batch* dilakukan hanya pada saat proses pertumbuhan mikrobia pada

reaktor *biosand filter*. Berdasarkan analisa peniliti, hal ini dapat menjadi faktor tidak efisiennya pendegradasian yang terjadi pada reaktor *biosand filter* yang disebabkan oleh ketidak seragaman sistem aliran dan berakibat penumbuhan bakteri yang akan mengakumulasi menjadi *biofilm* menjadi terhambat.

Pada penelitian ini, digunakan karbon aktif butiran *(Granular Active Carbon)*. Ukuran partikel dan luas permukaan karbon aktif memiliki pengaruh yang besar terhadap kecepatan adsorpsi. Kecepatan adsorpsi karbon aktif butiran lebih kecil bila dibandingkan dengan karbon aktif berbentuk serbuk (Cheremisinoff, 1978).

Dari hasil penelitian ini, efisiensi dari karbon aktif dalam menurunkan deterjen *relative* kecil. Bila dilihat dari persentase *removal* yang dicapai oleh variasi media pada reaktor karbon aktif AC A1 (30cm) efisiensi rata-rata penurunan hanya sebesar 26,58% sedangkan pada reaktor AC A2 (60 cm) efisiensi rata-rata sebesar 40,09%, untuk reaktor AC B1 (30 cm) penurunan rata-rata yang dicapai sebesar 26,91% dan reaktor AC B2 (60 cm) sebesar 29,93 %. Dari ke empat reaktor diatas dapat dilihat bahwa efektitas tertinggi terjadi pada reaktor AC A2 (60 cm) yaitu 40.,09 %, meski efisiensi belum mencapai 50%.

Karbon aktif mengadsorpsi polutan terjadi dari beberapa tahap diantaranya ialah 1) Transfer molekul adsorbat (Deterjen) menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben (karbon aktif), 2) Difusi adsorbat melalui lapisan film, 3) Difusi adsorbat melalui pori-pori dalam adsorban, 4) Adsorpsi adsorbat pada permukaan adsorban (Cheremisinoff, 1978).

Kurang efektifnya karbon aktif dalam menurunkan konsentrasi deterjen didalam limbah *laundry* ini dapat terjadi karena adanya unsur nitrogen dari urea, seperti yang diketahui bahwa urea atau carbamide ialah suatu senyawa organik yang terdiri dari unsur karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen dengan rumus CON_2H_4 atau $(NH_2)_2CO$ (Anonim, 2007).

Urea digunakan sebagai nutrien oleh mikroorganisme untuk membantu pertumbuhan sel yang akan terakumulasi menjadi lapisan *biofilm* pada saat proses *seeding*, lama proses *seeding* pada penelitian ini berlangsung selama 6 minggu dan setiap 2 hari sekali diberikan urea dengan konsentrasi Nitrogen 46% pada rendaman air yang terdapat di atas media pasir pada reaktor *biosand filter*.

Pemakaian urea pada proses *seeding* dengan sistem biakan tertutup (*batch culture*) belum digunakan secara maksimal oleh mikroorganisme yang ada, dan akhirnya terjadi penumpukan unsur urea didalam reaktor. Penelitian ini menguatkan simpulan Suharjono *et al* (2007) yang menyatakan bahwa proses perkembangbiakan mikroorganisme dengan sistem tertutup dapat menyebabkan lambatnya pertumbuhan mikroorganisme karena hasil metabolit yang terakumulasi didalam media dapat menghambat pertumbuhan sel bakteri.

Nitrogen yang berada dalam air limbah berasal dari nitrogen organik dalam bentuk protein. Dengan bertambahnya waktu, kadar nitrogen organik berkurang karena dikonversi menjadi ammonia. Dalam keadaan oksigen tercukupi, amonia dioksidasi menjadi nitrit (NO_2) dan nitrat (NO_3) yang berakibat berkurangnya senyawa amonia, sedangkan terjadi peningkatan kadar nitrit dan nitrat (Hefni, 2003).

Hefni (2003) melaporkan bahwa pada tahun 1994 Novoty dan Olem menyatakan Nitrit merupakan senyawa peralihan antara amonia dan nitrat (nitrifikasi). Nitrifikasi adalah proses oksidasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat, proses ini merupakan proses yang penting dalam siklus nitrogen dan berlangsung pada kondisi aerob. Keberadaan nitrit dapat menggambarkan berlangsungnya proses biologis perombakan bahan organik yang memiliki kadar oksigen terlarut sangat rendah. Penelitian ini menguatkan pernyataan Novoty dan Olem (1994) serta simpulan Halang (2004).

Keberadaan nitrogen organik dari urea yang terkontak dengan karbon aktif dapat mengakibatkan perubahan karakter karbon aktif menjadi tidak suka air (*hydrophobic*) dan berdampak berkurangnya daya serap karbon aktif terhadap senyawa MBAS (*Methylene Blue Active Substances*) atau biru metilena yang bersifat sebagai zat warna basa (Meenakshi, 2005).

Pendleton dan Sophie (2001) menyimpulkan bahwa struktur kimia permukaan karbon aktif memiliki pengaruh yang besar dibandingkan besarnya ukuran pori dari karbon aktif. Adsorpsi merupakan proses masuknya atau terserapnya molekul kedalam pori-pori, maka proses ini bergantung pada karakteristik karbon aktif.

Kurang efektifnya daya adsorpsi dari karbon aktif dalam menyerap deterjen pada penelitian ini juga dapat disebabkan oleh faktor penyiapan karbon

aktif yang sebelumnya dilakukan pengaktifan dengan menggunakan garam yodium dan dipanaskan didalam oven dengan suhu 100°C. Meenakshi (2005) menyatakan bahwa aktivasi porositas dan aktivasi struktur kimia karbon aktif digunakan reagen $ZnCl_2$, H_3PO_4 dan dipanaskan pada suhu 450-600°C, yang dapat mengaktivasi dan membentuk mikroporositas pada karbon sebesar 75%.

Ketinggian media yang berbeda pada unit *biosand filter* dan karbon aktif pada penelitian ini ialah untuk mengetahui apakah ada perbedaan pada penurunan konsentrasi deterjen bila diolah pada ketinggian yang berbeda. Begitu juga dengan perbedaan ketinggian media karbon aktif, ketinggian media setinggi 60 cm (AC A2 dan AC B2) menunjukan pengaruh efektifitas yang sangat relative signifikan bila dibandingkan dengan ketinggian media karbon 30 cm (AC A1 dan AC B1), hal ini dapat dilihat dari persen penurunan dari ke empat reaktor, hal ini juga dipengaruhi oleh waktu kontak limbah dengan karbon aktif dan tipe bahan yang akan diadsorp menggunakan karbon aktif serta terdapatnya bahan organik lain yang terdapat pada limbah yang akan diadsorp (Anonim, 2006)

Beberapa unsur kimia yang kurang baik diikat oleh karbon aktif diantaranya lithium, alcohols, glycols, ammonia dan beberapa mineral organik seperti sodium, arsenik, fluorine, serta borax (Anonim, 2007). Bila dilihat dari unsur pembentuk deterjen yang terdiri dari unsur sodium dan borax, maka dapat dijadikan sebagai salah satu faktor kurang efektifnya kinerja karbon aktif dalam menurunkan konsentrasi deterjen pada penelitian ini.

Tidak meratanya kontak limbah dengan karbon aktif yang terdapat di dalam reaktor karbon aktif dapat menjadi faktor cepat jenuhnya karbon aktif yang berakibat penurunan daya adsorpsi karbon terhadap konsentrasi deterjen didalam limbah (Meirani, 2007).

Efisiensi karbon aktif dalam menyerap polutan dipengaruhi oleh nilai pH, Zor (2003) menyimpulkan berdasarkan hasil penelitiannya bahwa pada kondisi nilai pH 3 atau nilai pH rendah karbon aktif dapat meremoval surfaktan anionik sebesar 91,48%.

Menurut Selamet (2006), Culp RL & Culp GL di tahun 1986 menyatakan bahwa pada pH rendah jumlah ion H^+ lebih besar, dimana ion H^+ akan menetralisasi permukaan karbon aktif yang bermuatan negatif sehingga dapat mengurangi halangan untuk terjadinya difusi organik pada pH yang lebih tinggi.

Sebaliknya, pada pH tinggi jumlah ion OH berlimpah yang menyebabkan proses difusi bahan-bahan organik menjadi terhalang.

Hasil dari keluaran (*outlet*) semua variasi reaktor *biosand filter* dan *activated carbon* ini bila dibandingkan dengan standar baku mutu yaitu Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001, tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yang menetapkan kandungan maksimal kadar Deterjen sebagai MBAS sebesar 200 µg/L atau 0,2 mg/L untuk sampel air golongan II, hasil yang diperoleh dari pengolahan dengan reaktor *biosand filter* dan *activated carbon* masih diatas standar baku mutu, dan perlu dipikirkan pengolahan *alternative* lain yang dapat mengolah limbah cair *laundry* agar memenuhi standar baku mutu dan aman untuk digunakan kembali atau dibuang ke lingkungan.

4.4 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Hasil dari penelitian terdahulu yang pernah dilakukan oleh Meirani (2007), yang menggunakan reaktor *aerokarbonbiofilter* untuk menurunkan konsentrasi deterjen pada limbah cucian motor, dimana memiliki prinsip yang relatif sama dengan reaktor *biosand filter* dan *activated carbon* yaitu degaradasi secara biologis, filtrasi dan adsorpsi. Dari hasil penelitian Meirani (2007) persen *removal* rata-rata tertinggi yang dicapai oleh reaktor *aerokarbonbiofilter* sebesar 39,1 % dari 10 sampel pengujian, sedangkan hasil persen *removal* rata-rata tertinggi yang dilakukan pada penelitian ini dengan menggunakan reaktor *biosand filter* dan *activated carbon* yaitu sebesar 40,09 % dari 12 sampel yang di uji.

Bila dlihat dari nilai efisiensi yang dicapai oleh kedua reaktor diatas, maka peneliti menyimpulkan bahwa efisiensi *removal* yang dicapai oleh kedua reaktor diatas tidak memiliki perbedaan yang begitu signifikan dan dapat disimpulkan bahwa reaktor *aerokarbonbiofilter* memiliki efisiensi yang relatif sama dengan reaktor *biosand filter* dan *activated carbon*.

4.5 Uji Statistik

Uji statistik ini dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi perbedaan yang signifikan dalam penurunan konsentrasi Deterjen untuk setiap variasi unit pengolahan yang memiliki ketebalan media yang berbeda dengan tingkat signifikansi 5%. Uji statistik yang digunakan adalah dengan menggunakan metode *One-Way ANOVA* pada program *SPSS* 15.0 *for Windows Evaluation Version.*

Tabel 4.9 ***Descriptives***

Deterjen (mg/l)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Inlet	12	2.53	.157	.045	2.43	2.63	2	3
Biosand Filter (40:15:15)	12	2.02	.728	.210	1.56	2.48	0	3
Biosand Filter (30:25:15)	12	2.07	.655	.189	1.66	2.49	0	2
Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (30)	12	1.86	.545	.157	1.52	2.21	1	3
Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (60)	12	1.51	.857	.247	.96	2.05	0	3
Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (30)	12	1.85	.512	.148	1.52	2.17	1	2
Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (60)	12	1.77	.604	.174	1.39	2.16	0	2
Total	84	1.94	.661	.072	1.80	2.09	0	3

Tabel 4.10 ***Test of Homogeneity of Variances***

Deterjen (mg/l)

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.810	6	77	.016

Tabel 4.11 ANOVA

Deterjen (mg/l)

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		7.171	6	1.195	3.163	.008
	Linear Term	Contrast	4.332	1	4.332	11.466	.001
		Deviation	2.839	5	.568	1.503	.199
Within Groups			29.089	77	.378		
Total			36.260	83			

Hipotesis :

H_0 : variasi setiap media sama (identik)

H_1 : variasi setiap media tidak sama (tidak identik)

Dalam pengujian kali ini digunakan tingkat signifikan 0,05 (α = 5 %) atau dengan kata lain tingkat kepercayaan sebesar 0,95 (=95 %).

Penarikan kesimpulan :

F hitung > F tabel → tolak H_0

F hitung < F tabel → terima H_0

Nilai statistik F tabel adalah $F_{(6;77;0,05)} = 2,19$

Angka 2,19 didapat dari Tabel *Critical values for the F distribution*

Terlihat dari tabel ANOVA bahwa nilai F hitung = 3,163. F hitung > F tabel, sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 DITOLAK, yang artinya perbedaan ketinggian media pada reaktor *biosand filter* dan *activated carbon* berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi Deterjen.

Tabel 4.12 Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Deterjen (mg/l)

	(I) Titik Sampling	(J) Titik Sampling	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Inlet	Biosand Filter (40:15:15)	.508	.251	.409	-.25	1.27
		Biosand Filter (30:25:15)	.455	.251	.543	-.30	1.21
		Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (30)	.663	.251	.127	-.10	1.42
		Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (60)	1.018(*)	.251	.002	.26	1.78
		Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (30)	.682	.251	.108	-.08	1.44
		Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (60)	.756	.251	.052	.00	1.52
	Biosand Filter (40:15:15)	Inlet	-.508	.251	.409	-1.27	.25
		Biosand Filter (30:25:15)	-.053	.251	1.000	-.81	.71
		Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (30)	.156	.251	.996	-.60	.92
		Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (60)	.511	.251	.401	-.25	1.27
		Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (30)	.174	.251	.993	-.59	.93
		Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (60)	.248	.251	.955	-.51	1.01
	Biosand Filter (30:25:15)	Inlet	-.455	.251	.543	-1.21	.30
		Biosand Filter (40:15:15)	.053	.251	1.000	-.71	.81
		Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (30)	.208	.251	.981	-.55	.97
		Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (60)	.563	.251	.284	-.20	1.32
		Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (30)	.227	.251	.971	-.53	.99
		Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (60)	.301	.251	.893	-.46	1.06
	Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (30)	Inlet	-.663	.251	.127	-1.42	.10
		Biosand Filter (40:15:15)	-.156	.251	.996	-.92	.60
		Biosand Filter (30:25:15)	-.208	.251	.981	-.97	.55
		Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (60)	.355	.251	.792	-.40	1.11
		Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (30)	.018	.251	1.000	-.74	.78
		Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (60)	.093	.251	1.000	-.67	.85
	Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (60)	Inlet	-1.018(*)	.251	.002	-1.78	-.26

		Biosand Filter (40:15:15)	-.511	.251	.401	-1.27	.25
		Biosand Filter (30:25:15)	-.563	.251	.284	-1.32	.20
		Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (30)	-.355	.251	.792	-1.11	.40
		Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (30)	-.337	.251	.830	-1.10	.42
		Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (60)	-.263	.251	.941	-1.02	.50
	Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (30)	Inlet	-.682	.251	.108	-1.44	.08
		Biosand Filter (40:15:15)	-.174	.251	.993	-.93	.59
		Biosand Filter (30:25:15)	-.227	.251	.971	-.99	.53
		Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (30)	-.018	.251	1.000	-.78	.74
		Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (60)	.337	.251	.830	-.42	1.10
		Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (60)	.074	.251	1.000	-.69	.83
	Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (60)	Inlet	-.756	.251	.052	-1.52	.00
		Biosand Filter (40:15:15)	-.248	.251	.955	-1.01	.51
		Biosand Filter (30:25:15)	-.301	.251	.893	-1.06	.46
		Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (30)	-.093	.251	1.000	-.85	.67
		Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (60)	.263	.251	.941	-.50	1.02
		Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (30)	-.074	.251	1.000	-.83	.69
LSD	Inlet	Biosand Filter (40:15:15)	.508(*)	.251	.047	.01	1.01
		Biosand Filter (30:25:15)	.455	.251	.074	-.04	.95
		Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (30)	.663(*)	.251	.010	.16	1.16
		Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (60)	1.018(*)	.251	.000	.52	1.52
		Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (30)	.682(*)	.251	.008	.18	1.18
		Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (60)	.756(*)	.251	.004	.26	1.26
	Biosand Filter (40:15:15)	Inlet	-.508(*)	.251	.047	-1.01	-.01
		Biosand Filter (30:25:15)	-.053	.251	.835	-.55	.45
		Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (30)	.156	.251	.536	-.34	.66
		Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (60)	.511(*)	.251	.045	.01	1.01
		Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (30)	.174	.251	.490	-.33	.67
		Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (60)	.248	.251	.325	-.25	.75
	Biosand Filter (30:25:15)	Inlet	-.455	.251	.074	-.95	.04
		Biosand Filter (40:15:15)	.053	.251	.835	-.45	.55
		Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (30)	.208	.251	.409	-.29	.71

	Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (60)	.563(*)	.251	.028	.06	1.06
	Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (30)	.227	.251	.369	-.27	.73
	Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (60)	.301	.251	.234	-.20	.80
Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (30)	Inlet	-.663(*)	.251	.010	-1.16	-.16
	Biosand Filter (40:15:15)	-.156	.251	.536	-.66	.34
	Biosand Filter (30:25:15)	-.208	.251	.409	-.71	.29
	Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (60)	.355	.251	.161	-.14	.85
	Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (30)	.018	.251	.942	-.48	.52
	Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (60)	.093	.251	.713	-.41	.59
Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (60)	Inlet	-1.018(*)	.251	.000	-1.52	-.52
	Biosand Filter (40:15:15)	-.511(*)	.251	.045	-1.01	-.01
	Biosand Filter (30:25:15)	-.563(*)	.251	.028	-1.06	-.06
	Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (30)	-.355	.251	.161	-.85	.14
	Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (30)	-.337	.251	.184	-.84	.16
	Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (60)	-.263	.251	.299	-.76	.24
Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (30)	Inlet	-.682(*)	.251	.008	-1.18	-.18
	Biosand Filter (40:15:15)	-.174	.251	.490	-.67	.33
	Biosand Filter (30:25:15)	-.227	.251	.369	-.73	.27
	Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (30)	-.018	.251	.942	-.52	.48
	Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (60)	.337	.251	.184	-.16	.84
	Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (60)	.074	.251	.768	-.43	.57
Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (60)	Inlet	-.756(*)	.251	.004	-1.26	-.26
	Biosand Filter (40:15:15)	-.248	.251	.325	-.75	.25
	Biosand Filter (30:25:15)	-.301	.251	.234	-.80	.20
	Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (30)	-.093	.251	.713	-.59	.41
	Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (60)	.263	.251	.299	-.24	.76
	Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (30)	-.074	.251	.768	-.57	.43

* The mean difference is significant at the .05 level.

Setelah diketahui bahwa ada perbedaan yang signifikan di antara ketujuh unit, analisis *Bonferroni* dan *Turkey* dalam *post hoct test* perlu dilakukan.

Berdasarkan nilai Probabilitas :

Jika probabilitas > 0,05, maka H_o diterima.

Jika probabilitas < 0,05, maka H_o ditolak.

KEPUTUSAN :

Terlihat bahwa probabilitas adalah 0,008. Oleh karena probabilitas < 0,05 maka H_o DITOLAK atau perbedaan konsentrasi Deterjen antara *inlet* dengan *outlet* reaktor *biosand filter* dan *activated carbon* benar-benar nyata (signifikan). Hasil uji signifikansi dapat dilihat pada *output* dengan ada atau tidaknya tanda * pada kolom *"Mean Difference"*. Jika tanda * ada di angka *Mean Difference* atau perbedaan rata-rata, maka perbedaan tersebut nyata atau signifikan. Jika tidak ada tanda *, maka perbedaan tidak signifikan.

Dengan melihat ada tidaknya tanda * pada kolom *Mean Difference*, terlihat bahwa:

- Mean dari *inlet* berbeda secara nyata dengan *Biosand Filter* (40:15:15) - Karbon Aktif (60).
- Mean dari *Biosand Filter* (40:15:15) - Karbon Aktif (60) berbeda secara nyata dengan *inlet.*

Tabel 4.13 ***Homogeneous Subset***

Deterjen (mg/l)

Titik Sampling		N	Subset for alpha = .05	
			2	1
Tukey HSD(a)	Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (60)	12	1.51	
	Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (60)	12	1.77	1.77
	Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (30)	12	1.85	1.85
	Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (30)	12	1.86	1.86
	Biosand Filter (40:15:15)	12	2.02	2.02
	Biosand Filter (30:25:15)	12	2.07	2.07
	Inlet	12		2.53
	Sig.		.284	.052
Duncan(a)	Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (60)	12	1.51	
	Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (60)	12	1.77	
	Biosand Filter (30:25:15) - Karbon Aktif (30)	12	1.85	
	Biosand Filter (40:15:15) - Karbon Aktif (30)	12	1.86	
	Biosand Filter (40:15:15)	12	2.02	2.02
	Biosand Filter (30:25:15)	12	2.07	2.07
	Inlet	12		2.53
	Sig.		.051	.059

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

Jika test *Tukey* dan *Bonferroni* untuk menguji sampel yang memiliki perbedaan yang signifikan, maka dalam *Homogeneous Subset* akan dicari grup atau *subset* mana yang mempunyai perbedaan rata-rata yang tidak berbeda secara signifikan.

- Pada *subset* 1, terlihat grup dengan unit dari *Biosand Filter* (30:25:15), *Biosand Filter* (40:15:15) dan *Inlet* tidak mempunyai perbedaan yang signifikan antara yang satu dengan yang lainnya.
- Pada *subset* 2, terlihat grup dengan unit dari *Biosand Filter* (40:15:15) - Karbon Aktif (30), *Biosand Filter* (30:25:15) - Karbon Aktif (30), *Biosand Filter* (30:25:15) - Karbon Aktif (60), *Biosand Filter* (30:25:15), *Biosand*

Filter (40:15:15), *Biosand Filter* (40:15:15) - Karbon Aktif (60). Dengan kata lain dapat dikatakan mempunyai perbedaan dengan yang lainnya.

Dari hasil uji statistik, kesemua reaktor baik *biosand filter* maupun *activated carbon* menunjukkan perbedaan yang tidak begitu signifikan antara satu dengan yang lain. Sehingga dapat dikatakan bahwa variasi ketinggian media mempengaruhi dalam penurunan konsentrasi Deterjen.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat ditarik beberapa kesimpulan yang didasarkan pada tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Efisiensi kemampuan yang dicapai oleh masing-masing reaktor *Biosand filter*-*Activated carbon* untuk menurunkan konsentrasi deterjen dalam limbah *laundry* yaitu sebesar 26.58 % pada variasi *Biosand filter* 1 (40:15:15 cm) *Activated carbon* A1 (30 cm), *Biosand filter* 1 (40:15:15 cm)-*Activated carbon* A2 (60cm) sebesar 40,09 %. Sedangkan pada variasi *Biosand filter* 2 (30:25:15 cm)-*Activated carbon* B1 (30 cm) sebesar 26,91 % dan variasi *Biosand filter* 2 (30:25:15 cm)-*Activated carbon* B2 (60cm) sebesar 29,93 %.
2. Variasi media yang paling efektif dan mampu menurunkan konsentrasi deterjen secara optimal ialah variasi *Biosand filter* 1 (40:15:15 cm) – *Activated carbon* A2 (60 cm) yaitu dengan rata-rata sebesar 40,09 %.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan guna kesempurnaan penelitian tentang reaktor *Biosand filter* dan *Activated carbon* ini antara lain :

1. Untuk penelitian berikutnya, perlu mempertimbangkan jenis nutrien yang akan digunakan pada saat proses *seeding*.
2. Mempertimbangankan sistem pengaliran limbah yang akan diterapkan pada pada saat proses *seeding* dan pengolahan.
3. Disarankan untuk menelaah terlebih dahulu karakteristik limbah terhadap media yang akan digunakan agar tidak menghambat kinerja pengolahan.
4. Diperlukan ketelitian dalam penyiapan dan perlakuan terhadap media, terutama pada saat proses aktivasi karbon aktif.
5. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya melakukan percobaan variasi dengan diameter butiran yang berbeda dan tambahan media lain dengan variasi ketinggian media berbeda untuk mendapatkan efektifitas yang maksimal dalam menurunkan konsentrasi deterjen.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2007. ***Activated Carbon***, diakses pada tanggal 12 Januari 2008 dengan update terakhir April 2007. http://en.wikipedia.org/wiki/Activated_carbon

Anonim. 2006. ***Activated Carbon***, diakses pada tanggal 9 Maret 2007 dengan update terakhir Februari 2006. www.warintek.net

Anonim. 2006. ***Active Carbon Adsorption***, diakses pada tanggal 12 Januari 2008 dengan update terakhir tahun 2006. http://www.lenntech.com/home.htm

Anonim. 2004. ***Bio-Sand Filter***, diakses pada tanggal 26 Februari 2008 dengan update terakhir tahun 2004. http://www.biosandfilter.org/biosandfilter/index.php/item/229

Anonim. 2007. ***Urea or Carbamide***. diakses pada tanggal 5 Februari 2008 dengan update terakhir September 2007. http://id.wikipedia.org/wiki/Urea

Cheremisinoff, P. 1978. ***Carbon Adsorption Handbook***. Ann Arbor Science Publisher Inc. Michigan.

Effendi, H. 2003. ***Telaah Kualitas Air***. Penerbit Kanisisus. Yogyakarta.

Galvis, G., J. Lattore, & Galvis, A. 2002. ***Multi-stage Filtration Technology***. dalam Small ***Water Community Water Supplies : Technology, People & Partnership***, editor : J . Smet & C. van Wijk, IRC Technical papers 40, Delft.

Halang, B. 2004. ***Toksisitas Air Limbah Deterjen Terhadap Ikan Mas***. Jurnal Bioscientiae Volume 1, Nomor 1, Januari 2004. Halaman 39-49. Program Studi Biologi FKIP Universitas Lambung Mangkurat.

Huisman, L. 1974. ***Slow Sand Filtration***. World Health Organization. Geneva.

Jimenez L, Breen A, Thomas N, Federle TW dan Saylor GS, 1991. ***Mineralization of Linear Alkylbenzene Sulfonate by a Four-member Aerobic Bacterial Consortium***. Journal Appl. Environ. Microbiol. 57(5): 1566–1569.

Kuo, Y. 2006. ***Liquid Detergent 2nd Edition.*** CRC Press LCC, Bocar Raton. Florida.

Manahan, S. 2000. ***Environmental Chemistry 7th edition***. Lewis Publisher CRC. Florida.

McCarty, P.L . 2003. ***Chemistry for Environmental Engineering and Science***. McGraw-Hill, Singapore.

Meirani, N .2007. ***Penurunan Konsentrasi BOD_5^{20} (Biochemical Oxygen Demand) dan Deterjen Pada Air Limbah Pencucian Kendaraan Bermotor Dengan Reaktor Aerokarbonbiofilter.*** Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia.

Meenakshi, G. 2005. ***Activated carbon adsorption***. Taylor & Francis Group. USA.

Metcalf & Eddy. 2003. ***Wastewater Engineering Treatment and Reuse***. McGraw-Hill. Singapore.

Ngai, T dan Sophie. 2003. ***The Arsenic Biosand filter (ABF) Desain of An Appropriate Household Drinking Water Filter For Rural Nepal.*** Nepal.

Pankratz, T. 2001. ***Environmental Engineering Dictionary and Directory.*** CRC Press LCC, Bocar Raton. Florida.

Salvato, J. 2003. ***Environmental Engineering 5th Edition***. John Wiley & Sons Inc, USA.

Schöberl, P. 1988. ***Alkylbenzene Sulphonate (LAS).*** Intenational Status Seminar in Aachen/FRG Nov. 9th-10th, 1988. Tenside Surfactants Detergents 2, 6, 1989, 2.

Selamet, M. 2006. ***Penurunan Konsentrasi COD (Chemical Oxygen Demand) Pada Limbah Laboratorium Dengan Menggunakan Karbon Aktif.*** Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia.

Sophie, W & Pendleton. 2001. ***Adsorption of Anionic Surfactant by Activated Carbon: Effect of Surface Chemistry, Ionic Strength and Hydrophobicity***. Journal Colloid and Interface Science 243**,** 306–315. Porous Materials Research Group. University of South Australia.

Sudiana, I.M. 2004. ***Peran Komunitas Mikroba Lumpur Aktif Dalam Perombakan Detergen Alkil Sulfonat Linear dan Benzena Alkil Sulfonat***. Jurnal Penelitian Hayati: 10 (75–80). Pusat Penelitian Biologi-LIPI. Bogor.

Sugiharto. 1987. ***Dasar-dasar pengolahan air limbah***. UI Press. Jakarta

Suharjono J, *et al*. 2007. ***Pengaruh Konsentrasi Nitrogen dan Fosfor Terhadap Potensi Pseudomonas Pendegradasi Alkil benzen Sulfonat Liniar (LAS)***. Jurnal Penelitian Hayati: 12 (107–113). Jurusan Biologi FMIPA, Universitas Brawijaya, Malang.

Tamamushi, B. 1983. ***Adsorption From Solutions.*** Department of Civil Engineering, University of Birmingham. England.

Yung, Kathleen .2003. ***Biosand Filtration : Application in the Developing World***. Civil Engineering, University of Waterloo.

Zeni C & Caligiuri AS. 1992. ***Morphological and Ultrastructural Change Induced by sub Lethal Concentration of an Anionic Detergent on Ictalurus sp. Barbel Taste Buds***. Journal Microbios 69: 1–52.

Zhang M, Xuepin L,Shi B. ***Adsorption of Surfactant on Chromium Leather Waste.*** Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists, Vol. 90 p.1. Sichuan University. Chengdu, China.

Zoller, U .2004. ***Handbook of Detergents Part B : Environmental impact***. Marcell Dekker, New York.

Zor, S. 2003. ***Investigation of The Adsorption of Anionic Surfactants at Different pH Values by Means of Active Carbon and The Kinetics of Adsorption***. Journal.Serb.Chem.Soc. 69 (1) 25–32 (2004), JSCS – 3126. Kocaeli University, Faculty of Science and Arts, Department of Chemistry. Turkey.